

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



PROYECTO DE TESIS:

**“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO,
HUALGAYOC – CAJAMARCA, 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO HIDRÁULICO

PRESENTADO POR EL:

Bach. WILMER ORLANDO LLAMOCTANTA HUAMÁN

ASESOR:

Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CAJAMARCA - PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** Wilmer Orlando Llamoctanta Huamán

DNI: 70237706

Escuela Profesional: Ingeniería Hidráulica

2. **Asesor:** Gaspar Virilo Méndez Cruz

Facultad: Ingeniería

3. **Grado académico o título profesional**

Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor

4. **Tipo de Investigación:**

Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**

EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC – CAJAMARCA, 2024.

6. **Fecha de evaluación:** 12/11/2024

7. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 22%

9. **Código Documento: Oide:** 3117:404596454

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 12 de noviembre de 2024



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 12/11/2024 12:41:07-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios, por guiarme, protegerme y sostenerme en este camino, ya que, con su fuente de sabiduría y fortaleza, me ha permitido alcanzar este logro. A mis queridos padres Justo Llamoctanta y Delia Huamán, quienes me han brindado amor, apoyo, motivación, y por enseñarme la gran importancia de la perseverancia y el esfuerzo. A mi esposa Esperanza Ramos y a mi hijo Etham Antoine quienes son mi mayor inspiración para seguir adelante día a día. A mi querido hermano Percy Luis, quien fue mi compañero de infancia, mi amigo y mi confidente, que por el destino de la vida me dejó demasiado pronto, pero cuyo legado y memoria vivirán siempre en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco A Dios, por darme la vida, salud, conocimiento, tolerancia y la bendición de poder seguir estudiando. Gracias por hacer realidad con éxito esta meta propuesta.

Expresar mi más profundo agradecimiento a mis hermanos, Alicia, Luz Maribel, Edwin Jhony, Henry Cluber, Edwin Norvil, Jaime Alexander, Alix Iván y Leyda Marilú, quienes han sido mi columna vertebral durante toda mi trayectoria académica. Su amor, apoyo y sacrificio han sido fundamentales para alcanzar este logro.

Agradecer a mí amigo, Ing. Leiner Guerrero Gonzáles, por el apoyo constante, incondicional y valiosa colaboración durante todo el proceso de investigación.

Expresar mi más sincero Agradecimiento a mi Asesor Dr. Ing. Gaspar V. Méndez Cruz, por compartir su experiencia y conocimiento en el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.4. OBJETIVOS	3
1.1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.1.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.1.7. LIMITACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.1.8. VIABILIDAD O FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	5
2.2. BASES TEÓRICAS	7
2.2.1. AGUAS RESIDUALES	7
2.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS AGUAS RESIDUALES	7
2.2.3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	8
2.2.4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	9
2.2.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	15
2.2.6. MEDICIÓN DE CAUDALES PARA LA EVALUACIÓN HIDRÁULICA	15
2.2.7. COMPONENTES DE LA PTAR N°02 DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO ...	16
2.2.8. EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA PTAR N°02	24
2.2.9. PARÁMETROS A EVALUAR EN EL TRATAMIENTO DE LA PTAR	25
2.2.10. EFICIENCIA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO	30
2.2.11. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL	30
2.2.12. BASE CONCEPTUAL (TÉRMINOS BÁSICOS)	31
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	32
3.2. EQUIPOS Y MATERIALES	37
3.3. METODOLOGÍA	38
3.3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.3.1.1. OBTENCIÓN DE DATOS DE LA PTAR N°02	38
3.3.1.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR N°02	38
3.3.1.3. INSPECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA PTAR N°02	39

3.3.1.4. EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PTAR N°02	39
3.3.1.5. ANÁLISIS PARA EL TRATAMIENTO DE LA PTAR N°02	40
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR N°02	42
4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR N°02	43
4.2.1. CAUDAL DE LLEGADA	43
4.2.2. CANAL DE ALIMENTACIÓN Y BY PASS	43
4.2.3. CÁMARA DE REJAS	45
4.2.4. DESARENADOR	46
4.2.5. TANQUE IMHOFF	47
4.2.6. FILTRO BIOLÓGICO.	51
4.2.7. DESINFECCIÓN	57
4.2.8. DISPOSICIÓN FINAL DEL EFLUENTE	59
4.2.9. LECHO DE SECADO	60
4.3. INSPECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA PTAR N°02	65
4.3.1. DESARENADOR	66
4.3.2. TANQUE IMHOFF	67
4.3.3. LECHO DE SECADO	69
4.3.4. FILTRO BIOLÓGICO	71
4.3.5. RESUMEN DE DATOS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO	73
4.4. EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PTAR N°02	74
4.4.1. CAUDAL DE INGRESO A LA PTAR N°02	74
4.4.1.1. AFORO VOLUMÉTRICO	74
4.4.2. DESARENADOR	78
4.4.3. TANQUE IMHOFF	80
4.4.4. FILTRO BIOLÓGICO	83
4.5. ANÁLISIS DE LABORATORIO	84
4.5.1. ACEITES Y GRASAS	84
4.5.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)	86
4.5.3. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	88
4.5.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	90
4.5.5. COLIFORMES TERMOTOLERANTES (CT)	92

4.5.6. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	94
4.5.7. TEMPERATURA	95
4.5.8. ANÁLISIS DEL EFLUENTE FINAL EN RELACIÓN A LMP Y ECA	96
4.5.9. EFICIENCIA DE LA PTAR N°02 DE EL TAMBO	98
4.5.10. ANÁLISIS COMPARATIVO CON OTRAS INVESTIGACIONES	99
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1. CONCLUSIONES	102
5.2. RECOMENDACIONES	103
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
CAPÍTULO VII: ANEXOS	106

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Proceso de tratamiento de aguas residuales	10
TABLA 2. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR	15
TABLA 3. Características de rejillas de barras	16
TABLA 4. Estándar de calidad ambiental para los efluentes de la PTAR	30
TABLA 5. Métodos de ensayo para los parámetros de contaminación	41
TABLA 6. Coordenadas UTM de ubicación de la PTAR N°02	42
TABLA 7. Caudales de diseño de la PTAR N°02	42
TABLA 8. Correlación entre el numero promedio de rebote (R) y la resistencia a la comprensión simple del concreto (f'c)	65
TABLA 9. Ensayo de esclerometría en el desarenador	66
TABLA 10. Ensayo N°01 de esclerometría en el tanque Imhoff	67
TABLA 11. Ensayo N°02 de esclerometría en el tanque Imhoff	68
TABLA 12. Ensayo N°01 de esclerometría en el lecho de secado	69
TABLA 13. Ensayo N°02 de esclerometría en el lecho de secado	70
TABLA 14. Ensayo N°01 de esclerometría en el filtro biológico	71
TABLA 15. Ensayo N°02 de esclerometría en el filtro biológico	72
TABLA 16. Resumen de los datos obtenidos de la resistencia del concreto	73
TABLA 17. Caudales calculados el día jueves 23 de mayo	75
TABLA 18. Caudales calculados el día viernes 24 de mayo	76
TABLA 19. Caudales horario acumulado	82
TABLA 20. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestreo para aceites y grasas.....	84
TABLA 21. Eficiencia de cada componente de la PTAR en aceites y grasas	85
TABLA 22. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestreo para DBO	86
TABLA 23. Eficiencia de cada componente de la PTAR N°02 en DBO	87
TABLA 24. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestreo para DQO	88
TABLA 25. Eficiencia de cada componente de la PTAR N°02 en DQO	89
TABLA 26. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestreo para SST	90
TABLA 27. Eficiencia de cada componente de la PTAR N°02 en SST	91
TABLA 28. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestreo para CT	92
TABLA 29. Eficiencia de cada componente de la PTAR N°02 en CT	93

TABLA 30. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestreo para pH	94
TABLA 31. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestreo para temperatura	95
TABLA 32. Efluente final de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo comparado con el LMP	96
TABLA 33. Efluente final de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo comparado con los ECA	97
TABLA 34. Eficiencia de la PTAR N°02 (El Portachuelo) de la localidad de El Tambo	98
TABLA 35. Resultados comparativos entrada y salida PTAR N°02 Tambo y PTARD Colombia	99
TABLA 36. Valores comparativos de porcentajes de remoción tanto para la PTAR N°02 Tambo como para la PTARD Colombia	100
TABLA 37. Valores comparativos de porcentaje en la eficiencia de la PTAR N°02 Tambo y PTAR Paucará	100
TABLA 38. Valores comparativos en porcentaje de la eficiencia de la PTAR N°02 Tambo y PTAR Cajabamba	101

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Composición media de las ARD	8
FIGURA 2. Proceso de tratamiento de aguas residuales	9
FIGURA 3. Columna de sedimentación	12
FIGURA 4. Alternativas básicas para el tratamiento y disposición de lodos	14
FIGURA 5. Método de aforo al 60% de profundidad	16
FIGURA 6. Rejilla inclinada de limpieza manual	17
FIGURA 7. Esquemización del funcionamiento de las rejillas	17
FIGURA 8. Tipos de desarenadores: de flujo horizontal cuadrada, aireado y de vórtice	18
FIGURA 9. Desarenador de flujo horizontal	19
FIGURA 10. Esquema de tanque Imhoff	20
FIGURA 11. Sección transversal de un lecho de lodo	21
FIGURA 12. Esquema de un filtro percolador	22
FIGURA 13. Instalación típica del sistema de desinfección en PTAR	23
FIGURA 14. Esquema del esclerómetro	24
FIGURA 15. Aceites y grasas en las aguas residuales	25
FIGURA 16. Coliformes totales y termotolerantes de entrada y salida	26
FIGURA 17. DBO carbonasa y nitrogenada	27
FIGURA 18. Muestras en laboratorio de SST	29
FIGURA 19. Departamento de Cajamarca en el mapa del Perú	32
FIGURA 20. Centro Poblado de El Tambo en el mapa de Bambamarca	33
FIGURA 21. Ubicación satelital de la zona de estudio	34
FIGURA 22. Centro poblado de El Tambo	34
FIGURA 23. Ubicación de la PTAR N°02 en la ciudad de El Tambo	35
FIGURA 24. Ubicación de la PTAR N°02 El Tambo	36
FIGURA 25. Llegada del afluente a la PTAR	43
FIGURA 26. Dimensión de la longitud del canal de alimentación	44
FIGURA 27. Dimensión del ancho del canal de alimentación	44
FIGURA 28. Sistema de cribado	45
FIGURA 29. Dimensiones de la longitud del desarenador	46

FIGURA 30. Dimensiones del ancho y espesor del desarenador	47
FIGURA 31. Entrada del caudal al tanque Imhoff	48
FIGURA 32. Medición del ancho del tanque Imhoff	49
FIGURA 33. Medición de la zona de sedimentación del tanque Imhoff	49
FIGURA 34. Presencia de grietas en las paredes o muros del tanque Imhoff	50
FIGURA 35. Oxidación de barandas y presencia de residuos inorgánicos en el tanque Imhoff	50
FIGURA 36. Salida del caudal en el tanque Imhoff mediante tubería de ϕ 200"....	51
FIGURA 37. Línea de conducción del tanque Imhoff al filtro biológico	52
FIGURA 38. Cajas de control que llega el caudal del lecho de secado	53
FIGURA 39. Cajas de control donde ingresan los caudales del tanque Imhoff y del lecho de secado	53
FIGURA 40. Caja de control que da al filtro biológico	54
FIGURA 41. Dimensiones del canal de distribución en el filtro biológico	55
FIGURA 42. Dimensiones del filtro biológico	56
FIGURA 43. Unidad de cloración	57
FIGURA 44. Medición de la estructura de cloración	58
FIGURA 45. Tanque Eternit de almacenamiento de cloro de 1100 litros	58
FIGURA 46. Salida del efluente de la unidad de cloración	59
FIGURA 47. Llegada del efluente final al río Ñun Ñun - Lanchecucho	59
FIGURA 48. Dimensiones de la caja de control que conecta tanque Imhoff al lecho de secado	60
FIGURA 49. Desprendimiento de la caja de control del muro del tanque Imhoff...61	
FIGURA 50. Tuberías que llevan el caudal al lecho de secado	61
FIGURA 51. Dimensiones de las vigas del lecho de secado	62
FIGURA 52. Dimensiones de las columnas del lecho de secado	62
FIGURA 53. Dimensiones de las placas en donde descarga el caudal del tanque Imhoff	63
FIGURA 54. Cobertura del techo del lecho de secado	63
FIGURA 55. Presencia de grietas en la unión de vigas y columnas del lecho de secado	64
FIGURA 56. Presencia de grietas en las vigas del lecho de secado	64

FIGURA 57. Uso vertical del esclerómetro den el desarenador	66
FIGURA 58. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 01 del tanque Imhoff.....	67
FIGURA 59. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 02 del tanque Imhoff.....	68
FIGURA 60. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 01 del lecho de secado...69	
FIGURA 61. Uso vertical del esclerómetro en el ensayo 02 del lecho de secado.....	70
FIGURA 62. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 01 del filtro biológico.....	71
FIGURA 63. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 02 del filtro biológico....	72
FIGURA 64. Aforo volumétrico	77
FIGURA 65. Cálculo del tiempo, en el llenado del recipiente de 3.6 litros.....	77
FIGURA 66. Tirante en el vertedero triangular del desarenador	79
FIGURA 67. Nivel del agua en el tanque Imhoff	81
FIGURA 68. Verificación del canal de repartición en el filtro biológico	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Comparación de la resistencia requerida con la resistencia obtenida del concreto	73
GRÁFICO 2. Variación del caudal del día jueves 23 de mayo	75
GRÁFICO 3. Variación del caudal del día viernes 24 de mayo	76
GRÁFICO 4. Variación de la concentración de aceites y grasas	84
GRÁFICO 5. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto al parámetro aceites y grasas	85
GRÁFICO 6. Variación de la concentración de la DBO	86
GRÁFICO 7. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto al parámetro DBO	87
GRÁFICO 8. Variación de la concentración de la DQO	88
GRÁFICO 9. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto al parámetro DQO	89
GRÁFICO 10. Variación de la concentración de los SST	90
GRÁFICO 11. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto al parámetro SST	91
GRÁFICO 12. Variación de coliformes termotolerantes	92
GRÁFICO 13. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto al parámetro coliformes termotolerantes	93
GRÁFICO 14. Variación del potencial de hidrogeno (pH)	94
GRÁFICO 15. Variación de la temperatura	95
GRÁFICO 16. Análisis del efluente final en función a los LMP	96
GRÁFICO 17. Análisis del efluente final en función a los ECA	97
GRÁFICO 18. Eficiencia de la PTAR N°02 de El Tambo	98

ÍNDICE DE ANEXOS

A1. Materiales para la toma de muestras	106
A2. Verificación de materiales para la toma de muestras	106
A3. Rotulado de materiales en la toma de muestras	107
A4. Rotulado de materiales en la toma de muestras	107
A5. Toma de muestras en la entrada de la PTAR parámetro aceites y grasas	108
A6. Toma de muestra en la entrada de la PTAR	108
A7. Toma de muestras en la salida del tanque Imhoff	109
A8. Toma de muestras a la salida del tanque Imhoff	109
A9. Toma de muestras a la salida del filtro biológico	110
A10. Toma de muestras del efluente final	110
A11. Resultados de laboratorio	111
A12. Inicio de la inspección para la resistencia del concreto de la PTAR	116
A13. Uso del esclerómetro a cargo del especialista ing. Leiner Guerrero	116
A14. Resultados del ensayo método de rebote con esclerómetro	117
A15. Aforo volumétrico a las 11:00 am del día jueves 23 de mayo	137
A16. Determinación del tiempo para un recipiente lleno	137
A17. Limpieza del canal de alimentación	138
A18. Falta de operación y mantenimiento en la zona de ventilación del tanque Imhoff	138
A19. Componentes del pretratamiento, rejas, by pass y desarenador	139
A20. Componente del tratamiento primario, tanque Imhoff	139
A21. Tratamiento de lodos activados, lecho de secado	140
A22. Componentes del tratamiento secundario, filtro biológico	140
A23. Unidad de desinfección	141
A24. Tanque de almacenamiento de cloro	141
A25. Bloqueo de caudal de llegada en el buzón de alcantarillado	142
A26. Uso del agua residual para riego de pastos	142
A27. Plano de distribución de la PTAR N°02 Tambo	143
A28. Resultado de laboratorio parámetros pH y Temperatura	144

RESUMEN

Este trabajo de investigación es importante porque nos permite conocer el nivel de funcionamiento de la PTAR N°02 El Portachuelo de la ciudad de El Tambo, para así garantizar el reúso del agua tratada en diferentes actividades cotidianas de la población. La finalidad principal de esta investigación es evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales N°02 de la localidad de El Tambo, describiendo cada componente de la PTAR, determinando la resistencia a la compresión del concreto de la infraestructura, midiendo caudales, velocidades, tirantes, niveles y tiempo de retención en las unidades de tratamiento y finalmente determinando la eficiencia de descontaminación en cada uno de sus componentes para 7 parámetros: DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes, aceites y grasas, pH y temperatura. La metodología consistió, al inicio en describir, dimensionar y verificar el estado en la que se encuentra cada componente, luego mediante el uso del esclerómetro se determinó la resistencia a la compresión del concreto de toda la infraestructura, además desde las 7.am y a cada hora, durante dos días se determinó el caudal que ingresa a la PTAR en el tratamiento preliminar mediante el método de aforo volumétrico para así realizar la evaluación hidráulica de los componentes y finalmente se identificaron cuatro (4) puntos estratégicos de muestreo para el análisis comparativo de tratamiento en base a las NTP RNE. OS.090 y al D.S. N° 003-2010-MINAM; los trabajos se hicieron en fases de gabinete, de campo y de laboratorio. Los resultados obtenidos fueron, presencia de grietas, humedad y un descuido en la operación y mantenimiento de los componentes; la resistencia a la compresión del concreto se determinó mediante el método estándar del número de rebote (ASTM C 805-13a), y las estructuras que no cumplieron con la resistencia requerida (210 kg/cm²) fueron el desarenador y las vigas centrales del lecho de secado cuyos valores de resistencia obtenidos son de 138 kg/cm² equivalente a 65.71% y 145 kg/cm² equivalente a 69.05% respectivamente; el caudal de ingreso máximo es de 2.009 L/s correspondiente al día viernes 24 de mayo a las 2:00 pm y finalmente los parámetros en el punto 4, punto de salida de la PTAR o punto de descarga en el río Ñun Ñun - Lanchecucho (efluente final): Aceites y grasas = 7.85 mg/l, DBO₅ = 46.20 mgO₂/L, DQO = 118 mgO₂/L, SST = 32.50 mg/L, Coliformes termotolerantes < 1.8 NMP/100 mL, pH = 7.5 y temperatura = 20 °C. Se concluye que la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo presenta una eficiencia de remoción de **86.83 %**, es decir, es eficiente.

Palabras Clave: Evaluación, eficiencia, agua residual, afluente, efluente, PTAR, DBO

ABSTRACT

This research work is important because it allows us to know the level of operation of the WWTP No. 02 El Portachuelo in the city of El Tambo, in order to guarantee the reuse of treated water in different daily activities of the population. The main purpose of this research is to evaluate the wastewater treatment plant No. 02 in the town of El Tambo, describing each component of the WWTP, determining the compressive resistance of the concrete of the infrastructure, measuring flows, velocities, ties, levels. and retention time in the treatment units and finally determining the decontamination efficiency in each of its components for 7 parameters: BOD5, COD, total suspended solids, thermotolerant coliforms, oils and fats, Ph and temperature. The methodology consisted, at the beginning, of describing, sizing and verifying the state in which each component is located, then through the use of the sclerometer, the compressive strength of the concrete of the entire infrastructure was determined, also from 7.am and at each hour, for two days the flow entering the WWTP in the preliminary treatment was determined using two gauging methods; gauging with current meter or windlass and volumetric gauging to carry out the hydraulic evaluation of the components and finally four (4) strategic sampling points were identified for the comparative analysis of treatment based on the NTP RNE. OS.090 and D.S. No. 003-2010-MINAM; The work was done in office, field and laboratory phases. The results obtained were the presence of cracks, humidity and carelessness in the operation and maintenance of the components; The compressive strength of the concrete was determined using the standard rebound number method (ASTM C 805-13a), and the structures that did not meet the required strength (210 kg/cm²) were the sand trap and the central beams of the bed. drying whose resistance values obtained are 138 kg/cm² equivalent to 65.71% and 145 kg/cm² equivalent to 69.05% respectively; The maximum inflow flow is 2,009 L/s corresponding to Friday, May 24 at 2:00 pm and finally the parameters at point 4, exit point of the WWTP or discharge point in the Ñun Ñun river - Lanchecucho (final effluent): Oils and fats = 7.85 mg/l, BOD5 = 46.20 mgO₂/L, COD = 118 mgO₂/L, TSS = 32.50 mg/L, Thermotolerant coliforms < 1.8 NMP/100 mL, pH = 7.5 and temperature = 20 °C. It is concluded that WWTP No. 02 in the town of El Tambo has a removal efficiency of 86.83%, that is, it is efficient.

Keywords: Evaluation, efficiency, wastewater, influent, effluent, WWTP, BOD

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), son de gran importancia porque está relacionada directamente con la comunidad y el medio ambiente. Es así que las PTAR nos ayudan a limpiar el agua contaminada y así tener la posibilidad de devolver a nuestras fuentes naturales o cuerpos receptores de agua como lagunas, quebradas, mares, ríos o lagos; sin que represente ningún peligro para los seres vivos y el medio ambiente. Por lo tanto, si las PTAR funcionan adecuadamente, entonces protegen el medio ambiente y la salud de las personas.

La necesidad de la población por los recursos hídricos, cada día crece más, es entonces que el impacto por la calidad de estos recursos hídricos generados por las aguas residuales se convierte en un problema a diario tanto para el medio ambiente y para los seres vivos, por el mismo hecho del crecimiento poblacional y su relación con el uso a diario.

Las aguas residuales en el mundo cumplen un papel importantísimo en la relación agua, suelo y seres vivos, por lo tanto, a las plantas de tratamiento de aguas residuales ya ejecutadas se le debe dar el mantenimiento y operación adecuado en base a sus componentes, es decir evaluar cada componente de la PTAR e involucrarse inmediato para garantizar la eficiencia de los mismos.

La localidad de El Tambo, es uno de los más grandes de la región Cajamarca, perteneciente a la provincia de Hualgayoc – Bambamarca; después de mucho tiempo ha logrado la construcción de 2 plantas de tratamientos de aguas residuales (PTAR), obra de impacto ejecutada por la municipalidad provincial de Hualgayoc – Bambamarca en el año 2021. Teniendo a la fecha solo 2 años de funcionamiento, por la cual los habitantes aguas abajo están muy preocupados y con ansias de saber que estas, PTAR, está trabajando adecuadamente, es decir la descarga del efluente en el río cumpla con los estándares de calidad ambiental.

El efluente de las plantas de tratamiento de esta ciudad descarga en el río Lanchecucho, en la cual aguas abajo hay habitantes que utilizan el agua para sus sembríos, ganado vacuno y en épocas de escasez para el consumo humano. Por lo tanto, en el presente proyecto de tesis se evaluará la PTAR N° 02 (El Portachuelo) de El Tambo, con la meta de identificar su nivel de funcionamiento.

Uno de los primeros problemas de ingeniería que enfrentó la humanidad a medida que se desarrollaban las ciudades consistió en el suministro de agua para el uso doméstico y la

irrigación de los cultivos, los mismos que en la actualidad las comunidades la sufren y más aún en las temporadas de escasez (Cengel & Cimbala, 2006, p. 7).

La disponibilidad de agua es importante para la vida y el desenvolvimiento económico de cualquier región del mundo. Los recursos disponibles deben ser aprovechados de una forma adecuada, garantizando así el uso en cualquier actividad de las personas teniendo en cuenta las necesidades del medio ambiente.

La falta de acceso o escasez de agua, así como la carencia de sistemas de saneamiento, tiene como consecuencias la disminución sustancial del nivel de vida y la limitación en el uso del recurso hídrico en todas las actividades (limpieza, aseo personal, lavado de ropa y otros).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

- En Bolivia (Cochabamba) se inspeccionó y se tomaron muestras para el análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua de 5 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), de manera que verificaron si existe una relación entre la eficiencia de remoción de contaminantes y el tipo de operación y mantenimiento que se hace a las PTAR, tomaron muestras del afluente y efluente de la PTAR y lo hicieron el análisis de calidad de agua en el centro de Aguas y Saneamiento Ambiental, demostrando así, que hay PTAR que funcionan muy deficientes (Mercado, Cossío & Copa, 2020).

- En Colombia para garantizar el uso de las aguas residuales, evaluaron la eficiencia de los reactores UASB en una PTAR municipal, evaluando los parámetros de Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), cuyos resultados de la eficiencia media de estos parámetros estaban por debajo de los rangos exigidos en su normatividad (Salazar, Uribe, Gómez y Zafra, 2018).

- En el Perú (Puno) analizaron la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales tomando muestras en los puntos de monitoreo tanto para el afluente y efluente, evaluaron 5 parámetros de contaminación; aceites y grasas. Coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos en suspensión total, los resultados obtenidos indican que la PTAR funciona eficientemente (Valeriano, 2023).

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

- La PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, Hualgayoc, Cajamarca; presenta grietas en el concreto del Tanque Imhoff y en las intersecciones de vigas y columnas del lecho de secado, así como olores cargados en el ambiente.
- En la localidad de El Tambo, la gran mayoría de sus habitantes se dedican a la agricultura y ganadería, en la cual en época de escasez utilizan el agua de la PTAR, antes del tratamiento, ya sea para los sistemas de riego y consumo de ganado vacuno.
- En la localidad de El Tambo, aguas abajo del río Ñun Ñun – Lanchecucho, donde descarga el efluente de la PTAR, existen habitantes que en época de verano utilizan el agua residual tratada para consumo doméstico y aseo personal. Entonces es así que debemos garantizar que ese efluente final de la PTAR debe cumplir con los parámetros de calidad ambiental.

1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la presencia de grietas, olores cargados en el ambiente y a los diferentes tipos de uso que se dan las aguas residuales tratadas en épocas de verano o escasez en el C.P. El Tambo, surge la pregunta:

¿Funciona adecuadamente la planta N°02 (El Portachuelo), en el tratamiento de agua residual de la localidad de El Tambo?

1.1.4. OBJETIVOS

1.1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la Planta N°02 de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de El Tambo

1.1.4.2. Objetivos Específicos

- Describir los componentes de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo
- Evaluar la infraestructura de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo
- Evaluar hidráulicamente la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo
- Evaluar el tratamiento de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo

1.1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El tratamiento de las aguas residuales en la localidad de El Tambo, resulta de interés social, político y económico, porque es una necesidad que el gobierno nacional, regional y municipal deben resolver, ya que el recurso hídrico (efluente final de la PTAR) se necesita y se da mucho uso en época de escasez en los diferentes rubros de las comunidades, es así entonces que esta PTAR debe funcionar eficientemente.

La razón de esta investigación es proponer aspectos de evaluación para un mejor funcionamiento de la PTAR, con base en todos los componentes que conforman estas plantas de tratamiento, para así garantizar el uso del agua en dicha localidad.

Por lo tanto, con la presente investigación lo que se busca es dar un diagnóstico eficaz en bien de la población y de su medio ambiente, para así garantizar que el funcionamiento cumpla con todos los requisitos estipulados en la NTP RNE. OS.090, en la ley N° 28611, ley general del ambiente y el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

1.1.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El presente proyecto de investigación se desarrolló en los meses de mayo – agosto, del año 2024 en el centro poblado de El Tambo, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, región Cajamarca; en base a la evaluación de la PTAR N°02 (El portachuelo), teniendo en consideración el afluente y efluente de las estructuras que componen dicha planta de tratamiento.

1.1.7. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las limitaciones de gran importancia en esta evaluación, es el no poder contar con las instalaciones apropiadas *in situ* para realizar los trabajos con rapidez con respecto a la evaluación de la calidad del efluente final de la PTAR.

1.1.8. VIABILIDAD O FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación sí es viable, ya que el autor cuenta con un asesor que le brinda el conocimiento y la experiencia en el lineamiento de plantas de tratamiento para que así no haya obstáculos y se pueda terminar la investigación dentro del tiempo previsto. Además, se cuenta con todas las facilidades para el ingreso a la zona de estudio.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

A nivel Internacional

Cardona (2022), en la investigación “Diagnostico y evaluación del estado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas – PTARD Central del municipio de Guadalupe , Antioquia”, realizada en Colombia, concluye que la eficiencia del sistema no cumple con los valores límites máximos para el vertimiento en la fuente receptora Los Chorros durante tres años consecutivos de operación en relación a las condiciones de operación, mantenimiento y funcionamiento con respecto a la eficiencia de la remoción de los contaminantes.

Torres (1994), en la investigación “Proyecto de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para Reúso del agua en la Agricultura”, realizada en México, concluye que para la caracterización del efluente se realizaron tres muestreos durante el ciclo otoño invierno de 1993 donde se tomaron muestras simples a iguales intervalos de tiempo, durante 24 horas de las muestras simples se obtuvo una muestra compuesta a la que se le determinaron parámetros físicos, químicos, microbiológicos y la medición del caudal máximo y mínimo por día; cuyos resultados promedios de los parámetros físicos fueron: pH, varió de 7.59 a 8.1; temperatura de la muestra de 27.2 a 28.7 °C, y sólidos sedimentables 3.94 ml/1. Los parámetros químicos tuvieron los siguientes promedios; oxígeno disuelto (OD) 0.46 mg/1, demanda bioquímica de oxígeno (DBOs) 265 mg/1, demanda química de oxígeno (DQO) 372.09 mg/1 y sólidos en todas sus formas: totales 462.30 mg/1, totales suspendidos 180.00 mg/1, totales disueltos 282.30 mg/1, totales volátiles 277.76 mg/1, volátiles suspendidos 100.36 mg/1, volátiles disueltos 177.40 mg/1, totales fijos 260.68 mg/1, fijos suspendidos 49.35 mg/1 y fijos disueltos 211.33 mg/1. El examen microbiológico mostró un promedio de coliformes fecales del orden de 153×10^6 N.M.P/100 ml de muestra; en la medición de los caudales (Q) se obtuvieron los promedios siguientes: máximo 27.33 l/seg y mínimo 21.43 l/seg.

A nivel Nacional

Ccente y Huayllani (2021), en la investigación “Eficiencia en la remoción de la demanda Bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de filtro percolador del distrito de Paucará”, realizada en Huancavelica, concluye que la PTAR de filtro percolador obtuvo una eficiencia de remoción de la DBO₅ de 51.34% y una eficiencia de

remoción de la DQO de 51.59%, superando la remoción mínima estipulada en la NTP OS.090 RNE. Además, que las concentraciones de los parámetros DBO₅ y DQO en el efluente son de 72 mg/l y 165 mg/l respectivamente cumpliendo así con los valores máximos establecidos según el D.S. N°003-2010-MINAM.

Ortega (2018), en la investigación “Propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Pallanchacra del distrito de Pallanchacra, provincia de Pasco, región Pasco – 2018”, realizada en Pasco, concluye que realizaron el análisis situacional de la PTAR de Pallanchacra, basándose en los parámetros físicos, químicos y biológico, también evidenciaron que el sistema no trabaja eficientemente ya que las remociones están muy por debajo de los valores mínimos requeridos según los límites máximos permitidos de MINAM 2010.

Castro (2023), en la investigación “Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas del distrito de Caminaca – Perú, 2022”, realizada en Puno, concluye que determinaron diversas concentraciones tanto al inicio como al final con reducciones notables; la DBO₅ disminuyó de 565.17 a 90.63 mg/l, la DQO redujo de 966.13 a 179.10 mg/l, los coliformes termotolerantes de 26400000 a 9.77 NMP/ 100 ml, en los sólidos en suspensión total disminuyeron de 513.33 a 43.53 mg/l y en aceites y grasas de 33.60 a 2.63 mg/l todos estos valores finales, no sobre pasan lo establecido en los límites máximos permisibles del D. S. N°003-2010-MINAM.

A nivel Local

Núñez (2019), en la investigación “Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba – Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento”, realizada en Cajamarca, concluye que la PTAR no es eficiente mediante filtros percoladores (DBO₅ = 23,20% y DQO = 27.63%), y no es eficiente en la remoción de coliformes termotolerantes (CT= 65.62%). Cumpliendo solo la eficiencia en la remoción de aceites y grasas (82.20%). Además, los parámetros que cumplen los límites máximos permisibles (LMP) de efluentes para su vertimiento a cuerpos receptores de agua fueron; Sólidos Suspendidos Totales (SST) con un valor de 117.7 mg/l, aceites y grasas con un valor de 8.4 mg/l y los parámetros que no cumplen con los límites máximos permisibles fueron DBO₅ con un valor de 196.7 mg/l, DQO con un valor de 363.4 mg/l y Coliformes Termotolerantes con un valor de 80.5x10⁵ NMP /100 ml.

Santa Cruz (2020), en la investigación “Eficiencia del carbón activado en la decoloración de aguas residuales domesticas de la planta STP37-1 minera Yanacocha SRL”, realizada en Cajamarca, investigación experimental que utilizando el carbón activado la eficiencia de dicha PTAR mejore en su vertimiento, concluye que la eficiencia del carbón activado en la decoloración de aguas residuales domesticas fue de 97% de 2.2. mg/l de cloro residual en 9 horas. Además, el carbón activado permitió una decoloración mayor al 70% del efluente, llegando a decolorar un 97% de 2.2 mg/l de cloro residual de las aguas residuales domésticas de dicha planta de tratamiento.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. AGUAS RESIDUALES

A lo largo de todo el ciclo de gestión del agua, desde la captación de agua dulce, el tratamiento, la distribución, el uso, la recogida y el tratamiento posterior hasta la reutilización y la devolución final al medio ambiente, hay que tenerlas en cuenta porque son una parte esencial del ciclo del agua. Las aguas residuales son las aguas usadas y los sedimentos que se introducen en los desagües y luego se transportan por el sistema de alcantarillado de una forma u otra. Pueden ser aguas residuales (excrementos, orina y lodos fecales) y aguas grises (aguas residuales procedentes del lavado y el baño); aguas procedentes de establecimientos comerciales e instituciones, incluidos los hospitales; efluentes industriales, aguas pluviales y otras escorrentías urbanas; y escorrentías agrícolas, hortícolas y acuícolas. Suelen considerarse una combinación de una o varias en función del uso de una población o industria (Romero Rojas, 2004).

2.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS AGUAS RESIDUALES

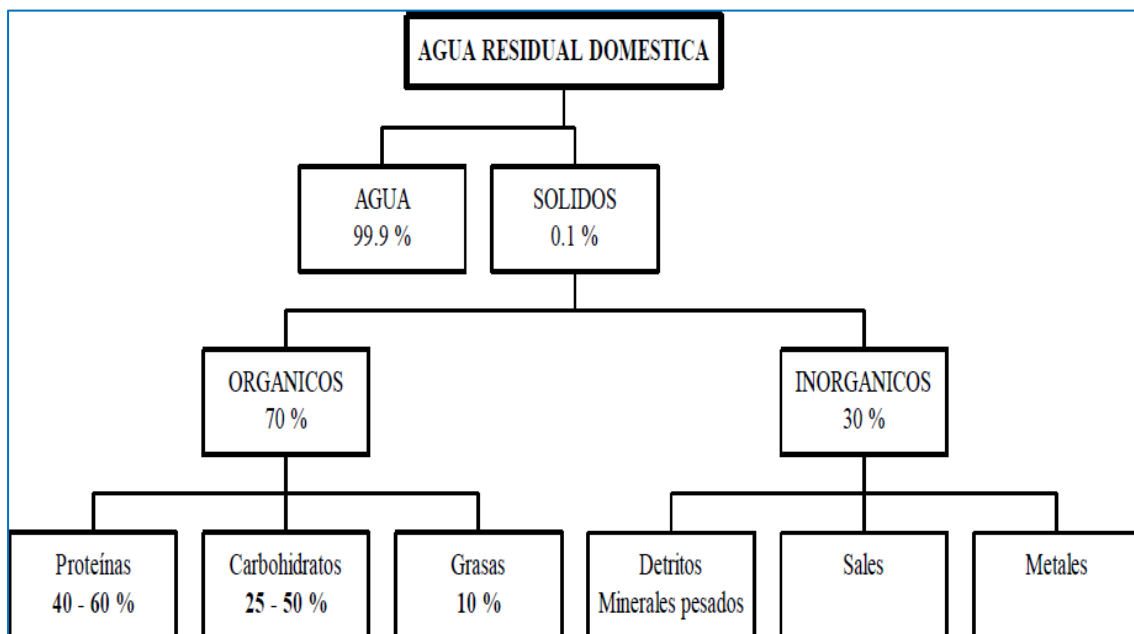
2.2.2.1. Características Físicas y Químicas

Estas aguas proceden normalmente de procesos industriales (aguas residuales industriales), del suministro doméstico y comercial (aguas residuales domésticas) y de las actividades cotidianas de las personas. Estas aguas residuales suelen denominarse aguas pluviales, aguas de infiltración, aguas residuales industriales y aguas residuales domésticas debido a su origen subterráneo y meteorológico. En términos generales, los sólidos, la turbidez, el color, la temperatura y el olor son los principales atributos físicos de las aguas residuales. Se suelen observar las siguientes propiedades químicas: materia inorgánica (pH, alcalinidad y cloruros), materia orgánica, gases (N₂, O₂ y CO₂) y medidas del contenido orgánico (DBO, DQO y COT) (Ronzano & Dapena, 2015).

2.2.2.2. Características Biológicas y Microorganismos

Estos rasgos tienen una conexión directa con las categorías primarias de organismos patógenos, microorganismos biológicos y especies indicadoras de contaminación. Los organismos eucariotas (algas, hongos, protozoos, helechos y musgos), las eubacterias (la mayoría de las bacterias) y las arqueobacterias (metanógenos, halófilos y termocitófilos) son los microorganismos que se encuentran en las aguas residuales. El tracto intestinal humano alberga organismos patógenos (bacterias, virus, protozoos y el grupo de los helmintos) que causan el cólera, la fiebre tifoidea y la disentería. Por último, los organismos indicadores (bacterias coliformes, *Escherichia coli*) están presentes en las aguas residuales (Metcalf & Eddy, 2007).

Figura 1. Composición media de las ARD



La figura ha sido adaptada de ingeniería de aguas residuales por Metcalf & Eddy, 2007.

2.2.3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales (Norma OS.090).

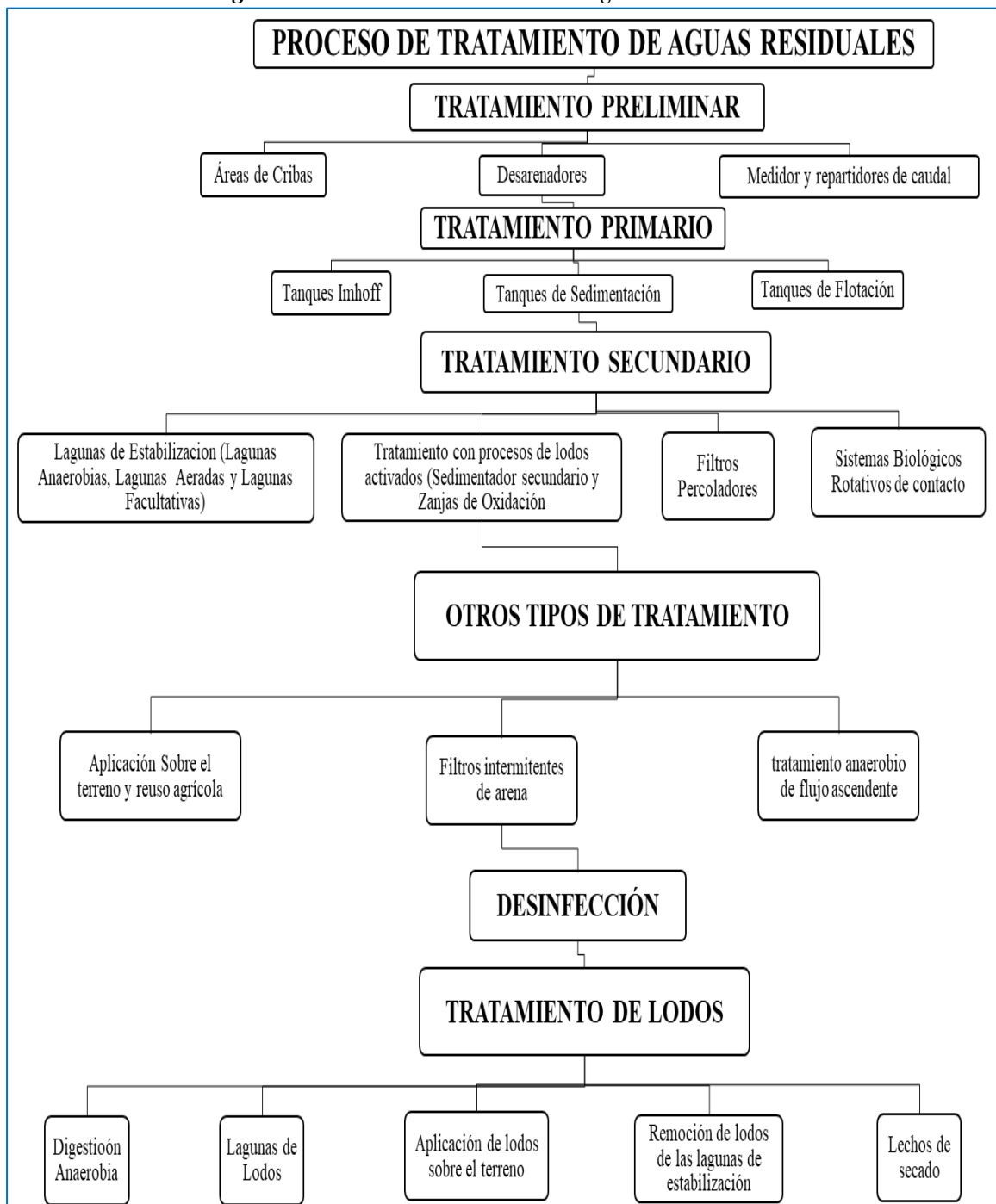
En su forma más básica, una planta de tratamiento de aguas residuales elimina los sólidos, reduce los contaminantes y restos orgánicos y repone el oxígeno. La arena, la madera, los trapos y las partículas diminutas incluidas en las aguas residuales se consideran sólidos. Para reducir la materia orgánica y los contaminantes se emplean bacterias beneficiosas y otros macroorganismos que se alimentan de la materia orgánica de las aguas residuales. Después, el agua se limpia de las bacterias y otros microorganismos (Belzona, 2010).

2.2.4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los estudios de tratamiento de aguas residuales se han ampliado como recurso alternativo para la ganadería, la agricultura, la industria, la piscicultura y otras industrias debido a los problemas de contaminación ambiental, salud pública y la necesidad de ahorrar recursos energéticos, cada vez más escasos.

En el que se utilizarán los procesos físicos, químicos y biológicos de las PTAR para recuperar el agua (Valdez & Vásquez González, 2003).

Figura 2. Proceso de tratamiento de aguas residuales



Adaptada de tratamiento de agua residuales por la marca registrada Belzona, 2010, y la norma OS.090

Tabla 1. Proceso de tratamiento de aguas residuales

TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DE LOS CONTAMINANTES	OPERACIONES UNITARIAS, PROCESOS UNITARIOS Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO
Pre Tratamiento o tratamiento Preliminar (remoción de sólidos gruesos)	-Cribado -Tanques de igualación -Molido y desmenuzado -Vertedor o aforadores -Desarenadores
Tratamiento Primario	Sedimentación Flotación y remoción de grasas Floculación y precipitación-química Tanques Imhoff
Tratamiento Secundario	Filtros percoladores Lodos activados inclusive Zanjas de oxidación y aireación extendida Lagunas de estabilización (aeróbicas, facultativas, aeróbicas y series, y contacto anaeróbico) Discos rotatorios
Tratamiento Terciario	Coagulación y sedimentación Filtración Adsorción con carbón Intercambio iónico
Desinfección	Cloración Hipocloración Ozonización Irradiación Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno
Disposición de lodos	Deshidratación (desaguado) espesamiento gravedad – flotación Centrifugación Lechos de secado Filtración al vacío Evaporación Irradiación
Acondicionamiento de lodos	Elutriación Con compuestos químicos Composting
Combustión de lodos	Hornos corazón múltiple Incineración - secado flash Incineración lecho fluidificado Oxidación húmeda Combustión con basuras
Disposición final	En terreno (líquido)

Adaptada de tratamiento de aguas residuales por J. A. Romero Rojas, 2004.

2.2.4.1. Pre Tratamiento o Tratamiento Preliminar

Controlar y medir el caudal de aguas residuales que entra en la PTAR es el objetivo del tratamiento preliminar. Las partículas más grandes, la arena y la grasa que se encuentran en las aguas residuales procedentes de los desagües pluviales o del alcantarillado sanitario se eliminan mediante este proceso (Ramalho, 2003).

Cribado

Es un sistema de barras paralelas uniformemente espaciadas llamadas rejillas que se utilizan para retener materiales gruesos, relativamente grandes, flotantes o suspendidos. Dejan pasar el agua, pero no la basura como papel, trapos, cáscaras de fruta, restos de verduras, fragmentos de madera, latas, plásticos y otros elementos que pasan por los inodoros y sistemas de desagüe. Las rejillas evitan que se obstruyan tuberías, bombas, válvulas y otros componentes de las PTAR. También ayudan a reducir el volumen de flotantes, o espumas, lo que mejora el aspecto de la planta (Romero Rojas, 2004).

Desarenador

Arenas, gravas, partículas y otros detritus minerales pesados e inertes con una gravedad específica o velocidad de sedimentación muy superior a la de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales (escombros, guijarros, virutas de ladrillo, partículas metálicas, carbón, tierra y otros) están destinados a ser eliminados y retenidos por estas estructuras. La teoría de la sedimentación de Hazen puede utilizarse para diseñar desarenadores (Romero Rojas, 2004)

2.2.4.2. Tratamiento Primario

Mediante métodos físicos y/o químicos, esta etapa inicial tiene por objeto eliminar las partículas en suspensión, tanto orgánicas como inorgánicas. Los procesos químicos se utilizan para eliminar sustancias solubles utilizando agentes químicos como floculantes y/o coagulantes que mejoran la separación de partículas, mientras que los procesos físicos se aplican a los vertidos líquidos que contienen contaminantes inorgánicos o materia orgánica no biodegradable y/o insoluble (en suspensión) (Ramalho, 2003).

Tanque Imhoff

Los tanques Imhoff son unidades fundamentales esenciales que comprenden los procesos de digestión, aireación y sedimentación de fangos. Se utilizan en PTAR con una población igual o inferior a 5.000 habitantes y, al no requerir componentes mecánicos, su funcionamiento es sencillo. Para evitar la ascensión de gases y aromas desagradables, el agua residual pasa por la zona o cámara de sedimentación durante el funcionamiento, donde elimina los sólidos sedimentables antes de entrar en la cámara de digestión de fangos a través de las paredes inclinadas (Gonzales Acuña, 2013).

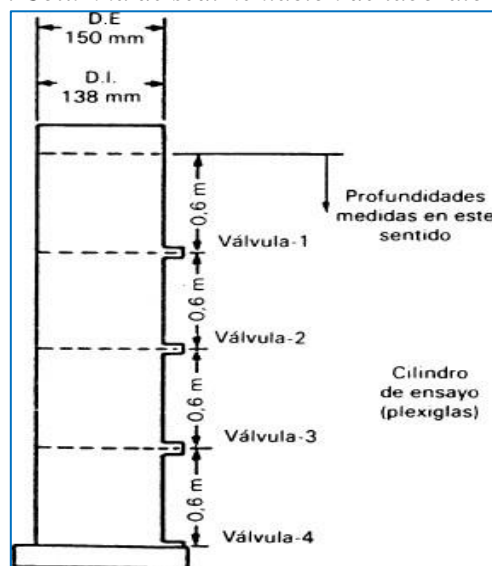
Sedimentación

El proceso por el que las partículas en suspensión con una gravedad específica superior a la del agua se separan debido a la gravedad se conoce como sedimentación. En el tratamiento de aguas residuales, es una de las operaciones unitarias más populares. Durante el tratamiento, la sedimentación puede producirse en una o varias fases o en muchas ocasiones. Dependiendo del tipo de materiales en suspensión, se pueden considerar tres tipos diferentes de mecanismos o procesos de sedimentación: sedimentación zonal, sedimentación con floculación y sedimentación discreta (Ramalho, 2003).

Coagulación y Floculación

En las suspensiones diluidas, las partículas floculantes forman parte de esta forma de sedimentación. Las partículas que se agregan a otras partículas con las que entran en contacto debido a fenómenos de coalescencia se conocen como partículas floculantes. Para determinar las propiedades de sedimentación de una suspensión de partículas floculentas se pueden realizar estudios de laboratorio utilizando una columna de sedimentación (Metcalf & Eddy, 2007).

Figura 3. Columna de sedimentación de laboratorio



Adaptada de tratamiento de aguas residuales por R. S. Ramalho, 2003.

2.2.4.3. Tratamiento Secundario

El objetivo de esta segunda etapa es utilizar mecanismos de oxidación biológica para deshacerse de la materia orgánica que se ha disuelto y se ha convertido en coloidal. Además, los microbios que utilizan la materia orgánica como nutriente llevan a cabo un proceso biológico que degrada las moléculas biológicas. Por consiguiente, en estos tratamientos se utilizan procedimientos tanto anaeróbicos como aeróbicos (Valdez & Vásquez Gonzales, 2003).

Lagunas de estabilización

El proceso conocido como autodepuración o estabilización natural se produce en las lagunas de estabilización, que son construcciones sencillas destinadas a mejorar las cualidades sanitarias de las aguas residuales debido a la aparición de fenómenos físicos, químicos, bioquímicos y biológicos. Este proceso tiene lugar en aguas estancadas que contienen muchos restos orgánicos putrescibles o biodegradables (UNATSABAR, 2005).

Aeróbicas

Se trata de lagunas poco profundas en las que la biomasa utiliza la materia orgánica bajo la influencia de plantas acuáticas que utilizan la fotosíntesis para convertir el CO₂ en oxígeno molecular libre. Además, al diseñar este tipo de lagunas, es fundamental tener en cuenta la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (Noyola et al., 2013).

Facultativas

Son las más utilizadas, tienen una profundidad de entre 1 y 2 metros y presentan tres zonas diferenciadas: condiciones anaeróbicas en el fondo, condiciones mixtas en el centro, condiciones aeróbicas en la parte superior, condiciones anaeróbicas en la parte inferior, condiciones mixtas en el centro y condiciones aeróbicas en la parte superior (Noyola et al., 2013).

Anaeróbicas

Estas lagunas, más profundas y de mayor capacidad, se utilizan en procesos de degradación anaerobia. Durante estos procesos, la materia orgánica sufre reacciones de fermentación que liberan energía, principalmente metano (CH₄) y CO₂, entre otras sustancias (H₂S y H₂). Sin oxígeno, los procesos anaeróbicos se llevan a cabo (Noyola et al., 2013).

2.2.4.4. Tratamiento Terciario

Durante esta fase, se aplican procedimientos para erradicar las sustancias nocivas que no se erradicaron durante las terapias anteriores. Este tratamiento elimina algunos contaminantes del agua, como fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc., mediante procedimientos físicos y químicos únicos. En comparación con las formas anteriores de tratamiento, ésta es más costosa. Los filtros de arena, que retienen gran parte de las partículas en suspensión, y el carbón activado, que retiene las toxinas restantes, son los primeros filtros utilizados en estos procedimientos. Por lo tanto, cuando deben cumplirse requisitos estrictos de vertido (eliminación de nutrientes) o cuando el agua tratada se destina a un fin concreto, suele exigirse un tratamiento terciario (Noyola et al., 2013).

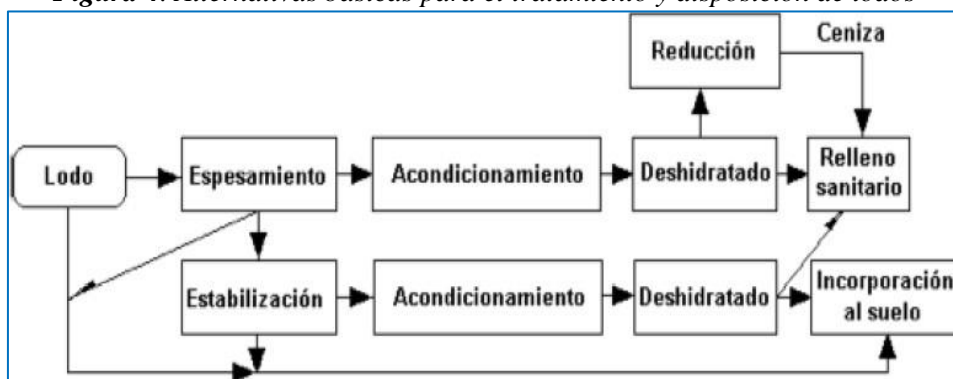
2.2.4.5. Tratamiento y disposición de lodos

La mayoría de los tratamientos primarios y secundarios siempre dan lugar a la producción de lodos. Los lodos primarios proceden de procesos de separación sólido-líquido, como la flotación y la decantación, mientras que los secundarios proceden de procesos biológicos. Los lodos secundarios son principalmente biomasa sobrante generada durante los procesos biológicos, mientras que los lodos primarios se componen de partículas sólidas, principalmente de naturaleza orgánica. (Ramalho, 2003).

La digestión anaeróbica, la digestión aeróbica, el compostaje combinado con residuos celulósicos, la estabilización con cal, la incineración y la pasteurización son algunos métodos para tratar los lodos (Noyola et al., 2013)

Los procesos básicos para el tratamiento de lodos son los siguientes: Espesamiento, estabilización, acondicionamiento, deshidratado y reducción.

Figura 4. Alternativas básicas para el tratamiento y disposición de lodos



Adaptada de ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales por Enrique Valdez y Alva Vásquez, 2003.

2.2.4.6. Desinfección

La finalidad de la desinfección de las aguas residuales es eliminar cualquier organismo patógeno que pueda haber escapado al proceso de tratamiento, cuyo objetivo principal de la eliminación de DBO y SST es salvaguardar el medio acuático. Cuando las aguas residuales se vierten en una masa receptora que una población aguas abajo utiliza para regar, beber o bañarse, es crucial desinfectar el agua. El cloro se suele utilizar para desinfectar las aguas residuales, según los criterios y pruebas oficiales basados en *Escherichia coli*, estreptococos fecales y *Clostridium* sp sulfito-reductores, se requiere una inyección o dosificación de desinfectante para recibir continuamente agua libre de bacterias putrefactas y gérmenes patógenos. La desinfección con cloro solo tiene sentido cuando se ha realizado una buena depuración y clarificación del agua (Valdez & Vásquez Gonzales, 2003).

2.2.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

Mide la cantidad de determinados componentes, compuestos o características físicas, químicas y biológicas que definen un efluente o emisión y que, cuando se superan, perjudican la salud humana, el medio ambiente y el bienestar de las personas (Ley general del ambiente, 2005).

Tabla 2. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	Mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	Mg/L	200
pH	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

Adaptada del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

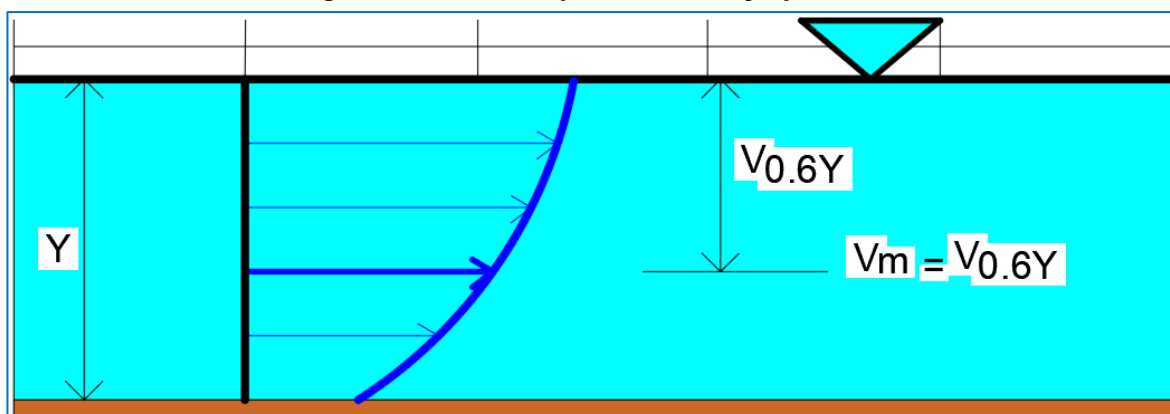
2.2.6. MEDICIÓN DE CAUDALES PARA LA EVALUACIÓN HIDÁULICA

La elección, aplicación y mantenimiento adecuados de los equipos de medición de caudal son componentes esenciales del funcionamiento eficaz de una planta de tratamiento de aguas residuales. Un sensor o detector y un dispositivo convertidor son los dos componentes que forman un sistema completo de medición de caudal. Existen numerosas herramientas para medir el caudal en tuberías y canales presurizados (Metcalf & Eddy, 2007).

2.2.6.1. Medición del caudal mediante Molinete

Este dispositivo de precisión mide la velocidad media del agua en los puntos de medición de la sección de control, que deben tenerse en cuenta: si la profundidad es inferior a 70 cm, mida la velocidad en un punto al 60% de profundidad; si la profundidad está entre 70 y 120 cm, mida la velocidad en dos puntos al 20% y al 80% de profundidad; y si la profundidad está entre 120 y 170 cm, mida la velocidad en tres puntos al 20%, 60% y 80% de profundidad desde la superficie (Villón Béjar, 2011).

Figura 5. Método de aforo al 60% de profundidad



2.2.7. COMPONENTES DE LA PTAR N°02 DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO

2.2.7.1. Cribado, canal de alimentación y canal de derivación o by pass

Mediante un tamiz o criba, el cribado es el proceso de eliminar los residuos gruesos del agua. Las pantallas se limpian manual o mecánicamente, según la técnica de limpieza, se clasifican en cribas gruesas o finas en función del tamaño de las aberturas, Las finas tienen aberturas inferiores a 0,64 cm (1/4 de pulgada), mientras que las gruesas tienen aberturas superiores o iguales a 0,64 cm (1/4 de pulgada). Las rejillas para la limpieza manual no deben ser más largas de lo que el operario pueda limpiar fácilmente.

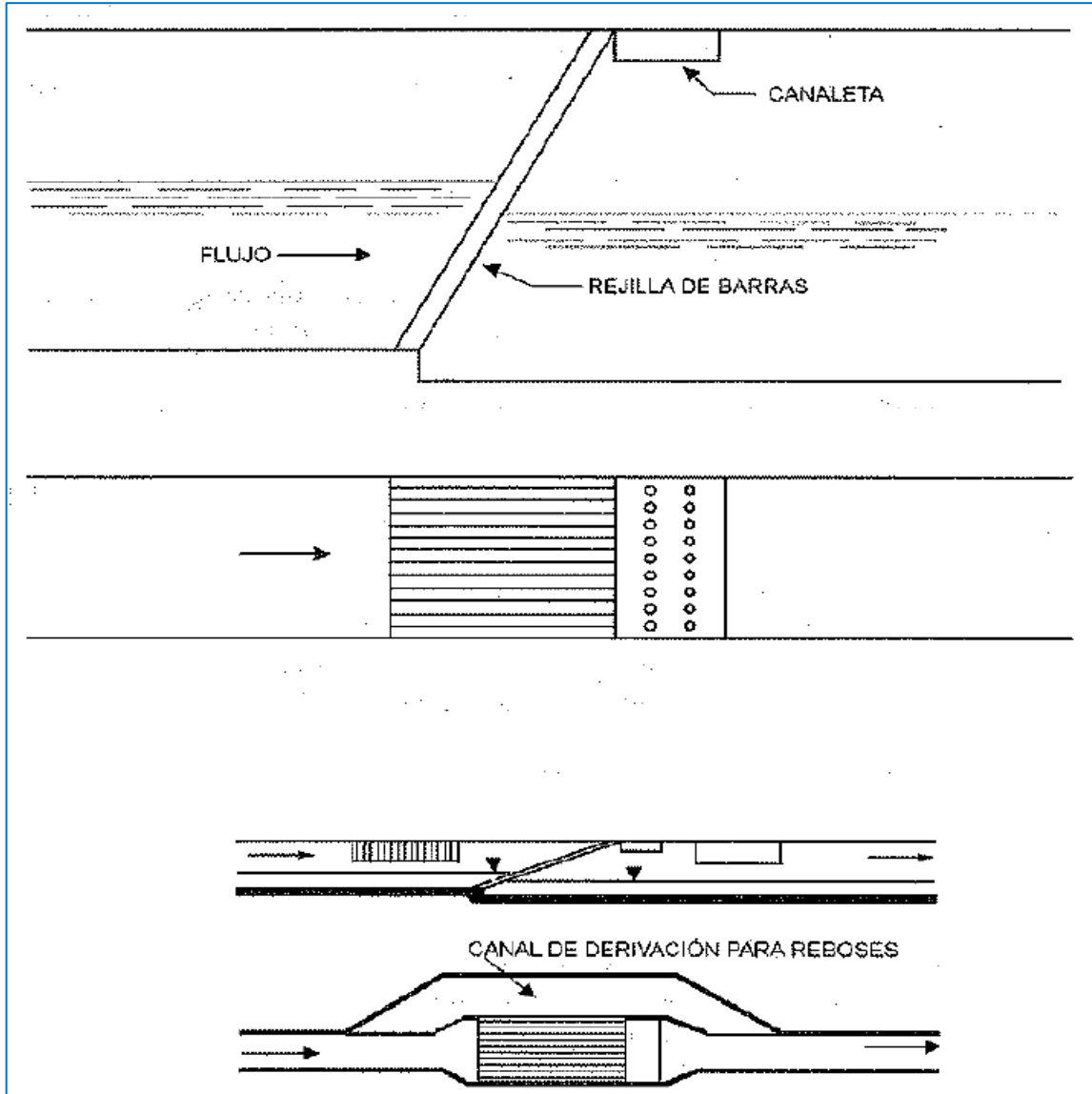
Para evitar la acumulación de arena u otros materiales pesados aguas arriba y aguas abajo de la criba, el canal de derivación y el canal de alimentación de la criba deben diseñarse teniendo en cuenta las condiciones de caudal máximo por hora. Preferiblemente, el canal debe ser horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, para promover una distribución uniforme de los sólidos retenidos por ella (Romero Rojas, 2004).

Tabla 3. Características de rejillas de barras

CARACTERISTICAS	DE LIMPIEZA MANUAL	DE LIMPIEZA MECANICA
Ancho de las barras	0,5 – 1,5 cm	0,5 – 1,5 cm
Profundidad de las barras	2,5 – 7,5 cm	2,5 – 7,5 cm
Abertura o espaciamiento	2,5 – 5,0 cm	1,5 – 7,5 cm
Pendiente con la vertical	30° - 45°	0° - 30°
Velocidad de acercamiento	0,3 – 0,6 m/s	0,6 – 1 m/s
Perdida de energía permisible	15 cm	15 cm

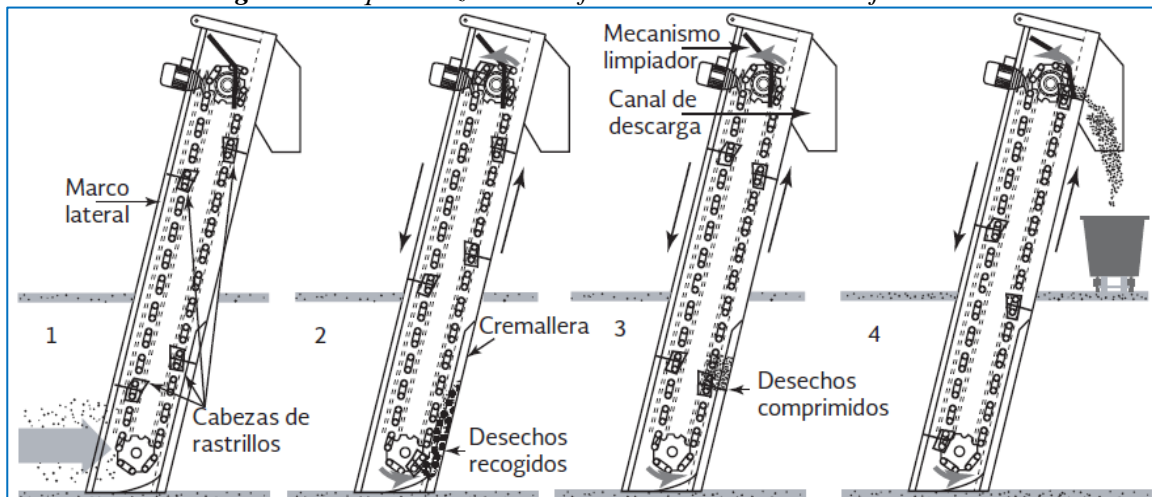
Adaptada de tratamiento de aguas residuales por J. A. Romero Rojas, 2004.

Figura 6. Rejilla inclinada de limpieza manual



Adaptada de tratamiento de aguas residuales por J. A. Romero Rojas, 2004

Figura 7. Esquematzación del funcionamiento de las rejillas

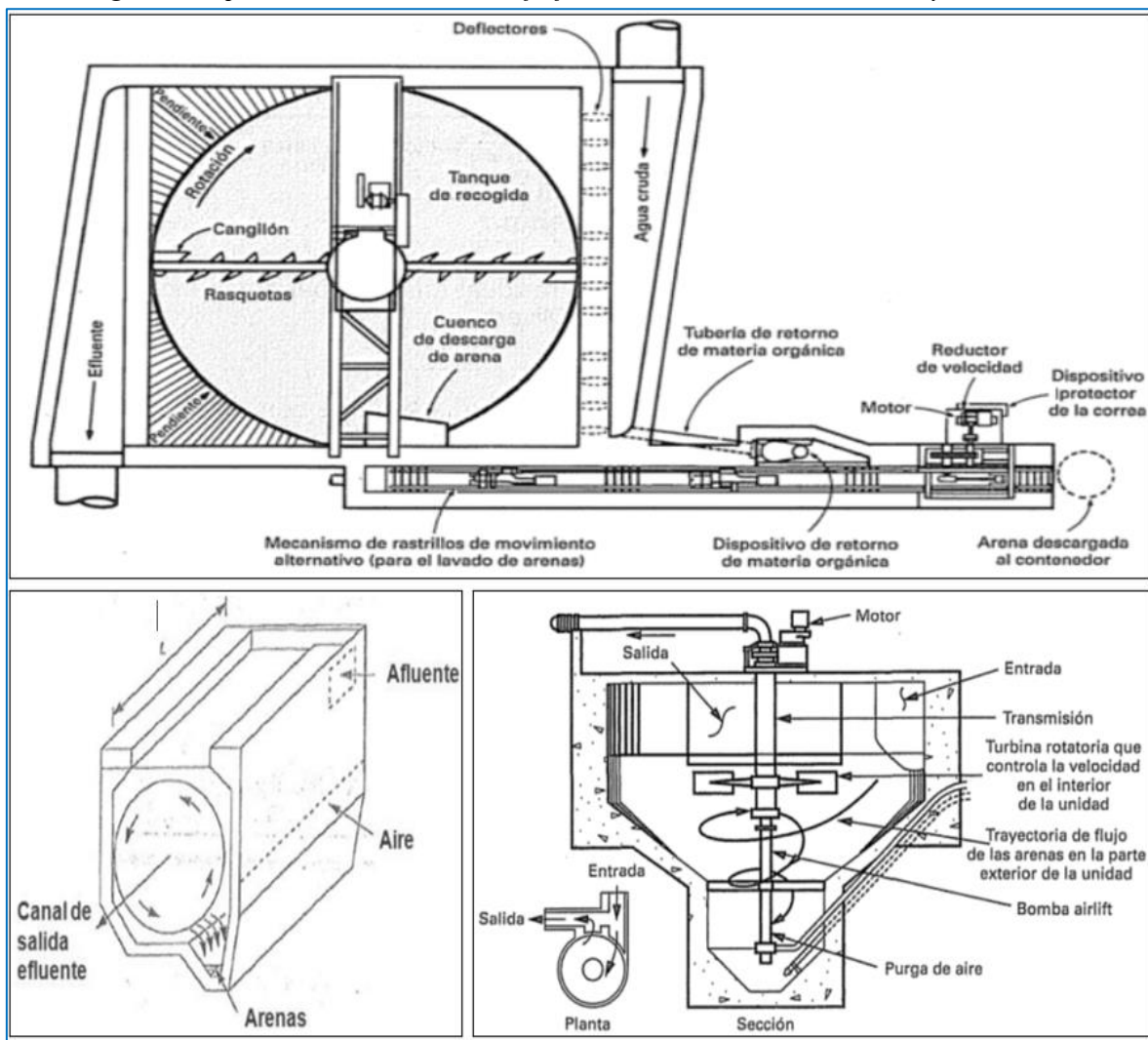


Adaptada del Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, 2015.

2.2.7.2. Desarenador

Se colocan trampas de arena para: (1) evitar el desgaste excesivo y la abrasión de los componentes mecánicos en movimiento; (2) disminuir la acumulación de depósitos pesados dentro de tuberías, canales y conductos; y (3) disminuir la frecuencia de las limpiezas del digestor provocadas por una acumulación excesiva de arena. Los desarenadores se pueden limpiar mecánica o manualmente, aunque se prefiere la limpieza manual. Las trampas de arena o desarenadores vienen en tres variedades básicas: de vórtice, aireadas, rectangulares o cuadradas y de flujo horizontal. El flujo horizontal es el tipo de desarenador más popular. La eliminación de partículas de arena con un peso específico de 2,65 para agua residual a una temperatura de 15,5°C suele ser la base para la construcción de trampas de arena; sin embargo, el estudio de los datos de remoción de arena muestra que el peso específico de las partículas removidas varía entre 1,3 y 2,7 (Metcalf & Eddy, 2007 & Romero Rojas, 2004).

Figura 8. Tipos de desarenadores: de flujo horizontal cuadrada, aireado y de vórtice



Adaptada de ingeniería de aguas residuales por Metcalf & Eddy, 2007.

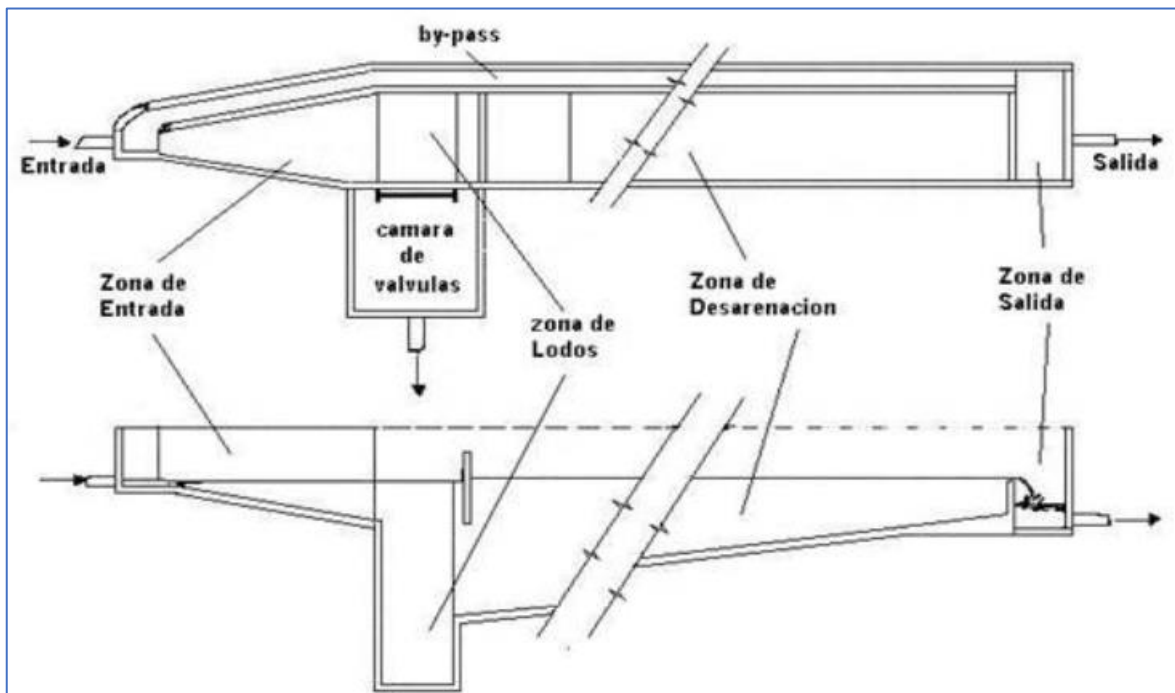
Desarenadores de flujo horizontal o desarenadores longitudinales

Se pretende que la velocidad en estas trampas de arena sea de alrededor de 0,30 m/s para sedimentar las partículas de arena que son comunes en las aguas residuales municipales. Un lavado final con arena puede mejorar el resultado. En general, se prevén cada año entre 5 y 12 litros de arena por habitante (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, 2015)

Las trampas de arena con flujo horizontal deben diseñarse de manera que, incluso en el peor de los casos, la partícula de arena más ligera llegue al fondo del canal antes de llegar al final. Aunque se han fabricado numerosos desarenadores para eliminar las partículas de arena retenidas en un tamiz de 100 (0.15mm de diámetro), la mayoría están hechas para eliminar todas las partículas de arena retenidas en un tamiz de 65 (0,21mm de diámetro). El área de la sección transversal estará determinada por el caudal y el número de canales, mientras que la longitud del canal estará determinada por la profundidad necesaria por la tasa de sedimentación y la sección de control. Se recomienda añadir al menos un 50% más de longitud que la longitud teórica prevista para tener en cuenta las turbulencias que se producen en la entrada y salida del canal (Metcalf & Eddy, 2007, pp. 522).

El diseño de los desarenadores de flujo horizontal debe verificarse para las condiciones del lugar y para el caudal máximo horario (Norma OS.090)

Figura 9. Desarenador de flujo horizontal



Adaptada de la guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, 2005.

2.2.7.3. Tanque Imhoff

El sistema de tratamiento anaeróbico tiene dos pisos de altura. El tanque tiene una cámara de sedimentación superior y un compartimento inferior para la digestión de los materiales sedimentados. La abertura del compartimento superior permite que los sólidos sedimentados entren en la zona digestiva. Tanto en la zona de decantación como en las zonas de ventilación situadas junto a las cámaras de decantación se produce una acumulación de espuma. A través de la zona de ventilación sale el gas generado durante el proceso de digestión en la cámara de lodos (Romero Rojas, 2004).

El tanque Imhoff se diseña, generalmente, de acuerdo con los siguientes estándares:

Área de Sedimentación

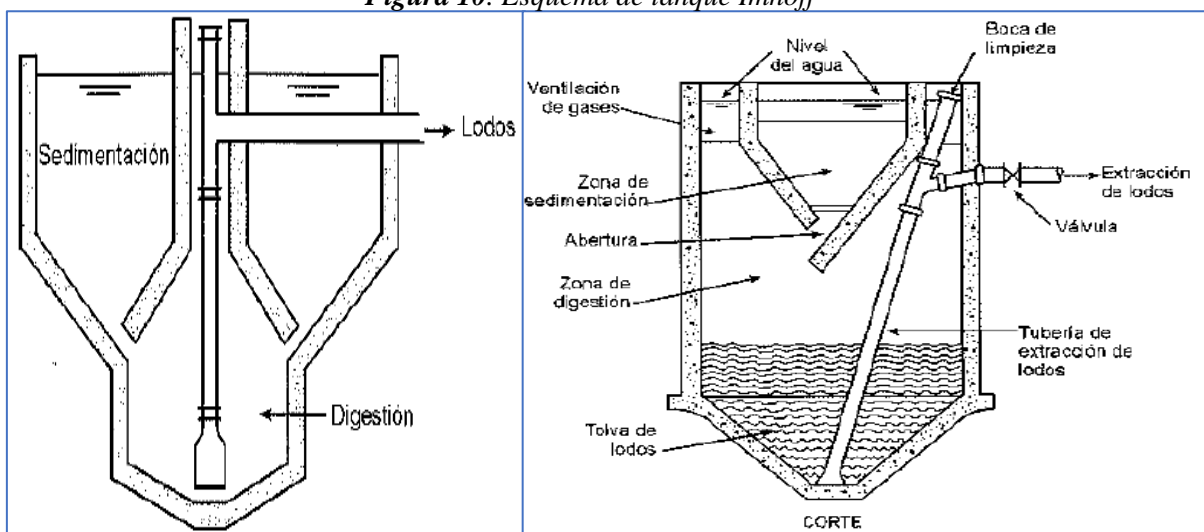
- Carga superficial = 24 – 50 m/d
- Tiempo de retención = 1 – 4 h
- Tasa de rebose del vertedero efluente = 2 – 7 L/s m
- Tamaño de la abertura \geq 15 cm
- Pendiente del fondo de la cámara = 1,4/2,0 (V/H)

Área de Digestión

- Volumen = 28 – 85 L/c
- Tiempo de almacenamiento de lodos = 3 – 12 meses

Además de una cámara de digestión, el tanque Imhoff puede tener muchas cámaras de sedimentación. Es posible reducir la DBO del 25 al 50% y eliminar del 45 al 70% de las partículas en suspensión. Sin embargo, la eliminación varía según las propiedades de los residuos, así como el diseño y las circunstancias operativas (Romero Rojas, 2004).

Figura 10. Esquema de tanque Imhoff



Adaptada de tratamiento de aguas residuales por J. A. Romero Rojas, 2004.

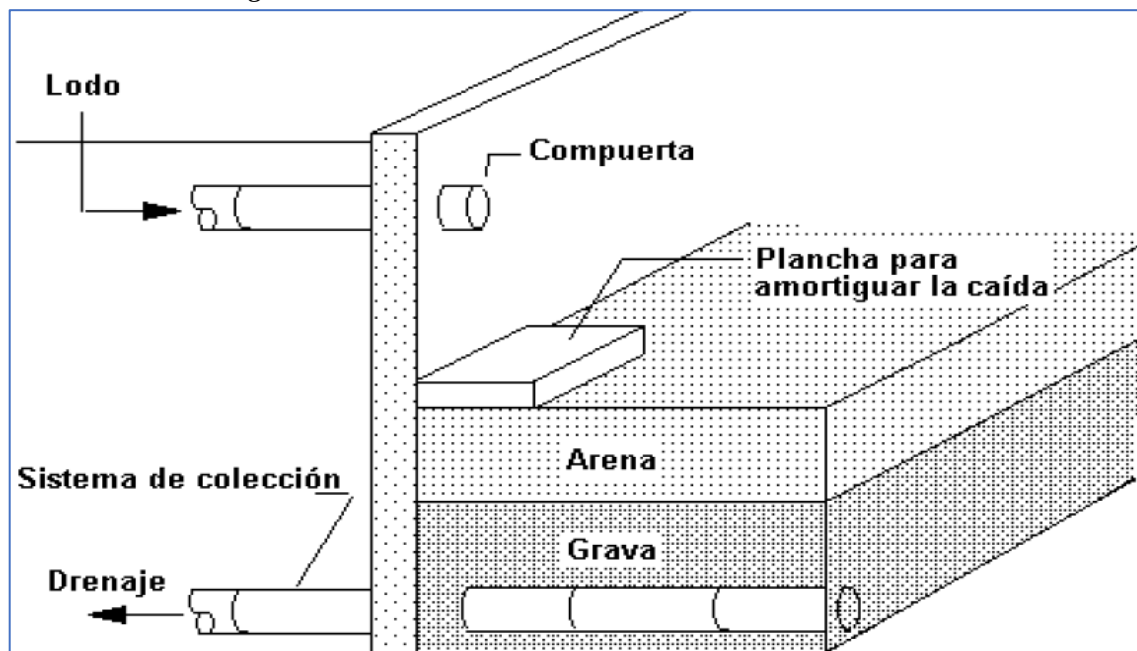
2.2.7.4. Lecho de secado

Los lechos de secado han demostrado ser la técnica de deshidratación más popular. Debido a que son fáciles de usar y mantener, estos lechos son particularmente populares para plantas pequeñas. Las siguientes etapas son parte del procedimiento operativo estándar para todos los tipos de lecho de secado.

- 1) La superficie del lecho de secado se bombea con 0,20 a 0,30 metros de lodo líquido estabilizado.
- 2) se agregan acondicionadores químicos continuamente.
- 3) El lecho se deja secar hasta alcanzar la concentración final de sólidos después de haber sido llenado al nivel apropiado. (Dependiendo de una serie de variables, como el tipo de lodo, el ritmo de procesamiento requerido y el nivel de secado necesario para el levantamiento, esta concentración puede oscilar entre el 18 y el 60%. En circunstancias ideales, los tiempos de secado oscilan entre 10 y 15 días, mientras que en condiciones poco adecuadas oscilan entre 30 y 60 días.)
- 4) remover el lodo deshidratado
- 5) repetir el ciclo

El tipo de lecho de secado más común y antiguo es el de arena.

Figura 11. Sección transversal de un lecho de secado de lodo



Adaptada de ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales por E. C. Valdez y A. B. Vásquez Gonzales, 2003.

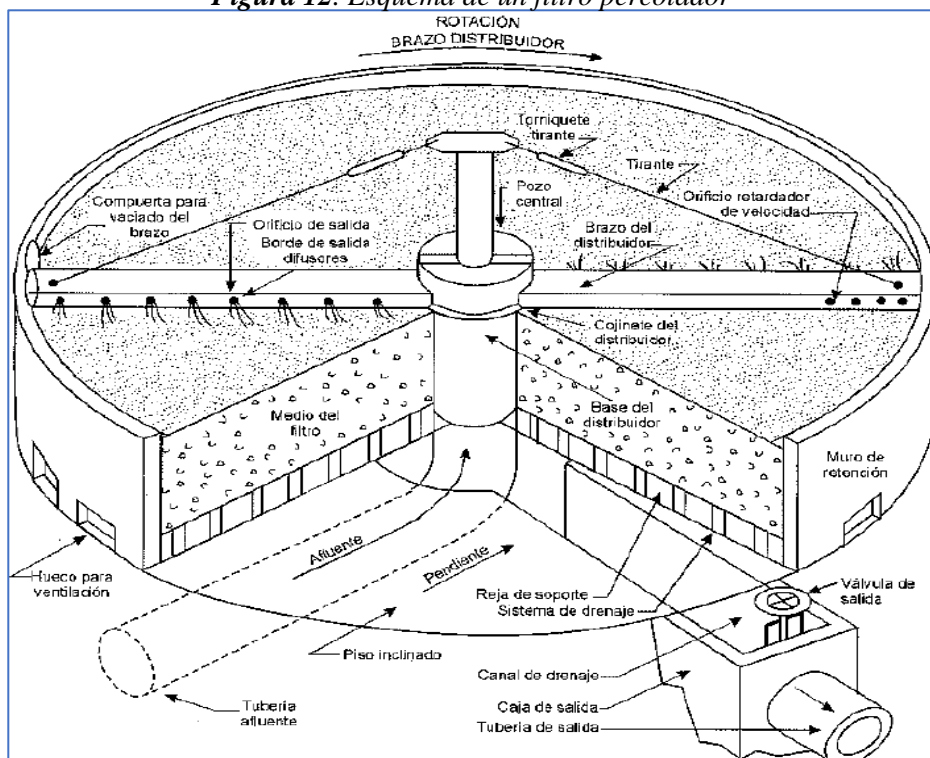
2.2.7.5. Filtro biológico

Llamado también biofiltro o filtro percolador. El objetivo de un filtro percolador es reducir la cantidad de materia orgánica en las aguas residuales de hogares o negocios. Consiste en aplicar aguas residuales sobre un lecho de piedras u otro medio natural o artificial, lo que provoca que se formen bacterias, lamas o películas microbianas sobre el lecho. El filtro radica en un medio altamente permeable, al cual se adhiere los microorganismos. Normalmente, el medio es piedra que varía en tamaño de 2,5 a 10 cm y varía en profundidad según el diseño, normalmente de 1 a 2,5 m, con un promedio de 1,8 m (Romero Rojas, 2004).

Los filtros percoladores han sido utilizados para el tratamiento biológico del agua residual durante casi 100 años.

Los contemporáneos se clasifican según las cargas hidráulicas u orgánicas que se aplican, y están formados por un lecho de medio filtrante sobre el que se esparce continuamente el agua residual. Se dividen en cuatro categorías: desbaste, carga alta o extremadamente alta, carga media y carga fija o normal. En los sistemas de filtrado de dos etapas se utilizan habitualmente dos filtros percoladores conectados en serie (Metcalf & Eddy, 2007).

Figura 12. Esquema de un filtro percolador



Adaptada de tratamiento de aguas residuales por J. A. Romero Rojas, 2004.

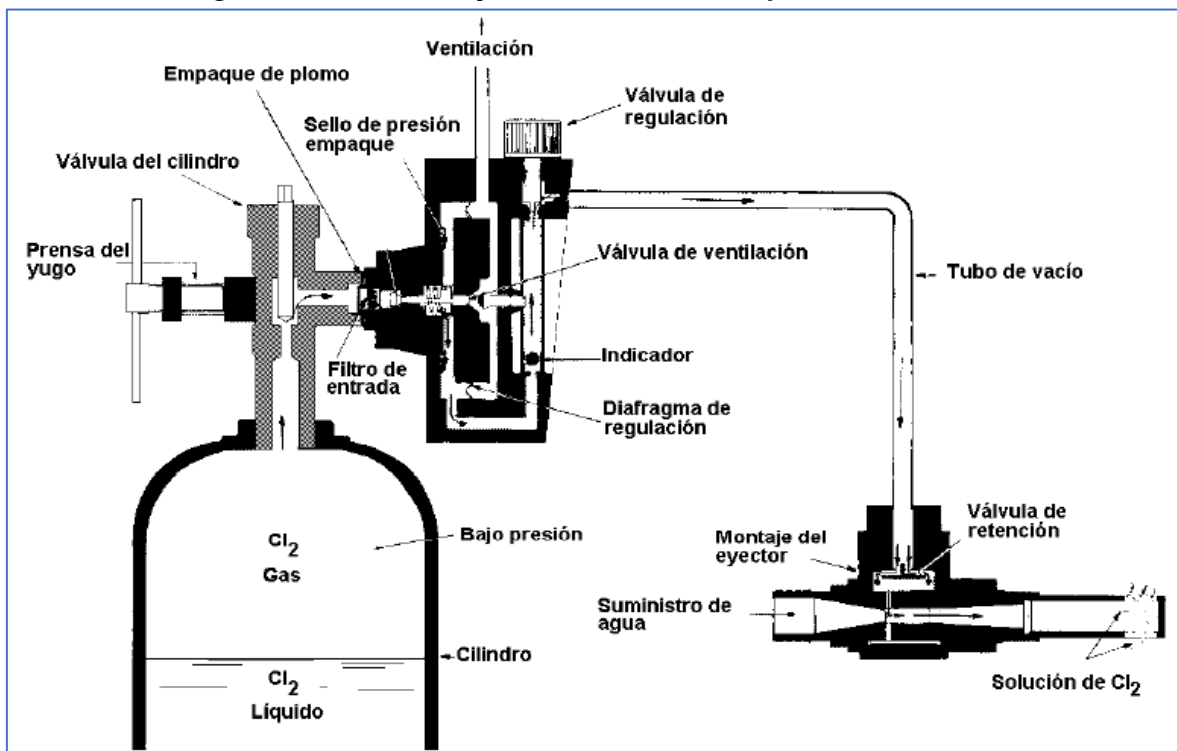
2.2.7.6. Desinfección

Para salvaguardar la salud pública, la desinfección de efluentes tiene como objetivo eliminar cualquier organismo patógeno que haya podido atravesar el proceso de tratamiento. El objetivo principal de eliminar DBO y SST es salvaguardar el medio ambiente acuático. Cuando el efluente secundario se libera en un cuerpo receptor que una comunidad río abajo utiliza para nadar o para consumo humano, el tratamiento de las aguas residuales se vuelve aún más crucial. El cloro se utiliza normalmente para desinfectar las aguas residuales. Las aguas residuales tienen una mayor necesidad de cloro que el agua potable. Para dejar 0,5 mg/l de cloro combinado residual en el efluente secundario, se necesita una dosis de aproximadamente 10 mg/l (Valdez & Vásquez Gonzales, 2003).

Dosificación del cloro

El consumo de agua a tratar, el tiempo de contacto suficiente para que hacer efecto, la cantidad de cloro residual especificada y la demanda de cloro necesaria influyen en la cantidad de cloro necesaria para la desinfección. Las propiedades del agua, la temperatura, el tiempo de contacto, la concentración microbiana, el tratamiento anterior del agua y el costo del tratamiento o desinfección afectan la demanda de cloro (Valdez & Vásquez Gonzales, 2003).

Figura 13. Instalación típica del sistema de desinfección en PTAR



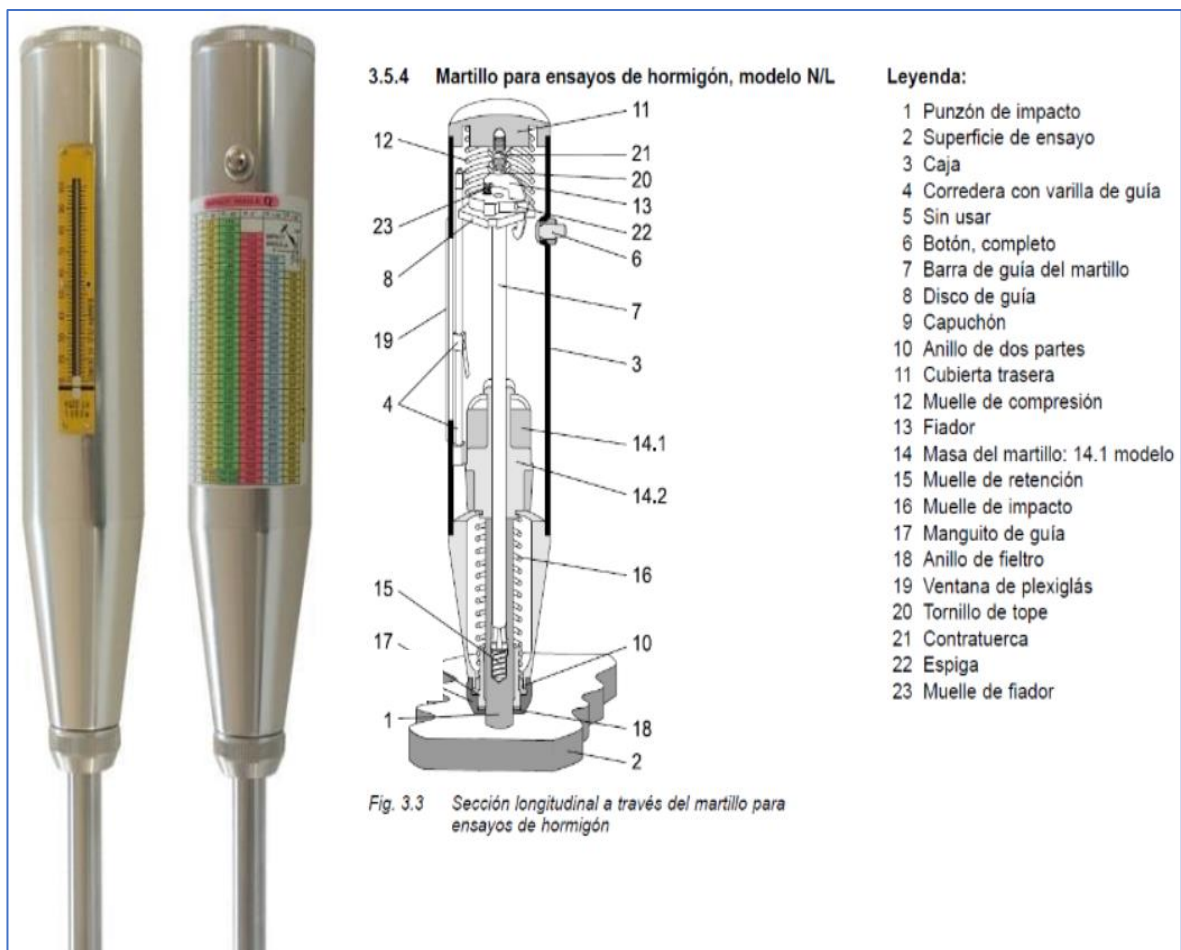
Adaptada de ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales por E. C. Valdez y A. B. Vásquez Gonzales, 2003.

2.2.8. EVALUACION DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA PTAR N°02 DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO

2.2.8.1. Esclerómetro

Ya sea en estructuras hidráulicas, pilares, muros, pavimentos, etc., este dispositivo de medición se emplea normalmente para determinar la resistencia a la compresión del hormigón. Funciona lanzando un peso tensado con un resorte contra el concreto y midiendo el rebote del peso. El proceso se puede utilizar para evaluar la resistencia del sitio, identificar áreas en una construcción de calidad inferior o con concreto degradado y comprobar la uniformidad del concreto *in situ*. El contenido de humedad de la superficie de prueba, la técnica empleada para crearla (textura del material o tipo de acabado), la distancia vertical desde el fondo de una instalación de concreto y la profundidad de la carbonatación tienen un impacto en el número de rebote de una mezcla de concreto en particular; Al interpretar las cifras de rebote se deben tener en cuenta varias consideraciones (Gasia Gabernet & Mateus Gorgues, 2019).

Figura 14. Esquema del esclerómetro



Adaptada de estructuras de hormigón armado por J. Gasia Gabernet y M. Mateus Gorgues, 2019.

2.2.9. PARÁMETROS A EVALUAR EN EL TRATAMIENTO DE LA PTAR N°02 DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO

2.2.9.1. Aceites y grasas

Debido a que son difíciles de biodegradar, se cree que las grasas y los aceites son componentes de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en las aguas residuales, cubren las superficies con las que entran en contacto, producen iridiscencia y problemas de mantenimiento e impiden la actividad biológica. Normalmente proceden de carnes, aceites vegetales, hidrocarburos, mantequilla, manteca de cerdo y margarina. Los aceites y grasas vegetales y animales suelen ser biodegradables y pueden manipularse en instalaciones de tratamiento biológico incluso cuando están emulsionados. Sin embargo, las plantas de tratamiento tienen importantes problemas de mantenimiento debido a las importantes cargas de grasas emulsionadas provenientes de mataderos, instalaciones de procesamiento de carne, lavanderías y otros sectores.

Los aceites y grasas de base mineral no pueden biodegradarse y deben eliminarse mediante tratamientos previos al tratamiento biológico. Aunque existe un proceso para distinguir entre grasas y aceites polares y apolares, no existe ningún método que nos permita separar las grasas y aceites vegetales o animales de los de origen mineral (Romero Rojas, 2004).

Figura 15. Aceites y grasas en las aguas residuales

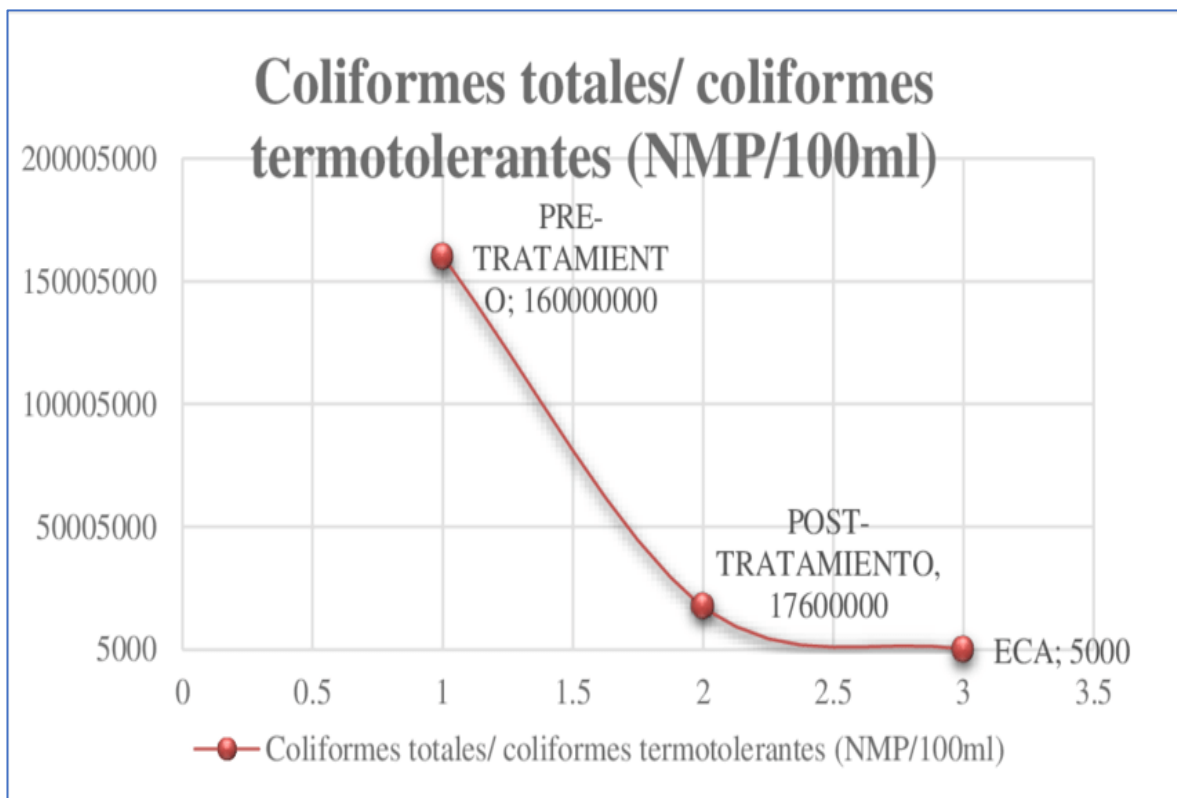


Adaptada del instituto del agua

2.2.9.2. Coliformes termotolerantes

Tanto los hombres como los animales de sangre caliente tienen estos contaminantes comunes del tracto gastrointestinal, debido a que pueden soportar altas temperaturas, los coliformes fecales se clasifican como termotolerantes. Por lo general, no hay muchos organismos nocivos en las aguas residuales y puede resultar difícil separarlos y detectarlos. Por lo general, no hay muchos organismos nocivos en las aguas residuales y puede resultar difícil separarlos y detectarlos. Por lo tanto, los coliformes se ven favorecidos como organismos indicadores de contaminación o, para decirlo de otra manera, como indicadores de la presencia de organismos que causan enfermedades. Las bacterias coliformes son bacilos gramnegativos aeróbicos, anaeróbicos facultativos, que no forman esporas. Fermentan la lactosa y producen gas en 48 ± 3 horas a 35 o 37°C . *Aerobacter* y *Escherichia* son miembros del grupo coli-aerogenes, que es el grupo coliforme completo. En términos generales, la población de bacterias coliformes más indicativa de contaminación fecal es la del género *Escherichia*, especie *E. coli*. (Romero Rojas, 2004).

Figura 16. Coliformes totales y termotolerantes de entrada y salida



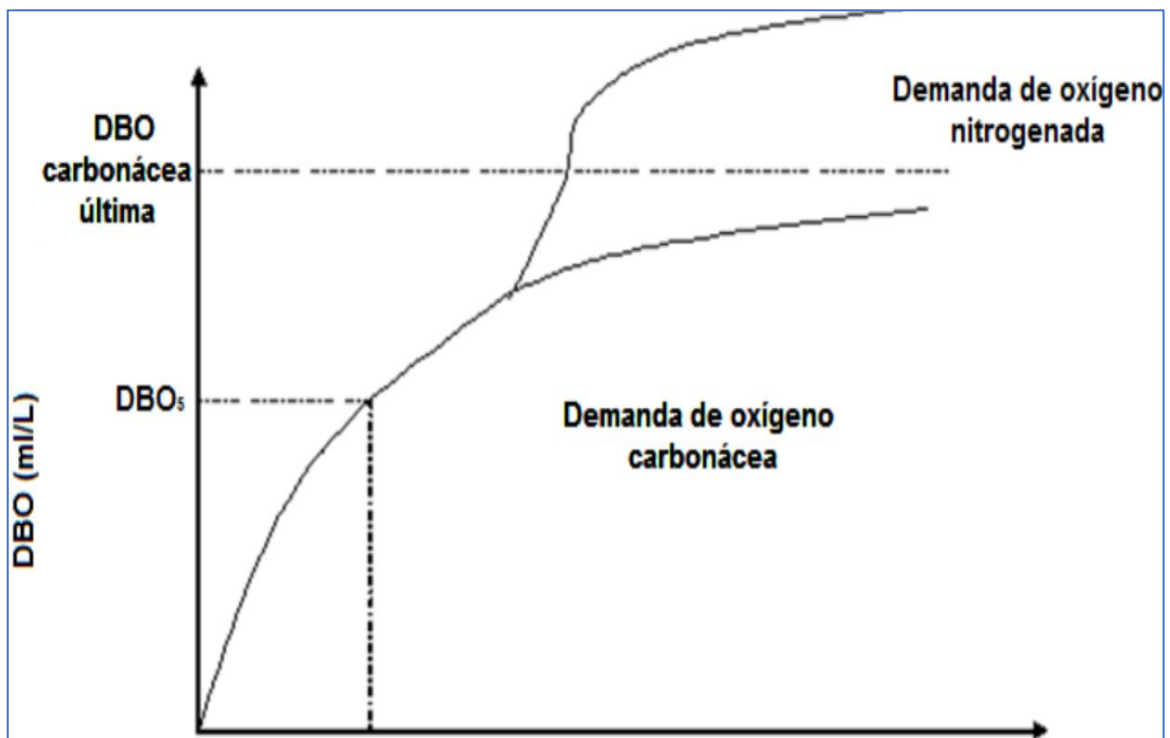
Adaptada del perfil de investigador Researchgate, 2023

2.2.9.3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La prueba de DBO mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar una porción de la materia orgánica. La determinación de DBO tiene sus raíces en el control de aguas residuales, lo que explica por qué se utiliza tan ampliamente. Ocasionalmente se emplean otras opciones, como DBO_1 si se requiere un resultado rápido o DBO_7 si la principal preocupación es la simplicidad, en lugar de la prueba habitual de DBO de 5 días (DBO_5). La DBO_{25} se emplea si se requiere identificar todos (o casi todos) los materiales orgánicos biodegradables (López Vásquez, Buitrón Méndez, A. García y Cervantes Carrillo, 2017).

La cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias para oxidar (estabilizar) materiales orgánicos biodegradables en ambientes aeróbicos se conoce como demanda bioquímica de oxígeno. La DBO es la métrica más utilizada para evaluar la calidad de las aguas superficiales y los desechos, determinar cuánto oxígeno se necesita para crear unidades de tratamiento biológico, evaluar la efectividad de los procedimientos de tratamiento y establecer cargas orgánicas aceptables en las fuentes receptoras (Romero Rojas, 2004).

Figura 17. DBO carbonosa y nitrogenada



Adaptada de tratamiento de aguas residuales por J. A. Romero Rojas, 2004, p. 39-41

2.2.9.4. Demanda química de oxígeno (DQO)

En el tratamiento de aguas residuales, la medición de DQO es esencial para los balances de masa. Es posible separar el contenido de DQO en fracciones que son valiosas para el diseño y análisis del proceso de tratamiento. Determinar la cantidad de DQO que es soluble y suspendida es de gran ayuda. Debido a que el permanganato solo mide una porción de la materia orgánica, solo debe usarse junto con el proceso de planificación del análisis de DBO, por lo que se debe tener precaución al determinar la DQO falsa (López Vásquez, Buitrón Méndez, A. García y Cervantes Carrillo, 2017).

La DQO se puede completar en aproximadamente tres horas y es útil como métrica del contenido orgánico en aguas residuales municipales o industriales que son perjudiciales para la vida biológica. Debido a los diversos aspectos y variables que influyen en estas pruebas, puede resultar difícil interpretar correctamente los resultados de la demanda de oxígeno para la oxidación de materia orgánica utilizando DBO o DQO. En términos generales, la DQO debería ser aproximadamente equivalente a la DBO final; sin embargo, esto es particularmente cierto para las aguas industriales, existen factores que hacen que dicha afirmación no se cumpla (Romero Rojas, 2004). A continuación, indicamos dichos factores:

- 1) Biológicamente muchos compuestos orgánicos oxidables por dicromato no son oxidables
- 2) En el ensayo, sulfuros, sulfitos, tiosulfatos, nitritos y hierro ferroso son oxidado por dicromato e introducen una DQO inorgánica.
- 3) Cuando se usan simientes bacteriales no aclimatadas adecuadamente al residuo La DBO está sujeta a error
- 4) Hidrocarburos aromáticos y la piridina no son oxidados por el dicromato.
- 5) Se debe ejecutar el ensayo con un testigo de concentración de cloruros igual a la de la muestra, para concentraciones de cloruros mayores a 1 g/L
- 6) El resultado de la DQO es función del tiempo de digestión, puesto que el tiempo de reflujo siempre debe ser 2 horas.

2.2.9.5. Sólidos suspendidos totales (SST)

La cantidad de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que luego se seca a 103-105 °C hasta que el peso sea constante se conoce como sólidos suspendidos totales (SST), o residuo no filtrable de una muestra de agua residual natural, industrial o doméstica. El total de partículas suspendidas está representado por el aumento del peso del filtro. La diferencia entre sólidos totales y sólidos disueltos totales podría usarse para estimar los sólidos suspendidos totales si el material suspendido obstruye el filtro y prolonga el filtrado. La lluvia ácida, las aguas superficiales, potables y salinas, así como los efluentes residenciales y comerciales, pueden tratarse utilizando esta técnica en concentraciones que oscilan entre 4 y 20.000 mg/L. (Laboratorios Calderón, 2016).

Una colección de materiales conocidos como sólidos suspendidos totales (SST) se capturan durante el proceso de filtración utilizando un filtro de un tamaño específico (Residuo – no filtrable). Estos sólidos pueden ser partículas sedimentarias o de lodo, trozos de materia vegetal como hojas o tallos, o incluso huevos y larvas de insectos. Debido a los efectos perjudiciales que pueden tener sobre el color y la turbidez del agua, los SST están clasificados como un contaminante convencional según la Ley de Agua Limpia de EE. UU. Los SST pueden ser un indicador crucial de la calidad del agua en una variedad de muestras de agua, ya sea que provengan de aguas residuales o del océano. Los especialistas en calidad del agua suelen combinar las mediciones de SST y turbidez para proporcionar correlaciones específicas del sitio, lo que ayuda con el tiempo y la eficiencia de la gestión. (Omega Perú Blog, 2023).

Figura 18. Muestras en laboratorio de SST



Adaptada del laboratorio NKAP

2.2.10. EFICIENCIA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO

Se refiere a la capacidad de eliminar eficientemente contaminantes y/o materiales indeseables de las aguas residuales, asegurando que se cumplan los estándares de calidad del agua establecidos por la legislación vigente. Esto reduce los costos operativos y apoya la sostenibilidad ambiental. Además, con base en la variación porcentual de los parámetros de control en sitios de muestreo particulares en la entrada y salida, la eficiencia de la PTAR revela la capacidad de eliminar contaminantes (De la Vega Salazar, 2012).

La siguiente ecuación se ha utilizado para el cálculo de eficiencia en los diferentes componentes de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo

$$E = \frac{C_o - C}{C_o} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

E: eficiencia de la PTAR o eficiencia de remoción (%)

C: cantidad de carga contaminante tratada (efluente)

Co: cantidad de carga contaminante (afluente)

2.2.11. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA EL AGUA

Proporciona una referencia o indicador del estado de calidad del medio ambiente al determinar el grado o concentración de materiales, compuestos o factores físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, el agua o el suelo.

Tabla 4. Estándar de calidad ambiental para los efluentes de la PTAR

PARÁMETROS	CATEGORÍA 3			CATEGORÍA 4
	RIEGO DE VEGETALES		BEBIDA DE ANIMALES	RÍOS: COSTA Y SIERRA
	Restringido	No restringido		
Aceites y grasas (mg/L)	5		10	5
DBO (mg/L)	15		15	10
DQO (mg/L)	40		40	-
SST (mg/L)	-		-	≤ 100
Colif. Term. (NMP/100mL)	2000	1000	1000	2000
Potencial de Hidrógeno (pH)	6.5 – 8.5		6.5 – 8.4	6.5 – 9.0
Temperatura (°C)	Δ 3		Δ 3	Δ 3

Adaptada del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

2.2.12. BASE CONCEPTUAL (TÉRMINOS BÁSICOS)

Evaluación: Conjunto de mediciones y análisis frente a parámetros, estándares y métodos preestablecidos que permiten el control y gestión adecuada en base a un proceso o sistemas de procesos, realizando el seguimiento e inspección respectiva

Agua residual: Son las aguas de composición variada provenientes de usos domésticos, municipales, industriales y otros, que mezcladas entre ellas descargan en redes de alcantarillado, PTAR, ríos y otros

Plantas de tratamiento de aguas residuales: Son estructuras hidráulicas, que mediante procesos de tratamiento descontaminan el agua residual

Remoción: Proceso de tratamiento por el que pasa el agua para eliminar cualquier tipo de contaminante

Afluente: Llegada o ingreso de agua u otro líquido a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento

Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento

Eficiencia: Capacidad alta en base al buen funcionamiento de una PTAR, puede expresarse en decimales o porcentaje

Caudal Pico: Caudal máximo en un intervalo dado

Caudal máximo horario: caudal máximo a la hora de descarga

Caudal medio: Promedio de los caudales diarios en un periodo determinado

Digestión aerobia: Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno

Digestión anaerobia: Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en ausencia de oxígeno

Límite máximo permisible: descarga del efluente final a un cuerpo receptor de agua en base a la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos

Muestreo: Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va analizar

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la región de Cajamarca

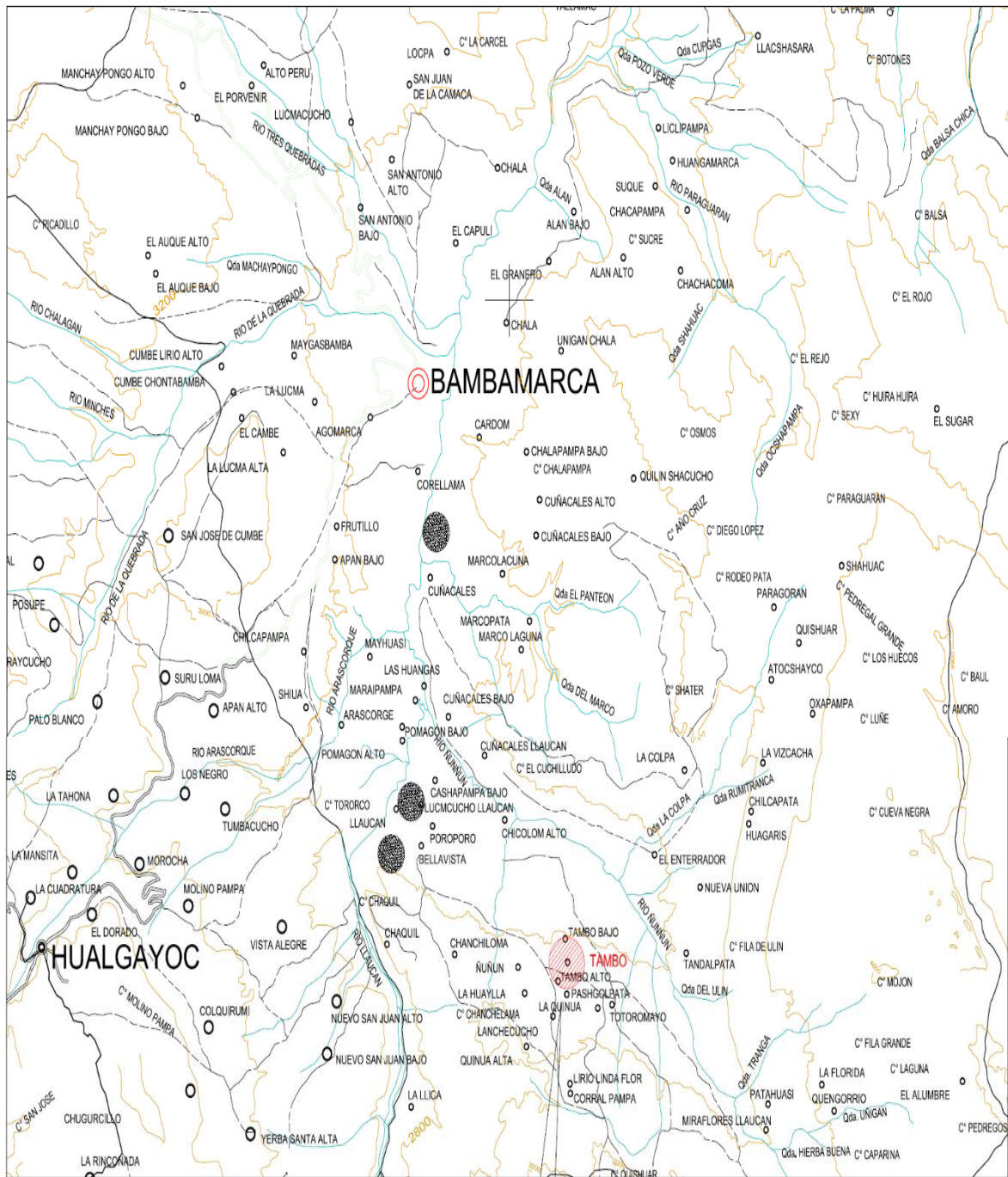
Figura 19. Departamento de Cajamarca en el mapa del Perú



Adaptada del expediente técnico, 2021

En el distrito de Bambamarca

Figura 20. Centro Poblado de El Tambo en el mapa de Bambamarca



ZONA DE ESTUDIO

Adaptada del expediente técnico, 2021

Figura 21. Ubicación satelital de la zona de estudio



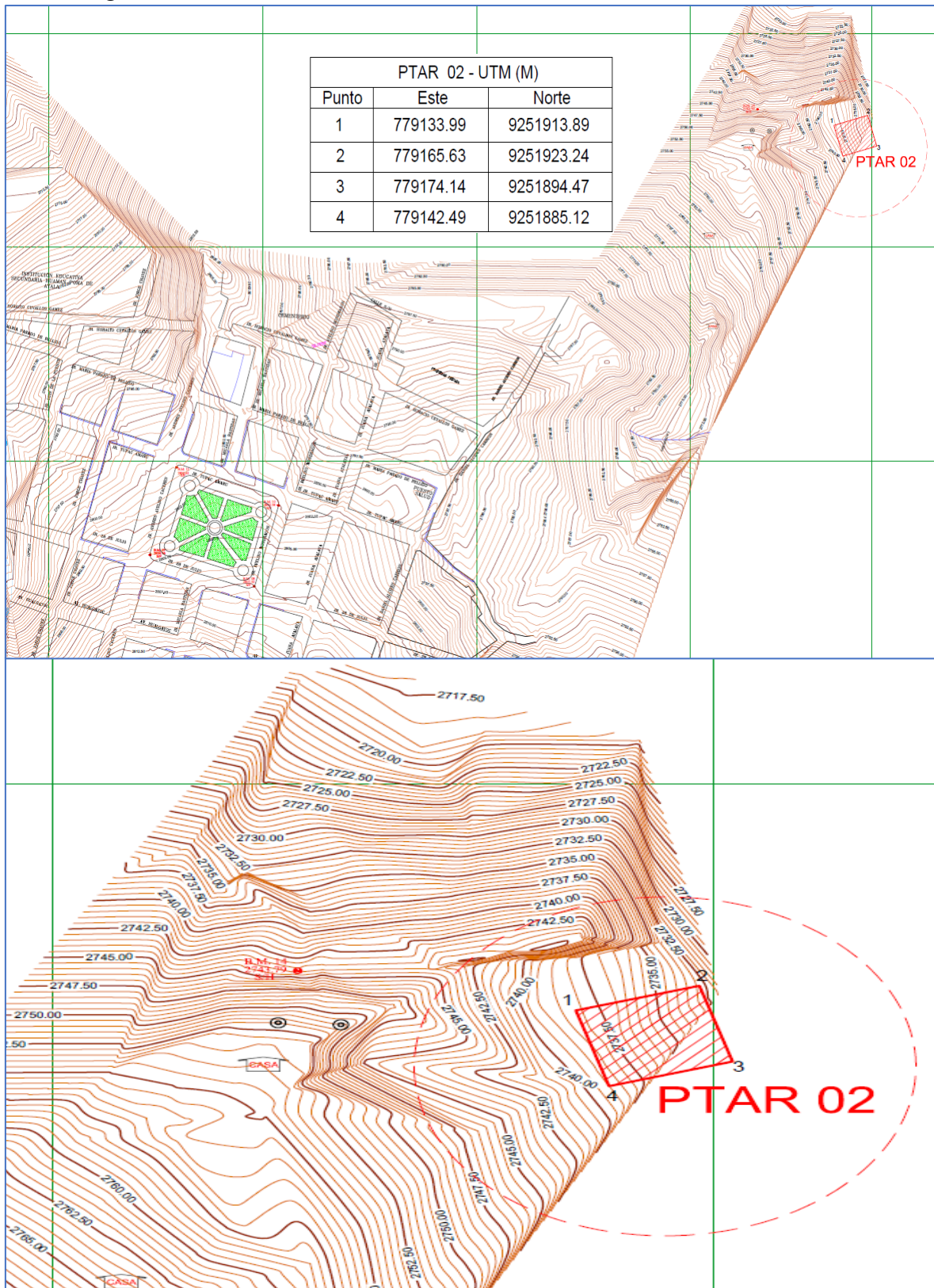
Adaptada de Google Earth

Figura 22. Centro Poblado de El Tambo



La PTAR N°02 (El Portachuelo) de la ciudad de El Tambo, se ubica en la parte Este de la ciudad

Figura 23. Ubicación de la PTAR N°02 El Portachuelo en la ciudad de El Tambo



Adaptada del expediente técnico, 2021

Figura 24. Ubicación de la PTAR N°02 El Portachuelo en la ciudad de El Tambo



3.2. EQUIPOS Y MATERIALES

Planta de tratamiento de aguas residuales N°02 de la localidad de El Tambo

- GPS
- Correntómetro Flow Rate/Temperature Sensor (PS-2130)
- Esclerómetro A&A (ZC34)
- Lapicero
- Marcador indeleble
- Cinta métrica de 50 metros
- Cinta métrica de 5 metros
- Cordel
- Libreta de apuntes
- Chaleco
- Casco
- Cámara fotográfica
- Gotero
- Guantes quirúrgicos
- Bolsas refrigerantes
- Cooler
- Solución de ácido sulfúrico
- Alcohol
- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016
- AutoCAD Civil3D 2018
- Recipientes graduados
- Cal
- Desarmador
- Paraguas
- Cables de electricidad
- Mesa
- Botellas Van Dorn
- pHmetro
- Frascos rotulados
- Cajas térmicas

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene un diseño del tipo no experimental, en la cual para evaluar la planta N°02 de tratamiento de aguas residuales de la localidad de El Tambo se ha seguido el siguiente procedimiento

3.3.1.1. Obtención de datos generales de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo

El día jueves 02 de noviembre del año 2023, se tuvo una reunión de coordinación para iniciar con esta investigación con el comité que administra dicha PTAR (Asociación prestadora de servicios generales de agua potable y alcantarillado los Tambeños), en la cual nos indicaron que había 2 PTAR ejecutadas, además nos facilitaron el expediente técnico de dicho proyecto y a la vez se realizó un recorrido por los exteriores de la PTAR N°02 El Portachuelo.

La PTAR N°02 está ubicado al este del C.P. El Tambo, el efluente final descarga en el río Ñun Ñun - Lanchecucho – Pomagón

3.3.1.2. Identificación de los componentes de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo

- El día jueves 16 de mayo del año 2024, se realizó la primera visita a los interiores de la PTAR N°02, de la localidad de El Tambo, con el objetivo de identificar todos los componentes de dicha planta de tratamiento, juntamente con los encargados que realizan la operación y mantenimiento de dicha PTAR.
- En un inicio, se inspeccionó y se hizo el recorrido rápido para observar todos los componentes que conforma la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, en la cual hay componentes que están dentro del tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, disposición de lodos y desinfección.
- Se inspeccionó la llegada del afluente a dicha PTAR.
- Se describió el estado y dimensiones de los componentes del tratamiento preliminar.
- Se describió el estado y dimensiones de los componentes del tratamiento primario.
- Se describió el estado y dimensiones de los componentes del tratamiento secundario
- Se describió el estado y dimensiones del área de disposición de lodos y del área de desinfección.
- Se tomó fotografías inspeccionando todos los componentes de la PTAR N°2

3.3.1.3. Inspección de la infraestructura de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo

- El día lunes 27 de mayo del año 2024, se realizó la cuarta visita a los interiores de la PTAR N°02, de la localidad de El Tambo con el objetivo de evaluar la infraestructura, es decir, conocer la resistencia a la compresión del concreto de todas las estructuras de la PTAR por el “método estándar del número de rebote en concreto endurecido” (ensayo de auscultación no destructivos) ; nos acompañó el personal de operación y mantenimiento y el equipo técnico encargado para dicha evaluación, se evaluaron 7 puntos en toda la infraestructura de la PTAR, en cada punto se utilizó el esclerómetro y se realizó 12 disparos en una cuadrícula dibujada en cada estructura, obteniéndose 12 valores, siendo el resultado final el promedio.
- En un inicio, se evaluó la infraestructura que comprende el tratamiento preliminar (Canal de entrada del afluente y desarenador), se tomó un punto de control.
- Luego se evaluó la infraestructura que comprende el tratamiento primario (Tanque Imhoff), se tomó 2 puntos de control en diferente ubicación.
- Seguido se evaluó la infraestructura que comprende el tratamiento secundario (Filtro Biológico) se tomó 2 puntos de control en distinta ubicación.
- Finalmente, se evaluó la infraestructura que comprende la disposición de lodos (Lecho de secado) se tomó 2 puntos de control, una en las vigas y la otra en las columnas.
- Se tomó fotografías evaluando toda la infraestructura de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo.

3.3.1.4. Evaluación Hidráulica de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo

- Los días jueves 23 y viernes 24 de mayo del año 2024, se realizaron la segunda y tercera visita a los interiores de la PTAR N°02, de la localidad de El Tambo, con el objetivo de medir o determinar caudales para así evaluar la PTAR hidráulicamente, es decir, a partir de los caudales verificar el diseño hidráulico de cada componente de dicha PTAR, la determinación de caudales se hizo por el método de aforos volumétricos.
- Los días jueves y viernes 24 de mayo, se determinó el caudal de entrada (afluente) aplicando métodos de aforo, es decir, aforos volumétricos, para este último, se utilizó un recipiente circular de 3.6 litros, el mismo que fue ubicado por debajo de la descarga del vertedor triangular (vertedor triangular rectangular ubicado dentro de la base del desarenador). Los aforos se realizaron cada hora.

- Los mismos días, se evaluaron al desarenador, es decir se determinaron caudales de entrada y salida, velocidades, tirantes y se verificó el tiempo de retención. Con estos resultados se compararon con los del diseño y con las normas técnicas peruanas para así verificar como está funcionando.
- Seguido se evaluó el tanque Imhoff, se determinó el caudal de entrada, el nivel del agua, se verificó el volumen de la sección de sedimentación, velocidades de flujo, se determinó volúmenes horarios acumulados y finalmente el tiempo de retención. Con los resultados se comparó el diseño en los y especificaciones técnicas del expediente, y también se comparó con las normas técnicas peruanas. Se tenía en cuenta cada hora la variación de caudales y velocidades
- Luego se evaluó el filtro biológico, se determinó el caudal de entrada y salida, se verificó tirantes en el canal de repartición, se inspeccionó los orificios de las 18 canaletas y se hizo comparaciones con las del diseño y algunas normas.
- finalmente, se determinó el caudal del efluente final (caudal de salida o caudal de descarga).
- Se tomaron fotografías en todos los puntos de aforos en la obtención de caudales.

3.3.1.5. Análisis para el tratamiento de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo

- El día viernes 19 de julio del año 2024, se realizó la quinta visita a los interiores de la PTAR N°02, de la localidad de El Tambo, con el objetivo de evaluar su tratamiento, es decir, saber el nivel de tratamiento de cada componente; nos acompañó el personal de operación y mantenimiento y el equipo técnico encargado desde Cajamarca.
- En coordinación con mi asesor se evaluaron 4 puntos de monitoreo en toda la PTAR
 1. Punto de entrada a la PTAR (afluente)
 2. Entrada al filtro biológico o salida del tanque Imhoff
 3. Entrada al área de desinfección o salida del filtro biológico
 4. Efluente final, punto de descarga al río Ñun Ñun - Lanchecucho
- Para los 4 puntos de monitoreo se evaluaron los siguientes parámetros de contaminación
 1. Aceites y Grasas
 2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
 3. Demanda química de oxígeno (DQO)
 4. Sólidos en suspensión total (SST)
 5. Coliformes termotolerantes
 6. pH

7. Temperatura

- La toma de muestras se realizó teniendo en cuenta los lineamientos y protocolos brindados por el área del Medio Ambiente del MVCS y teniendo en cuenta las recomendaciones del laboratorio regional de Cajamarca.
- al inicio, en la toma de muestras, se registraron la fecha, la hora, coordenadas geográficas UTM, se enjuagó el recipiente 2 veces con el agua residual y se llenaron los recipientes hasta las marcas indicadas.
- En las muestras tomadas para el análisis de los parámetros DQO y Aceites y grasas se les añadió 25 gotas de ácido sulfúrico.
- Se taparon todas las botellas y se agitaron, se colocaron las botellas dentro de un cooler agregándole refrigerante para preservar las muestras.
- Al terminar el llenado del formato de tomas de muestras se procedió a enviar todas las muestras a la ciudad de Cajamarca, el mismo día.
- Se tomó fotografías tomando las muestras en los 4 puntos de monitoreo en la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo.
- Métodos de ensayo para la evaluación de los parámetros de contaminación

Tabla 5. Métodos de ensayo

PARAMETRO	METODO DE ENSAYO	UNIDAD
Aceites y grasas	EPA Method, n.hexane Extractable Material	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Oxygen Demand 5- Day DOB Test	mg O ₂ /L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorometric Method	mg O ₂ /L
Solidos suspendidos Totales (SST)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Solids. Total Suspended Solids Dried	mg/L
Coliformes Termotolerantes (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Fecal Coliform Procedure	NMP/100 ml

Adaptada del Instituto Nacional de Calidad (INACAL)

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR N°02

La PTAR N°02 El Portachuelo se ubica en plena zona rural al este de la ciudad de El Tambo entre los límites fronterizos de los caseríos de El Enterador y Batancucho, a orillas de una pequeña quebrada que desemboca en el río Ñun Ñun – Lanchecucho. El terreno se encuentra ubicado entre las cotas 2730 y 2740 msnm., cuya área aproximadamente es de 33x30 m².

Tabla 6. Coordenadas UTM de ubicación de la PTAR N°02

CUADRO – UBICACIÓN DE LA PTAR N°02 EL TAMBO		
Punto	Este	Norte
1	779133.99	9251913.89
2	779165.63	9251923.24
3	779174.14	9251894.47
4	779142.49	9251885.12

Adaptada del expediente técnico del proyecto, 2021

La PTAR fue diseñada para una vida útil de 20 años, iniciando a operar en el año 2022 administrada o bajo la dirección del comité denominado asociación prestadora de servicios generales de agua potable y alcantarillado los Tambeños.

Tabla 7. Caudales de diseño de la PTAR N°02 (Emisor 02)

CAUDALES DE DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO Y PTAR			
EMISOR	Qmaxh (l/s)	Qmaxd (l/s)	Qm (l/s)
EMISOR 01	13.21	6.87	5.28
EMISOR 02	10.18	5.29	4.07
SUMATORIA	23.39	12.16	9.35

Adaptada del expediente técnico del proyecto, 2021

Los caudales de diseño estimados correspondientes al año 2055 fueron de 10.18 l/s para la cámara de rejillas y desarenador, de 4.07 l/s para el Tanque Imhoff y filtro biológico.

En la PTAR N°02 se identifica el sistema preliminar o pretratamiento, constituido por la cámara de rejillas, canal de alimentación y desarenador; sistema de tratamiento primario, constituido por el tanque Imhoff; sistema de tratamiento secundario, constituido por el filtro biológico; disposición de lodos, constituido por el lecho de secado; finalmente se identifica un sistema de tratamiento terciario, constituido por una estructura e instalación denominada área de desinfección a través de cloro gaseoso.

El personal que realiza la operación y mantenimiento se encarga de colocar el cloro gaseoso y lo hacen muchas veces cada 30 días.

El efluente final de la PTAR N°02 va a una quebrada, la cual descarga al río Ñun Ñun – Lanchecucho, que discurre al río Pomagon o Llaucano, perteneciente a la cuenca de la vertiente del Atlántico, oriental 0 del río Marañón.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR N°02

4.2.1. CAUDAL DE LLEGADA

Las aguas residuales domésticas son llevadas desde la ciudad a través de las redes de alcantarillado e ingresan a la PTAR a través de una tubería de PVC de 200 mm de diámetro

Figura 25. Llegada del afluente a la PTAR



4.2.2. CANAL DE ALIMENTACIÓN Y BY PASS

El canal de alimentación principal, según los planos del expediente técnico tiene las dimensiones siguientes, longitud de 5.30 m, ancho de 0.40 m, espesor de las paredes de 0.10m, profundidad de 0.40 m y pendiente de 2%.

Las dimensiones verificadas in situ son, longitud de 5.60 m, ancho de 0.38 m, espesor en una pared de 0.12 m y en la otra de 0.10 m y profundidad de 0.425 m. El aliviadero o “by pass” según los planos del expediente técnico tiene una longitud de 2.15 m, ancho de 0.30 m, espesor de paredes de 0.10 m y profundidad de 0.275 m.

Figura 26. *Dimensión de la Longitud del canal de alimentación principal*



Figura 27. *Dimensión del ancho del canal de alimentación principal*



4.2.3. CÁMARA DE REJAS

La cámara de rejas ha sido diseñada para un caudal máximo horario de 10.18 l/s, en la cual son 10 barras de acero cuyo diámetro son de 5/8 pulgadas ($\phi \frac{5}{8}$) longitud de 0.40 m, separación entre barras de 0.025m, altura de 0.35 m y una inclinación de barras respecto a la horizontal de 60°. Las dimensiones verificadas in situ son, longitud de barra de 0.38 m, separación de 0.024 m, altura de 0.40 m y si se verifica las 10 barras de acero con diámetro de 5/8 pulgadas ($\phi \frac{5}{8}$)

Figura 28. Sistema de cribado



En las tomas se muestra que las estructuras se encuentran en buen estado, tarrajeo adecuado, las dimensiones varían poco, falta de operación y mantenimiento en cuanto al tratamiento preliminar de la PTAR

4.2.4. DESARENADOR

Según los planos del expediente técnico se ha diseñado 2 desarenadores en paralelo del tipo canal rectangular, cuyas dimensiones son, longitud de 2.50 m, ancho de 0.40 m, profundidad de 0.75 m, espesor de las 3 paredes de 0.10 m, longitud de transición de 0.45 m; a la entrada se han instalado compuertas metálicas de 0.40x0.60 m y a la salida de los desarenadores se han instalado vertederos de forma triangular con ángulos rectangulares en los vértices, tirante de 0.14 m y altura de 0.25 m. Las dimensiones verificadas in situ son, longitud de 2.49 m, ancho de 0.39m, profundidad de 0.74 m, longitud de transición de 0.40 m, compuerta metálica de 0.40x 0.61 m y vertedero triangular con ángulo de 90°, altura de 0.24 m y tirante de 0.14 m.

Figura 29. Dimensiones de la longitud del desarenador



Figura 30. Dimensiones del ancho y espesores del desarenador



4.2.5. TANQUE IMHOFF

Las aguas residuales llegan al tanque Imhoff a través de una tubería PVC de 200 mm, que sale del desarenador. El tanque Imhoff es una unidad que está dividida en tres compartimentos; cámara de sedimentación, digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas.

El fondo del tanque Imhoff (cámara de digestión), tiene la forma de un tronco de pirámide con un ancho de 4.70 m, largo de 10.30 m. y profundidad de 3.40 m

El sedimentador tiene un periodo de retención de 2.5 horas cuyas dimensiones internas son 3.0 m. de ancho, 12.0 m. de largo y una profundidad de 2.95 m, con muros o paredes de 0.20 m de espesor.

Por lo tanto, el tanque Imhoff tiene medidas internas de 6.40 m. de ancho, 12 m. de largo y 6.25 m. de profundidad.

Se ha instalado barandas de fierro galvanizado de 2" de diámetro, tuberías PVC SAP de 200 mm de diámetro ISO 4435 PN 7.5 y accesorios que sirven para el buen funcionamiento como son: codos, tees y válvulas de compuerta de fierro fundido con acople para tubería uf de 200 mm de diámetro.

En campo se ha verificado las dimensiones del tanque Imhoff, longitud de 12.62 m, ancho de 7.03 m, ancho de sedimentación en el tanque de 2.99 m, con muros o paredes de 0.33 m de espesor y para el uso peatonal de 0.77 m.

Figura 31. Entrada del caudal al tanque Imhoff



A través de una tubería PVC de ϕ 200 mm ingresa las aguas residuales al tanque Imhoff

Figura 32. Medición del ancho del tanque Imhoff



Figura 33. Medición de la zona de sedimentación del tanque Imhoff

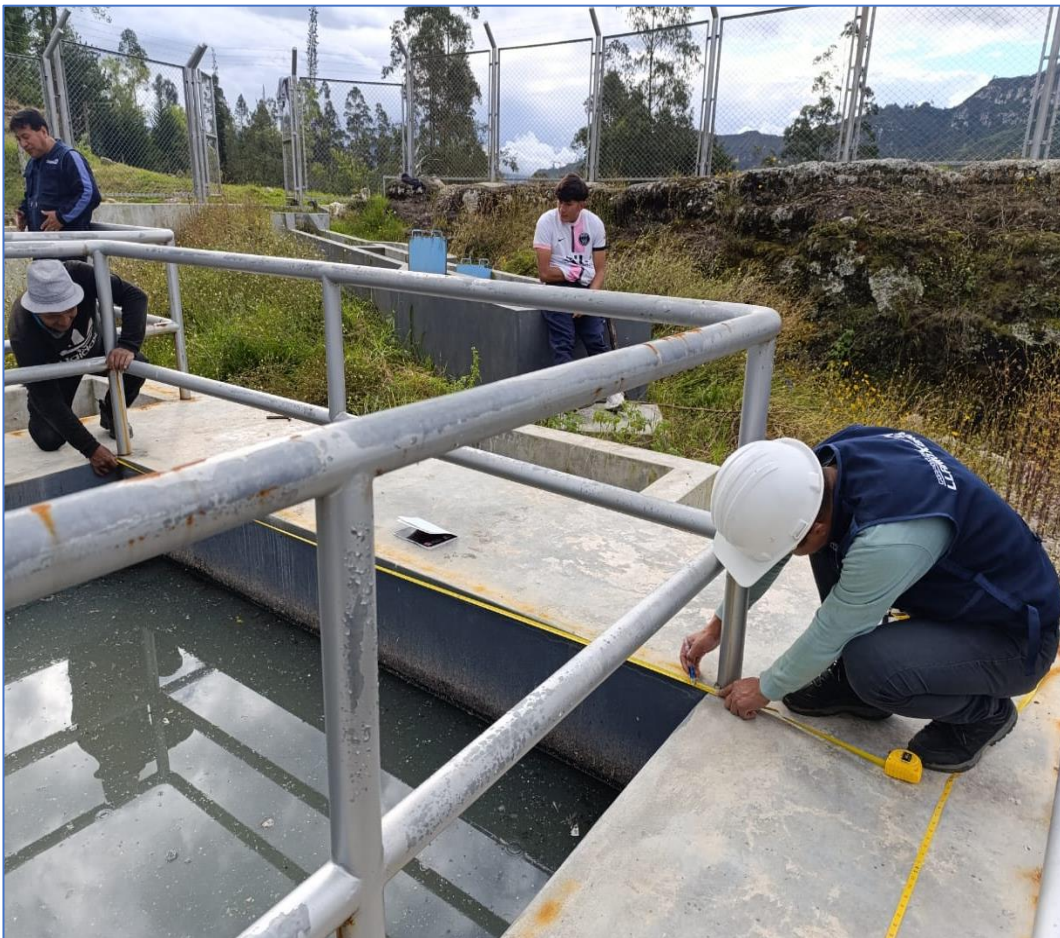


Figura 34. Presencia de grietas en las paredes o muros del tanque Imhoff



Figura 35. Oxidación de barandas y presencia de residuos inorgánicos en el tanque Imhoff



4.2.6. FILTRO BIOLÓGICO

Las aguas residuales ingresan al filtro biológico a través de una tubería PVC de 200 mm de diámetro tanto del tanque Imhoff como del lecho de secado que a la vez ingresan al canal de distribución y luego mediante orificios de $\phi 1''$ a las canaletas de repartición para finalmente dar en el canal de recolección. El filtro biológico es una unidad, que según los planos del expediente técnico tiene las dimensiones de 9.0 m de longitud, 7.75 m de ancho y 3.70 m de profundidad con muros o paredes de espesor 0.30 m; las dimensiones del canal de distribución, ancho de 0.40 m, longitud de 9.00 m y profundidad de 0.40 m con muros o paredes de espesor 0.10 m; las canaletas de repartición son 18 por lado y separadas cada 0.50 m y el canal de recolección tiene un ancho de 0.30 m, longitud de 7.75 m y profundidad de 0.40 m con paredes o muros de espesor 0.10 m.

Estas estructuras están provistas de filtro a base de material granular como piedra chancada de 3 pulgadas de diámetro como máximo.

En campo se ha verificado que el filtro biológico tiene una longitud de 9.78 m, ancho de 8.52 m con muros o paredes de espesor 0.29 m; el canal de distribución tiene una longitud de 9.20 m, ancho de 0.38 m y profundidad de 0.40 m con muros o paredes de espesor 0.13 m; hay 18 canaletas por lado separadas a 0.40 m; finalmente se verificó el canal de recolección cuyas dimensiones son, longitud 7.70 m, ancho 0.235 m y profundidad de 0.42 m con muros o paredes de espesor 0.10 m.

Figura 36. Las aguas residuales salen del tanque Imhoff y llegan al filtro biológico a través de una tubería de 200 mm de diámetro



Figura 37. Línea de conducción del tanque Imhoff al filtro biológico



Tubería de PVC de ϕ 200 mm que sale del tanque Imhoff mediante un codo de 135° , tubería sujeta en el ancho del muro de dicho tanque mediante amarres de acero. Esta tubería conecta o llega a una caja de control cuyas medidas in situ son de 0.64 m x 0.72 m, de esta caja se conecta mediante tubería PVC de ϕ 200mm a otra caja de control cuyas medidas in situ es de 0.635 m x 0.805 m con espesor de 0.065 m. para que finalmente llegue al filtro biológico a través del canal de distribución.

Figura 38. Cajas de control que llega el caudal del lecho de secado



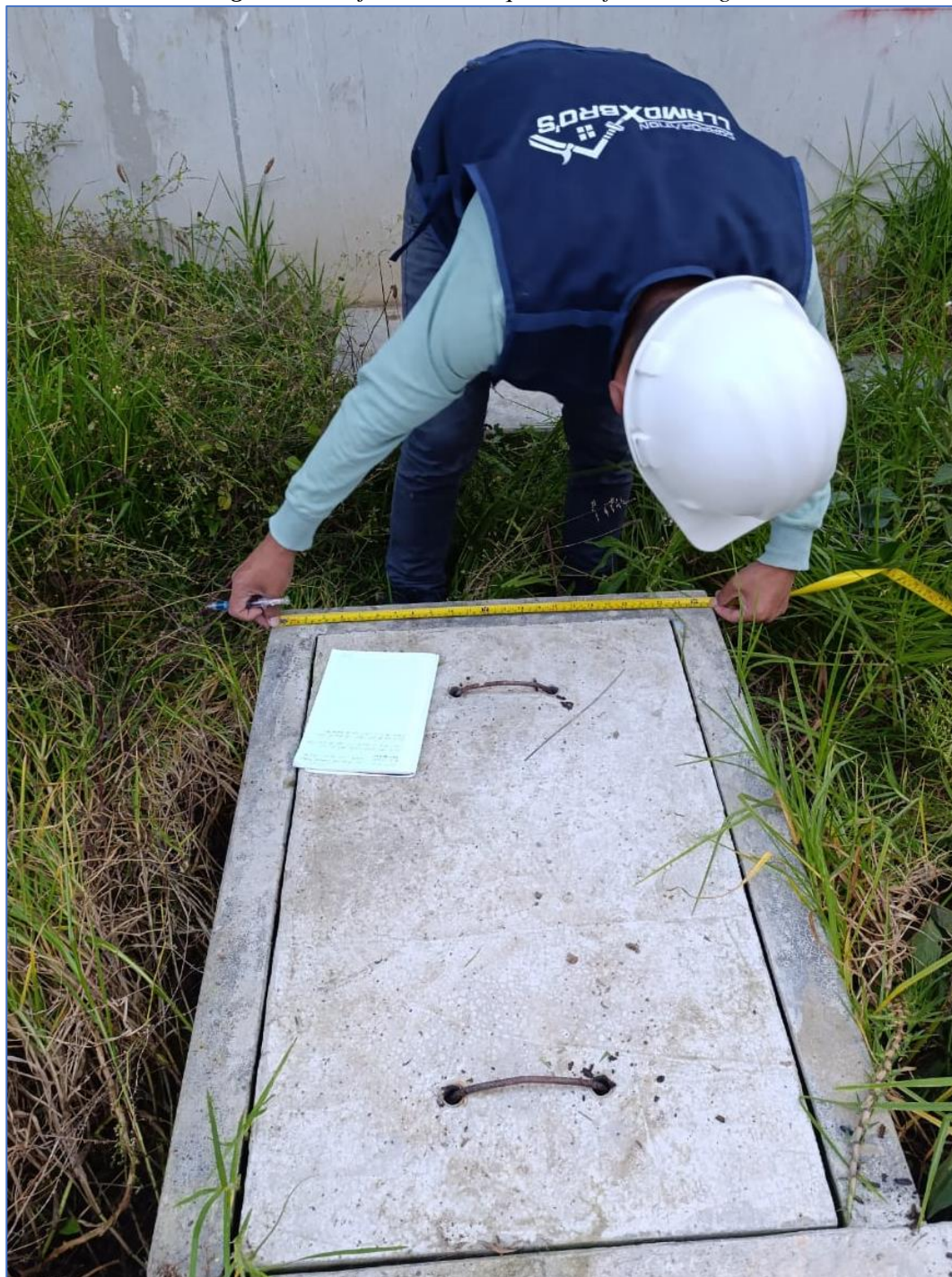
Estas cajas de control están instaladas en el ancho de los muros o paredes del lecho de secado cuyas dimensiones medidas in situ son de 0.56 m x 0.525 m. De estas 2 cajas, el caudal de las aguas residuales es llevadas mediante una tubería PVC de ϕ 6" que conecta a otra caja de control cuyas dimensiones in situ son de 0.72 m x 0.64 m

Figura 39. Cajas de control donde ingresan los caudales del tanque Imhoff y del lecho de secado



Cajas de control cuyas dimensiones son de 0.72 m x 0.64 m

Figura 40. Caja de control que da al filtro biológico



De la caja de control de dimensiones 0.72 m x 0.64 m, a través de una tubería PVC de 200 mm de diámetro conecta a esta caja de control de dimensiones in situ, longitud de 0.805 m, ancho de 0.635 m y espesor de 0.065 m.

De esta caja de control sale el caudal e ingresa al filtro biológico a través del canal de distribución

Figura 41. Dimensiones del canal de distribución en el filtro biológico



De la caja de control de dimensiones 0.805 m x 0.635 m, a través de una tubería PVC de 200 mm de diámetro, ingresa el caudal al canal de distribución cuyas dimensiones in situ es, longitud de 9.20 m, ancho de 0.38m y profundidad de 0.40 m con muros o paredes de espesor 0.13 m.

Figura 42. Dimensiones del filtro biológico



En campo se han verificado las dimensiones del filtro biológico, longitud de 9.78 m, ancho de 8.52 m y espesor en los muros o paredes de 0.29 m.

Además, en la figura se muestra las canaletas de repartición, en la cual están separadas cada 0.40 m cuyas medidas han sido verificadas in situ.

4.2.7. DESINFECCIÓN

Los efluentes del filtro biológico llegan al canal de recolección y a la vez son recogidos por una tubería PVC de 200 mm de diámetro que finalmente ingresan a la unidad de cloración. La unidad de cloración, es una estructura de concreto armado rectangular cuyas dimensiones verificadas en campo es, longitud de 5.00 m, ancho de 1.69 m y una tapa cuadrada de fierro de dimensiones 0.80 m x 0.80 m.

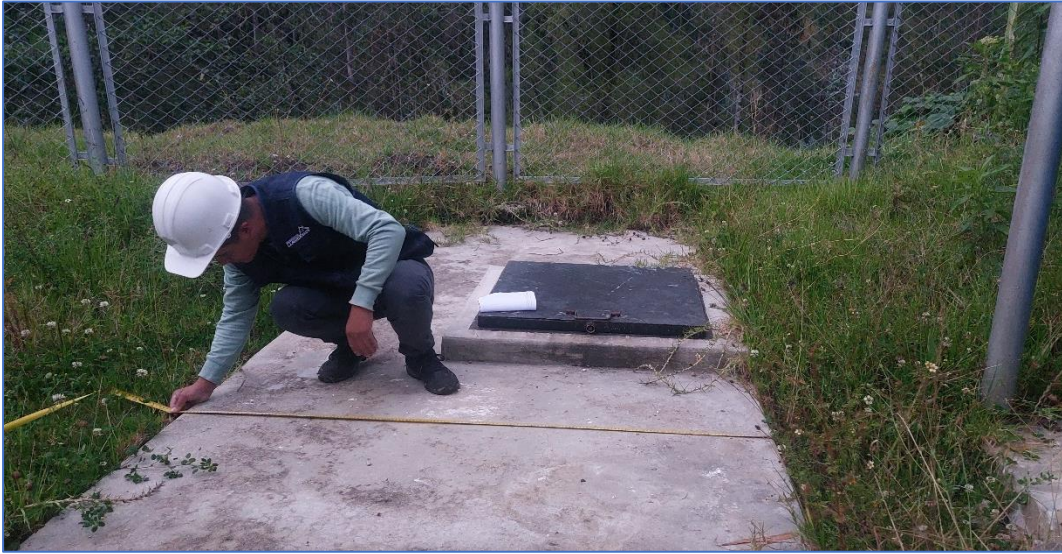
Además, el cloro es almacenado en un tanque de plástico de 1100 litros, y que la cantidad de cloro al 100% necesaria para la desinfección debería de ser 3.1 kg/ día, equivalente a una concentración de 6 mg/L de cloro. Según los operarios encargados de la PTAR nos indicaron que el cloro lo utilizan cada 30 días.

Figura 43. Unidad de cloración



Del tanque de cloración de 1100 litros, ingresa el cloro a través de tuberías PVC en la estructura de concreto armado rectangular

Figura 44. *Medición de la estructura de cloración*



Las medidas de esta estructura in situ son: longitud de 5.00 m y ancho de 1.69 m

Figura 45. *Tanque Eternit de almacenamiento de cloro de 1100 litros*



4.2.8. DISPOSICIÓN FINAL DEL EFLUENTE

El efluente sale de la unidad de cloración en diagonal mediante una tubería PVC de 200 mm de diámetro y finalmente ingresa al río

Figura 46. Salida del efluente de la unidad de cloración



El efluente final sale de la unidad de cloración en diagonal aproximadamente una línea de 200 m hasta la descarga en el río, 15 m antes de llegar al río hay un quiebre recto (codo de 90°) y con regular pendiente.

Figura 47. Llegada del efluente final al río Ñun Ñun – Lanchecucho



4.2.9. LECHO DE SECADO

Es la estructura donde se realiza el proceso de deshidratación de los lodos digeridos, siendo ideal su implementación en pequeñas ciudades. Según el plano del expediente técnico el lecho de secado tiene un área de 12.5 m x 9.00 m y una profundidad promedio de 1.00 m.

Tiene una cobertura del tipo liviana a base de correas de tubo metálico de acero LAC 1 1/2" x 3" x 3 mm. Estos elementos van apoyados sobre vigas de concreto armado de dimensiones 0.25 m x 0.25 m, las columnas tiene una dimensión de 0.25 m x 0.25 m. Además, existen tuberías PVC SP de ϕ 160 mm ISO 4422-S-7.5, con sus respectivos accesorios, que servirán para captar los líquidos del tanque Imhoff para luego ser derivados hacia el filtro biológico.

En campo se ha verificado que el área del lecho de secado es de 12.30 m x 9.02 m y una profundidad de 0.657 m. Las columnas tienen una sección de 0.30 m x 0.30 m y las vigas de 0.28 m x 0.28m, correas de tubo metálico de acero LAC 1 1/2" x 3" x 3 mm, el techo está cubierto por calamina galvanizada y la cumbrera por teja de arcilla.

Los lodos residuales generados en la PTAR N°02 de El Tambo, serán utilizados por los usuarios como abono orgánico.

Figura 48. Dimensiones de la caja de control que conecta tanque Imhoff al lecho de secado



Del tanque Imhoff a través de una tubería PVC de 200 mm de diámetro se conecta a una caja de control de llaves cuyas dimensiones es 1.23 m x 1.23 m y 2.35 m de altura, de esta a través de una tubería PVC de 200 mm se une con tuberías de 160 mm de diámetro y estas tuberías conecta al lecho de secado.

Figura 49. Desprendimiento de la caja de control del muro del tanque Imhoff



Figura 50. Tuberías que llevan el caudal al lecho secado



De la caja de control sale una tubería PVC de ϕ 200 mm que a la vez se conecta con tuberías PVC de ϕ 160 mm que llevan el caudal a las placas del lecho de secado

Figura 51. Dimensiones de las vigas del lecho de secado



Las dimensiones in situ de la sección de las vigas son de: 0.28 m x 0.28 m

Figura 52. Dimensiones de las columnas del lecho de secado



Las dimensiones in situ de la sección de las columnas son de: 0.30 m x 0.30 m

Figura 53. Dimensiones de las placas en donde descarga el caudal del tanque Imhoff



Estas placas tienen una sección de 0.82 m x 0.82 m, medidas verificadas in situ

Figura 54. Cobertura del techo del lecho de secado



El lecho de secado tiene una cobertura del tipo liviana correas de tubo metálico de acero LAC 1 1/2" x 3" x 3 mm, el techo está cubierto por calamina galvanizada y la cumbreira por teja de arcilla, cuyas medidas son verificadas en campo

Figura 55. Presencia de grietas en la unión de las vigas y columnas del lecho de secado



Figura 56. Presencia de grietas en las vigas del lecho de secado



4.3. INSPECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA PTAR N°02

Para verificar la resistencia a la compresión del concreto, se empleó el método estándar del número de rebote del concreto endurecido, en base a la norma ASTM C 805M-13a. En todos los ensayos se ha utilizado el esclerómetro marca A&A, modelo ZC3A y número de serie 503. Además, la resistencia especificada para cada estructura de la PTAR es de 210 kg/cm²

Tabla 8. Correlación entre el número promedio de rebote (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (f'c)

R	$\alpha - 90^\circ$	$\alpha - 45^\circ$	$\alpha - 0^\circ$	$\alpha - 45^\circ$	$\alpha + 90^\circ$
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	230
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Por encima	Por encima	580	550	530
	600	600			
55	Por encima	Por encima	600	570	550
	600	600			

4.3.1. DESARENADOR

El ensayo se aplicó en el espesor de las paredes laterales externas del desarenador, en una superficie del tipo frotachado, es decir en una superficie liza y uniforme y para un ángulo de impacto de 90° ($\alpha = 90^\circ$), ensayo de auscultación no destructivo.

Tabla 9. Ensayo de esclerometría en el desarenador

REGISTRO DE LECTURAS		
N° DE LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN
1	28	VÁLIDO
2	30	VÁLIDO
3	28	VÁLIDO
4	29	VÁLIDO
5	28	VÁLIDO
6	28	VÁLIDO
7	29	VÁLIDO
8	29	VÁLIDO
9	30	VÁLIDO
10	28	VÁLIDO
11	30	VÁLIDO
12	31	VÁLIDO
PROMEDIO	29	

Con el promedio que se muestra en la tabla 9 ($R = 29$), y ángulo de impacto ($\alpha + 90^\circ$), ingresamos a la tabla 7 de correlaciones del esclerómetro utilizado y obtenemos el valor de la resistencia a la compresión del concreto; $f'c = 138 \text{ kg/cm}^2$, equivalente al **65.71%**, es decir cuyo valor es inferior a la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 .

Figura 57. Uso vertical del esclerómetro en el desarenador



4.3.2. TANQUE IMHOFF

Ensayo número 01 que se aplicó en el largo de los muros o paredes laterales externas del tanque Imhoff, en una superficie del tipo frotachado, es decir en una superficie liza y uniforme y para un ángulo de impacto de 0° ($\alpha = 0^\circ$), ensayo de auscultación no destructivo.

Tabla 10. Ensayo número 01 de esclerometría en el tanque Imhoff

REGISTRO DE LECTURAS		
N° DE LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN
1	28	VÁLIDO
2	24	NO VÁLIDO
3	32	VÁLIDO
4	32	VÁLIDO
5	34	VÁLIDO
6	27	VÁLIDO
7	34	VÁLIDO
8	29	VÁLIDO
9	27	VÁLIDO
10	32	VÁLIDO
11	35	VÁLIDO
12	33	VÁLIDO
PROMEDIO	31	

Con el promedio que se muestra en la tabla 10 ($R = 31$), y ángulo de impacto ($\alpha - 0^\circ$), ingresamos a la tabla 7 de correlaciones del esclerómetro utilizado y obtenemos el valor de la resistencia a la compresión del concreto; $f'c = 220 \text{ kg/cm}^2$, equivalente al **104.76%**, es decir cuyo valor es superior a la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 .

Figura 58. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 01 del tanque Imhoff



Ensayo número 02 que se aplicó en el ancho de los muros o paredes laterales externas del tanque Imhoff, en una superficie del tipo frotachado, es decir en una superficie liza y uniforme y para un ángulo de impacto de 0° ($\alpha = 0^\circ$), ensayo de auscultación no destructivo.

Tabla 11. Ensayo número 02 de esclerometría en el tanque Imhoff

REGISTRO DE LECTURAS		
N° DE LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN
1	36	VÁLIDO
2	36	VÁLIDO
3	36	VÁLIDO
4	37	VÁLIDO
5	32	VÁLIDO
6	36	VÁLIDO
7	38	VÁLIDO
8	37	VÁLIDO
9	38	VÁLIDO
10	39	VÁLIDO
11	37	VÁLIDO
12	37	VÁLIDO
PROMEDIO	37	

Con el promedio que se muestra en la tabla 11 ($R = 37$), y ángulo de impacto ($\alpha - 0^\circ$), ingresamos a la tabla 7 de correlaciones del esclerómetro utilizado y obtenemos el valor de la resistencia a la compresión del concreto; $f'c = 310 \text{ kg/cm}^2$, equivalente al **147.62%**, es decir cuyo valor es superior a la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 .

Figura 59. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 02 del tanque Imhoff



4.3.3. LECHO DE SECADO

El primer ensayo se aplicó en el largo de los muros o paredes laterales externas del lecho de secado, en una superficie del tipo frotachado, es decir en una superficie liza y uniforme y para un ángulo de impacto de 0° ($\alpha = 0^\circ$), ensayo de auscultación no destructivo.

Tabla 12. Ensayo número 01 de esclerometría en el lecho de secado

REGISTRO DE LECTURAS		
N° DE LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN
1	30	VÁLIDO
2	33	VÁLIDO
3	30	VÁLIDO
4	28	VÁLIDO
5	32	VÁLIDO
6	30	VÁLIDO
7	31	VÁLIDO
8	26	VÁLIDO
9	29	VÁLIDO
10	28	VÁLIDO
11	30	VÁLIDO
12	28	VÁLIDO
PROMEDIO	30	

Con el promedio que se muestra en la tabla 12 ($R = 30$), y ángulo de impacto ($\alpha - 0^\circ$), ingresamos a la tabla 7 de correlaciones del esclerómetro utilizado y obtenemos el valor de la resistencia a la compresión del concreto; $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, equivalente al **100.0%**, es decir cuyo valor es igual a la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 .

Figura 60. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 01 del lecho de secado



El segundo ensayo se aplicó en las vigas centrales de la base del lecho de secado, en una superficie del tipo frotachado, es decir en una superficie liza y uniforme y para un ángulo de impacto de 90° ($\alpha = 90^\circ$), ensayo de auscultación no destructivo.

Tabla 13. Ensayo número 02 de esclerometría en el lecho de secado

REGISTRO DE LECTURAS		
Nº DE LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN
1	32	VÁLIDO
2	30	VÁLIDO
3	30	VÁLIDO
4	30	VÁLIDO
5	28	VÁLIDO
6	30	VÁLIDO
7	32	VÁLIDO
8	34	VÁLIDO
9	24	VÁLIDO
10	30	VÁLIDO
11	26	VÁLIDO
12	29	VÁLIDO
PROMEDIO	30	

Con el promedio que se muestra en la tabla 13 ($R = 30$), y ángulo de impacto ($\alpha + 90^\circ$), ingresamos a la tabla 7 de correlaciones del esclerómetro utilizado y obtenemos el valor de la resistencia a la compresión del concreto; $f'c = 145 \text{ kg/cm}^2$, equivalente al **69.05%**, es decir cuyo valor es inferior a la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 .

Figura 61. Uso vertical del esclerómetro en el ensayo 02 del lecho de secado



4.3.4. FILTRO BIOLÓGICO

Ensayo número 01 que se aplicó en el largo de los muros o paredes laterales externas del filtro biológico, en una superficie del tipo frotachado, es decir en una superficie liza y uniforme y para un ángulo de impacto de 0° ($\alpha = 0^\circ$), ensayo de auscultación no destructivo.

Tabla 14. Ensayo número 01 de esclerometría en el filtro biológico

REGISTRO DE LECTURAS		
N° DE LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN
1	36	VÁLIDO
2	34	VÁLIDO
3	28	VÁLIDO
4	29	VÁLIDO
5	29	VÁLIDO
6	28	VÁLIDO
7	30	VÁLIDO
8	30	VÁLIDO
9	27	VÁLIDO
10	31	VÁLIDO
11	34	VÁLIDO
12	32	VÁLIDO
PROMEDIO	31	

Con el promedio que se muestra en la tabla 14 ($R = 31$), y ángulo de impacto ($\alpha - 0^\circ$), ingresamos a la tabla 7 de correlaciones del esclerómetro utilizado y obtenemos el valor de la resistencia a la compresión del concreto; $f'c = 220 \text{ kg/cm}^2$, equivalente al **104.76%**, es decir cuyo valor es superior a la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 .

Figura 62. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 01 del filtro biológico



Ensayo número 02 que se aplicó en el ancho de los muros o paredes laterales externas del filtro biológico, en una superficie del tipo frotachado, es decir en una superficie liza y uniforme y para un ángulo de impacto de 0° ($\alpha = 0^\circ$), ensayo de auscultación no destructivo.

Tabla 15. Ensayo número 02 de esclerometría en el filtro biológico

REGISTRO DE LECTURAS		
Nº DE LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN
1	30	VÁLIDO
2	29	VÁLIDO
3	32	VÁLIDO
4	32	VÁLIDO
5	33	VÁLIDO
6	32	VÁLIDO
7	29	VÁLIDO
8	31	VÁLIDO
9	32	VÁLIDO
10	32	VÁLIDO
11	31	VÁLIDO
12	31	VÁLIDO
PROMEDIO	31	

Con el promedio que se muestra en la tabla 15 ($R = 31$), y ángulo de impacto ($\alpha = 0^\circ$), ingresamos a la tabla 7 de correlaciones del esclerómetro utilizado y obtenemos el valor de la resistencia a la compresión del concreto; $f'c = 220 \text{ kg/cm}^2$, equivalente al **104.76%**, es decir cuyo valor es superior a la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 .

Figura 63. Uso horizontal del esclerómetro en el ensayo 02 del filtro biológico

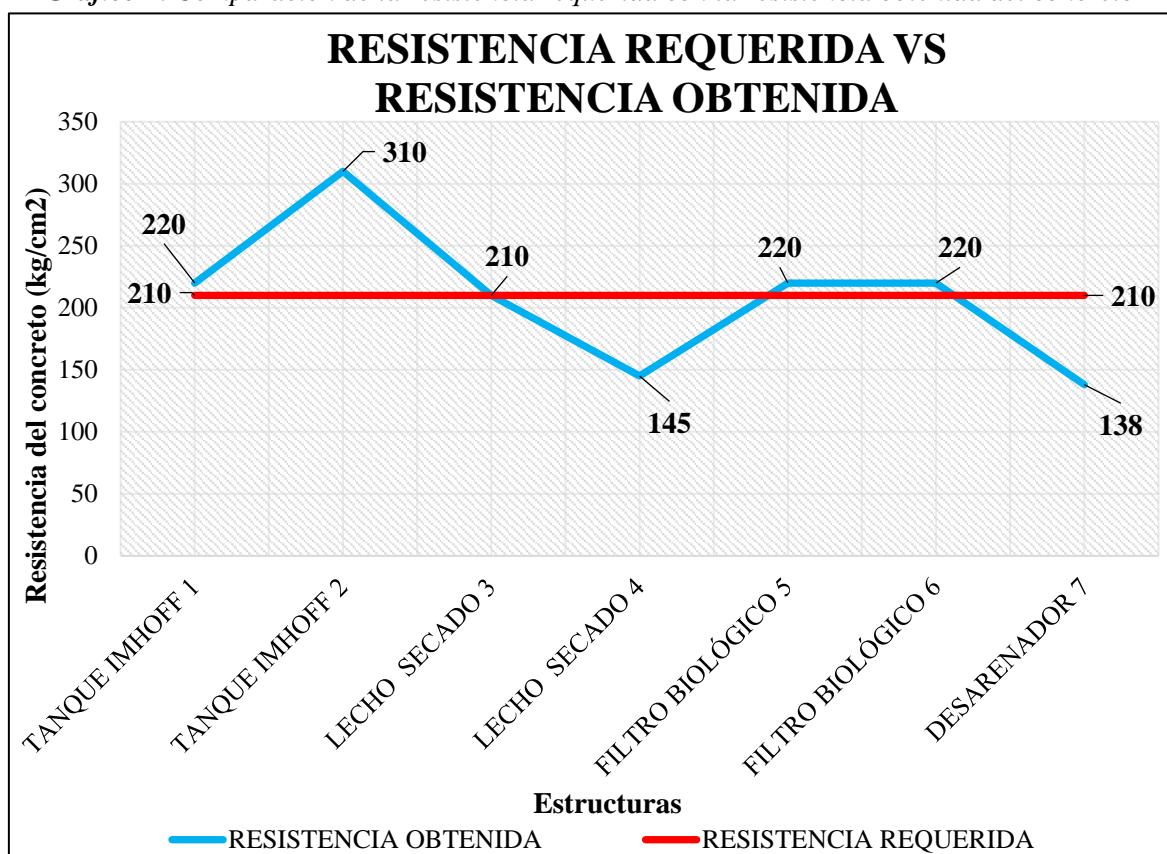


4.3.5. RESUMEN DE DATOS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Tabla 16. Resumen de los datos obtenidos de la resistencia del concreto

ENSAYO N°	ESTRUCTURA	RESISTENCIA COMPRESION REQUERIDA kg/cm2	RESISTENCIA COMPRESION OBTENIDA kg/cm2	PORCENTAJE CALCULADO RESISTENCIA OBTENIDA (%)
1	Tanque Imhoff	210.00	220.00	104.76
2	Tanque Imhoff	210.00	310.00	147.62
3	Lecho de secado	210.00	210.00	100.00
4	Lecho de secado	210.00	145.00	69.05
5	Filtro biológico	210.00	220.00	104.76
6	Filtro biológico	210.00	220.00	104.76
7	Desarenador	210.00	138.00	65.71

Gráfico 1. Comparación de la resistencia requerida con la resistencia obtenida del concreto



En el gráfico 1 y tabla 16, se observa que los ensayos realizados en el lecho de secado (ensayo 4) y desarenador (ensayo 7), están por debajo de la resistencia requerida del concreto, con porcentajes alcanzados inferiores al 70%.

4.4. EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PTAR N°02

4.4.1. CAUDAL DE INGRESO A LA PTAR

Para medir el caudal de llegada a la PTAR se aplicó métodos de aforo, es decir aforos volumétricos.

4.4.1.1. Aforo volumétrico

Para obtener el caudal, el aforo se desarrolló en la parte final del desarenador, después del vertedero triangular con un ángulo rectangular, las mediciones se hicieron en dos días, jueves 23 de mayo y viernes 24 de mayo del 2024, desde las 7 a.m. hasta las 5 p.m.

Se utilizó un recipiente circular graduado de 3.6 litros, el tiempo de llenado se determinó cada 5 veces, es decir se obtuvo un tiempo promedio en cada hora de medición.

Determinación del caudal a las 7 a.m. del día jueves 23 de mayo

Datos:

Volumen = 3.6 Litros

Tiempo = 3.48 Segundos

Fórmula:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(2)$$

Q: Caudal (L/s)

V: Volumen del recipiente (L)

T: tiempo en que se llena el recipiente (s)

Reemplazando los datos en (2)

$$Q = \frac{3.6 L}{3.48 s}$$

$$Q = 1.034483 L/s$$

$$Q = 0.001034 m^3/s$$

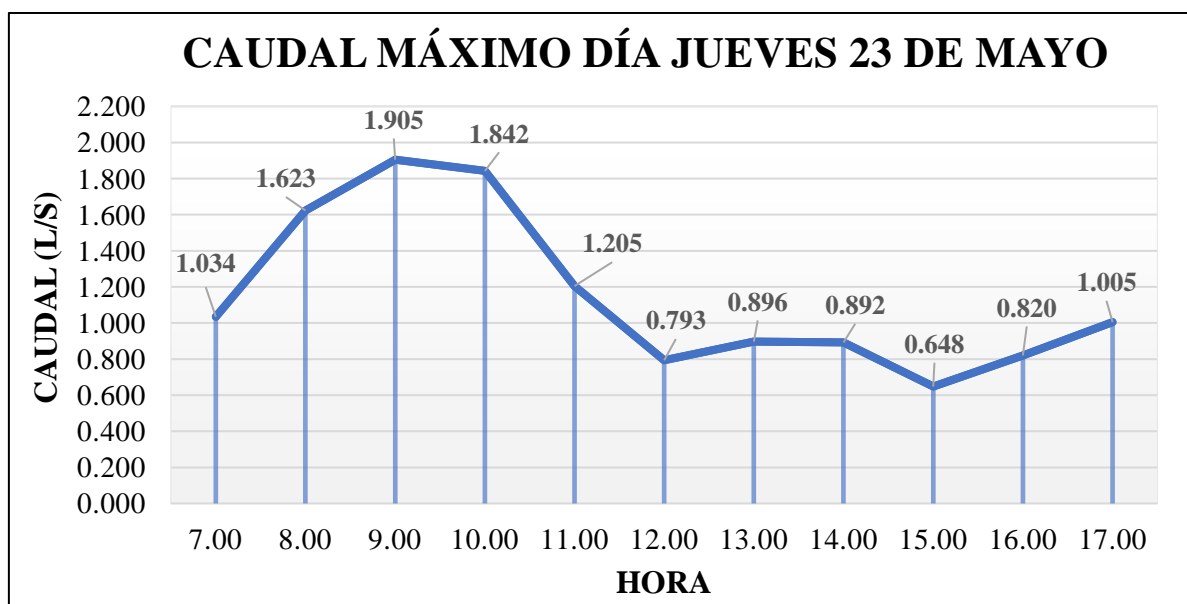
El procedimiento se utilizó para cada hora, cuyos caudales se presenta en la tabla 17

Tabla 17. Caudales calculados el día jueves 23 de mayo

Hora	Capacidad (L)	Tiempo promedio (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
7.00	3.60	3.480	1.034483	0.001034
8.00	3.60	2.218	1.623084	0.001623
9.00	3.60	1.890	1.904762	0.001905
10.00	3.60	1.954	1.842375	0.001842
11.00	3.60	2.988	1.204819	0.001205
12.00	3.60	4.538	0.793301	0.000793
13.00	3.60	4.016	0.896414	0.000896
14.00	3.60	4.034	0.892414	0.000892
15.00	3.60	5.556	0.647948	0.000648
16.00	3.60	4.388	0.820419	0.000820
17.00	3.60	3.582	1.005025	0.001005
CAUDAL PROMEDIO			1.151368	0.001151

En la tabla 17, se muestra los valores obtenidos para cada hora del día jueves 23 de mayo por el método volumétrico cuyo caudal máximo horario es de 1.905 L/s y corresponde a las 9:00 am

Gráfico 2. Variación del caudal del día jueves 23 de mayo



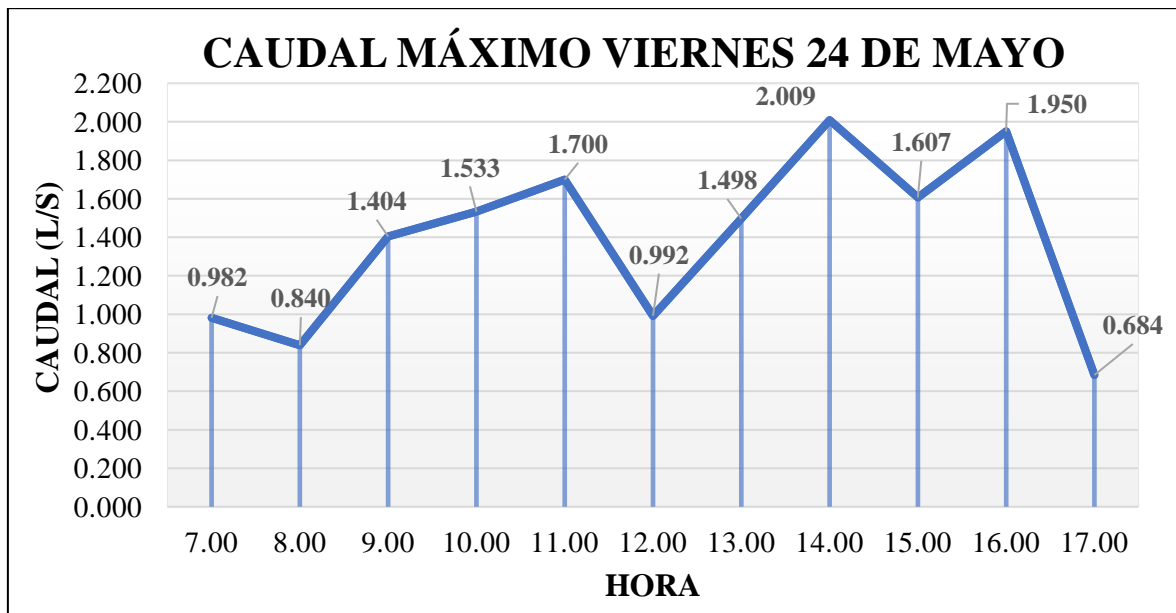
En el gráfico 2, se muestra la fluctuación del caudal durante el día 23 de mayo

Tabla 18. Caudales calculados el día viernes 24 de mayo

Hora	Capacidad (L)	Tiempo promedio (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
7.00	3.60	3.666	0.981997	0.000982
8.00	3.60	4.288	0.839552	0.000840
9.00	3.60	2.564	1.404056	0.001404
10.00	3.60	2.348	1.533220	0.001533
11.00	3.60	2.118	1.699717	0.001700
12.00	3.60	3.630	0.991736	0.000992
13.00	3.60	2.404	1.497504	0.001498
14.00	3.60	1.792	2.008929	0.002009
15.00	3.60	2.240	1.607143	0.001607
16.00	3.60	1.846	1.950163	0.001950
17.00	3.60	5.260	0.684411	0.000684
CAUDAL PROMEDIO HORARIO			1.381675	0.001382

En la tabla 18, se muestra los valores obtenidos para cada hora del día viernes 24 de mayo por el método volumétrico, cuyo caudal máximo horario es de 2.009 L/s y corresponde a las 2:00 pm.

Gráfico 3. Variación del caudal del día viernes 24 de mayo



En el gráfico 3, se muestra la fluctuación del caudal durante el día 24 de mayo

Por lo tanto, el mayor caudal se registró el día viernes 24 de mayo a horas 2:00 pm, cuyo valor es de 2.009 L/s. Comparando con el caudal de diseño de 10.18 L/s (según expediente técnico del proyecto), las estructuras para un caudal de 2.009 L/s funcionan adecuadamente.

Figura 64. Aforo volumétrico a las 7:00 am del día jueves 23 de mayo



Figura 65. Cálculo del tiempo, en el llenado del recipiente circular de 3.6 litros



En la figura 65, se muestra el llenado del recipiente circular de 3.6 L, el llenado se realizó durante 5 veces, obteniendo un tiempo promedio para las 7:00 am del día jueves 23 de mayo de 3.48 s. El mismo procedimiento se desarrolló para cada hora.

4.4.2. DESARENADOR

La evaluación hidráulica de un desarenador en una PTAR, implica analizar su rendimiento hidráulico para asegurarse de que esté funcionando correctamente y eficientemente, teniendo en cuenta el siguiente procedimiento.

4.4.2.1. Revisión de planos y especificaciones

Del expediente técnico, se ha verificado los planos y especificaciones técnicas, con el objetivo de entender su diseño y capacidad. Caudal de diseño es de 10.18 L/s

4.4.2.2. Medición de caudales de entrada y de salida

Caudal de entrada

El caudal de entrada se determinó mediante aforos volumétricos, el análisis se hizo para el caudal máximo horario de 2.009 L/s = 0.002009 m³ /s ≈ 0.002 m³/s

Caudal de salida

El caudal de salida se midió en los vertederos triangulares con un ángulo de 90°, cuyo tirante para ambos desarenadores paralelos es de 0.056 m. para determinar el caudal se aplicó la fórmula empírica de Campbell, quien la propuso en su libro “Sedimentación Bowl Design”, fórmula que se basa en la teoría de la sedimentación.

$$Q = 1.4H^{5/2} \dots\dots\dots(3)$$

Q: Capacidad del desarenador (m³/s)

H: altura del agua en el vertedero

H = 0.056 m, entonces Q = 0.001039 m³/s = 1.039 L/s

Según la NTP 201.010.2012, específicamente en el numeral 6.3.2, establece que el caudal de entrada no debe exceder el 50% de la capacidad máxima del diseño del desarenador. Además, recomienda que el caudal de entrada sea como mínimo del 10% de capacidad máxima de diseño para asegurar una buena eficiencia de remoción de sólidos, es decir el caudal de entrada debe ser de 10 – 50 % de la capacidad máxima del desarenador.

Por lo tanto, la velocidad de entrada al desarenador (2.009 L/s) cumple con dicha normativa, ya que la velocidad mínima de entrada para el desarenador debe ser de 1.018 L/s, y velocidad máxima de 5.09 L/s.

4.4.2.3. Medición de velocidades

Para medir las velocidades de flujo en los 2 desarenadores en paralelo del tipo canal rectangular, se tuvo en cuenta la ecuación de continuidad o ley de conservación de masa.

$$Q = v * A \dots\dots\dots(4)$$

v: velocidad del flujo (m/s)

Q: Caudal (m³/s) = 0.001 m³/s

A: área Hidráulica (m²)

$$A = \text{ancho} * \text{tirante} = 0.39\text{m} * 0.156\text{m} \rightarrow A = 0.06084 \text{ m}^2$$

$$v = 0.001 / 0.06084 = 0.033 \text{ m/s}$$

V = 0.016 m/s

Según la norma OS.090 del reglamento nacional de edificación establece que se debe controlar las velocidades horizontales alrededor de 0.3 m/s, con una tolerancia de ± 20%, es decir para una velocidad de 0.016 m/s el desarenador funciona adecuadamente.

Figura 66. Tirante y ancho hidráulico en el vertedero triangular del desarenador



La figura 66, muestra el tirante de agua en el vertedero triangular de ángulo recto, cuya medida es de 0.156 m y el ancho hidráulico de 0.39 m

4.4.2.4. Tiempo de retención (Tr)

El tiempo de retención en desarenadores, es el periodo que el agua residual pasa en el desarenador antes de ser evacuada al siguiente paso de tratamiento, es el parámetro más importante a evaluar, ya que es de gran importancia porque permite la sedimentación de partículas gruesas y arenas, reduce la carga de sólidos en suspensión y permite la protección de los posibles equipos instalados en los diferentes procesos de tratamiento.

$$Tr = \frac{\text{Volumen del desarenador}}{\text{caudal de entrada}} \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Volumen del desarenador} = \text{Longitud} \times \text{Ancho} \times \text{tirante} \dots\dots\dots(6)$$

Volumen del desarenador = 2.49 m x 0.39 m x 0.156 m = 0.152 m³

Caudal de entrada = 0.001 m³/s (caudal de ingreso en cada desarenador paralelo rectangular)

Tr = 0.1515 m³ / 0.001 m³/s = 151.50 s

Tr = 151.50 s

Según la NTP 201.010.2012, específicamente en el numeral 6.3.3 y la norma europea EN 858-1:2002+A1:2004, establecen o recomiendan un tiempo de retención en el desarenador como mínimo de 1 minuto y máximo de 3 minutos para asegurar un buen funcionamiento del desarenador, es decir el tiempo de retención en el desarenador debe ser de 1 – 3 minutos.

Por lo tanto, el tiempo de retención (151.50 s) cumple con dicha normativa, esto significa que el agua pasa 151.50 s dentro del desarenador antes de salir, siendo suficiente para permitir la sedimentación de los sólidos.

4.4.3. TANQUE IMHOFF

La evaluación hidráulica del tanque Imhoff en una PTAR, implica analizar su rendimiento hidráulico para asegurarse de que esté funcionando correctamente y eficientemente, teniendo en cuenta el siguiente procedimiento.

4.4.3.1. Revisión de planos y especificaciones

Del expediente técnico, se ha verificado los planos y especificaciones técnicas, con el objetivo de entender su diseño y capacidad. Caudal de diseño = caudal medio = 4.07 L/s

4.4.3.1. Medición de caudales

Caudal de entrada

El caudal de entrada se determinó mediante aforos volumétricos y uso del correntómetro, el valor obtenido es de $Q_{\text{máxh}} = 2.009 \text{ L/s} = 0.002009 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal medio es de $Q_m = 0.001382 \text{ m}^3/\text{s} = 1.381675 \text{ L/s} \approx 1.382 \text{ L/s}$

Comparando con el caudal de diseño del proyecto (Q_m de entrada = $1.382 \text{ L/s} < Q_m = 4.07 \text{ L/s}$), se hace la comparación con el caudal medio, ya que el área de sedimentación en el tanque Imhoff ha sido diseñado en base al caudal medio. Por lo tanto, como el caudal medio de entrada es menor que el caudal de diseño, el área de sedimentación trabaja adecuadamente

4.4.3.2. Nivel de agua

Para medir la altura del nivel del agua en el tanque, primero se midió la altura libre del tanque, es decir se midió desde el borde del tanque hasta el nivel del agua, luego se verificó la altura del tanque en los planos del expediente técnico y por diferencia se determinó la altura del nivel del agua en el tanque. Nivel del agua en el tanque = altura tanque – altura libre del tanque = $6.25 \text{ m} - 0.39 \text{ m} = 5.86 \text{ m}$

Figura 67. Nivel del agua en el tanque Imhoff



Altura libre del tanque es de 0.39 m

4.4.3.3. Tiempo de retención (Tr)

El tiempo de retención en tanques Imhoff es el periodo que el agua residual pasa en el tanque antes de ser evacuada. Durante este tiempo se produce la sedimentación de los sólidos y la separación de las aguas residuales en dos capas; una capa superior de agua clarificada y una capa inferior de lodo.

$$Tr = \frac{\text{Volumen en la cámara de sedimentación } (Vs)}{\text{Caudal acumulado } (Qac)} \dots\dots\dots(7)$$

$$Vs = \frac{3.0 \cdot 12.7 \cdot 2.95}{2} = 56.198 \text{ m}^3$$

$$Qac = 54.714 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Tr = 1.0374 \text{ h}$$

Tabla 19. Caudal horario acumulado

Hora	Capacidad (L)	Tiempo promedio (s)	Caudal (L/s)	Caudal Parcial (m ³ /h)	Caudal Acumulado (m ³ /h)
7.00	3.60	3.666	0.981997	3.535	3.535
8.00	3.60	4.288	0.839552	3.022	6.558
9.00	3.60	2.564	1.404056	5.055	11.612
10.00	3.60	2.348	1.533220	5.520	17.132
11.00	3.60	2.118	1.699717	6.119	23.251
12.00	3.60	3.630	0.991736	3.570	26.821
13.00	3.60	2.404	1.497504	5.391	32.212
14.00	3.60	1.792	2.008929	7.232	39.444
15.00	3.60	2.240	1.607143	5.786	45.230
16.00	3.60	1.846	1.950163	7.021	52.250
17.00	3.60	5.260	0.684411	2.464	54.714

En la tabla 19, se muestra el caudal horario acumulado para 11 horas del día viernes 24 de mayo, dado que es el día en que se presenta el máximo caudal, cuyo valor es de 54. 714 m³/h

Según la norma OS.090, el periodo de retención debe ser de 1.5 – 2.5 horas, el valor obtenido es Tr = 1.0374 h.

Por lo tanto, es recomendable que el tiempo de retención este en el rango que indica la norma OS.090, ya que es importante para la eficiencia del tratamiento y reducción de la cantidad de solidos en suspensión.

4.4.4. FILTRO BIOLÓGICO

En este PTAR, se ha ejecutado filtro percoladores, en la que es un tipo de filtro biológico que utiliza un lecho de material poroso, como arena o grava, para eliminar contaminantes y nutrientes de las aguas residuales. Para su evaluación hidráulica se ha tenido en cuenta el tratamiento preliminar (rejas y desarenador) y tratamiento primario (sedimentación primaria)

El filtro cumple con los parámetros que indica o establece la norma OS.090, el filtro biológico tiene una longitud de 9.78 m, ancho de 8.52 m con muros o paredes de espesor 0.29. En el canal de distribución, hay orificios de 1 pulgada por donde el caudal ingresa a las 18 canaletas de repartición para luego dar en el canal de recolección. Se ha verificado los tirantes en ambos canales.

Finalmente se ha verificado el filtro que está a base de material granular como piedra chancada de 3 pulgadas de diámetro como máximo.

Figura 68. Verificación del canal de repartición en el filtro biológico



En la figura se muestra las 18 canaletas por lado, piedra chancada de ϕ 3", los orificios del canal de distribución de ϕ 1" y la sección del filtro biológico.

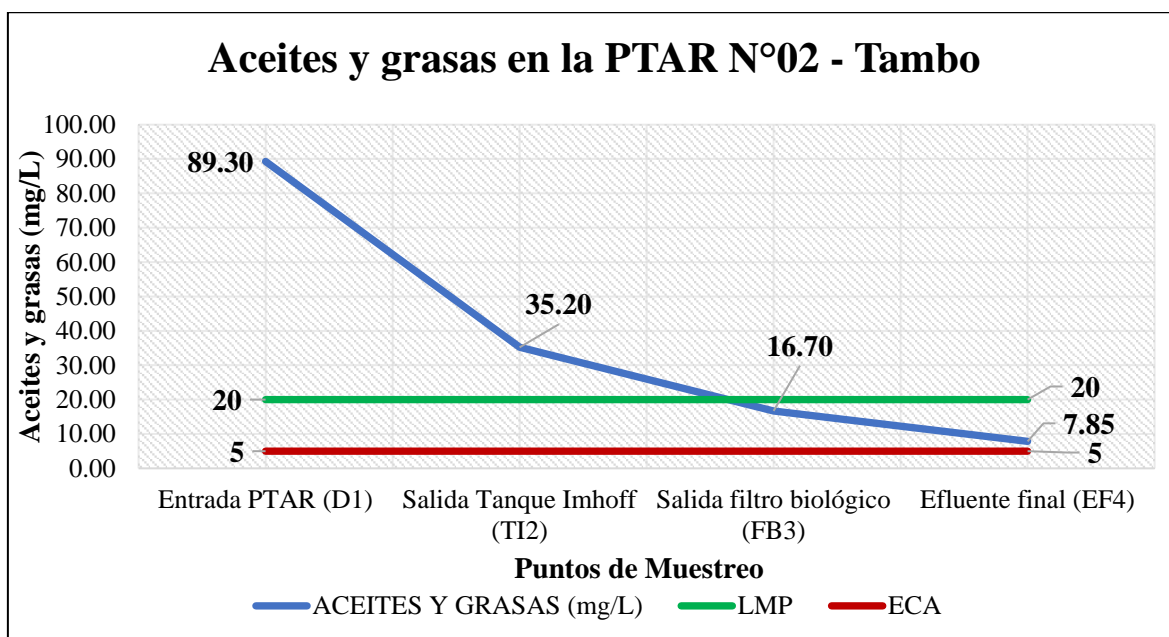
4.5. ANÁLISIS DE LABORATORIO

4.5.1. PARÁMETRO ACEITES Y GRASAS

Tabla 20. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestro de la PTAR N°02

PUNTO MONITOREO	ACEITES Y GRASAS (mg/L)	LMP	ECA
Entrada PTAR (D1)	89.30	20	5
Salida Tanque Imhoff (TI2)	35.20	20	5
Salida filtro biológico (FB3)	16.70	20	5
Efluente final (EF4)	7.85	20	5

Gráfico 4. Variación de la concentración de aceites y grasas en la PTAR N°02 de El Tambo



La tabla 20 y el gráfico 4, nos indica el proceso de descontaminación de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo con respecto a la concentración de aceites y grasas en función a los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental del agua (ECA). El agua residual ingresa a la planta con un valor de 89.3 mg/L, luego sale del tanque Imhoff con un valor de 35.20 mg/L, posteriormente sale por el filtro biológico con un valor de 16.70 mg/L y finalmente el efluente final que sale o descarga al río Ñun Ñun - Lanchecucho tiene un valor de 7.85 mg/L.

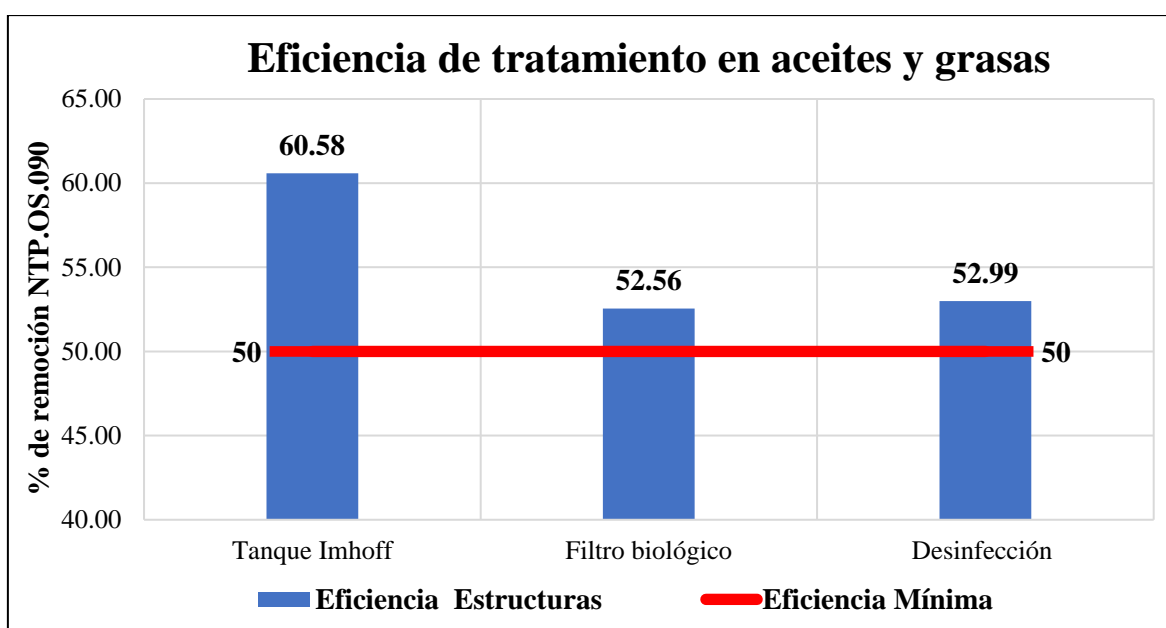
Por lo tanto, el efluente final vertido al río sí cumple con las condiciones del decreto supremo N° 003-2010-MINAM – LMP con respecto al parámetro aceites y grasas

Tabla 21. Eficiencia de cada componente de la PTAR N°02 en aceites y grasas

Estructura	Valores (mg/L)		Eficiencia de tratamiento en aceites y grasas (%)	NTP: OS.090 % Mínimo
	Entrada	Salida		
Tanque Imhoff	89.30	35.20	60.58	50
Filtro biológico	35.20	16.70	52.56	50
Desinfección	16.70	7.85	52.99	50

La eficiencia de los componentes en carga contaminante ha sido calculada utilizando la fórmula 1 del número de página 30 del ítem marco teórico (eficiencia de remoción).

Gráfico 5. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto al parámetro aceites y grasas



De acuerdo a la tabla 21 y gráfico 5, observamos que el tanque Imhoff presenta el porcentaje más alto de eficiencia (60.58%), seguido del área de desinfección (52.99%) y finalmente el filtro biológico presenta el porcentaje más bajo de eficiencia (52.56%) en la remoción de aceites y grasas. Todas las estructuras o componentes evaluados superan el 50% de eficiencia, es decir, los componentes están trabajando con eficiencia permisible en la depuración de aceites y grasas según la NTP RNE. OS.090.

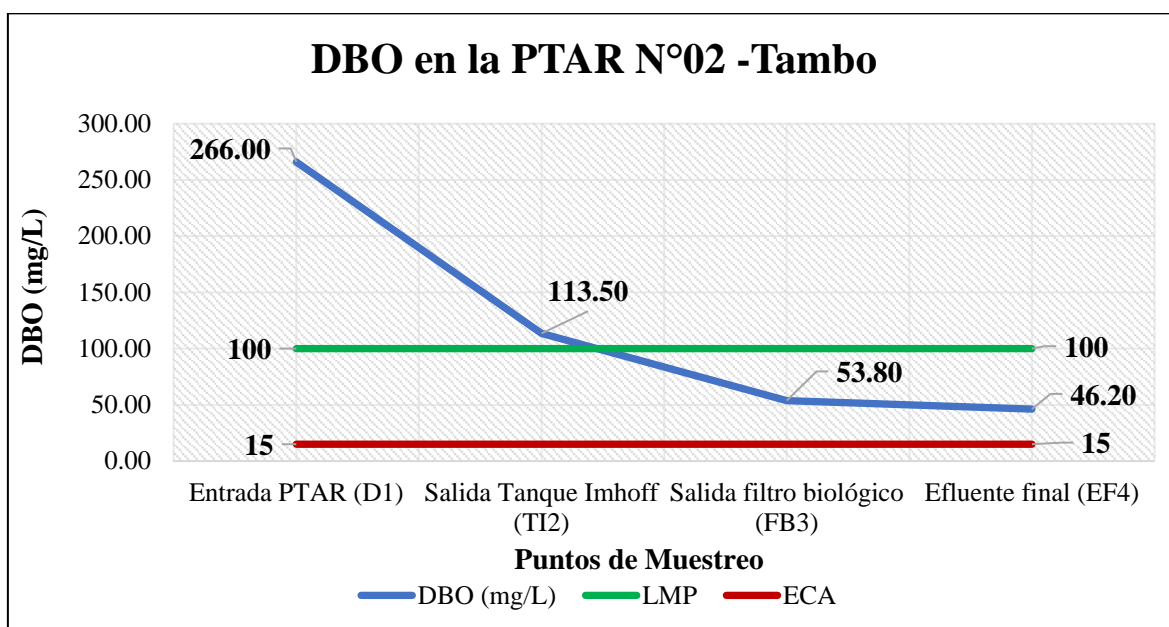
Por lo tanto, la mayor parte de remoción de aceites y grasas se da en el tratamiento primario compuesto por el tanque Imhoff. Además, para mejorar la eficiencia, debemos tener en cuenta el mantenimiento y operación de cada estructura o componente de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, ya que los aceites y grasas flotan formando una película superficial, por lo que es de gran importancia retirarlas sobre todo en el tanque Imhoff, porque es una estructura o componente donde se acumula bastante.

4.5.2. PARÁMETRO DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

Tabla 22. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestro de la PTAR N°02

PUNTO DE MUESTREO	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)	LMP	ECA
Entrada PTAR (D1)	266.00	100	15
Salida Tanque Imhoff (TI2)	113.50	100	15
Salida filtro biológico (FB3)	53.80	100	15
Efluente final (EF4)	46.20	100	15

Gráfico 6. Variación de la concentración de la DBO en la PTAR N°02 de El Tambo



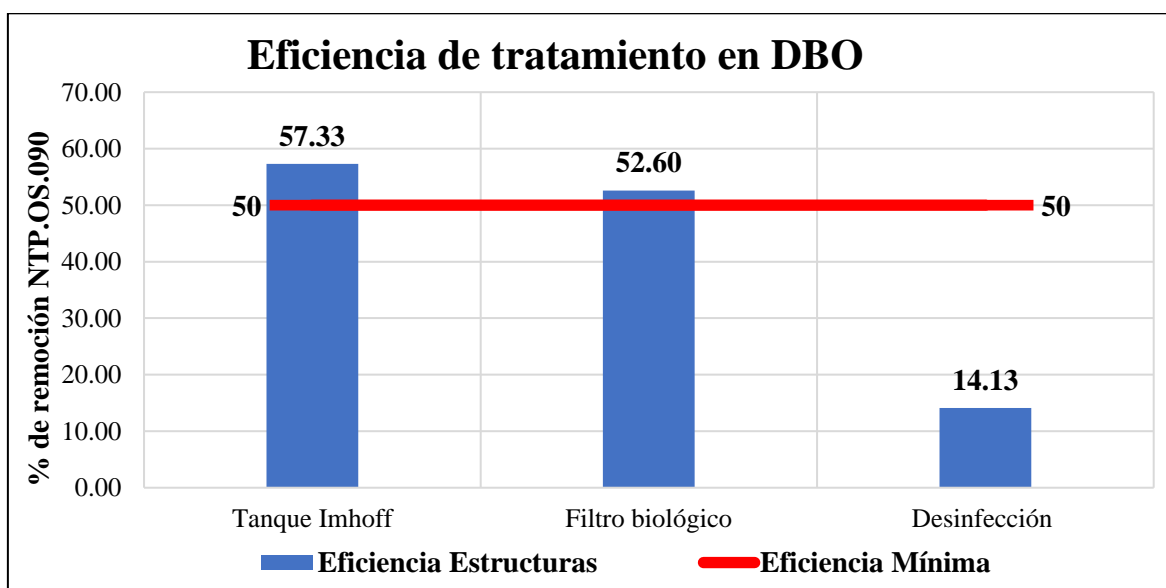
La tabla 22 y el gráfico 6, nos indica el proceso de descontaminación de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo con respecto a la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en función a los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental del agua (ECA). El agua residual ingresa a la planta con un valor de 266.00 mg/L, luego sale del tanque Imhoff con un valor de 113.50 mg/L, posteriormente sale por el filtro biológico con un valor de 53.80 mg/L y finalmente el efluente final que sale o descarga al río Ñun Ñun - Lanchecucho tiene un valor de 46.20 mg/L. Además, dicho parámetro cumple con los LMP en la salida del filtro biológico y efluente final.

Por lo tanto, el efluente final vertido al río sí cumple con las condiciones del decreto supremo N° 003-2010-MINAM – LMP con respecto al parámetro demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 23. Eficiencia de cada componente de la PTAR N°02 en DBO

Estructura	Valores (mg/L)		Eficiencia de tratamiento DBO (%)	NTP: OS.090 % Mínimo
	Entrada	Salida		
Tanque Imhoff	266.00	113.50	57.33	50
Filtro biológico	113.50	53.80	52.60	50
Desinfección	53.80	46.20	14.13	50

Gráfico 7. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto al parámetro DBO



De acuerdo a la tabla 23 y gráfico 7, observamos que el tanque Imhoff presenta el porcentaje más alto de eficiencia (57.33%), seguido del filtro biológico (52.60%) y finalmente el área de desinfección presenta el porcentaje más bajo de eficiencia (14.13%) en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Las estructuras, tanque Imhoff y filtro biológico superan el 50% de eficiencia, es decir, están trabajando con eficiencia permisible en la depuración de DBO; en cambio el área de desinfección es inferior al 50% de eficiencia, por lo que no está funcionando eficientemente.

Por lo tanto, la mayor parte de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), se da en el tratamiento primario y secundario, es decir, que en el tanque Imhoff y en el filtro biológico la remoción de DBO cumple con lo que establece la NTP RNE. OS.090.

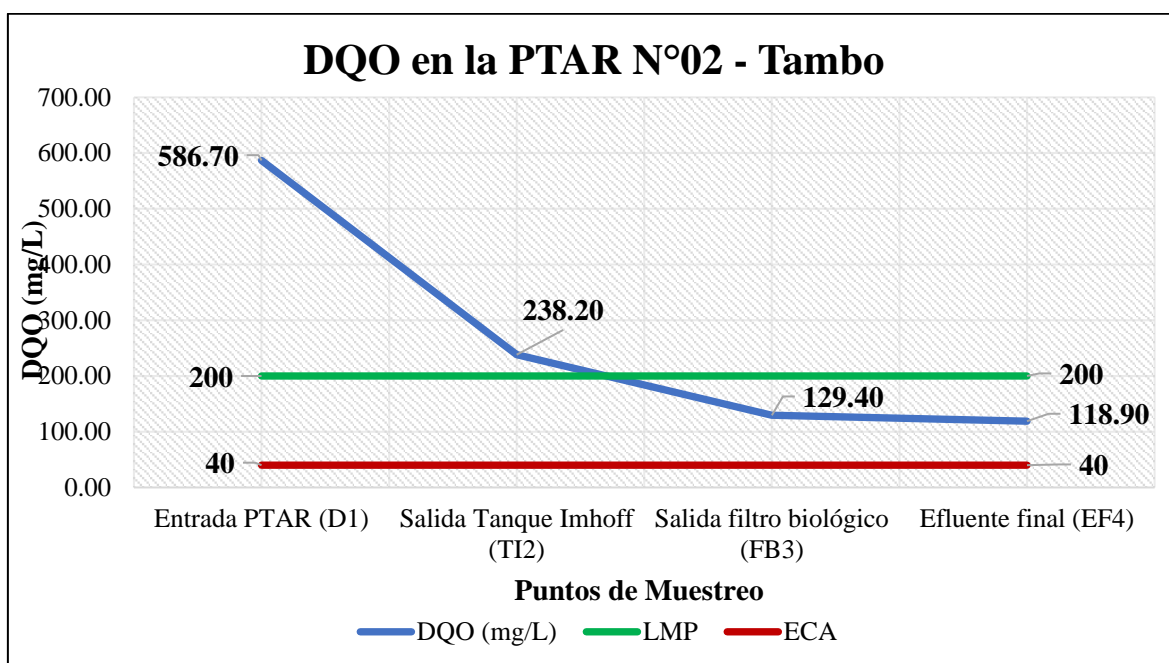
Además, para mejorar la eficiencia, debemos tener en cuenta el mantenimiento y operación de cada estructura o componente de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo.

4.5.3. PARÁMETRO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Tabla 24. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestro de la PTAR N°02

PUNTO DE MUESTREO	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)	LMP	ECA
Entrada PTAR (D1)	586.70	200	40
Salida Tanque Imhoff (TI2)	238.20	200	40
Salida filtro biológico (FB3)	129.40	200	40
Efluente final (EF4)	118.90	200	40

Gráfico 8. Variación de la concentración de la DQO en la PTAR N°02 de El Tambo



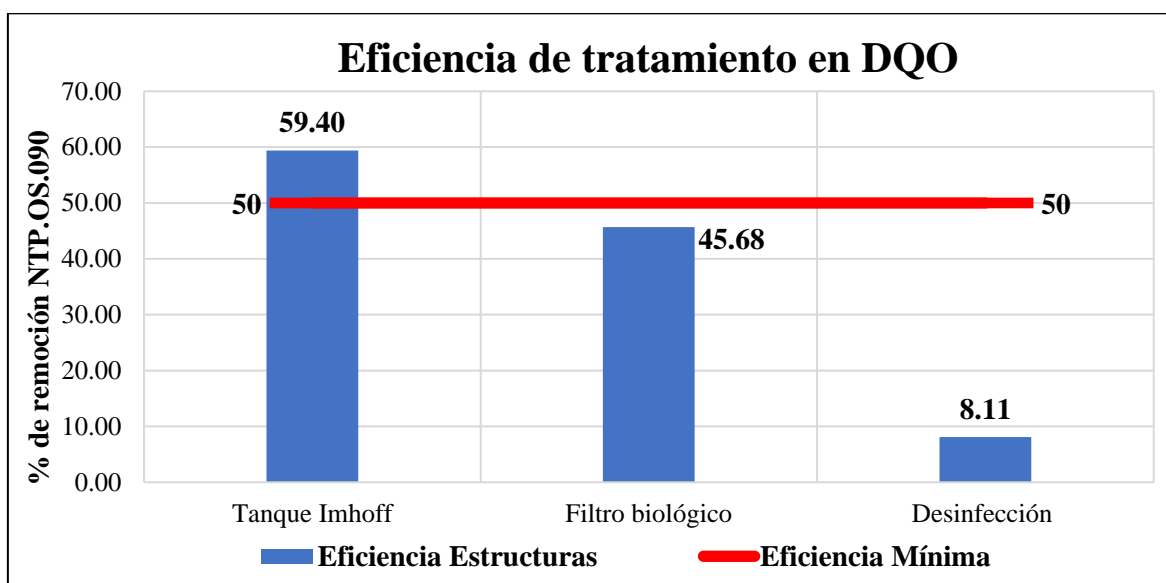
La tabla 24 y el gráfico 8, nos indica el proceso de descontaminación de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo con respecto a la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) en función a los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental del agua (ECA). El agua residual ingresa a la planta con un valor de 586.70 mg/L, luego sale del tanque Imhoff con un valor de 238.20 mg/L, posteriormente sale por el filtro biológico con un valor de 129.40 mg/L y finalmente el efluente final que sale o descarga al río Ñun Ñun - Lanchecucho tiene un valor de 118.90 mg/L.

Por lo tanto, el efluente final vertido al río sí cumple con las condiciones del decreto supremo N° 003-2010-MINAM – LMP con respecto al parámetro demanda química de oxígeno.

Tabla 25. Eficiencia de cada componente de la PTAR N°02 en DQO

Estructura	Valores (mg/L)		Eficiencia de tratamiento DQO (%)	NTP: OS.090 % Mínimo
	Entrada	Salida		
Tanque Imhoff	586.70	238.20	59.40	50
Filtro biológico	238.20	129.40	45.68	50
Desinfección	129.40	118.90	8.11	50

Gráfico 9. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto al parámetro DQO



De acuerdo a la tabla 25 y gráfico 9, observamos que el tanque Imhoff presenta el porcentaje más alto de eficiencia (59.40%), seguido del filtro biológico (45.68%) y finalmente el área de desinfección presenta el porcentaje más bajo de eficiencia (8.11) en la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO). La estructura, tanque Imhoff es la única que está por encima del 50% de eficiencia, es decir, está trabajando con eficiencia permisible en la depuración de DQO; en cambio los componentes filtro biológico y el área de desinfección están por debajo del 50% de eficiencia, por lo que no están funcionando o trabajando adecuadamente.

Por lo tanto, la mayor parte de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO), también se da en el tratamiento primario, es decir, que en el tanque Imhoff la remoción de la DQO cumple con lo que establece la NTP RNE. OS.090

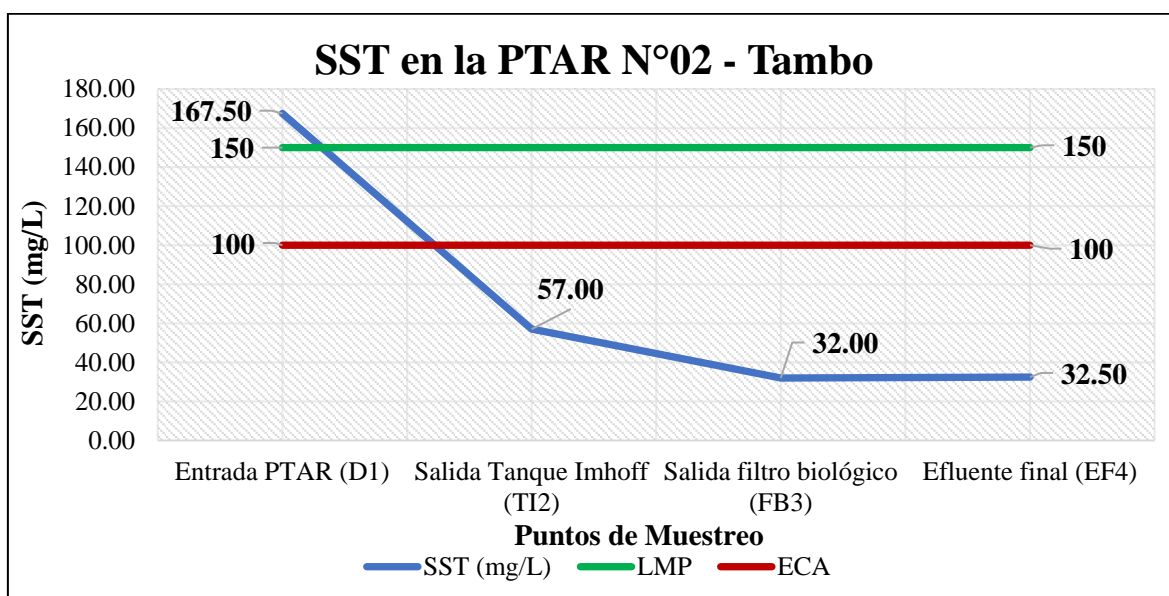
Además, para mejorar la eficiencia, debemos tener en cuenta el mantenimiento y operación de cada estructura o componente de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo.

4.5.4. PARÁMETRO SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Tabla 26. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestro de la PTAR N°02

PUNTO DE MUESTREO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) (mg/L)	LMP	ECA
Entrada PTAR (D1)	167.50	150	100
Salida Tanque Imhoff (TI2)	57.00	150	100
Salida filtro biológico (FB3)	32.00	150	100
Efluente final (EF4)	32.50	150	100

Gráfico 10. Variación de la concentración de los SST en la PTAR N°02 de El Tambo



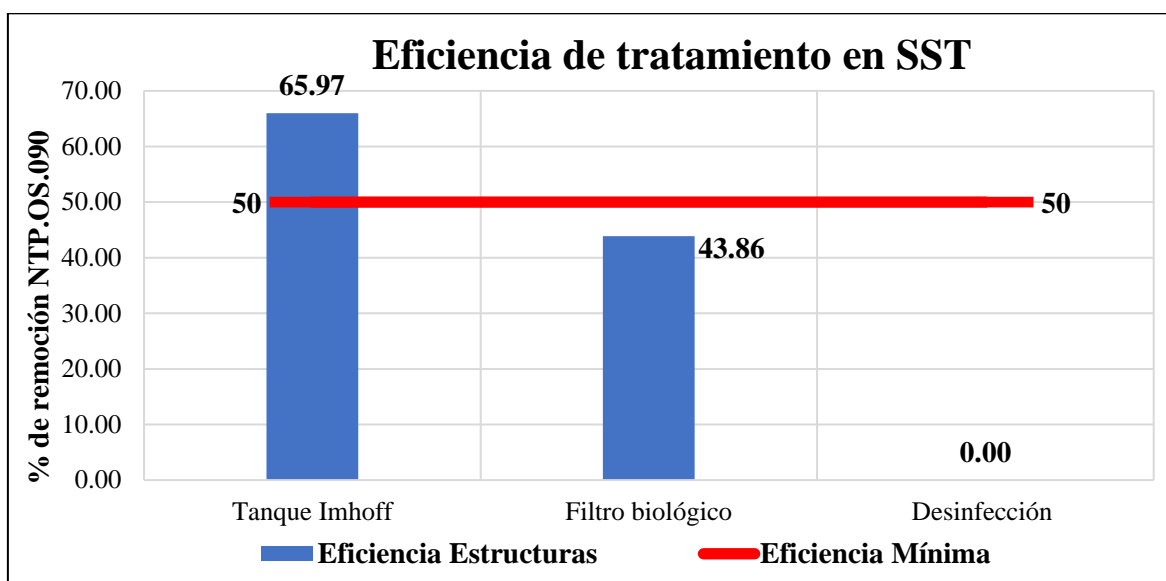
La tabla 26 y el gráfico 10, nos indica el proceso de descontaminación de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo con respecto a la concentración de los sólidos suspendidos totales (SST) en función a los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental del agua (ECA). El agua residual ingresa a la planta de tratamiento con un valor de 167.50 mg/L, luego sale del tanque Imhoff con un valor de 57.00 mg/L, posteriormente sale por el filtro biológico con un valor de 32.00 mg/L y finalmente el efluente final que sale o descarga al río Ñun Ñun - Lanchecucho tiene un valor de 32.50 mg/L.

Por lo tanto, el efluente final vertido al río sí cumple con las condiciones del decreto supremo N° 003-2010-MINAM – LMP y con los estándares de calidad ambiental D.S. N° 004-2017-MINAM, con respecto al parámetro de sólidos suspendidos totales (SST).

Tabla 27. Eficiencia de cada componente de la PTAR N°02 en SST

Estructura	Valores (mg/L)		Eficiencia de tratamiento SST (%)	NTP: OS.090 % Mínimo
	Entrada	Salida		
Tanque Imhoff	167.50	57.00	65.97	50
Filtro biológico	57.00	32.00	43.86	50
Desinfección	32.00	32.50	0.00	50

Gráfico 11. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto al parámetro SST



De acuerdo a la tabla 27 y gráfico 11, observamos que el tanque Imhoff presenta el porcentaje más alto de eficiencia (65.97%), seguido del filtro biológico (43.86%) y finalmente el área de desinfección presenta el porcentaje más bajo de eficiencia (-1.56%) en la remoción de los sólidos suspendidos totales (SST); el porcentaje negativo en la unidad de desinfección es equivalente a 0.00%. La estructura, tanque Imhoff es la única que está por encima del 50% de eficiencia, es decir, está trabajando con eficiencia permisible en la depuración de SST; en cambio los componentes filtro biológico y el área de desinfección están por debajo del 50% de eficiencia, por lo que no están funcionando adecuadamente.

Por lo tanto, la mayor parte de remoción de sólidos suspendidos totales (SST), también se da en el tratamiento primario, es decir, que en el tanque Imhoff la remoción de SST cumple con lo que establece la NTP RNE. OS.090.

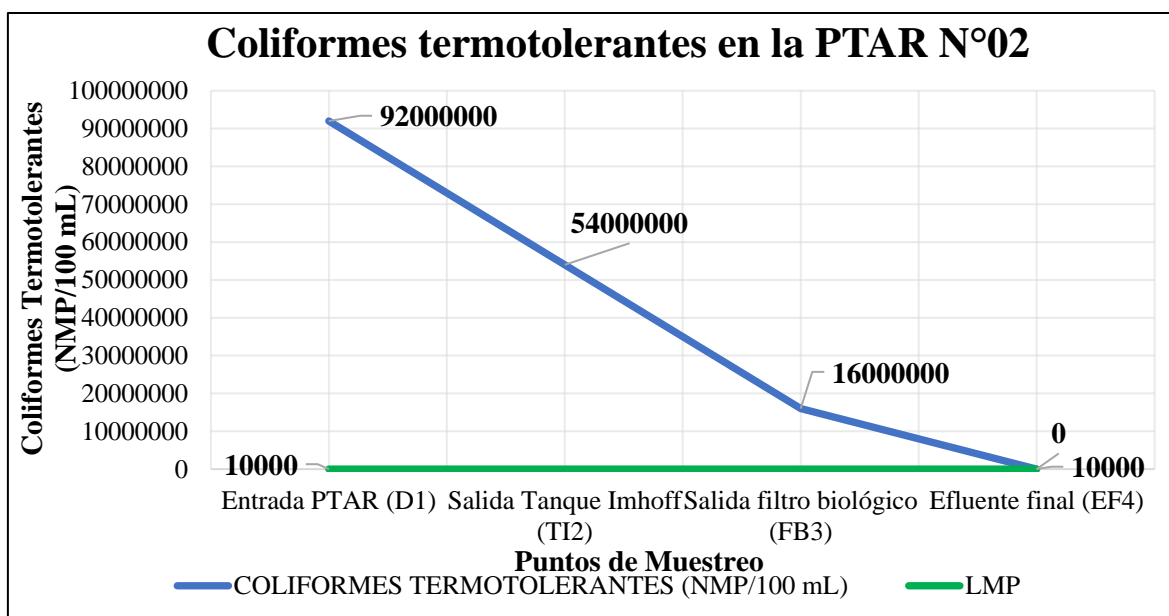
Además, para mejorar la eficiencia, debemos tener en cuenta el mantenimiento y operación de cada estructura o componente de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo.

4.5.5. PARÁMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Tabla 28. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestro de la PTAR N°02

PUNTO DE MUESTREO	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100 mL)	LMP	ECA
Entrada PTAR (D1)	92000000	10000	1000
Salida Tanque Imhoff (TI2)	54000000	10000	1000
Salida filtro biológico (FB3)	16000000	10000	1000
Efluente final (EF4)	< 1.8	10000	1000

Gráfico 12. Variación de coliformes termotolerantes en la PTAR N°02 de El Tambo

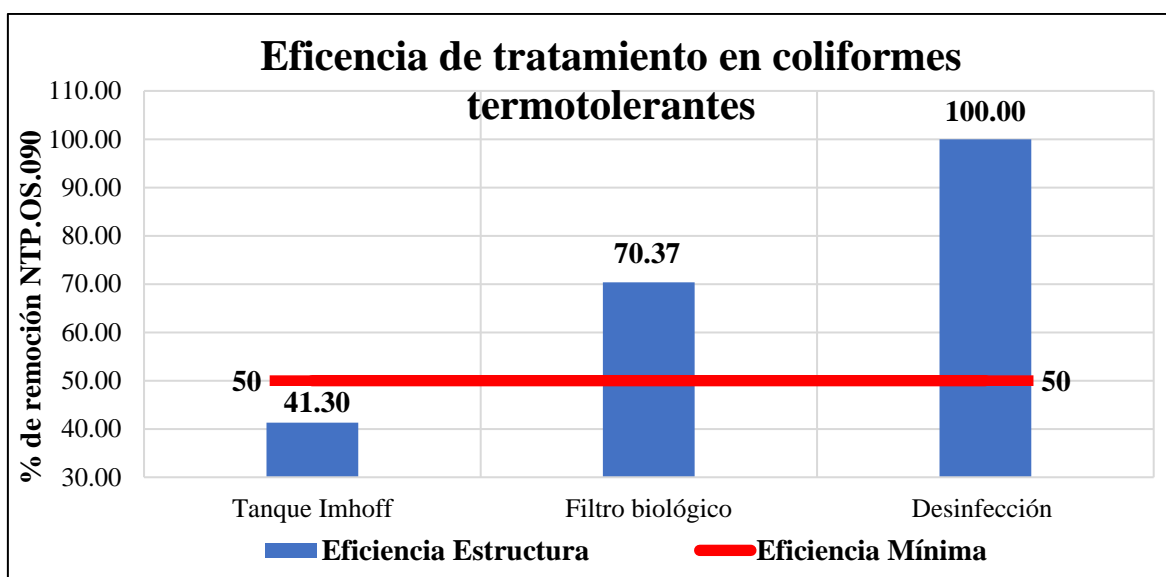


La tabla 28 y el gráfico 12, nos indica el proceso de descontaminación de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo con respecto a la concentración de coliformes termotolerantes (CT) en función a los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental del agua (ECA). El agua residual ingresa a la planta de tratamiento con un valor de 92×10^6 mg/L, luego sale del tanque Imhoff con un valor de 54×10^6 mg/L, posteriormente sale por el filtro biológico con un valor de 16×10^6 mg/L y finalmente el efluente final que sale o descarga al río Ñun Ñun - Lanchecucho tiene un valor < 1.8 mg/L, significa que el resultado es equivalente a cero. Por lo tanto, el efluente final vertido al río sí cumple con lo establecido por el D.S. N° 003-2010-MINAM – LMP y con los estándares de calidad ambiental D.S. N° 004-2017-MINAM, con respecto al parámetro de coliformes termotolerantes (CT).

Tabla 29. Eficiencia de cada componente de la PTAR N°02 en coliformes termotolerantes

Estructura	Valores (mg/L)		Eficiencia de tratamiento Coliformes termotol. (%)	NTP: OS.090 % Mínimo
	Entrada	Salida		
Tanque Imhoff	92000000	54000000	41.30	50
Filtro biológico	54000000	16000000	70.37	50
Desinfección	16000000	0.00	100.00	50

Gráfico 13. Eficiencia de remoción de cada estructura con respecto a coliformes termotolerantes



De acuerdo a la tabla 29 y gráfico 13, observamos que la unidad de desinfección presenta el porcentaje más alto de eficiencia (100 %), seguido del filtro biológico (70.37%) y finalmente el tanque Imhoff presenta el porcentaje más bajo de eficiencia (41.30%) en la remoción de los coliformes termotolerantes (CT). Las estructuras, área de desinfección y filtro biológico son las que están por encima del 50% de eficiencia, es decir, está trabajando con eficiencia permisible en la depuración de (CT); en cambio el componente tanque Imhoff está por debajo del 50% de eficiencia, por lo que no está trabajando adecuadamente.

Por lo tanto, la mayor parte de remoción de coliformes termotolerantes (CT), se da en el tratamiento secundario (filtro biológico) y en el tratamiento por desinfección, es decir, que en el filtro biológico y en el área de desinfección la remoción de CT cumple con lo que establece la NTP RNE. OS.090.

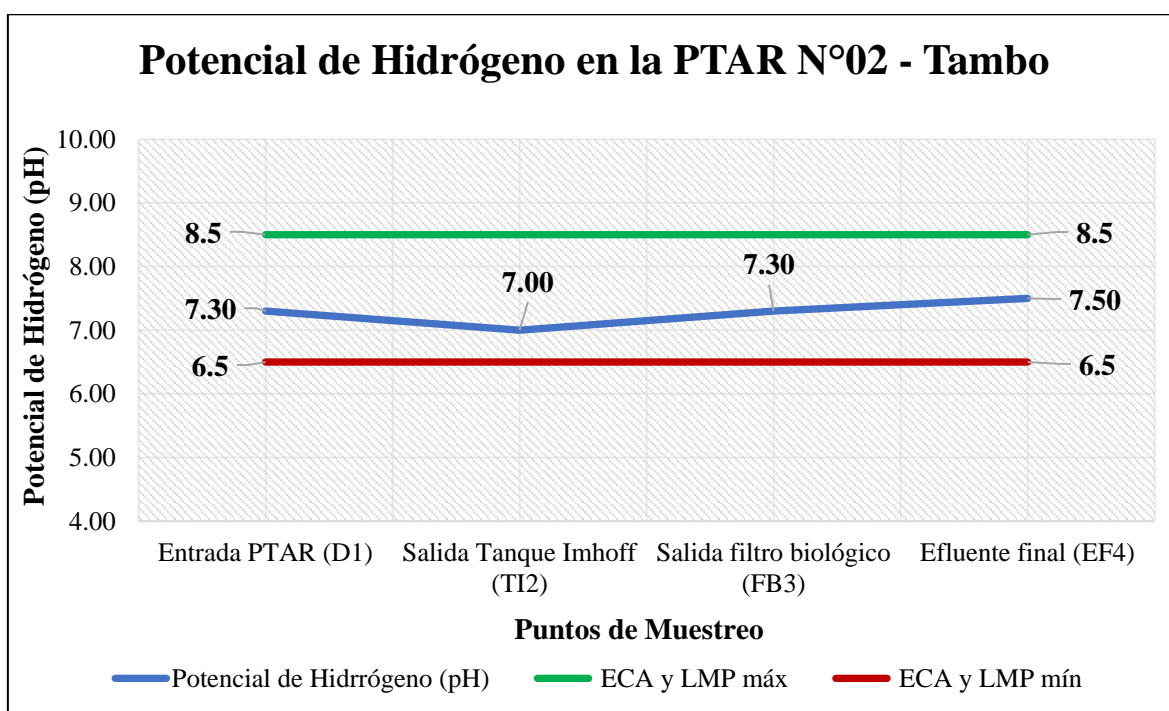
Además, para mejorar la eficiencia, debemos tener en cuenta el mantenimiento y operación de cada estructura o componente de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo.

4.5.6. PARÁMETRO POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

Tabla 30. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestro de la PTAR N°02

PUNTO MONITOREO	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	LMP	ECA
Entrada PTAR (D1)	7.3	6.5 - 8.5	6.5 – 8.5
Salida Tanque Imhoff (TI2)	7.0	6.5 - 8.5	6.5 – 8.5
Salida filtro biológico (FB3)	7.3	6.5 - 8.5	6.5 – 8.5
Efluente final (EF4)	7.5	6.5 - 8.5	6.5 – 8.5

Gráfico 14. Variación del potencial de Hidrógeno en la PTAR N°02 de El Tambo



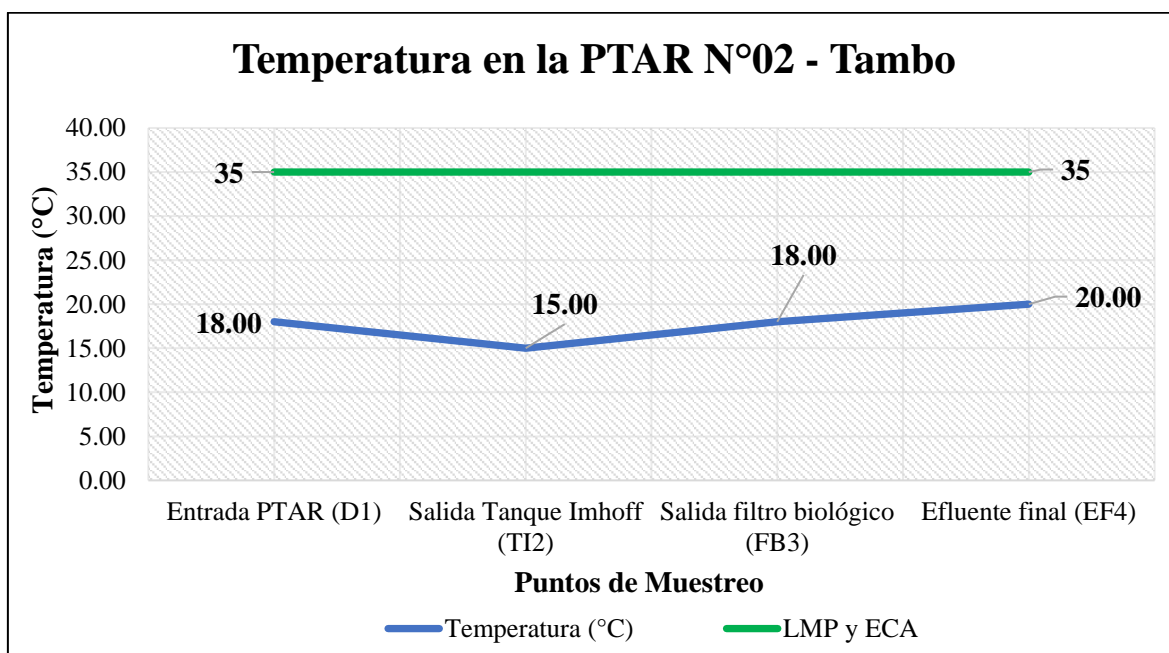
La tabla 30 y el gráfico 14, indican en cada componente de la PTAR la variación del potencial de hidrogeno (pH), a la entrada se tiene un pH de 7.30 y a la salida al río un pH de 7.5, es decir los resultados obtenidos cumple con los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM y con el D.S. N° 004-2017-MINAM de los estándares de calidad ambiental, cuyos rangos están de 6.5 – 8.5 de pH.

4.5.7. PARÁMETRO TEMPERATURA

Tabla 31. Datos obtenidos en los 4 puntos de muestro de la PTAR N°02

PUNTO MONITOREO	TEMPERATURA (°C)	LMP	ECA
Entrada PTAR (D1)	18	35	Δ 3
Salida Tanque Imhoff (TI2)	15	35	Δ 3
Salida filtro biológico (FB3)	18	35	Δ 3
Efluente final (EF4)	20	35	Δ 3

Gráfico 15. Variación de la temperatura en la PTAR N°02 de El Tambo



La tabla 31 y el gráfico 15, indican en cada componente de la PTAR la variación de la temperatura (°C), a la entrada se tiene una temperatura de 18 °C y a la salida al río una temperatura de 20 °C, es decir los resultados obtenidos cumple con los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM y con el D.S. N° 004-2017-MINAM de los estándares de calidad ambiental, cuyos rangos son de <35 °C y Δ 3 respectivamente.

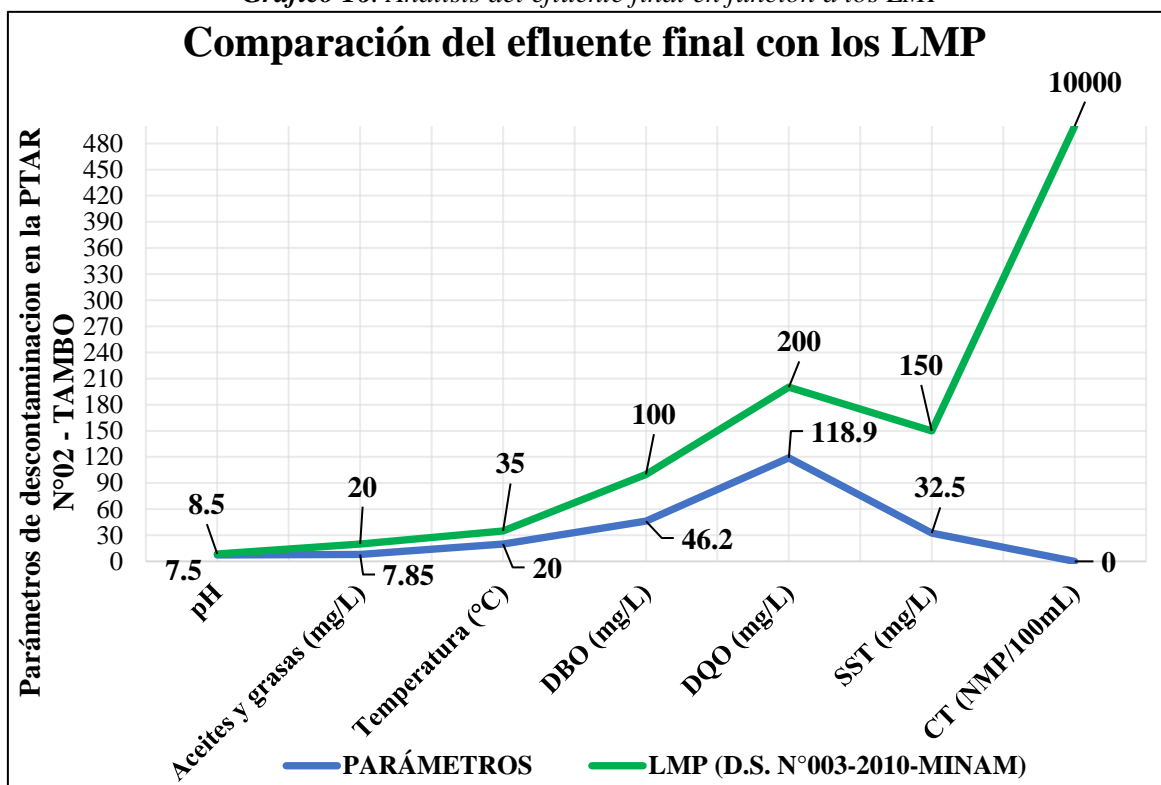
4.5.8. ANÁLISIS DEL EFLUENTE FINAL EN RELACIÓN A LMP Y ECA

Tabla 32. Efluente final de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo comparado con LMP

PARÁMETROS	VALORES EFLUENTE FINAL	LMP (D.S. N°003-2010-MINAM)	CONDICIÓN
Aceites y grasas (mg/L)	7.85	< 20	Cumple
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	46.20	< 100	Cumple
Demanda química de oxígeno (mg/L)	118.90	< 200	Cumple
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	32.50	< 150	Cumple
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	0.00	< 10000	Cumple
Potencial de Hidrógeno (pH)	7.5	6.5 - 6.8	Cumple
Temperatura (°C)	20	< 35	Cumple

El análisis se realizó según resultados de laboratorio, ver anexo 11 página 111

Gráfico 16. Análisis del efluente final en función a los LMP

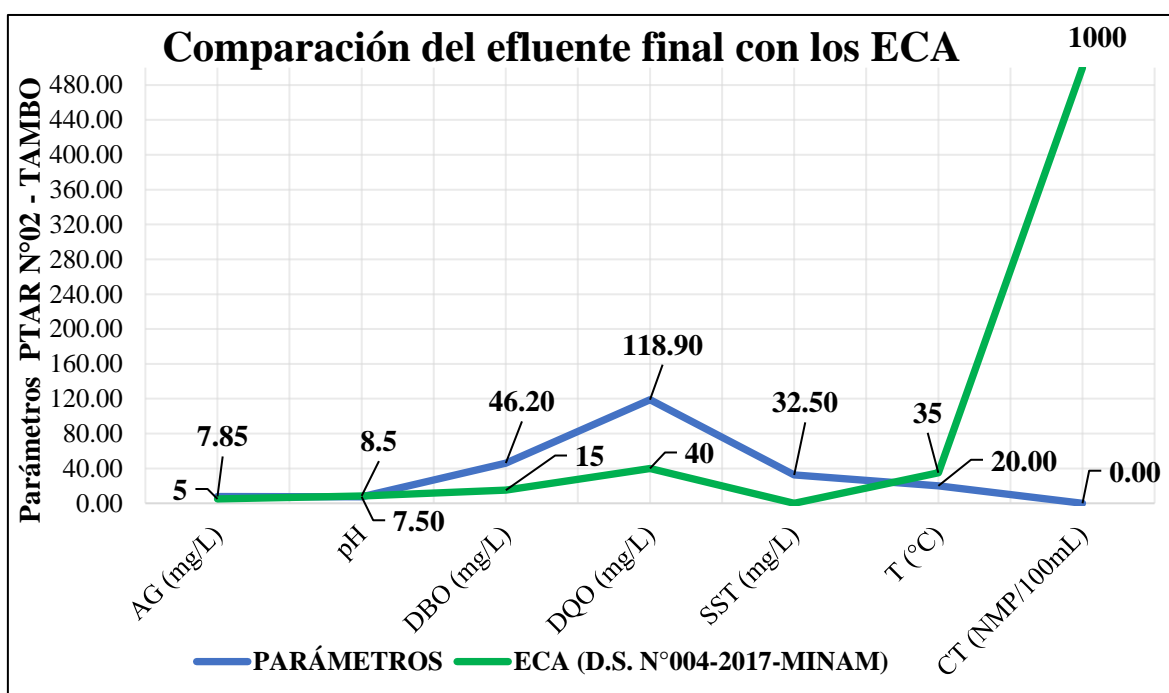


La tabla 32 y el gráfico 16, nos indica los parámetros de descontaminación del efluente final de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, que es vertido al río Ñun Ñun - Lanchecucho con respecto a los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros que indica el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Tabla 33. Efluente final de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo comparado con ECA

PARÁMETROS	VALORES EFLUENTE FINAL	ECA (D.S. N°004-2017-MINAM)	CONDICIÓN
Aceites y grasas (mg/L)	7.85	< 5	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	46.20	< 15	No Cumple
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	118.90	< 40	No Cumple
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	32.50	-	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	0.00	< 1000	Cumple
Potencial de Hidrógeno (pH)	7.5	6.5 – 8.5	Cumple
Temperatura (°C)	20	Δ 3	Cumple

Gráfico 17. Análisis del efluente final en función a los ECA



La tabla 33 y el gráfico 17, nos indica los parámetros de descontaminación del efluente final de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, que es vertido al río Ñun Ñun - Lanchecucho con respecto a los estándares de calidad ambiental (ECA) de los parámetros que indica el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

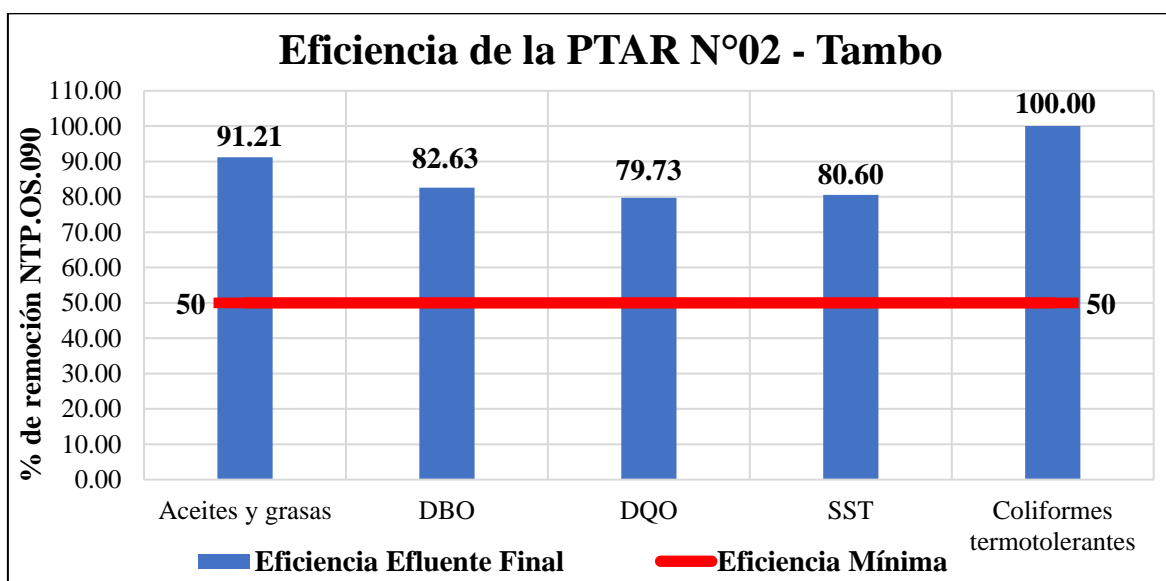
Por lo tanto, el resultado de los parámetros del efluente final, cumple con dicho decreto los coliformes termotolerantes, Temperatura y pH, ya que son únicos parámetros inferiores o están por debajo de los valores del ECA. Los demás parámetros no cumplen con este decreto.

4.5.9. EFICIENCIA DE LA PTAR N°02 DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO

Tabla 34. Eficiencia de la PTAR N°02 (El Portachuelo) de la localidad de El Tambo

PARÁMETROS	AFLUENTE	EFLUENTE	EFICIENCIA (%)	NTP: OS.090 % Mínimo
Aceites y grasas	89.30	7.85	91.21	50
DBO ₅	266.00	46.20	82.63	50
DQO	586.70	118.90	79.73	50
SST	167.50	32.50	80.60	50
Coliformes termotolerantes	92000000.00	0.00	100.00	50
PROMEDIO			86.83	50

Gráfico 18. Eficiencia de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo



De acuerdo a la tabla 34 y gráfico 18, observamos la eficiencia de los parámetros de contaminación del efluente final, aceites y grasas (91.21%), demanda bioquímica de oxígeno (82.63%), demanda química de oxígeno (79.73%), sólidos suspendidos totales (80.60%) y coliformes termotolerantes (100 %). Todos los valores obtenidos en la evaluación del efluente final están por encima o son superiores a los de la eficiencia mínima (50 %), es decir, el efluente final está dentro del rango de la eficiencia permisible. Por lo tanto, la eficiencia de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo es de 86.83%, está funcionando o trabajando adecuadamente, es decir, cumple con lo que establece la NTP RNE. OS.090.

4.5.10. ANÁLISIS COMPARATIVO CON OTRAS INVESTIGACIONES

A nivel Internacional

En la investigación de la ingeniera Yuli Andrea Cardona Zapata (2022), titulada “Diagnóstico y evaluación del estado de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas – PTARD Central del municipio de Guadalupe, Antioquia”, realizada en Medellín – Colombia, evalúa durante 4 años, 4 parámetros de contaminación, cuyos valores de porcentaje de remoción y eficiencia de la PTARD en la entrada y salida son:

Tabla 35. Resultados en los puntos de muestreo - entrada (afluente) y salida (efluente)

PARÁMETROS	PTAR N°02-TAMBO, 2024		PTARD -COLOMBIA, 2017	
	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE
Aceites y grasas	89.30	7.85	11.00	8.00
DBO ₅	266.00	46.20	213.00	65.00
DQO	586.70	118.90	638.00	201.00
SST	167.50	32.50	410.00	19.00
Coliformes termotolerantes	92000000.00	0.00	-	-

PARÁMETRO	PTARD – CENTRAL – MEDELLÍN - COLOMBIA					
	2018		2019		2020	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Aceites y grasas	44	26	58	25	52	10
DBO ₅	205	108	171	117	115	25
DQO	320	287	299	214	169	47
SST	73	30	99	32	81	15

En la tabla 35, se muestra los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, en la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, las muestras fueron procesadas en el año 2024 en la ciudad de Cajamarca por el laboratorio regional del agua acreditado por el instituto nacional de calidad (INACAL), ver anexo 11 página 111, y en la PTARD Central de Guadalupe - Medellín, las muestras fueron procesadas en los años 2007, 2018, 2019 y 2020 en la ciudad de Antioquia por el laboratorio ambiental de Corantioquia acreditado por el instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales (IDEAM), por lo que los resultados obtenidos, garantizan un buen análisis en las investigaciones.

Tabla 36. Valores de porcentaje de remoción de carga contaminante y eficiencia de las PTAR

Parámetros	% Remoción PTAR-Tambo	(%) remoción PTARD-Colombia			
		AÑO	2017	2018	2019
Aceites y grasas	91.21	27.27	40.91	56.90	80.77
DBO ₅	82.63	69.48	47.32	31.58	78.52
DQO	79.73	68.50	10.31	28.43	72.25
SST	80.60	95.37	58.90	67.68	81.48
Coliformes termotolerantes	100.00	-	-	-	-
Promedio	86.83	65.16	39.36	46.15	78.25

En la Tabla 36, se muestra los resultados del cálculo de los porcentajes de remoción de la carga contaminante y de la eficiencia de la PTAR, el ingeniero investigador indica que la eficiencia mínima debe estar en base al artículo 184 y tabla 29 de la resolución 330 (rangos de eficiencia mínima que los procesos de tratamiento deben alcanzar), propuesta por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017. Por lo tanto, la eficiencia de 78.52% (DBO₅) año 2020 cumple con dicha norma.

A nivel Nacional

En la investigación de las ingenieras Anais Esthefany Ccente Rojas e Ingrid Nikol Huayllani Córdor (2021), titulada “Eficiencia en la remoción de la demanda Bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de filtro percolador del distrito de Paucará”, realizada en Huancavelica, evalúan 2 parámetros en el afluente y efluente, obteniendo 42 datos en la toma de muestras, 21 en el afluente y 21 en el efluente.

Tabla 37. Resultados en los puntos de muestreo - entrada (afluente) y salida (efluente)

PARÁMETROS	PTAR N°02-TAMBO, 2024		PTAR-PAUCARÁ, 2021		EFICIENCIA PTAR-TAMBO (%)	EFICIENCIA PTAR-PAUCARÁ (%)
	A	E	A	E		
DBO ₅	266.00	46.20	147.00	72.00	82.63	51.43
DQO	586.70	118.90	336.00	161.00	79.73	51.59
Promedio					81.18	51.51

En la tabla 37, se muestra los resultados del afluente y efluente obtenidos a partir de los laboratorios, en la que las ingenieras investigadoras indican que la eficiencia mínima de una PTAR debe ser del 50%, basándose en la NTP OS.090 del RNE. Por lo tanto, la PTAR de Paucará con una eficiencia del 51.51% y la PTAR N°02 del Tambo con 81.18%, cumple con lo establecido en dicha norma, además el vertimiento cumple con los LMP, según D.S. N° 003-2010-MIMAM.

A nivel Local

En la investigación de la M.cs. Mariela Núñez Figueroa (2019), titulada “Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba – Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento”, realizada en Cajamarca, analiza 5 parámetros de contaminación al entrada y salida de la PTAR, cuyos valores obtenidos son:

Tabla 38. Resultados en los puntos de muestreo - entrada (afluente) y salida (efluente)

PARÁMETRO	PTAR N°02- Tambo, 2024		PTAR- Cajabamba, 2019		EFICIENCIA PTAR - Tambo (%)	EFICIENCIA PTAR- Cajabamba (%)
	A	E	A	E		
AG	89.30	7.85	46.9	8.4	91.21	82.20
DBO ₅	266.00	46.20	256.1	196.7	82.63	23.20
DQO	586.70	118.9	502.2	363.4	79.73	27.63
SST	167.50	32.50	235.3	117.7	80.60	50.00
CT	92x10 ⁶	0.00	234.2x 10 ⁵	80,5x 10 ⁵	100.00	65.62
Promedio					86.83	49.73

La tabla 38, muestra los resultados obtenidos a partir de los laboratorios y la eficiencia de las plantas en cada parámetro de contaminación, la eficiencia mínima está en base a la NTP OS.090 del RNE (eficiencia mínima 50%) y el vertimiento en base al D.S. N°003-2010-MINAM. Por lo tanto, en la PTAR de Cajabamba los parámetros DBO₅ y DQO no cumplen con la especificación técnica en dicha norma ya que las eficiencias son de 23.20% y 27.63% respectivamente, en cambio la PTAR N°02 de El Tambo todos los parámetros cumplen con lo indicado en dicha norma, es decir la PTAR es eficiente (86.83).

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se ha verificado y se ha descrito cada componente de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, los resultados in situ han sido comparadas con los planos del expediente técnico de dicho proyecto. Además, se observó la presencia de grietas y un descuido de los componentes en cuanto a la operación y mantenimiento.
- Se realizó la inspección de la infraestructura de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo mediante el método estándar del número de rebote en concreto endurecido (ASTM C 805M-13a), aplicado en superficies del tipo frotachado, ensayo de auscultación no destructivo. Los componentes que no cumplieron con la resistencia requerida (210.00 kg/cm^2), fueron el desarenador y las vigas centrales del lecho de secado cuyos valores de resistencia obtenidos son de 138.00 kg/cm^2 equivalente al 65.71% de resistencia y 145.00 kg/cm^2 equivalente 69.05% de resistencia respectivamente.
- Se logró evaluar hidráulicamente la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, el caudal de entrada se determinó cada hora desde las 7:00 am – 5:00 pm por el método de aforo volumétrico, el caudal máximo obtenido es de 2.009 L/s correspondientes al día viernes 24 de mayo a las 2:00 pm. En las estructuras principales se ha verificado caudales, velocidades, volúmenes, tirantes, niveles y el parámetro más importante tiempo de retención, para este último en el tanque Imhoff se obtuvo un valor de 1.037 h y en el desarenador de 151.50 s. solo el tiempo de retención en el tanque Imhoff no cumple con la NTP RNE. OS.090, los demás componentes cumplen con todo lo estipulado.
- Los parámetros analizados en el tratamiento del efluente final de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo comparados con los Límites máximos Permisibles (LMP) de efluentes según D.S. N° 003-2010-MINAM, se ha obtenido los siguientes resultados: aceites y grasas = 7.85 mg/L , demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días (DBQ_5) = $46.20 \text{ mgO}_2/\text{L}$, demanda química de oxígeno (DQO) = $118.90 \text{ mgO}_2/\text{L}$, sólidos suspendidos totales (SST) = 32.50 mg/L , coliformes termotolerantes (CT) $< 1.8 \text{ NMP}/100 \text{ mL} \approx 0$, pH = 7.5 y temperatura = $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Los 7 parámetros evaluados en el efluente final vertido en el río Ñun Ñun - Lanchecucho, cumple con la normatividad. El porcentaje de remoción de los parámetros del efluente final comparados con la NTP RNE.OS.090, presenta los siguientes valores: aceites y grasas de 91.21 %, DBO_5 de

82.63 %, DQO de 79.73 %, SST de 80.60 % y CT de 100%. Los parámetros cumplen con el porcentaje mínimo que indica la normativa (50%) y que para el parámetro CT tenemos una remoción perfecta. La evaluación de tratamiento se ha realizado en 4 puntos de monitoreo estratégicos, es decir se ha verificado el funcionamiento de las unidades de la PTAR como tanque Imhoff, filtro biológico, área de desinfección y efluente final, el análisis se ha hecho con los 7 parámetros de contaminación. La eficiencia de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, se determinó en base al cálculo promedio de remoción de los parámetros de aceites y grasas, DBO5, DQO, SST y CT, cuyo porcentaje obtenido es de **86.83 %**.

5.2. RECOMENDACIONES

- Las figuras que se muestra en los anexos de los componentes de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo, se observa que hay un descuido en la operación y mantenimiento, por lo que se recomienda al comité que administra la PTAR realizar la limpieza de cada estructura al menos un día por semana.

- Se recomienda al comité de administración la PTAR gestione o coordine con expertos en la materia para capacitar al personal involucrado en la operación y mantenimiento con el fin de reducir los potenciales errores que puedan ocurrir en estos rubros y simultáneamente elevar el nivel de concientización, teniendo así la capacidad y criterio para evitar una reducción del tiempo de vida útil y de la eficacia de dicha PTAR.

- En cuanto a los aforos para obtener el caudal de ingreso, es recomendable realizarlo el día que hay movimiento en la ciudad, ya sea en actividades festivas o en días de transacciones comerciales.

- Para lograr un mejor tratamiento del agua residual, en cuanto al uso del cloro, se recomienda utilizarle al menos una vez por semana ya que en la PTAR el uso es mensual.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cengel, Yunus A. & Cimbala, John M. (2006). *Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones*. (2.ª ed.). McGraw Hill.
- De la Vega Salazar, Marina Yolanda. (2012). *Eficiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales*. Instituto nacional de desarrollo social. SEDESOL
- Gasia Gabernet, Josep & Mateus Gorgues, Miquel. (2019). *Estructuras de hormigón armado*. Escuela politécnica superior GATE GEM.
- López Vásquez, Carlos M., Buitrón Méndez, G., García, Héctor A. y Cervantes Carrillo, Francisco J. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales*. IWA Publishing.
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales – Redes de alcantarillado y bombeo*. (2.ª ed.). Madrid. McGraw Hill.
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales - tratamiento, vertido y reutilización*. (3.ª ed.). (ts. 1 y 3). Madrid. McGraw Hill.
- Noyola, Adalberto., Morgan-Sagastume, Juan Manuel y Güereca, Leonor Patricia. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. México.
- Ramalho, Rubens S. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Reverté.
- Romero Rojas, Jairo Alberto. (2004). *Tratamiento de aguas residuales*. (3.ª ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ronzano, Eduardo & Dapena, José L. (2015). *Tratamiento biológico de las aguas residuales*. Díaz de Santos.
- Russell, David L. (2012). *Tratamiento de aguas residuales – un enfoque práctico*. Reverté.
- UNATSABAR, (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización*. Organización Panamericana de la Salud.
- Valdez, Enrique César & Vásquez González, Alva B. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. Fundación Ica.
- Villón Béjar, Máximo. (2011). *Hidrología*. (3.ª ed.). Villón

LINKOGRAFÍA

- Belzona, (2010). Tratamiento de aguas residuales.
https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf

- Dr. Felipe Calderón, (2016). Laboratorio Calderón.
http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_SST.htm

- Gonzales Acuña, Jorge D. (2013), Diseño de tanques Imhoff – Sistemas primarios de tratamiento de aguas residuales – Sanja de infiltración – Trampa de grasas. Corporación Universitaria Minuto de Dios. <https://pdfcoffee.com/disenio-tanque-imhoff-pdf-free.html>

- Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, (2005). https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b.%20Gu%C3%A1%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf

- Instituto del agua. <https://institutodelagua.es/aguas-residuales/aceites-y-grasas-en-aguas-residualesaguas-residuales/>

- Omega Perú Blog, (2023). Equipos, materiales y servicios para laboratorios e industrias. <https://omegaperu.com.pe/solidos-suspendidos-totales-sst/>

- Researchgate, (2023). Perfil de investigador.
https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Coliformes-Totales-y-Termotolerantes-de-entrada-y-salida-en-comparacion-a-lo_fig3_322964639

CAPÍTULO VII: ANEXOS

A1. Imagen de los materiales para la toma de muestras



A2. Verificación de materiales para lo toma de muestras



A3. Rotulado de materiales en la toma de muestras



A4. Rotulado de materiales en la toma de muestras



A5. Toma de muestra en la entrada del PTAR parámetro aceites y grasas



A6. Toma de muestra en la entrada de la PTAR



A7. Toma de muestras en la salida del tanque Imhoff



A8. Toma de muestras a la salida del Tanque Imhoff



A9. Toma de muestras a la salida del Filtro Biológico



A10. Toma de muestras del efluente final que descarga en el río Ñun Ñun – Lanchecucho



A11. Resultados de laboratorio



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° **IE 07240840**

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre	LLAMOCTANTA HUAMAN WILMER ORLANDO		
Dirección	Jr los gladiolos nro. 336		
Persona de contacto	LLAMOCTANTA HUAMAN WILMER ORLANDO	Correo electrónico	DJ.DIBU@HOTMAIL.COM

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	19.07.24	Hora de Muestreo	10:20 a 11:10
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	04		
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Bambamarca		
Observaciones:	Tesis: Evaluación de la planta N° 2 de tratamiento de aguas residuales de la localidad El Tambo, Hualgayoc- Cajamarca 2024.		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-934	Cadena de Custodia	CC - 0840 - 24
Fecha y Hora de Recepción	19.07.24	16:48	Inicio de Ensayo 19.07.24 17:00
Reporte Resultado	02.08.24	16:00	Lugar de ejecución de ensayos Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO Edder Miguel FAU 20455744168 soft
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 02/08/2024 09:09 p. m.

Escanear Código QR



Edder Neyra Jaico
 Responsable de Laboratorio
 CIP: 147028

Cajamarca, 02 de Agosto de 2024

INFORME DE ENSAYO N° IE 07240840

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			D1	TI2	FB3	EF4	-	-
Código Laboratorio			07240840-01	07240840-02	07240840-03	07240840-04	-	-
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			El Tambo	El Tambo	El Tambo	El Tambo	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.50	167.50	57.00	32.00	32.50	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.60	266.00	113.50	53.80	46.20	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.30	586.70	238.20	129.40	118.90	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.70	89.30	35.20	16.70	7.85	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 02/08/2024 06:11 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 02 de Agosto de 2024

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ/S.N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FON: 076-600040 anexo 1140

Página: 2 de 4

INFORME DE ENSAYO N° IE 07240840

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			D1	TI2	FB3	EF4	-	-
Código Laboratorio			07240840-01	07240840-02	07240840-03	07240840-04	-	-
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			El Tambo	El Tambo	El Tambo	El Tambo	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.50	167.50	57.00	32.00	32.50	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	266.00	113.50	53.80	46.20	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	586.70	238.20	129.40	118.90	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.70	89.30	35.20	16.70	7.85	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744169 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 02/08/2024 06:11 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 02 de Agosto de 2024

INFORME DE ENSAYO N° IE 07240840

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, D, 24 th Ed. 2023: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105 °C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, ya que, la muestra no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.
 - ✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.
 - ✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.
- ✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 03 Fecha : 25/07/2024

Cajamarca, 02 de Agosto de 2024



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
confiabilidad
Fecha: 02/08/2024 06:23 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

INFORME DE INTERPRETACIÓN

IE 07240840

Usuario LLAOCANTANTA HUAMAN WLMER ORLANDO
Localización Jr los gladiolos nro. 336

ENSAYOS			MUESTRAS						NORMATIVA
Parámetro	Unidad	LCM	D1	TI2	FB3	EF4	-	-	DS N° 003-2010-MINAM
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.50	167.50	57.00	32.00	32.50	-	-	150.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	266.00	113.50	53.80	46.20	-	-	100.00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	586.70	238.20	129.40	118.90	-	-	200.00
Aceites y Grasas	mg/L	1.70	89.30	35.20	16.70	7.85	-	-	20.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	92 x 10 ⁶	54 x 10 ⁶	16 x 10 ⁶	<1.8	-	-	10000.00

INTERPRETACIÓN

- Los resultados de la muestra D1, se encuentran dentro del límite establecido, según DS N° 003-2010-MINAM (Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales).
- Los resultados de la muestra TI2, se encuentran dentro del límite establecido, según DS N° 003-2010-MINAM (Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales).
- De los resultados de la muestra FB3, el parámetro resaltado se encuentra fuera del límite establecido, según DS N° 003-2010-MINAM (Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales).
- Los resultados de la muestra EF4, se encuentran dentro del límite establecido, según DS N° 003-2010-MINAM (Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales).



Nota: N.A.- No Aplica

Cajamarca, 02 de Agosto de 2024

A12. Inicio de la inspección de la resistencia del concreto de la PTAR



A13. Uso del esclerómetro a cargo del especialista ing. Leiner Guerrero



A14. Resultados del ensayo método de rebote con esclerómetro



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488

Psj. Diego Ferre N° 295 – Barrio San Martín – Cajamarca
CORREO: guersaningenieros@gmail.com

MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (ASTM C 805M-13a)

TESIS:

“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC -
CAJAMARCA, 2024”

UBICACIÓN:

LOCALIDAD EL TAMBO, DISTRITO DE
BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC,
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

TESISTA:

WILMER ORLANDO LLAMOCTANTA HUAMÁN



ASESOR:



ING. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ


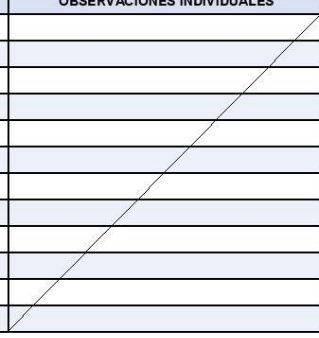

CAJAMARCA, 27 DE MAYO DEL 2024


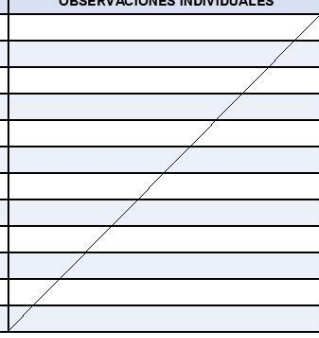

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.




Lesly Juilisa Chingoy Paredes
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 208534



	"EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024"		GI-CCCe-128-05-24																																																								
			Fecha: 27/05/2024																																																								
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)																																																											
TESISTA:	WILMER ORLANDO LLAMOCTANTA HUAMÁN																																																										
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.																																																										
ENSAYO N° 01																																																											
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO																																																									
FECHA DE ENSAYO:	27/05/2024	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado																																																								
EDAD DEL CONCRETO:	02 años	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²																																																								
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO																																																									
MARCA - MODELO:	A&A (ZC3A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado																																																								
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	No especificado																																																								
FECHA DE CALIBRACIÓN:	30/07/2023	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco																																																								
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES																																																											
ESTRUCTURA:	TANQUE IMHOFF	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">REGISTRO DE LECTURAS</th> </tr> <tr> <th>N° LECTURA</th> <th>REBOTE (R)</th> <th>ACEPTACIÓN</th> <th>OBSERVACIONES INDIVIDUALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>28</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>24</td><td>NO VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>32</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>32</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>34</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>27</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>34</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>29</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>27</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>32</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>35</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>33</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> </tbody> </table>				REGISTRO DE LECTURAS				N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES	1	28	VÁLIDO		2	24	NO VÁLIDO		3	32	VÁLIDO		4	32	VÁLIDO		5	34	VÁLIDO		6	27	VÁLIDO		7	34	VÁLIDO		8	29	VÁLIDO		9	27	VÁLIDO		10	32	VÁLIDO		11	35	VÁLIDO		12	33	VÁLIDO	
REGISTRO DE LECTURAS																																																											
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES																																																								
1	28	VÁLIDO																																																									
2	24	NO VÁLIDO																																																									
3	32	VÁLIDO																																																									
4	32	VÁLIDO																																																									
5	34	VÁLIDO																																																									
6	27	VÁLIDO																																																									
7	34	VÁLIDO																																																									
8	29	VÁLIDO																																																									
9	27	VÁLIDO																																																									
10	32	VÁLIDO																																																									
11	35	VÁLIDO																																																									
12	33	VÁLIDO																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:</td> <td>31</td> <td>DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:</td> <td>3.5</td> </tr> </tbody> </table>				PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA				PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	31	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	3.5																																																
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA																																																											
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	31	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	3.5																																																								
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		220 kg/cm ²																																																									
<small>(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.</small>																																																											
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:																																																									
		 GUERSAN INGENIEROS S.R.L. <small>Lesh Jhulisa Chingay Paredes</small> INGENIERO CIVIL <small>REG. CIP N° 208534</small>																																																									



	"EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024"	GI-CCCe- 128-05-24	
		Fecha: 27/05/2024	
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	WILMER ORLANDO LLAMOCTANTA HUAMÁN		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 02			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	27/05/2024	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	02 años	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZC3A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	No especificado
FECHA DE CALIBRACIÓN:	30/07/2023	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	TANQUE IMHOFF	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	36	VÁLIDO	
2	36	VÁLIDO	
3	36	VÁLIDO	
4	37	VÁLIDO	
5	32	VÁLIDO	
6	36	VÁLIDO	
7	38	VÁLIDO	
8	37	VÁLIDO	
9	38	VÁLIDO	
10	39	VÁLIDO	
11	37	VÁLIDO	
12	37	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	37	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.7
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		310 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 GUERSAN INGENIEROS S.R.L. Lesh Jhulisa Chingay Paredes INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 208534	


	"EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024"	GI-CCCe- 128-05-24	
		Fecha: 27/05/2024	
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	WILMER ORLANDO LLAMOCTANTA HUAMÁN		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 03			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	27/05/2024	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	02 años	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZC3A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	No especificado
FECHA DE CALIBRACIÓN:	30/07/2023	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	LECHO DE SECADO	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	30	VÁLIDO	
2	33	VÁLIDO	
3	30	VÁLIDO	
4	28	VÁLIDO	
5	32	VÁLIDO	
6	30	VÁLIDO	
7	31	VÁLIDO	
8	26	VÁLIDO	
9	29	VÁLIDO	
10	28	VÁLIDO	
11	30	VÁLIDO	
12	28	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	30	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.9
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		210 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 GUERSAN INGENIEROS S.R.L. Ingrid Jhulisa Chingay Paredes INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 208534	

	"EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024"	GI-CCCe- 128-05-24	
		Fecha: 27/05/2024	
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	WILMER ORLANDO LLAMOCTANTA HUAMÁN		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 04			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	27/05/2024	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	02 años	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZC3A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	No especificado
FECHA DE CALIBRACIÓN:	30/07/2023	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	LECHO DE SECADO	ÁNGULO DE IMPACTO:	α = 90
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	32	VÁLIDO	
2	30	VÁLIDO	
3	30	VÁLIDO	
4	30	VÁLIDO	
5	28	VÁLIDO	
6	30	VÁLIDO	
7	32	VÁLIDO	
8	34	VÁLIDO	
9	24	VÁLIDO	
10	30	VÁLIDO	
11	26	VÁLIDO	
12	29	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	30	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	2.7
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		145 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 GUERSAN INGENIEROS S.R.L. Lesh Jhulisa Chingay Paredes INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 208534	

	"EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024"		GI-CCCe-128-05-24																																																								
			Fecha: 27/05/2024																																																								
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)																																																											
TESISTA:	WILMER ORLANDO LLAMOCTANTA HUAMÁN																																																										
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.																																																										
ENSAYO N° 05																																																											
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO																																																									
FECHA DE ENSAYO:	27/05/2024	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado																																																								
EDAD DEL CONCRETO:	02 años	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²																																																								
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO																																																									
MARCA - MODELO:	A&A (ZC3A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado																																																								
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	No especificado																																																								
FECHA DE CALIBRACIÓN:	30/07/2023	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco																																																								
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES																																																											
ESTRUCTURA:	FILTRO BIOLÓGICO	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">REGISTRO DE LECTURAS</th> </tr> <tr> <th>N° LECTURA</th> <th>REBOTE (R)</th> <th>ACEPTACIÓN</th> <th>OBSERVACIONES INDIVIDUALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>36</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>34</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>28</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>29</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>29</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>28</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>30</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>30</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>27</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>31</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>34</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>32</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> </tbody> </table>				REGISTRO DE LECTURAS				N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES	1	36	VÁLIDO		2	34	VÁLIDO		3	28	VÁLIDO		4	29	VÁLIDO		5	29	VÁLIDO		6	28	VÁLIDO		7	30	VÁLIDO		8	30	VÁLIDO		9	27	VÁLIDO		10	31	VÁLIDO		11	34	VÁLIDO		12	32	VÁLIDO	
REGISTRO DE LECTURAS																																																											
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES																																																								
1	36	VÁLIDO																																																									
2	34	VÁLIDO																																																									
3	28	VÁLIDO																																																									
4	29	VÁLIDO																																																									
5	29	VÁLIDO																																																									
6	28	VÁLIDO																																																									
7	30	VÁLIDO																																																									
8	30	VÁLIDO																																																									
9	27	VÁLIDO																																																									
10	31	VÁLIDO																																																									
11	34	VÁLIDO																																																									
12	32	VÁLIDO																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:</td> <td>31</td> <td>DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:</td> <td>2.8</td> </tr> </tbody> </table>				PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA				PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	31	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	2.8																																																
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA																																																											
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	31	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	2.8																																																								
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		220 kg/cm ²																																																									
<small>(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.</small>																																																											
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:																																																									
		 GUERSAN INGENIEROS S.R.L. <small>Lesh Jhulisa Chingay Paredes</small> INGENIERO CIVIL <small>REG. CIP N° 208534</small>																																																									

	"EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024"		GI-CCCe-128-05-24																																																								
			Fecha: 27/05/2024																																																								
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)																																																											
TESISTA:	WILMER ORLANDO LLAMOCTANTA HUAMÁN																																																										
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.																																																										
ENSAYO N° 06																																																											
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO																																																									
FECHA DE ENSAYO:	27/05/2024	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado																																																								
EDAD DEL CONCRETO:	02 años	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²																																																								
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO																																																									
MARCA - MODELO:	A&A (ZC3A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado																																																								
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	No especificado																																																								
FECHA DE CALIBRACIÓN:	30/07/2023	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco																																																								
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES																																																											
ESTRUCTURA:	FILTRO BIOLÓGICO	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">REGISTRO DE LECTURAS</th> </tr> <tr> <th>N° LECTURA</th> <th>REBOTE (R)</th> <th>ACEPTACIÓN</th> <th>OBSERVACIONES INDIVIDUALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>30</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>29</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>32</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>32</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>33</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>32</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>29</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>31</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>32</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>32</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>31</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>31</td><td>VÁLIDO</td><td></td></tr> </tbody> </table>				REGISTRO DE LECTURAS				N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES	1	30	VÁLIDO		2	29	VÁLIDO		3	32	VÁLIDO		4	32	VÁLIDO		5	33	VÁLIDO		6	32	VÁLIDO		7	29	VÁLIDO		8	31	VÁLIDO		9	32	VÁLIDO		10	32	VÁLIDO		11	31	VÁLIDO		12	31	VÁLIDO	
REGISTRO DE LECTURAS																																																											
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES																																																								
1	30	VÁLIDO																																																									
2	29	VÁLIDO																																																									
3	32	VÁLIDO																																																									
4	32	VÁLIDO																																																									
5	33	VÁLIDO																																																									
6	32	VÁLIDO																																																									
7	29	VÁLIDO																																																									
8	31	VÁLIDO																																																									
9	32	VÁLIDO																																																									
10	32	VÁLIDO																																																									
11	31	VÁLIDO																																																									
12	31	VÁLIDO																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:</td> <td>31</td> <td>DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:</td> <td>1.3</td> </tr> </tbody> </table>				PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA				PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	31	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.3																																																
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA																																																											
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	31	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.3																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 60%;">CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):</td> <td style="text-align: center;">220 kg/cm²</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.</td> </tr> </tbody> </table>		CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):	220 kg/cm ²	(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.																																																							
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):	220 kg/cm ²																																																										
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.																																																											
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:																																																									
		 GUERSAN INGENIEROS S.R.L. Lesh Jhulisa Chingay Paredes INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 208534																																																									

	"EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024"	GI-CCCe- 128-05-24		
		Fecha: 27/05/2024		
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)				
TESISTA:	WILMER ORLANDO LLAMOCTANTA HUAMÁN			
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.			
ENSAYO N° 07				
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO		
FECHA DE ENSAYO:	27/05/2024	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado	
EDAD DEL CONCRETO:	02 años	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²	
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO		
MARCA - MODELO:	A&A (ZC3A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado	
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	No especificado	
FECHA DE CALIBRACIÓN:	30/07/2023	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco	
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES				
ESTRUCTURA:	DESARENADOR	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 90$	
REGISTRO DE LECTURAS				
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES	
1	28	VÁLIDO	/	
2	30	VÁLIDO		
3	28	VÁLIDO		
4	29	VÁLIDO		
5	28	VÁLIDO		
6	28	VÁLIDO		
7	29	VÁLIDO		
8	29	VÁLIDO		
9	30	VÁLIDO		
10	28	VÁLIDO		
11	30	VÁLIDO		
12	31	VÁLIDO		
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA				
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:		29	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.0
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):			138 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.				
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:		
		 GUERSAN INGENIEROS S.R.L. Lesh Jhulisa Chingay Paredes INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 208534		

	<p align="center">“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”</p>	GI-CCCe-128-05-24
		Fecha: 27/05/24

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:


- Para la ejecución del presente trabajo se utilizó ensayos de auscultación no destructivos, mediante el Método Estándar del Número de rebote en concreto endurecido, realizado de acuerdo a la Norma ASTM C 805M-13a.
- Los ensayos realizados con el equipo llamado Martillo de Schmidt o Esclerómetro, evalúa la dureza superficial del concreto por medio de la medición del rebote de un émbolo cargado con un resorte, después de haber golpeado una superficie plana de la estructura, la dureza superficial además de ser útil para revisar la uniformidad del concreto, es una indicación de la resistencia a compresión.
- Se realizó siete (07) ensayos de Esclerometría, en las estructuras existentes en el área de estudio de la tesis: “EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”, los resultados del ensayo se detallan a continuación:

CUADRO RESUMEN				
ENSAYO N°	ESTRUCTURA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN REQUERIDA kg/cm ²	RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA kg/cm ²	PORCENTAJE OBTENIDO DE LA RESISTENCIA REQUERIDA
1	TANQUE IMHOFF	210.0	220.0	104.76%
2	TANQUE IMHOFF	210.0	310.0	147.62%
3	LECHO DE SECADO	210.0	210.0	100.00%
4	LECHO DE SECADO	210.0	145.0	69.05%
5	FILTRO BIOLÓGICO	210.0	220.0	104.76%
6	FILTRO BIOLÓGICO	210.0	220.0	104.76%
7	DESARENADOR	210.0	138.0	65.71%

- Existen dos ensayos donde se obtuvo un número de rebote (R) equivalente a una resistencia menor a 210 kg/cm², ya que los porcentajes del f'c alcanzados son inferiores a 70%. Esto son E-4: Lecho de secado y E-7: Desarenador

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

 Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534


	<p align="center">“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”</p>	<p>GI-CCCe- 128-05-24</p> <p>Fecha: 27/05/24</p>
---	--	--

- Antes de tomar como válidos los resultados se tiene que saber, que éstos pueden estar afectados por la rugosidad de la superficie, el tamaño, forma y rigidez de la superficie, tamaño máximo del agregado grueso, la edad y condición de humedad del elemento y la carbonatación de la superficie del concreto.
- Se recomienda, que, en caso de existir algunas dudas en las pruebas realizadas de auscultación no destructiva con Esclerómetro, se deberá realizar ensayos destructivos como extracción con diamantina de núcleos de concreto endurecido, de acuerdo a la norma ASTM C 42.




GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

 Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534

	<p>“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”</p>	<p>GI-CCCe-128-05-24</p>
		<p>Fecha: 27/05/24</p>



Pág. 3
 Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial.
 Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

	<p align="center">“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”</p>	GI-CCCe-128-05-24
		Fecha: 27/05/24




Fotografía N° 1 Ensayo E-1: TANQUE IMHOFF



Fotografía N° 2 Ensayo E-1: TANQUE IMHOFF

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534

	<p align="center">“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”</p>	<p>GI-CCe-128-05-24</p> <p>Fecha: 27/05/24</p>
---	--	--




Fotografía N° 3 Ensayo E-2: TANQUE IMHOFF



Fotografía N° 4 Ensayo E-2: TANQUE IMHOFF

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534

	<p align="center">“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”</p>	GI-CCe-128-05-24
		Fecha: 27/05/24



Fotografía N° 5 Ensayo E-3: LECHO DE SECADO



Fotografía N° 6 Ensayo E-3: LECHO DE SECADO

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534




Fotografía N° 7 Ensayo E-4: LECHO DE SECADO



Fotografía N° 8 Ensayo E-4: LECHO DE SECADO

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534

	<p align="center">“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”</p>	GI-CCe-128-05-24
		Fecha: 27/05/24



Fotografía N° 9 Ensayo E-5: FILTRO BIOLÓGICO



Fotografía N° 10 Ensayo E-5: FILTRO BIOLÓGICO

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534




Fotografía N° 11 Ensayo E-6: FILTRO BIOLÓGICO



Fotografía N° 12 Ensayo E-6: FILTRO BIOLÓGICO

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534

	<p align="center">“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”</p>	GI-CCe-128-05-24
		Fecha: 27/05/24




Fotografía N° 13 Ensayo E-7: DESARENADOR



Fotografía N° 14 Ensayo E-7: DESARENADOR

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534

	<p>“EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024”</p>	<p>GI-CCCe-128-05-24</p>
		<p>Fecha: 27/05/24</p>

**ANEXO: ABACO DE CORRELACIÓN
NÚMERO DE REBOTE – RESISTENCIA A
COMPRESIÓN SIMPLE.**

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

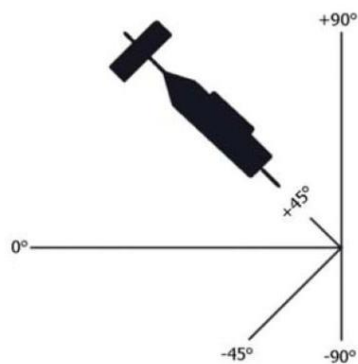
 Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534

Pág. 11

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENT CO., LTD. **MANUAL DEL USUARIO ESCLEROMETRO**

R	α - 90°	α - 45°	α - 0°	α + 45°	α + 90°
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Por encima 600	Por encima 600	580	550	530
55	Por encima 600	Por encima 600	600	570	550



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.
Lesly Jhulisa Chingay Paredes
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 208534

A15. Aforo volumétrico a las 11:00 am del día jueves 23 de mayo



A16. Determinación del tiempo para un recipiente lleno en el aforo volumétrico



A17. Limpieza del canal de alimentación



A18. Falta de operación y mantenimiento en la zona de ventilación del tanque Imhoff



A19. Componentes del pretratamiento – rejas, by pass y desarenador PTAR N°02 Tambo



A20. Componente del tratamiento primario – tanque Imhoff PTAR N°02 Tambo



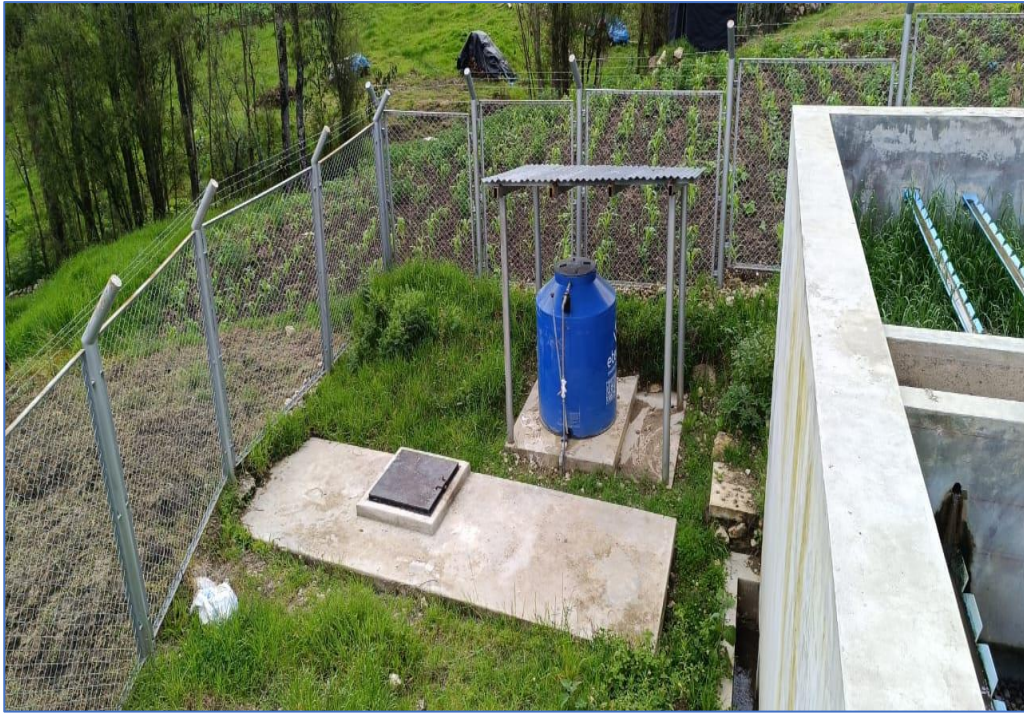
A21. Tratamiento de lodos activados – Lecho de Secado PTAR N°02 Tambo



A22. Componentes del tratamiento secundario – Filtro biológico PTAR N°02 Tambo



A23. Unidad de desinfección – PTAR N°02 Tambo



A24. Tanque de almacenamiento de cloro en el PTAR N°02 Tambo



A25. Bloqueo del caudal de llegada en el buzón de la red de alcantarillado

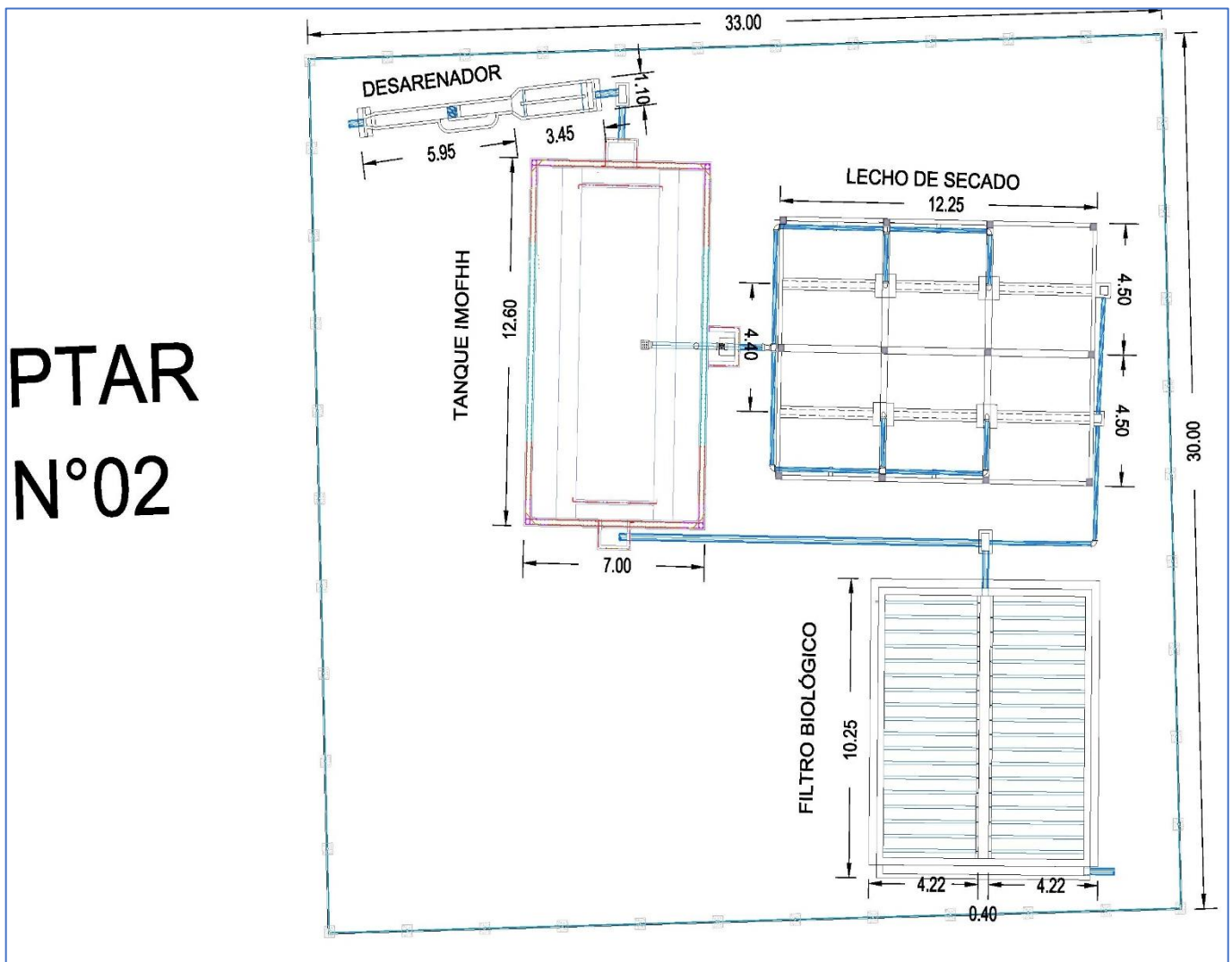


A26. Uso del agua residual para riego de pastos y cultivos a través de mangueras



A27. Plano de distribución de la PTAR N°02 de la localidad de El Tambo

PTAR
N°02



A28. Resultados de laboratorio parámetros pH y Temperatura



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : Wilmer Orlando Llamoctanta Huamán
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA PLANTA N°02 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO, HUALGAYOC - CAJAMARCA, 2024"
PROCEDENCIA : Muestras de aguas residuales tomadas el domingo 27 de octubre en el centro poblado de El Tambo, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, Dpto. Cajamarca
FECHA : 29/10/2024

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y PH

Muestra	Descripción	Hora de muestreo	Fecha de muestreo	pH	Temperatura
D1	Afluente	12:10	27/10/2024	7.3	18 °C
TI2	Salida del tanque Imhoff	12:40	27/10/2024	7.0	15 °C
FB3	Salida del filtro biológico	13:00	27/10/2024	7.3	18 °C
EF4	Efluente final	13:20	27/10/2024	7.5	20 °C

Comentario:

Los resultados obtenidos respecto a pH, se encuentran dentro del rango de los ECAs y LMP, los cuales son 6.5 – 8.5 respectivamente.

Nota: La muestra fue alcanzada al Laboratorio por el interesado.


Dr. Hugo Mosquera Estraber
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664