

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE NAMORA”**

Para optar por el título profesional de:

**INGENIERO HIDRÁULICO**

Presentado por el bachiller:

**CRISTIAN RODRÍGUEZ HUARIPATA**

Asesorado por:

**M.Cs. Ing. JOSÉ HILARIO LONGA ÁLVAREZ**

**CAJAMARCA - PERÚ**

**2025**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: **CRISTIAN RODRÍGUEZ HUARIPATA**

DNI: **76008695**

Escuela Profesional: **Ingeniería Hidráulica**

2. Asesor: **José Hilario Longa Álvarez**

Facultad: **Facultad de 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

s. Título de Trabajo de Investigación:

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE NAMORA**

6. Fecha de evaluación: **13/08/2025**

7. Software antiplagio:  **TURNITIN**

**URKUND (OURIGINAL) (\*)**

8. Porcentaje de Informe de Similitud: **11%**

9. Código Documento: **Oide: 3117:482821205**

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

**APROBADO**

**PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Fecha Emisión: **Cajamarca, 13 de agosto de 2025**

Firmado digitalmente por:

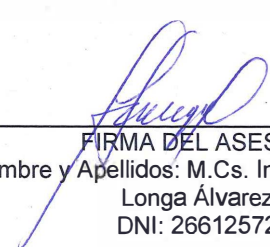
**BAZAN DIAZ Laura Sofia**

**FAU 20148258601 soft**

Motivo: **En señal de  
conformidad**

Fecha: **13/08/2025 12:54:45-0500**



  
FIRMA DEL ASESOR  
Nombre y Apellidos: **M.Cs. Ing. José Hilario  
Longa Álvarez**  
DNI: **26612572**

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



## ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE NAMORA.*

ASESOR : *M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0506-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 20 de agosto de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **nueve días del mes de setiembre de 2025**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Ambiente 1A – Segundo Piso), de la facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.  
Vocal : Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.  
Secretario : Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE NAMORA*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Hidráulica *CRISTIAN RODRÍGUEZ HUARIPATA*, asesorado por el M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : .....<sup>07</sup>..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : .....<sup>11</sup>..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : .....<sup>18</sup>..... PTS ..... *DIECIOCHO* ..... (En letras)

En consecuencia, se lo declara *APROBADO*..... con el calificativo de *DIECIOCHO (18)*.. acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las .....<sup>12:00</sup>..... horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.  
Presidente

Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.  
Vocal

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.  
Secretario

M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.  
Asesor

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mis padres, por su constante apoyo, protección y enseñanza en cada etapa de mi vida; por estar presentes en los buenos y malos momentos, enseñándome a valorar las cosas más bellas de la vida, a superar mis miedos y a enfrentar nuevos retos con determinación.

A mis hermanos Liliana y Jubert, quienes han sido dos pilares fundamentales para mí, brindándome su respaldo incondicional en cada decisión tomada durante mi formación universitaria y profesional.



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por el don de la vida, por la salud y el bienestar, por la bendición de contar con una familia maravillosa y por iluminarme cada día en mi camino académico.

A mis padres, por acompañarme en cada etapa de mi crecimiento, en mis decisiones y en la construcción de mi futuro profesional; y a mis hermanos, por su apoyo constante e incondicional, hoy y siempre.

Al Ing. José Hilario Longa Álvarez, mi asesor, por su valiosa guía, dedicación y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación, así como por sus enseñanzas académicas que han contribuido de manera significativa a mi formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIII</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Contextualización del problema.....	1
1.1.2. Descripción del problema .....	1
1.1.3. Formulación del problema .....	2
1.1.4. Objetivos de la investigación .....	2
1.1.5. Justificación del problema.....	3
1.1.6. Delimitación del problema.....	4
1.1.7. Limitaciones.....	4
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	5
2.1.3. Antecedentes locales .....	6
2.2. Bases teóricas .....	7
2.2.1. Aguas residuales.....	7
2.2.2. Clases de aguas residuales.....	7
2.2.3. Características de las aguas residuales .....	8
2.2.4. Tratamiento de las aguas residuales .....	10
2.2.5. Procesos de tratamiento de aguas residuales .....	10
2.2.6. Eficiencia de remoción de parámetros contaminantes .....	15
2.2.7. Tiempo de retención hidráulica (TRH) .....	15
2.2.8. Medición de caudal .....	16
2.2.9. Calidad de agua residual según normativa ambiental del Perú .....	17
2.2.10. Componentes de la PTAR de la ciudad de Namora .....	19
2.3. Definición de términos básicos .....	20
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>

3.1. Descripción de la zona de estudio .....	22
3.2. Equipos y materiales .....	25
3.3. Metodología .....	26
3.3.1. Tipo de investigación .....	26
3.3.2. Nivel y diseño de investigación.....	26
3.3.3. Método de investigación .....	26
3.3.4. Población, muestra y unidad de análisis.....	26
3.4. Fase inicial de la investigación.....	27
3.4.1. Identificación de la zona de estudio .....	27
3.4.2. Identificación de los componentes de la PTAR Namora.....	27
3.4.3. Revisión bibliográfica sobre la PTAR Namora.....	28
3.4.4. Descripción del estado situacional de las estructuras de la PTAR.....	28
3.5. Fase de campo .....	28
3.5.1. Identificación y ubicación de los puntos de monitoreo .....	28
3.5.2. Toma, preservación y traslado de muestras.....	31
3.6. Fase de laboratorio .....	32
3.7. Operación y mantenimiento de la PTAR .....	32
3.8. Comparación de resultados obtenidos en laboratorio.....	32
3.9. Determinación del caudal que ingresa a la PTAR.....	33
3.10. Propuesta de mejoramiento de la PTAR .....	33
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
4.1. Caracterización de los componentes de la PTAR .....	34
4.1.1. Ingreso de aguas residuales a caja distribuidora.....	34
4.1.2. Desarenador N°1 .....	35
4.1.3. Desarenador N° 2 .....	38
4.1.4. Línea de conducción hacia los tanques Imhoff .....	39
4.1.5. Tanque Imhoff N° 1 .....	41
4.1.6. Tanque Imhoff N° 2 .....	43
4.1.7. Lecho de secado de lodos.....	44
4.1.8. Humedal de flujo vertical subsuperficial.....	45
4.2. Evaluación hidráulica.....	47
4.2.1. Caudal de ingreso .....	47
4.2.2. Evaluación hidráulica del desarenador N°1 .....	61
4.2.3. Evaluación hidráulica del desarenador N°2 .....	63
4.2.4. Evaluación hidráulica del tanque Imhoff N°1 .....	66
4.2.5. Evaluación hidráulica del tanque Imhoff N°2.....	69
4.2.6. Evaluación hidráulica del humedal .....	73

4.3. Resultados de laboratorio .....	74
4.3.1. Sólidos suspendidos totales .....	74
4.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).....	77
4.3.3. Demanda química de oxígeno (DQO).....	80
4.3.4. Aceites y grasas.....	83
4.3.5. Coliformes termotolerantes .....	86
4.3.6. Potencial de hidrógeno (pH) .....	90
4.3.7. Eficiencia global de remoción de contaminantes en la PTAR .....	91
4.3.8. Evaluación de parámetros en el efluente .....	92
4.4. Discusión de resultados con otras investigaciones.....	95
4.5. Propuesta de mejoramiento .....	102
4.5.1. Propuesta de mejora cámara de rejillas .....	104
4.5.2. Propuesta de mejora cámara distribuidora de caudales.....	104
4.5.3. Propuesta de mejora para desarenador .....	105
4.5.4. Propuesta de mejora para tanques Imhoff.....	106
4.5.5. Propuesta de mejora para lechos de secado .....	107
4.5.6. Propuesta de mejora para humedal .....	108
4.5.7. Propuesta de mejora cámara de contacto de cloro .....	108
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
5.1. Conclusiones .....	110
5.2. Recomendaciones.....	111
<b>CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>113</b>
6.1. Bibliografía .....	113
6.2. Linkografía.....	114
<b>CAPITULO VII. ANEXOS .....</b>	<b>115</b>
Anexo 1. Registro fotográfico.....	115
Anexo 2. Procesamiento de aforo en el río Namora.....	122
Anexo 3. Justificación de las fechas de muestreo en el río Namora .....	135
Anexo 4. Cálculos hidráulicos para el mejoramiento de la PTAR Namora. ....	141
Anexo 5. Encuestas a la población aledaña a la PTAR Namora. ....	163
Anexo 6. Resultados de laboratorio de muestras de agua. ....	190
Anexo 7. Planos de las estructuras propuestas en el mejoramiento de la PTAR .....	201

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: <i>Clases de aguas residuales</i> .....	8
Tabla 2: <i>ECA, Riego de vegetales y bebida de animales</i> .....	18
Tabla 3: <i>LMP de efluentes vertidos a cuerpos de agua</i> .....	19
Tabla 4: <i>Estimación de caudal para 1 hora específica</i> .....	49
Tabla 5: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 15 de septiembre del 2024</i> .....	49
Tabla 6: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 18 de septiembre del 2024</i> .....	50
Tabla 7: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 20 de septiembre del 2024</i> .....	51
Tabla 8: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 26 de enero del 2025</i> .....	52
Tabla 9: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 02 de febrero del 2025</i> .....	53
Tabla 10: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 15 de septiembre del 2024</i> .....	54
Tabla 11: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 18 de septiembre del 2024</i> .....	55
Tabla 12: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 20 de septiembre del 2024</i> .....	56
Tabla 13: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 26 de enero del 2025</i> .....	57
Tabla 14: <i>Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 02 de febrero del 2025</i> .....	58
Tabla 15: <i>Caudales de ingreso a la PTAR en 12 horas</i> .....	59
Tabla 16: <i>Resumen de Caudales de Ingreso al Desarenador N°1</i> .....	60
Tabla 17: <i>Resumen de Caudales de Ingreso al Desarenador N°2</i> .....	60
Tabla 18: <i>Resumen de Caudales de Ingreso a la PTAR</i> .....	60
Tabla 19: <i>Caudal acumulado Tanque Imhoff N°1</i> .....	67
Tabla 20: <i>Caudal acumulado Tanque Imhoff N°2</i> .....	71
Tabla 21: <i>Concentración de SST en los puntos de muestreo de la PTAR Namora</i> .....	74
Tabla 22: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a los Sólidos Suspendidos Totales</i> .....	76
Tabla 23: <i>Concentración de la DBO<sub>5</sub> en los puntos de muestreo de la PTAR Namora</i> .....	77
Tabla 24: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la (DB05)</i> .....	79
Tabla 25: <i>Concentración de la DQO en los puntos de muestreo de la PTAR Namora</i> .....	80

Tabla 26: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la demanda Química de oxígeno (DQO)</i> .....	82
Tabla 27: <i>Concentración de Aceites y Grasas en los puntos de muestreo de la PTAR Namora</i> .....	83
Tabla 28: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la concentración de aceites y grasas</i> .....	85
Tabla 29: <i>Concentración de Coliformes Termotolerantes en los puntos de muestreo de la PTAR Namora</i> .....	86
Tabla 30: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la concentración de coliformes termotolerantes</i> .....	88
Tabla 31. <i>Variación de pH en la PTAR</i> .....	90
Tabla 32: <i>Eficiencia de remoción total por parámetro en la PTAR Namora</i> .....	91
Tabla 33. <i>Parámetros evaluados en el punto de vertimiento (Rio Namora) comparado con los LMP</i> .....	92
Tabla 34: <i>Parámetros evaluados a 100 metros aguas abajo del punto de vertimiento (Rio Namora) comparado con los ECA, día 23/10/2024</i> .....	94
Tabla 35: <i>Parámetros evaluados a 100 metros aguas abajo del punto de vertimiento (Rio Namora) comparado con los ECA, día 11/07/2025</i> .....	94
Tabla 36: <i>Comparación de Resultados de PTAR NAMORA y PTAR LA TUNJA</i> .....	96
Tabla 37: <i>Comparación entre eficiencia de remoción de parámetros contaminantes de la PTAR NAMORA y PTAR LA TUNJA</i> .....	96
Tabla 38: <i>Comparación de eficiencias de la PTAR NAMORA y PTAR SICUANI</i> .....	97
Tabla 39: <i>Comparación de cumplimiento de los LMP entre PTAR NAMORA y PTAR SANTA ANA DE TUSI</i> .....	98
Tabla 40: <i>Comparación de cumplimiento de los LMP entre PTAR NAMORA y PTAR CONTUMAZÁ</i> .....	99
Tabla 41: <i>Comparación de cumplimiento de los LMP entre PTAR NAMORA y PTAR POLLOC</i> .....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: <i>Ubicación del departamento de Cajamarca en el Perú</i> .....	23
Figura 2: <i>Ubicación de la provincia de Cajamarca en el Departamento</i> .....	23
Figura 3: <i>Ubicación del Distrito de Namora en la provincia de Cajamarca</i> .....	24
Figura 4: <i>Ubicación de la PTAR en el distrito de Namora</i> .....	24
Figura 5: <i>Imagen desde vista aérea de la PTAR Namora</i> .....	25
Figura 6: <i>Ubicación de los Puntos de Monitoreo en la PTAR Namora</i> .....	30
Figura 7: <i>Caja Repartidora de Caudal</i> .....	34
Figura 8: <i>Desarenador N°1 de la PTAR Namora</i> .....	35
Figura 9: <i>Vertedero tipo sutro en desarenador</i> .....	36
Figura 10: <i>Vertedero tipo sutro cuando el desarenador está en mantenimiento</i> .....	36
Figura 11: <i>Rejillas de desarenador con PTAR operativa</i> .....	37
Figura 12: <i>Rejillas de desarenador con PTAR en Mantenimiento</i> .....	37
Figura 13: <i>Desarenador N° 2 de la PTAR Namora</i> .....	38
Figura 14: <i>Desfogue de limpia de desarenadores</i> .....	39
Figura 15: <i>Conducción desde desarenador N° 1 hasta tanque Imhoff N°1</i> .....	40
Figura 16: <i>Conducción desde desarenador N° 2 hasta tanque Imhoff N°2</i> .....	41
Figura 17: <i>Tanque Imhoff N°1</i> .....	42
Figura 18: <i>Daños en el Tanque Imhoff N°1</i> .....	42
Figura 19: <i>Tanque Imhoff N°2</i> .....	43
Figura 20: <i>Daños en el Tanque Imhoff N°2</i> .....	44
Figura 21: <i>Lecho de secado de la PTAR Namora</i> .....	45
Figura 22: <i>Humedal de Flujo vertical Subsuperficial</i> .....	46
Figura 23: <i>Aireadores de Humedal</i> .....	46
Figura 24: <i>Tuberías con perforaciones en filtro biológico</i> .....	47
Figura 25: <i>Grava utilizada en filtro biológico</i> .....	47
Figura 26: <i>Volumen de desarenador N°1</i> .....	63
Figura 27: <i>Volumen de desarenador N°2</i> .....	65
Figura 28: <i>Cámara de sedimentación Tanque Imhoff N°1</i> .....	66
Figura 29: <i>Borde libre en tanque Imhoff N°1</i> .....	68
Figura 30: <i>Carga hidráulica en tanque Imhoff N°1</i> .....	69
Figura 31: <i>Cámara de sedimentación Tanque Imhoff N°2</i> .....	70
Figura 32: <i>Borde libre en tanque Imhoff N°2</i> .....	72
Figura 33: <i>Carga hidráulica en tanque Imhoff N°2</i> .....	73
Figura 34: <i>Volumen de digestión en tanques Imhoff</i> .....	154

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 15 de septiembre del 2024</i>	50
Gráfico 2: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 18 de septiembre del 2024</i>	51
Gráfico 3: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 20 de septiembre del 2024</i>	52
Gráfico 4: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 26 de enero del 2025</i>	53
Gráfico 5: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 02 de febrero del 2025</i>	54
Gráfico 6: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 15 de septiembre del 2024</i>	55
Gráfico 7: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 18 de septiembre del 2024</i>	56
Gráfico 8: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 20 de septiembre del 2024</i>	57
Gráfico 9: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 26 de enero del 2025</i>	58
Gráfico 10: <i>Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 02 de febrero del 2025</i>	59
Gráfico 11: <i>Variación del caudal de ingreso a la PTAR en 12 horas</i>	60
Gráfico 12: <i>Variación de concentración de SST a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora</i>	75
Gráfico 13: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a los Sólidos Suspendidos Totales</i>	76
Gráfico 14: <i>Variación de concentración de DBO<sub>5</sub> a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora</i>	78
Gráfico 15: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la (DBO<sub>5</sub>)</i>	79
Gráfico 16: <i>Variación de concentración de DQO a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora</i>	81
Gráfico 17: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la (DQO)</i>	82
Gráfico 18: <i>Variación de concentración de Aceites y Grasas a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora</i>	84
Gráfico 19: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la concentración de aceites y grasas</i>	85
Gráfico 20: <i>Variación de concentración de Coliformes termotolerantes a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora</i>	87
Gráfico 21: <i>Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la concentración de coliformes termotolerantes</i>	88



## **PALABRAS CLAVE**

**PTAR:** Planta de tratamiento de aguas residuales, instalación diseñada para limpiar el agua contaminada antes de devolverla al ambiente, eliminando materia orgánica, sólidos y microorganismos.

**TRH:** Tiempo de retención hidráulica, es el tiempo promedio que el agua permanece dentro de una estructura de tratamiento, como un tanque o reactor. Indica cuánto tiempo tiene el agua para ser tratada antes de salir.

**DBO<sub>5</sub>:** Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días; representa la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica contenida en una muestra de agua durante un lapso de cinco días.

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno, es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente toda la materia orgánica e inorgánica presente en una muestra de agua

**SST:** Sólidos Suspendidos Totales, son las partículas sólidas que se encuentran flotando o en suspensión en el agua y que pueden ser retenidas mediante filtración.

**LMP:** Límites Máximos Permisibles

**ECA:** Estándares de Calidad Ambiental

## RESUMEN

La ciudad de Namora enfrenta una problemática ambiental crítica debido al deficiente funcionamiento de su planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), la cual vierte efluentes al río Namora sin cumplir los Límites Máximos Permisibles (LMP) ni los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM. En esta investigación se ha evaluado el desempeño de la PTAR y en base a ello, proponer alternativas de mejoramiento que aseguren un tratamiento eficiente.

La metodología aplicada incluyó la caracterización física de las estructuras, análisis hidráulico y evaluación microbiológica y fisicoquímica del agua. El diagnóstico físico reveló deficiencias estructurales y operativas: daños en los tanques Imhoff, colapso del humedal de flujo vertical subsuperficial, obstrucción de la caja repartidora de caudales, y la ausencia de elementos esenciales como cámara de rejillas y sistemas de desinfección. Asimismo, se constató que la planta no cuenta con personal técnico capacitado ni con un plan adecuado de operación y mantenimiento.

Desde el punto de vista hidráulico, el caudal medio de ingreso fue de 11.45 L/s, con tiempos de retención en los tanques Imhoff de 26.98 y 54.08 minutos, inferiores al rango normativo de 1.5 a 2.5 horas (O.S.090), lo que compromete la eficiencia del proceso.

En cuanto al análisis de calidad, la eficiencia global de remoción de la planta fue de 50.88 %, con remociones de 67.19 % para SST, 57.30 % para DBO<sub>5</sub>, 5.89 % para DQO, 88.85 % para aceites y grasas, y solo 35.19 % para coliformes termotolerantes. El valor de coliformes en el efluente fue de  $3.5 \times 10^6$  NMP/100 mL, superando en 350 veces el LMP ( $10^4$  NMP/100 mL). Por otro lado, el parámetro de pH varió ligeramente de 8.35 a 8.32 unidades en el proceso de tratamiento, manteniéndose dentro del rango permisible de 6.5 a 8.5 según normativa nacional.

Frente a esta situación, se propone un conjunto de mejoras técnicas: instalación de una cámara de rejillas, ampliación de los tanques Imhoff, correcto mantenimiento al humedal, y construcción de una cámara de contacto con cloro. Estas acciones buscan optimizar el tratamiento del agua residual, reducir la carga contaminante vertida al río Namora y restituir la función sanitaria y ambiental de la planta.

## ABSTRACT

The city of Namora faces a critical environmental issue due to the poor performance of its wastewater treatment plant (WWTP), which discharges effluent into the Namora River without meeting the environmental quality standards established by Peruvian regulations. This research aimed to conduct a technical and comprehensive evaluation of the WWTP's performance and propose improvement measures to ensure effective wastewater treatment.

The methodology involved the physical inspection of the treatment units, hydraulic analysis of the inflow, and the assessment of pollutant removal efficiency through parameters such as BOD<sub>5</sub>, COD, total suspended solids (TSS), oils and greases, thermotolerant coliforms, and pH. The physical evaluation revealed structural and operational deficiencies, including damage to the Imhoff tanks, collapse of the constructed wetland, obstruction of the flow distribution chamber, and absence of critical components such as screens and disinfection systems. The plant also lacks trained technical personnel and a proper operation and maintenance plan.

Hydraulically, the plant receives an average inflow of 11.45 L/s. The hydraulic retention times in the Imhoff tanks (26.98 and 54.08 minutes) were below the minimum required range (1.5 to 2.5 hours), as established by national design standards. Regarding treatment efficiency, the plant achieved global removal of 50.88%, with 67.19% for TSS, 57.30% for BOD<sub>5</sub>, 5.89% for COD, 88.85% for oils and greases, and only 35.19% for thermotolerant coliforms. The effluent coliform concentration was  $3.5 \times 10^6$  MPN/100 mL, exceeding the maximum permissible limit by a factor of 350. The pH values remained within the acceptable range, decreasing slightly from 8.35 to 8.32 units. Based on these findings, technical improvements are proposed, including the installation of a screening chamber, expansion of the Imhoff tanks, restoration of the wetland, and construction of a chlorine contact chamber. These actions aim to enhance the treatment system's performance and reduce the environmental and public health risks associated with untreated wastewater discharge into the Namora River.

## **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

#### **1.1.1. Contextualización del problema**

En el año 2012 la Municipalidad Distrital de Namora inicia la construcción de su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). La obra fue paralizada desde el 11 de julio del 2014 y quedó inconclusa, posteriormente en el año 2018 se retoma la ejecución con un saldo de obra debido a la gran necesidad de la población, ya que no se había culminado trabajos de redes de agua, alcantarillado y PTAR, es entonces que la PTAR entra en funcionamiento desde el Año 2018 abasteciendo a un total de 400 familias namorinas en ese entonces.

Si bien la planta de tratamiento de aguas residuales es una obra relativamente nueva en comparación con la vida útil de este tipo de obras (20 años), hoy en día se encuentra con muchas deficiencias, existe un manejo inadecuado por la falta de capacitación al personal encargado de la operación y mantenimiento, y sumado a esto el poco interés de los responsables por el cuidado de la infraestructura.

Los pobladores de Namora se encuentran preocupados al desconocer la eficiencia de tratamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de su distrito, la PTAR vierte sus aguas en el río Namora, mismo que aguas abajo es utilizado con fines recreacionales y agropecuarios.

#### **1.1.2. Descripción del problema**

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Namora no realiza un tratamiento adecuado de las aguas residuales generadas por la población. La infraestructura presenta daños en los tanques Imhoff y el humedal de flujo vertical subsuperficial se encuentra colapsado. Asimismo, la caja repartidora de caudales está

obstruida, lo que impide una distribución equitativa del caudal. La PTAR tampoco dispone de elementos esenciales como una cámara de rejillas y un sistema de desinfección. Como consecuencia, el efluente vertido al río Namora incumple los estándares de calidad para aguas residuales y supera los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos, ocasionando impactos negativos en el medio ambiente y riesgos para la salud de la población local.

### **1.1.3. Formulación del problema**

La PTAR de Namora presenta un deficiente sistema de remoción de contaminantes, lo que genera que el efluente descargado al río Namora exceda los valores permisibles establecidos por la normativa ambiental. Entre las principales deficiencias identificadas se encuentran el colapso del humedal de flujo vertical subsuperficial, la obstrucción de la caja repartidora de caudales, y la ausencia de una cámara de rejillas y de un sistema de desinfección.

Frente a esta situación, la presente investigación busca responder la siguiente pregunta:

*¿Está funcionando correctamente la PTAR de Namora y qué mejoras deben implementarse para evitar la contaminación del río Namora?*

### **1.1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Namora.

#### **1.1.4.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Namora.
- Evaluar hidráulicamente cada unidad de tratamiento que conforma la PTAR.
- Determinar la eficiencia de remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos en la PTAR.

- Analizar el impacto del efluente tratado en la calidad del agua del río Namora.
- Proponer una solución para la caja repartidora de caudales, la ampliación y optimización de los tanques Imhoff, la rehabilitación del humedal de flujo vertical subsuperficial, la implementación de un sistema de desinfección y las correcciones necesarias para el buen funcionamiento de la PTAR.

### **1.1.5. Justificación del problema**

#### **1.1.5.1. Justificación científica**

El presente trabajo se enmarca en la aplicación del método científico, el cual, tras identificar los problemas presentes en la PTAR de Namora, permite analizarlas mediante la observación, el registro y la evaluación técnica. Con base en los conocimientos adquiridos en mi formación como ingeniero hidráulico, se formulan alternativas de solución orientadas a optimizar el funcionamiento de la planta y reducir su impacto ambiental.

#### **1.1.5.2. Justificación técnica práctica**

La presente investigación se justifica desde el enfoque técnico-práctico porque aplica las herramientas de análisis hidráulico, evaluación de calidad de agua y criterios de diseño aprendidos durante mi formación en la carrera de Ingeniería Hidráulica en la Universidad Nacional de Cajamarca. Estos conocimientos permiten diagnosticar de manera precisa las deficiencias de la PTAR de Namora y proponer soluciones viables para optimizar su funcionamiento.

#### **1.1.5.3. Justificación institucional y personal**

La Universidad Nacional de Cajamarca brinda facilidades técnicas y, en algunos casos, económicas para el desarrollo de la presente investigación, orientada a la evaluación y propuesta de mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Namora. Desde el ámbito personal, este trabajo contribuye a mi formación como futuro

ingeniero hidráulico, fortaleciendo mis competencias profesionales y permitiéndome alcanzar las metas académicas y laborales que me he propuesto.

#### **1.1.6. Delimitación del problema**

Esta investigación se desarrolló en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Namora, PTAR administrada y operada por la Municipalidad Distrital de Namora, ubicada en Cajamarca, la investigación se desarrolló entre los meses de septiembre de 2024 hasta julio de 2025.

Se evaluó la eficiencia hidráulica y depurativa de la planta durante épocas de estiaje y lluvias, mediante análisis de parámetros como DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, aceites, coliformes termotolerantes y Ph, en cumplimiento de los LMP y ECA vigentes.

También se analizaron las estructuras de la planta y se propusieron mejoras técnicas para optimizar su funcionamiento y reducir el impacto ambiental en el río Namora.

#### **1.1.7. Limitaciones**

Durante el desarrollo de la investigación, se tuvo la intención de realizar una evaluación estructural detallada de los componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR); sin embargo, la Municipalidad Distrital de Namora no autorizó esta acción, argumentando que podría ocasionar daños en los tanques Imhoff y en el humedal.

Asimismo, se solicitó a la entidad municipal el expediente técnico completo, incluyendo planos y memorias de cálculo. No obstante, dicha información no se encontraba disponible ni en los archivos físicos de la municipalidad ni en la plataforma OECE.

Ante esta limitación, se optó por realizar un levantamiento topográfico detallado de cada una de las estructuras de la planta, con el fin de sustentar técnicamente la propuesta de mejoramiento planteada en el presente estudio.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes teóricos de la investigación**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

(Pineda, L. 2017), realizó un estudio denominado “DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) DE TUNJA – BOYACÁ”, donde evaluó de manera exhaustiva el estado estructural y fisicoquímico de la PTAR de Tunja, determinándose que las estructuras de la planta de agua residual se encuentran en buen estado estructural sin embargo no abastecen al caudal de ingreso actual que es de 553.4 l/s ya que fue diseñada para 128 l/s. De acuerdo con la eficiencia de remoción de la planta de tratamiento de agua residual de Tunja y teniendo los datos fisicoquímicos y microbiológicos de entrada, se afirmó que el efluente de salida cumple con los parámetros establecidos en la resolución 631 del MADS Colombia. Debido a que el municipio la Tunja se encuentra en constante crecimiento urbano y por problemas de saneamiento físico legal del predio de ubicación de la PTAR se recomienda implementar la tecnología de membranas en remplazo de los sedimentadores secundarios con el fin de ahorrar significativamente espacio.

#### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

(Cayllahua, N. 2022), efectuó un estudio titulado “Evaluación de la PTAR Sicuani y su impacto en la calidad del agua del río Vilcanota”. En dicho trabajo se evidenció que la planta presenta una elevada capacidad de remoción, alcanzando valores que varían entre 90,49 % y 98,53 % para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>); de 86,47 % a 96,91 % para la Demanda Química de Oxígeno (DQO); de 83,17 % a 98,22 % en aceites y grasas; de 73,80 % a 88,75 % en sólidos suspendidos totales (SST); y, para el parámetro microbiológico de coliformes termotolerantes, una eficiencia de entre 99,9996 % y 100 %. El investigador sugiere efectuar monitoreos continuos, sistemáticos y periódicos en el



río Vilcanota, con el propósito de mantener registros actualizados sobre la calidad del agua y aplicar las medidas correctivas necesarias, orientadas a la preservación del recurso hídrico.

(Clemente, Y. 2022), llevó a cabo la investigación titulada “Evaluación de la eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi, como aporte del compromiso ambiental municipal – 2021”. El estudio concluyó que, en dicha planta de tratamiento, todos los parámetros evaluados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para efluentes establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM. Por este motivo, no se evidencian impactos negativos en el medio ambiente derivados de su operación, clasificándose su nivel de eficiencia como “Alto”. El autor plantea la necesidad de ejecutar mantenimientos periódicos para prolongar la vida útil y el rendimiento de la PTAR, así como promover investigaciones semejantes en otras localidades con condiciones y problemáticas parecidas, con el objetivo de fomentar un entorno seguro y sostenible.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

(Amambal, J. 2023), desarrolló el estudio denominado “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá, 2021”. La investigación analizó las características físicas, químicas y microbiológicas del afluente, encontrando que los valores obtenidos no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la norma OS.090 para el tratamiento de aguas residuales. Asimismo, se determinó que el tanque Imhoff no alcanza los estándares requeridos, el sedimentador tipo Dortmund no cumple con el tiempo de retención hidráulico correspondiente y los humedales artificiales tampoco satisfacen los criterios normativos establecidos. El autor indicó además que la planta de tratamiento de la ciudad de Contumazá tiene un funcionamiento deficiente por

lo que recomienda mejorar el tratamiento con la finalidad de disminuir la contaminación del agua del río de Contumazá.

(Moreno, O. 2024), desarrolló una investigación llamada “EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO EL ROSARIO DE POLLOC, LA ENCAÑADA – CAJAMARCA - 2023” donde se determinó la eficiencia química, física y bacteriológica de cada componente de la planta de tratamiento del centro poblado de Polloc, los valores encontrados son valores inferiores a los valores de diseño, la PTAR arroja una DBO de 284.9 mg O<sub>2</sub>/L superando los LMP, una DQO de 596.40 mg O<sub>2</sub>/L, superando también los LMP y para los coliformes termotolerantes es de 5400000 NMP/100 mL en el efluente y los LMP es de 10000 NMP/100 mL superando también. La PTAR no cumple con la función de purificar el agua residual por lo que la Quebrada que recibe sus aguas es contaminada, el autor recomienda mejorar operación y mantenimiento y capacitación al encargado de la PTAR.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Aguas residuales**

(Fair G, Geyer J. y Okun D, 1992) indican que las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen de sistemas de abastecimiento de una población, después de haber sido utilizadas en diversos usos.

### **2.2.2. Clases de aguas residuales**

(Romero, J. 2004), menciona la existencia de los siguientes tipos o clases de aguas residuales.

**Tabla 1:** *Clases de aguas residuales*

<b>Clase de Agua Residual</b>	<b>Definición</b>	<b>Característica Principal</b>
Domestica	Generada por las diversas actividades que tienen lugar dentro de hogares, instituciones educativas y otros espacios.	Concentración Moderada de contaminantes
Municipal	Corresponden a las aguas conducidas por el sistema de alcantarillado de una localidad, que incluyen tanto las aguas pluviales como las domésticas.	Incluye compuestos orgánicos, nutrientes y microorganismos patógenos, entre otros.
Industrial	Las resultantes de las descargas de industrias	Su naturaleza está determinada por el tipo de industria y procesos productivos, y suele caracterizarse por un alto nivel de contaminación.

**Fuente:** (Romero, J. 2004). Tratamiento de Aguas Residuales.

### **2.2.3. Características de las aguas residuales**

(Metcalf & Eddy, 2004), agrega que las aguas residuales se caracterizan según su composición ya sea física, química o biológica.

#### **2.2.3.1. Características físicas**

Las características físicas más relevantes del agua residual son:

##### **Sólidos**

(Hillbeboe, H. 2005), los sólidos presentes en las aguas residuales se dividen en dos categorías: por un lado, están aquellos que se pueden filtrar; por otro, están los que no se pueden filtrar, dependiendo de su tamaño o de cómo se ven. La materia en suspensión incluye partículas como pedacitos de plantas y restos de animales, así como basura y otras cosas que se pueden ver fácilmente. Estas sustancias se pueden separar de los líquidos usando métodos físicos relativamente sencillos.

##### **Temperatura**

(Ronzano & Dapena, 2015), nos dice que la mejor temperatura para que las bacterias nitrificantes se desarrollen está entre 30 y 35 °C. A esta temperatura, las bacterias se adaptan de manera rápida, lo que favorece el tratamiento de las aguas residuales. Las

aguas residuales suelen estar más calientes que el agua limpia, ya que durante la descomposición de la materia orgánica se libera más energía a través de reacciones bioquímicas.

### **Olor**

(Metcalf & Eddy, 2004), menciona que los olores en las plantas de tratamiento son causados por los gases liberados durante la descomposición de la materia orgánica. Las aguas residuales frescas tienen un olor peculiar, no muy agradable, pero más soportable que el de las aguas de las fosas sépticas. Este mal olor en las fosas sépticas se debe al sulfuro de hidrógeno, un gas que se genera cuando las bacterias descomponen la materia orgánica sin la presencia de oxígeno.

#### **2.2.3.2. Características químicas**

Dentro de las características químicas se tiene a demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO).

#### **Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO5)**

Se refiere a la cantidad de materia orgánica que puede degradarse fácilmente en un periodo de cinco días a una temperatura de 20 °C; esto indica el oxígeno que se necesita para oxidar biológicamente esa materia. Para medir la DBO, se analiza el oxígeno disuelto que utilizan los microorganismos durante la oxidación de la materia orgánica. Los resultados de las pruebas de DBO son muy útiles para:

- Estimar el oxígeno que será necesario para estabilizar biológicamente la materia orgánica que hay.
- Dimensionar las instalaciones que se usan para tratar aguas residuales.
- Evaluar la efectividad de ciertos procesos de tratamiento y verificar si se cumplen las normas establecidas para los vertidos.

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

(Rojas, J. 1999), Se refiere a la cantidad de oxígeno que se necesita para llevar a cabo la oxidación química de la materia orgánica. Esta prueba sirve como un método indirecto para medir la concentración de materia orgánica en las aguas residuales. La relación entre DQO y DBO5 nos da una idea sobre la biodegradabilidad de las aguas residuales; si esta relación es mayor a 0.5, significa que se puede optar por un tratamiento biológico.

### **2.2.3.3. Características biológicas**

(Rojas, J. 1999), Dentro de las características biológicas tenemos a las coliformes fecales, los microorganismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales son escasos y complicados de aislar e identificar. Por esta razón, se recurre a los microorganismos coliformes como indicadores de contaminación o de la presencia de gérmenes que pueden causar enfermedades.

### **2.2.4. Tratamiento de las aguas residuales**

(Rolim, M. 2000), hay varios métodos que se pueden emplear para el tratamiento de aguas residuales, cada uno con distintas funciones y procesos. Generalmente, estos tratamientos se llevan a cabo en dos o tres etapas: tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario. Sin embargo, este último no es muy común en el tratamiento doméstico de aguas residuales; por lo general, se utilizan más las etapas primaria y secundaria.

### **2.2.5. Procesos de tratamiento de aguas residuales**

(OS 090, 2019), las plantas encargadas del tratamiento de aguas residuales se componen de varias etapas, sin importar la tecnología que se aplique. Además, es necesario limpiarlas o tratarlas regularmente para prevenir el desgaste de los equipos y reducir las obstrucciones, así como evitar daños severos.

### **a) Pretratamiento**

(Romero, J. 2004), menciona que el pretratamiento de aguas residuales busca separar materiales gruesos, medianos e incluso finos a través de procesos físicos o mecánicos; esto es importante porque ayuda a prevenir inconvenientes en los tratamientos posteriores, en esta etapa, se suelen emplear herramientas como cribas o rejas y desarenadores.

#### **Las cribas o rejas**

(Ramalho, R. 2021), describe que, en todas las plantas de tratamiento, incluso en las más pequeñas, es necesario usar cribas diseñadas para limpieza manual, salvo que la cantidad de material a retener sea lo suficientemente grande como para justificar un sistema de limpieza mecanizada, las cribas se clasifican según la distancia entre los barrotes, y se dividen en cribas finas y cribas gruesas:

- Criba fina: con un espacio entre barrotes de 10 a 25 mm
- Criba gruesa: con un espacio entre barrotes de 50 a 100 mm

#### **El desarenador**

(OS 090, 2019), describe que función principal es separar la arena de otros materiales presentes en el agua, especialmente de los orgánicos, para evitar que la arena arrastre consigo elementos que a menudo son difíciles de separar. La arena que se obtiene siempre contiene una cierta cantidad de materia orgánica que se deposita al mismo tiempo (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento).

Los desarenadores son esenciales en todas las plantas de tratamiento de aguas residuales donde se realice un proceso manual. Sin embargo, en plantas grandes, puede presentarse un flujo horizontal o en espiral debido a la gravedad, lo que cambia un poco el enfoque en el tratamiento.

## **b) Tratamiento primario**

(Valdez, E. y Vázquez, A. 2003), el tratamiento primario es una etapa clave que se encarga de recolectar y eliminar los sólidos orgánicos suspendidos en las aguas residuales. En este proceso solo se puede quitar una parte de los sólidos mediante sedimentación, que el objetivo de este tratamiento es reducir la carga orgánica que puede sedimentarse. Para ello, se pueden usar tanques Imhoff, tanques de sedimentación o tanques de flotación, dependiendo de lo que se necesite.

### **Proceso del tratamiento primario**

#### **➤ Sedimentación**

(Ramalho, R. 2003), Este método es ideal para separar los sólidos en suspensión, aprovechando la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido. La sedimentación ayuda a disminuir la carga orgánica en el agua al eliminar los sólidos suspendidos y los líquidos en el flujo de aguas residuales.

#### **➤ Tanques Imhoff**

(López, et al. 2017), el objetivo principal de los tanques Imhoff es separar la mayor cantidad posible de sustancias orgánicas biodegradables que están en las aguas residuales. Estos tanques cuentan con dos compartimentos: una cámara de sedimentación, donde el agua circula a baja velocidad para permitir la sedimentación, y una cámara de digestión, donde se lleva a cabo la descomposición anaeróbica de los sólidos sedimentados.

Los sólidos caen a través de un orificio al fondo de la cámara y se acumulan en el compartimento inferior para su descomposición. El gas generado durante la digestión se ventila hacia el exterior. La forma especial del orificio que conecta ambas cámaras evita que los gases se escapen y asegura que la capa de lodo no se eleve debido a la flotabilidad de las partículas. El tiempo de retención hidráulica a caudal máximo es de 90 minutos.

(Sanchez, M. 2017), los tanques Imhoff suelen ser circulares, aunque lo más común es que sean rectangulares, con una longitud de 3 a 5 veces su ancho.

➤ **Lecho de secado de lodos**

(Valdez, et al, 20003), indica que el lecho de secado es uno de los métodos más sencillos y de menor costo para la deshidratación de lodos, resultando especialmente adecuado para localidades de menor tamaño. Su construcción puede realizarse con ladrillo, concreto o suelo compactado, y la profundidad operativa suele estar entre 50 y 60 cm. Normalmente, el ancho de estos lechos oscila entre 3 y 6 m, aunque en sistemas de mayor capacidad puede superar los 10 m. El medio de drenaje, con un espesor aproximado de 0,30 m, se compone de los siguientes elementos:

- El soporte recomendado está hecho de ladrillos de 0,15 m de espesor colocados sobre el medio filtrante, rellenos de arena a intervalos de 0,02 a 0,03 m.
- La arena, que actúa como medio filtrante, debe tener un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm.
- Debajo de la arena, se coloca una capa de grava de 0,20 m de espesor.

**c) Tratamiento secundario**

(Ramalho, R. 2003), este tratamiento incluye todos los procesos biológicos para tratar aguas residuales, tanto aeróbicos como anaeróbicos, el tratamiento secundario se encarga de eliminar la materia orgánica biodegradable, ya sea por métodos aeróbicos o anaeróbicos.

**Sistema aeróbico**

(Romero, J. 2004), en este proceso, el oxígeno es fundamental para descomponer la materia orgánica, transformándola en gas y material orgánico celular, que luego es más fácil de sedimentar. Las bacterias son los protagonistas en este proceso.



### **Sistema anaeróbico**

(Valdez, et al, 20003), define que también es conocido como fermentación anóxica viva, este proceso descompone compuestos orgánicos sin oxígeno, siendo menos eficiente para generar energía que la fermentación aeróbica. Durante la digestión anaeróbica, se producen procesos como desnitrificación, respiración de sulfatos, hidrólisis y fermentación.

### **Humedal artificial**

(De la Vega, M. 2012), estos son sistemas de fito-depuración de aguas residuales. Consisten en cultivar macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado, las macrófitas generan interacciones físicas, químicas y biológicas que permiten depurar el agua residual de manera gradual.

Los humedales depuran el agua mediante procesos como la sedimentación, la degradación microbológica, la absorción por vegetación, la adsorción, reacciones químicas y la volatilización. En determinadas condiciones, pueden sustituir no solo el tratamiento secundario, sino también el primario e incluso el terciario. Su funcionamiento se sustenta en tres aspectos esenciales: la actividad bioquímica de los microorganismos, el suministro de oxígeno por parte de las plantas durante el día y la función estructural del lecho inerte, que proporciona soporte al sistema radicular y actúa como medio filtrante. En conjunto, estos mecanismos permiten la remoción de sólidos disueltos y suspendidos, favoreciendo la biodegradación de la materia orgánica hasta su mineralización y la generación de nueva biomasa.

#### **d) Tratamiento terciario o tratamiento avanzado**

(Ramalho, R. 2021), también llamado tratamiento avanzado, este método busca lograr un nivel de pureza en el agua residual. Es adecuado para todo tipo de aguas residuales y

garantiza que las aguas tratadas sean más puras y tengan menor carga contaminante, permitiendo su uso en diversas actividades.

### **Cámara de contacto y cloración**

(Metcalf & Eddy, 2004), define que la cámara de contacto se utiliza para facilitar el tiempo de contacto necesario y lograr la mejor mezcla entre el agua residual y el desinfectante. Al igual que el floculador, debe diseñarse cuidadosamente en términos hidráulicos. Se debe instalar un difusor de cloro en la parte superior de la cámara, seguido de un salto hidráulico que promueva la mezcla entre el cloro y el agua.

#### **2.2.6. Eficiencia de remoción de parámetros contaminantes**

Eficiencia de remoción de DBO, DQO y SST. El grado de descontaminación alcanzado por una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se expresa como el porcentaje de disminución de los parámetros de control definidos por la normativa aplicable. El cálculo de esta eficiencia se basa en la comparación entre la carga contaminante que ingresa al sistema y la que se descarga en el efluente tratado.

$$E = \left( \frac{S_o - S_f}{S_o} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes [%]

S<sub>o</sub>: entrada de concentración en mg/l (DQO, DBO o SST)

S<sub>f</sub>: salida de concentración en mg/l (DQO, DBO o SST)

#### **2.2.7. Tiempo de retención hidráulica (TRH)**

(Metcalf y Eddy, 2003), El Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) es un parámetro clave en el diseño y evaluación de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Representa el tiempo promedio que permanece el agua dentro de una unidad de tratamiento, y permite analizar la capacidad del sistema para asegurar el contacto necesario entre el fluido y los procesos físicos, químicos o biológicos que ocurren en cada estructura.

$$TRH = \frac{Q}{V} \quad (2)$$

Donde:

TRH: Tiempo de retención hidráulica (horas o días)

V: Volumen útil de la unidad de tratamiento (m<sup>3</sup>)

Q: Caudal de ingreso a la unidad (m<sup>3</sup>/día o m<sup>3</sup>/hora)

Un TRH adecuado asegura una mayor eficiencia en la remoción de contaminantes.

Valores demasiado bajos pueden generar un tratamiento incompleto, mientras que tiempos excesivos pueden representar sobredimensionamiento o acumulación innecesaria de carga.

### **2.2.8. Medición de caudal**

(OS 090. 2019), indica que la medición del caudal constituye una tarea fundamental para evaluar el desempeño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ya que posibilita determinar el volumen de agua que ingresa al sistema en un intervalo de tiempo específico.

En esta investigación, el caudal fue determinado mediante el método volumétrico, una técnica directa y sencilla que consiste en medir el volumen de agua que fluye en un tiempo específico. Este método es apropiado en sistemas pequeños y en zonas rurales donde no se dispone de equipos automatizados.

$$Q = \frac{V}{T} \quad (3)$$

Donde:

Q: Caudal (L/s)

V: Volumen recolectado (L)

T: Tiempo de llenado del volumen (s)

Para su aplicación, se canaliza el flujo hacia un recipiente de volumen conocido (como un balde graduado), y se mide el tiempo que tarda en llenarse completamente.

Posteriormente, se calcula el caudal promedio. Este método fue aplicado en cada punto de aforo de la PTAR de Namora durante las campañas de campo realizadas.

### **Caudal máximo diario**

Este se refiere al caudal más alto registrado en un periodo de 24 horas, basado en datos anuales de operación. Es especialmente relevante para proyectos que involucran tiempos de retención, como en tanques de homogeneización o cloración.

### **Caudal punta horario**

Este término se refiere al caudal máximo que ocurre en una hora dentro de un periodo de 24 horas, también basado en datos anuales. Es importante para el diseño de colectores, estaciones de bombeo, medidores de caudal de aguas residuales, desarenadores, tanques de sedimentación, tanques de cloración y conducciones en plantas de tratamiento.

### **Caudal mínimo horario**

Este es el caudal mínimo constante que se presenta en una hora dentro de un periodo de 24 horas, también derivado de datos anuales. Conocer los caudales horarios mínimos es esencial para evaluar posibles impactos en ciertos procesos y para dimensionar caudalímetros, especialmente aquellos que controlan la adición de reactivos. En plantas como las de filtros percoladores, puede ser necesario recircular el efluente tratado para mantener el proceso durante periodos de caudal bajo. Los caudales mínimos son cruciales para el bombeo de aguas residuales, garantizando que las motobombas estén adecuadas para los caudales a bombear.

### **2.2.9. Calidad de agua residual según normativa ambiental del Perú**

En el marco legal peruano, la prevención de la contaminación de los recursos hídricos por descargas de aguas residuales se rige por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP). Toda descarga autorizada por la entidad competente debe ser vertida en cuerpos de agua naturales cumpliendo las disposiciones

de protección ambiental; de lo contrario, la descarga directa de aguas residuales en estos cuerpos se considera una práctica ilegal.

### Estándares de calidad ambiental (ECA)

El Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, definiendo los niveles máximos permitidos de contaminantes y los parámetros físicos, químicos y biológicos que garantizan que el recurso hídrico no represente riesgos para la salud humana, la fauna ni el entorno natural. Estos estándares se clasifican en categorías según lo indicado por la norma y sirven como referencia obligatoria para el control de las descargas contaminantes.

**Tabla 2:** ECA, Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000

**Fuente:** ECA – AGUA Decreto Supremo. N° 004-2017-MINAM.

### Límites máximos permisibles (LMP)

El Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM define los Límites Máximos Permisibles para las aguas residuales procedentes de plantas de tratamiento, con el propósito de evitar la contaminación de cuerpos receptores como ríos, lagos, mares o áreas verdes. Estos límites especifican la concentración máxima aceptada de elementos, compuestos y parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en las descargas, cuyo exceso podría afectar la salud y el medio ambiente. El cumplimiento de estos valores es obligatorio y se

encuentra sujeto a la fiscalización del MINAM y de las entidades que integran el Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

**Tabla 3:** *LMP de efluentes vertidos a cuerpos de agua*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS</b>
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 Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

**Fuente:** LMP. Decreto Supremo. N° 003-2010-MINAM

### **2.2.10. Componentes de la PTAR de la ciudad de Namora**

La PTAR de la ciudad de Namora cuenta con los siguientes componentes:

1. PRE-TRATAMIENTO.
  - Desarenador
2. TRATAMIENTO PRIMARIO
  - Tanque Imhoff
3. TRATAMIENTO SECUNDARIO
  - Humedal de flujo vertical subsuperficial
4. TRATAMIENTO TERCARIO
  - No cuenta con tratamiento terciario la PTAR.

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Aguas residuales:** Son aquellas cuyo estado de calidad se ve deteriorado debido a su uso en actividades domésticas, urbanas o industriales.

**Aguas residuales domésticas:** Corrientes líquidas provenientes de viviendas que contienen principalmente desechos derivados del metabolismo humano y residuos de otras actividades domésticas.

**Manejo de aguas residuales:** Conjunto de acciones que abarcan la recolección, el tratamiento y la disposición final del agua residual, incluyendo también su operación, seguimiento, control y supervisión.

**Tratamiento de aguas residuales:** Proceso destinado a eliminar contaminantes presentes en el agua residual, permitiendo su descarga en cuerpos naturales sin causar impactos negativos.

**Límites Máximos Permisibles (LMP):** Valores que indican la concentración máxima aceptada de elementos, compuestos o parámetros físicos, químicos y biológicos; superar dichos valores puede representar un riesgo para la salud y el ambiente.

**Estándares de Calidad Ambiental (ECA):** Herramientas de gestión ambiental que establecen parámetros de referencia para evaluar la calidad del entorno.

**Muestreo:** Procedimiento de recolección de una muestra con un volumen predefinido, aplicando técnicas de preservación acordes al parámetro que será analizado.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Indicador que cuantifica el oxígeno consumido en la descomposición biológica de la materia orgánica contenida en una muestra de agua.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Medida que determina la cantidad de materia orgánica e inorgánica susceptible de oxidarse mediante un agente químico fuerte.

**Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Parámetro que refleja la cantidad de sólidos en suspensión en el agua, los cuales pueden separarse mediante procesos mecánicos, siendo relevante para la evaluación y el tratamiento del recurso.

**Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE):** Conjunto normativo que define criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de obras de ingeniería.

**Eficiencia del tratamiento:** Relación entre la cantidad de contaminantes removida y la cantidad inicial presente, aplicable a cualquier proceso o planta de tratamiento para un parámetro específico; se expresa como decimal o porcentaje.

**Bases de diseño:** Datos iniciales y proyectados que sirven para dimensionar los procesos de tratamiento, incluyendo población, caudal, concentraciones y aportes per cápita de aguas residuales.

**Criterios de diseño:** Directrices técnicas que establecen los objetivos, límites y resultados que debe cumplir el diseño de un proceso, estructura o componente de un sistema.

.



## **CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Descripción de la zona de estudio**

El estudio se llevó a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Namora, situada en la margen derecha del río Namora, en el distrito y provincia de Cajamarca, región Cajamarca, a una altitud de 2 719 m s. n. m.

#### **Límites del área de estudio**

Por el Norte: Con el Distrito de La Encañada.

Por el Sur: Con los Distritos de Matara y Jesús.

Por el Este: Con los Distritos de Jesús y San Marcos.

Por el Oeste: Con los Distritos de Llacanora y Jesús.

#### **Características ambientales del área de estudio**

En Namora, la temperatura anual oscila habitualmente entre 3 °C y 18 °C, con valores raros por debajo de 1 °C o por encima de 20 °C. La estación templada se extiende aproximadamente del 4 de noviembre al 5 de marzo, con temperaturas máximas diarias promedio superiores a 17 °C. Febrero es el mes más cálido, registrando máximas cercanas a 17 °C y mínimas alrededor de 7 °C. La temporada fresca se presenta entre el 4 de junio y el 8 de agosto, periodo en el que la temperatura máxima diaria promedio es inferior a 15 °C. Julio, el mes más frío, presenta temperaturas mínimas promedio de 4 °C y máximas en torno a 15 °C.

#### **Área de estudio.**

La planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Namora se encuentra a la mano derecha del río Namora cuyo acceso es por una trocha que se encuentra a 5 minutos de la plaza de armas del distrito.

La investigación se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales.

### Acceso a la zona de estudio

Para poder llegar hasta la PTAR desde la ciudad de Cajamarca está a 25 kilómetros, la carretera es asfaltada en su totalidad, al llegar al distrito de Namora nos dirigimos a la PTAR, se encuentra en dirección al caserío Chilacat a 5 minutos caminando.

### Ubicación y localización de la zona de estudio

**Figura 1:** *Ubicación del departamento de Cajamarca en el Perú*



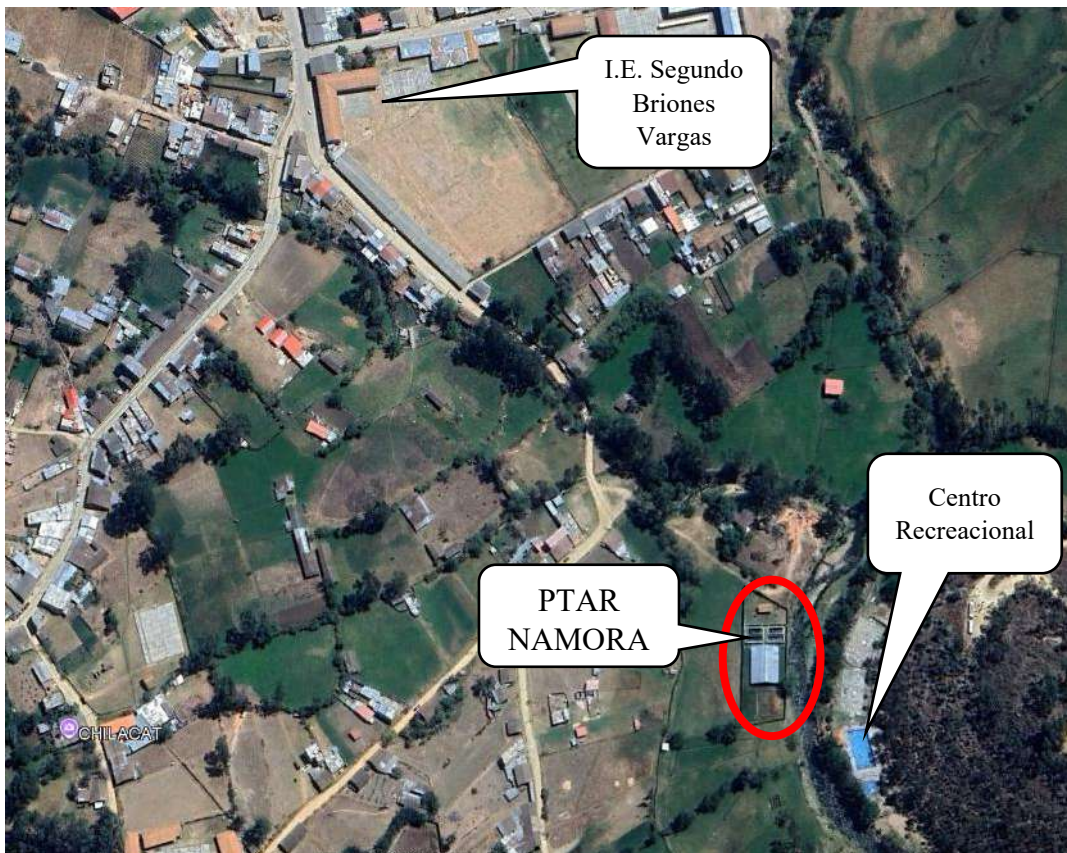
**Figura 2:** *Ubicación de la provincia de Cajamarca en el Departamento*



**Figura 3:** Ubicación del Distrito de Namora en la provincia de Cajamarca

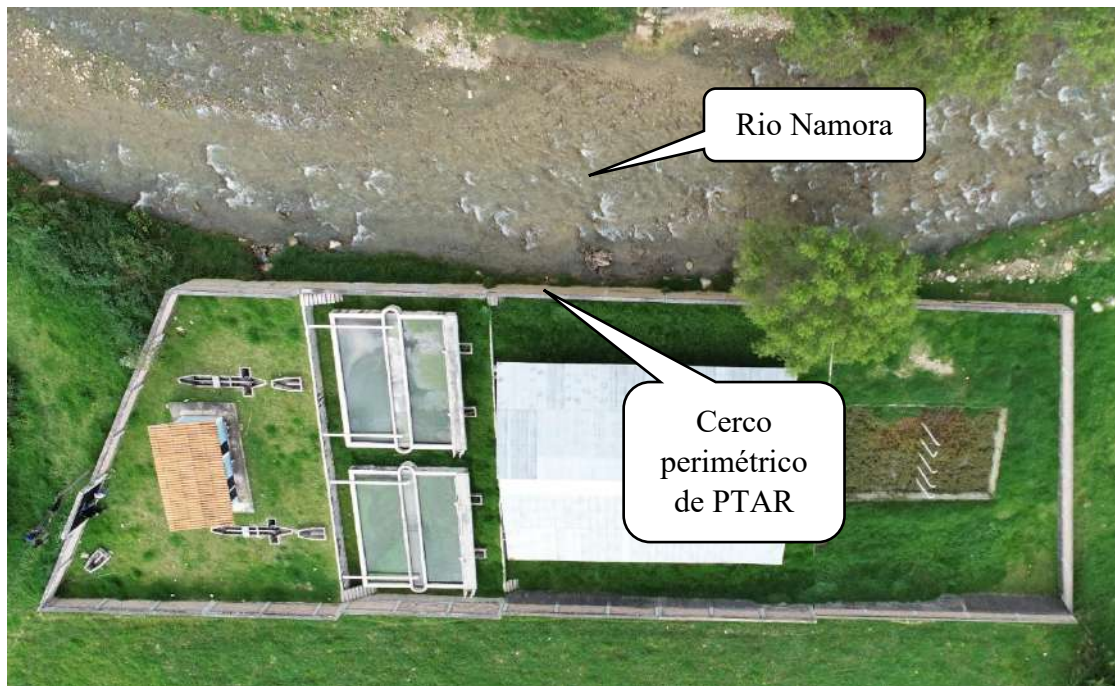


**Figura 4:** Ubicación de la PTAR en el distrito de Namora



Fuente: Google Eart.

**Figura 5:** Imagen desde vista aérea de la PTAR Namora



**Nota:** Imagen tomada con dron DJI Matrice 350 RTK

### 3.2. Equipos y materiales

- Cámara fotográfica
- Útiles de escritorio (Libretas, lapiceros, papeles)
- Flexómetros de 3m y 10m
- Frascos rotulados
- Caja térmica
- Hielos
- Preservantes químicos
- Guantes quirúrgicos
- Mascarillas
- GPS Navegador
- Drone

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca analizar el funcionamiento actual de la PTAR de la ciudad de Namora y proponer mejoras técnicas viables para optimizar su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales.

#### **3.3.2. Nivel y diseño de investigación**

El nivel es descriptivo y explicativo. Es descriptivo porque se caracteriza y analiza el estado de operación de los componentes de la planta, y explicativo porque se identifican las causas de su bajo rendimiento depurativo, permitiendo proponer soluciones concretas. El diseño es no experimental de campo, pues se trabajó con observación directa y medición de variables hidráulicas y sanitarias, sin manipulación deliberada del sistema.

#### **3.3.3. Método de investigación**

Se empleó el método técnico-científico, con recolección de datos en campo, aplicación de aforos por método volumétrico, cálculo de tiempos de retención hidráulica y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se utilizó el método analítico para examinar individualmente el funcionamiento de cada componente y el método inductivo para plantear propuestas de mejora en base a los resultados obtenidos.

#### **3.3.4. Población, muestra y unidad de análisis**

**Población:** Plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en zonas rurales de la región Cajamarca.

**Muestra:** La muestra está representada por la PTAR de la ciudad de Namora, actualmente en operación.

**Unidad de análisis:** Cada componente funcional de la planta: caja repartidora de caudal, desarenadores, tanques Imhoff, lechos de secado y humedal. También se considera la calidad del efluente y su relación con la normativa ambiental.



### **3.4. Fase inicial de la investigación**

#### **3.4.1. Identificación de la zona de estudio**

Para determinar la ubicación de la zona de estudio, se obtuvieron las coordenadas utilizando un GPS navegador. Posteriormente, estas coordenadas se situaron en Google Eart Pro. Además, se llevó a cabo un levantamiento topográfico y fotogramétrico empleando un dron DJI MATRICE 350 RTK, lo cual permitió elaborar el plano topográfico de la PTAR de la ciudad de Namora.

#### **3.4.2. Identificación de los componentes de la PTAR Namora**

El día 13 de marzo de 2024 se realizó una visita técnica a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Namora, con el objetivo de identificar y registrar los componentes presentes en cada una de las etapas del proceso de tratamiento: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y terciario.

Durante esta visita se sostuvo una entrevista con el Sr. Américo Díaz, encargado de mantenimiento de la planta, quien brindó detalles generales sobre su funcionamiento operativo y describió las tareas rutinarias de mantenimiento que se realizan.

Asimismo, se contó con la colaboración del Ing. Jorge Ocas, jefe de la Subgerencia de Estudios, y del Ing. César Ocas, responsable de la Unidad de Gestión Municipal (UGM), quienes proporcionaron información clave como:

- Fecha de inicio de operación de la planta
- Año de construcción del sistema
- Caudal promedio de ingreso estimado
- Principales dificultades técnicas y operativas detectadas desde su puesta en marcha

Esta visita constituyó el punto de partida para el desarrollo del trabajo de campo, permitiendo planificar adecuadamente las mediciones, evaluaciones hidráulicas y análisis de calidad de agua a realizar.

### **3.4.3. Revisión bibliográfica sobre la PTAR Namora**

En esta fase se recopiló información relacionada con la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, obtenida tanto de la municipalidad distrital y del OSCE como de diversas publicaciones y estudios especializados en el tema. Con estos datos se elaboró el marco teórico de la investigación. Asimismo, se revisaron las disposiciones normativas que regulan la calidad del agua residual antes de su vertimiento en un cuerpo receptor, en este caso, el río Namora.

### **3.4.4. Descripción del estado situacional de las estructuras de la PTAR**

En este caso se ha realizado diversas visitas a la PTAR, esto debido a que en la Municipalidad de Namora no se contaba con el expediente técnico de la planta, esto nos conlleva a medir a detalle cada una de las estructuras de la planta, las cajas repartidoras de caudal, los desarenadores, los tanques Imhoff, el Humedal, así como las estructuras complementarias. Se verificó también el estado de las válvulas, tuberías, escaleras, oficina, SS. HH y cerco perimétrico.

## **3.5. Fase de campo**

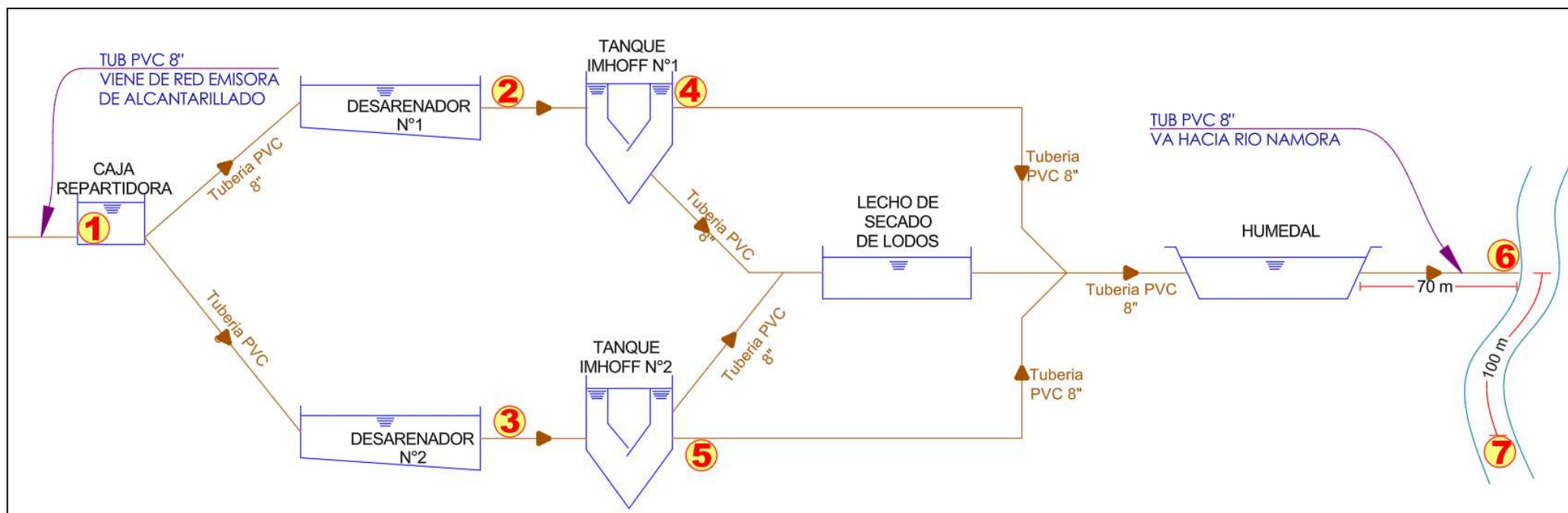
### **3.5.1. Identificación y ubicación de los puntos de monitoreo**

En esta etapa se establecieron los lugares donde se tomarían las muestras, así como la frecuencia con la que se realizarían las tomas y la forma en que se recolectarían los datos. También se incluyeron muestras que permitieran conocer las características generales, los parámetros de funcionamiento y aquellos que servirían para hacer un seguimiento continuo. Se organizó el transporte adecuado y la conservación de las muestras para asegurarse de que llegaran en buen estado al laboratorio para su análisis.

1. **Punto N°1.** Ingreso de agua residuales a la PTAR (Antes de la caja repartidora)
2. **Punto N°2.** A la salida del Desarenador 1.
3. **Punto N°3.** A la salida del Desarenador 2.
4. **Punto N°4.** A la salida del Tanque Imhoff 1.
5. **Punto N°5.** A la salida del Tanque Imhoff 2.
6. **Punto N°6.** A la salida del Humedal (Salida de PTAR).
7. **Punto N°7.** En el Rio Namora, a 100 m aguas abajo del punto de efluencia de la PTAR



**Figura 6:** Ubicación de los Puntos de Monitoreo en la PTAR Namora



**Nota:** Se ha considerado 07 puntos estratégicos para la toma de muestras a fin de conocer la eficiencia de tratamiento de cada estructura.

### **3.5.2. Toma, preservación y traslado de muestras**

Para llevar a cabo la recolección, traslado y almacenamiento de las muestras, se siguieron las pautas de los programas de monitoreo de calidad de aguas residuales y plantas de tratamiento municipales, así como las recomendaciones proporcionadas por los responsables del laboratorio regional del agua. Basándonos en estas indicaciones, el procedimiento se realizó de la siguiente manera:

- Cada frasco fue etiquetado de manera específica para identificar los parámetros y puntos de muestreo que serían analizados, esto utilizando marcador indeleble ya que los frascos estuvieron en contacto con agua.
- Durante la toma de cada muestra, el recipiente fue enjuagado dos veces con el agua residual antes de llenarlo hasta la marca indicada.
- En las muestras destinadas a DQO y aceites y grasas, se añadieron 25 gotas de ácido sulfúrico como agente preservante.
- Las muestras recolectadas se almacenaron en un Cooler con su respectivo refrigerante, manteniéndolas a una temperatura adecuada hasta completar el muestreo en los 7 puntos designados.
- En la recolección de muestras se utilizó guates y mascarillas con el fin de la protección personal y además evitar la contaminación de las muestras.
- La recolección de todas las muestras tomó aproximadamente 2.5 horas (de 12:00 pm a 2:20 pm). Posteriormente, se trasladaron al laboratorio regional del agua, donde fueron entregadas a las 4:00 pm.
- La recolección de todas las muestras se coordinó con los responsables de la PTAR, el asesor de tesis, se consideró la fecha y horas oportunas para poder recolectar muestras en épocas de estiaje y en las horas de máximo caudal horario a fin de

obtener los valores más elevados de carga orgánica y poder realizar una evaluación de la planta de manera más representativa.

- Este proceso se completó dentro de un lapso menor a 24 horas, cumpliendo con las normativas para el análisis físico, químico y bacteriológico, considerando estos parámetros como representativos para evaluar la calidad de los efluentes.

### **3.6. Fase de laboratorio**

Los análisis fueron llevados a cabo en el Laboratorio Regional del Agua, donde se procesaron las muestras y se entregaron los resultados en un plazo de 7 días hábiles a partir de su recepción. Los informes generados incluyeron todos los parámetros necesarios para la evaluación y caracterización de la PTAR, cumpliendo con lo solicitado.

### **3.7. Operación y mantenimiento de la PTAR**

A lo largo de este tiempo, se realizaron varias visitas a la planta de tratamiento para ver de cerca cómo funciona y cómo se mantiene la estructura. Después, se aplicaron los pasos explicados anteriormente en la parte teórica, con el propósito de alcanzar los objetivos establecidos. Además, se realizan comparaciones para evaluar su desempeño en aspectos hidráulicos, fisicoquímicos, biológicos y de mantenimiento.

### **3.8. Comparación de resultados obtenidos en laboratorio**

Se analizó qué tan eficiente es cada una de las estructuras de la PTAR para limpiar el agua residual. Estas estructuras incluyen el Desarenador N°1, Desarenador N°2 el tanque Imhoff N° 1, el Tanque Imhoff N°2 y el Humedal de flujo vertical Subsuperficial. Se revisó la concentración de distintos parámetros al ingreso de la PTAR (como DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes, y aceites y grasas) y luego se comparó con las concentraciones al salir de la PTAR. Así, se pudo calcular qué tan bien trabaja cada unidad de tratamiento y la PTAR en conjunto.

Finalmente, se evaluó cuánto se descontaminó el agua después de pasar por todos los procesos de la planta. Luego, se comparó con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-AGUA) establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM para asegurarnos de que el agua tratada cumpla con las normas. Esto permite reducir el impacto negativo en el Río Namora y en las actividades que dependen de este recurso.

### **3.9. Determinación del caudal que ingresa a la PTAR**

Para medir el caudal que entra a la planta de tratamiento de aguas residuales, se aplicó el método volumétrico. Se tomaron mediciones del volumen y del tiempo para realizar los cálculos, haciendo 5 repeticiones por cada hora como parte del procedimiento.

### **3.10. Propuesta de mejoramiento de la PTAR**

Para poder realizar este ítem de la investigación en primer lugar como no se tenía el expediente técnico del proyecto, solo la cantidad de usuarios (400 usuarios) y el caudal de ingreso de la PTAR luego de los aforos realizado (12.45 Lps) se ha realizado el cálculo para poder determinar si la capacidad de la planta abastece al caudal de ingreso y la carga orgánica de ingreso.

La segunda fase corresponde a diseñar las estructuras que no están cumpliendo con su rango de remoción de contaminantes de acuerdo con la Normativa O.S. 090 y comparar con las estructuras existentes verificando así el por qué las estructuras planteadas no están cumpliendo con su propósito.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

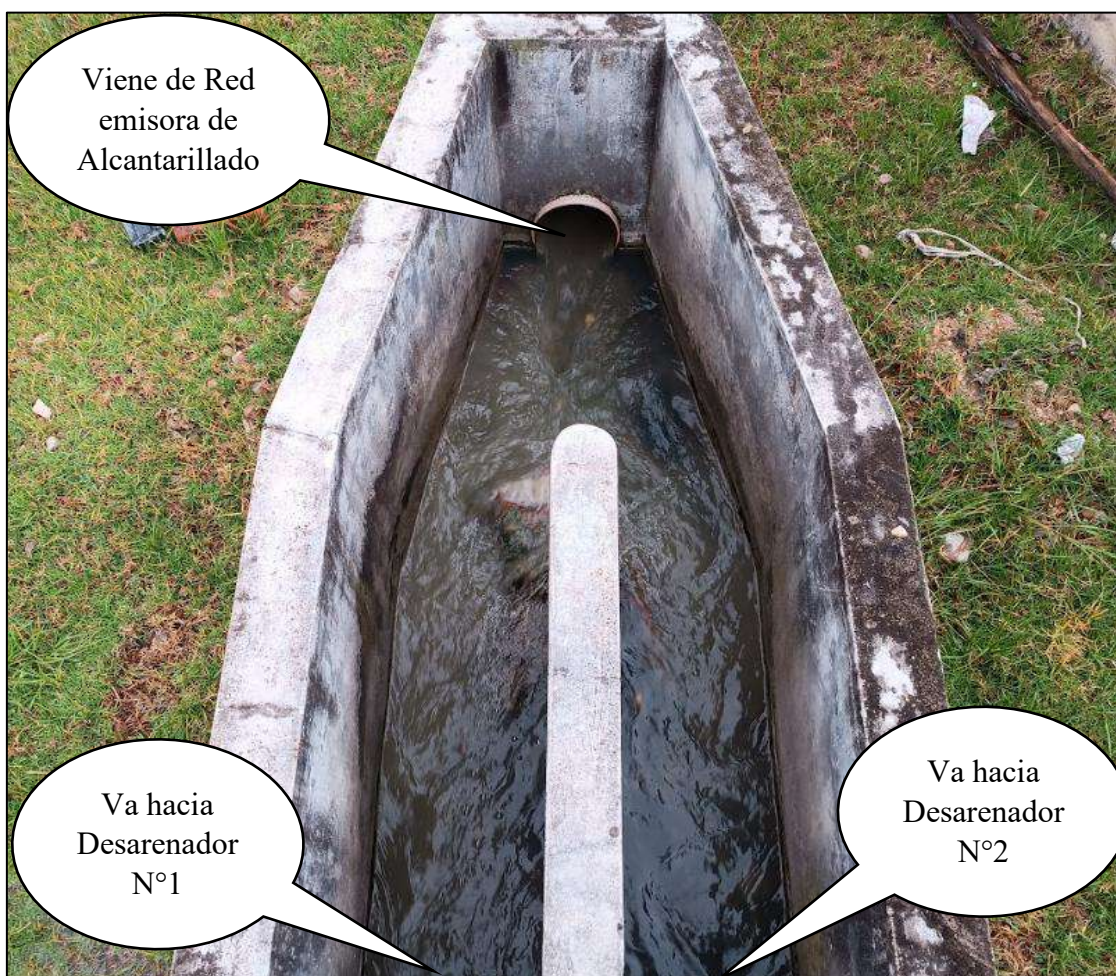
### 4.1. Caracterización de los componentes de la PTAR

#### 4.1.1. Ingreso de aguas residuales a caja distribuidora

Las aguas residuales de la ciudad de Namora son transportadas hasta la PTAR a través del sistema de alcantarillado. Al ingreso de la PTAR se identificó una Caja repartidora de caudales, la cual deriva las aguas residuales hacia 2 desarenadores, esta caja repartidora se encuentra en mal estado por falta de mantenimiento, dentro de ella se puede apreciar residuos sólidos como ropa y pequeños troncos. La caja repartidora tiene un largo total de 2.40m y un ancho total de 1.10m, muros de concreto de 0.15m de espesor.

La tubería de ingreso de la PTAR es de 200 mm (8 pulgadas). Así mismo las tuberías que van hacia los desarenadores son de 200 mm (8 pulgadas).

**Figura 7:** *Caja Repartidora de Caudal*



La caja repartidora de caudales no cumple con su función principal, la cual es distribuir de manera equitativa los caudales de ingreso hacia los dos desarenadores, esto se evidenció en las diferentes salidas a campo a simple vista y también con los aforos realizados, la caja distribuidora no cumple con su función debido a que no tiene implementado un sistema de regulación de caudal como vertederos, solo utiliza un muro para separar el paso de agua hacia uno u otro desarenador.

#### 4.1.2. Desarenador N°1

Luego de la caja repartidora nos encontramos con un desarenador. Las aguas residuales son transportadas desde la caja hasta el desarenador N°1 con una tubería de alcantarillado PVC de 200mm. El desarenador tiene una longitud total de 4.30 m con dos compartimientos controlados por dos compuertas metálicas, cada compartimento del desarenador tiene un ancho de 0.30 m.

Ambos compartimientos del desarenador cuentan con compuerta metálica, rejilla con barrotes circulares, vertedero tipo sutro y tubería de limpieza. El mantenimiento del desarenador y las rejillas es escaso, el responsable encargado de la limpieza de los desarenadores indica que la limpieza se realiza a los 2 meses.

**Figura 8:** *Desarenador N°1 de la PTAR Namora*

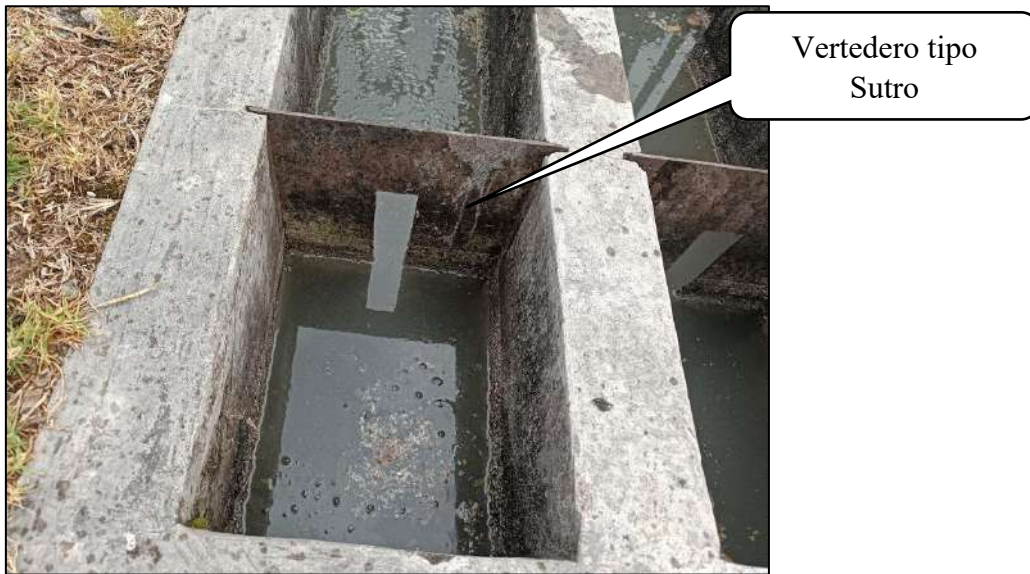


Acumulación de materia fecal y residuos por falta de mantenimiento



EL desarenador cuenta con un vertedero tipo sutro metálico, el cual se encuentra totalmente oxidado, por escasa limpieza en las rejillas se acumula desechos orgánicos, ropa, materiales plásticos los cuales causan un olor muy desagradable, dicho olor se percibe dentro y fuera de la PTAR.

**Figura 9:** *Vertedero tipo sutro en desarenador*



La implementación de un desarenador tipo sutro es de vital importancia para el desarenador ya que regula las grandes velocidades de llegada del caudal de ingreso, esto permite aumentar el tiempo de retención hidráulica y favorece a la sedimentación de las arenas.

**Figura 10:** *Vertedero tipo sutro cuando el desarenador está en mantenimiento*



Otro componente que encontramos en el desarenador es la rejilla, esta tiene forma cilíndrica, la separación entre barras es de 5cm, no es una separación recomendable ya que muchos de los residuos sólidos pueden atravesar fácilmente a través de ella, respecto a su mantenimiento también es escaso debido a la falta de herramientas como rastrillos información recopilada en las diversas salidas a campo y con testimonios del encargado de la PTAR.

**Figura 11:** *Rejillas de desarenador con PTAR operativa*



**Figura 12:** *Rejillas de desarenador con PTAR en Mantenimiento*





#### 4.1.3. Desarenador N° 2

El desarenador N°2 de la PTAR Namora es idéntico al desarenador N°1, cuenta con las mismas dimensiones, también presenta los mismos componentes como, compuertas para mantenimiento, rejillas metálicas de tipo cilíndricas, vertederos tipo sutro y tuberías de limpieza.

**Figura 13:** *Desarenador N° 2 de la PTAR Namora*



Presencia de excretas debido a falta de mantenimiento

El mantenimiento de los desarenadores es de tipo hidráulico, es decir el mantenimiento se realiza a través de una tubería ubicada a 15 cm por debajo de la losa del fondo del desarenador, se abren las compuertas y todos los sólidos son transportados por dicha tubería.

La tubería PVC de alcantarillado atraviesa por debajo de los 02 desarenadores y va a desfogar en el río Namora, este planteamiento es totalmente insalubre ya que arroja las

aguas contaminadas directamente al cuerpo receptor sin recibir ningún tipo de tratamiento.

**Figura 14:** *Desfogue de limpia de desarenadores*



#### **4.1.4. Línea de conducción hacia los tanques Imhoff**

Las aguas residuales luego de ser tratadas en cada uno de los desarenadores son trasladadas hacia los tanques Imhoff mediante tuberías de alcantarillado de 200 mm (8 pulgadas).

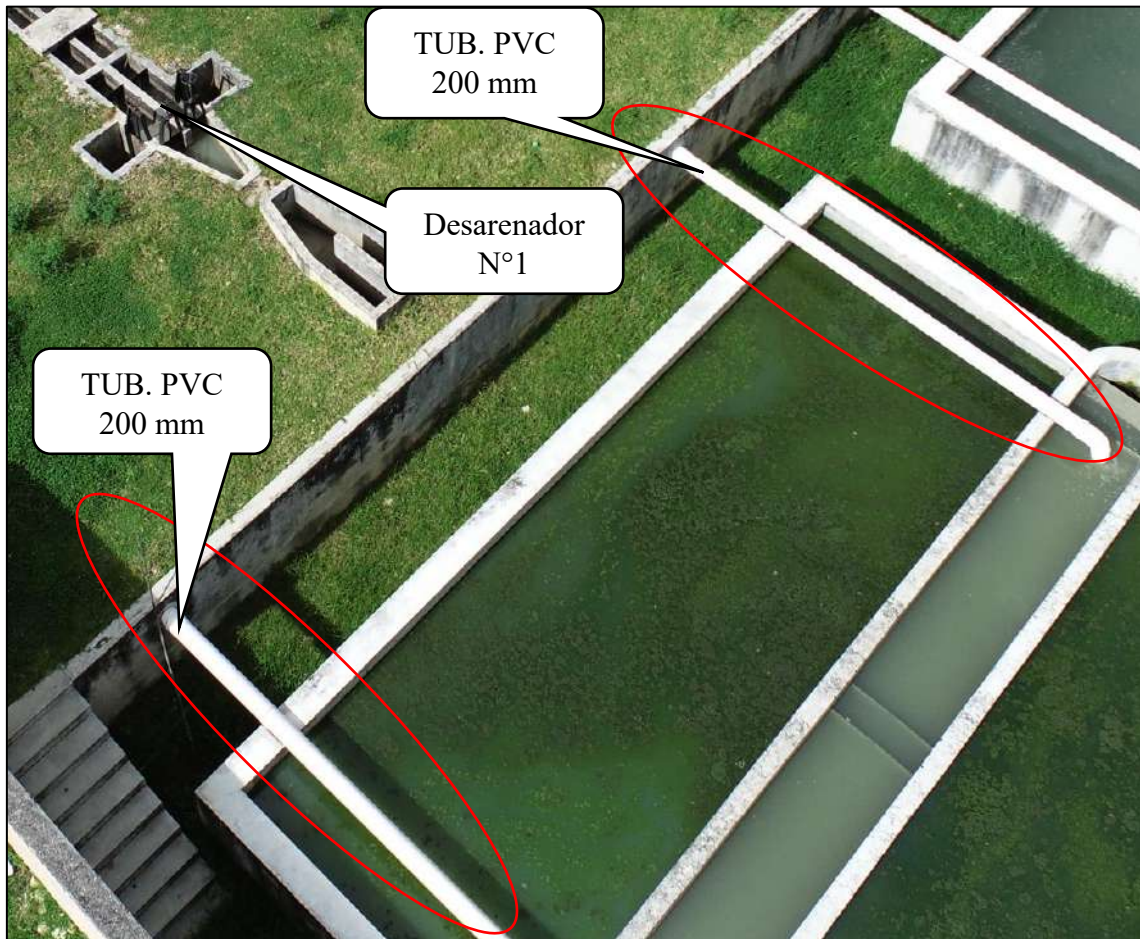
A la salida del desarenador N°1 se encuentra una caja repartidora, esta se encarga de suministrar agua residual al Tanque Imhoff N°1 a través de 02 tuberías, las estructuras están en condiciones regulares a excepción de la pintura y tarrajeo las cuales han sido afectadas por el clima y tiempo.

El ingreso de las aguas al tanque Imhoff N° 1, se realiza por la parte superior utilizando tuberías de 8 pulgadas y codos de 90°, las tuberías están expuestas a la intemperie y presentan un desgaste ya considerable.



Las medidas de las cajas repartidora son de 2.40m de largo y 1.10m de ancho, la tubería tiene una longitud de 11m cada una desde la salida de la caja repartidora hasta la zona de sedimentación del tanque Imhoff.

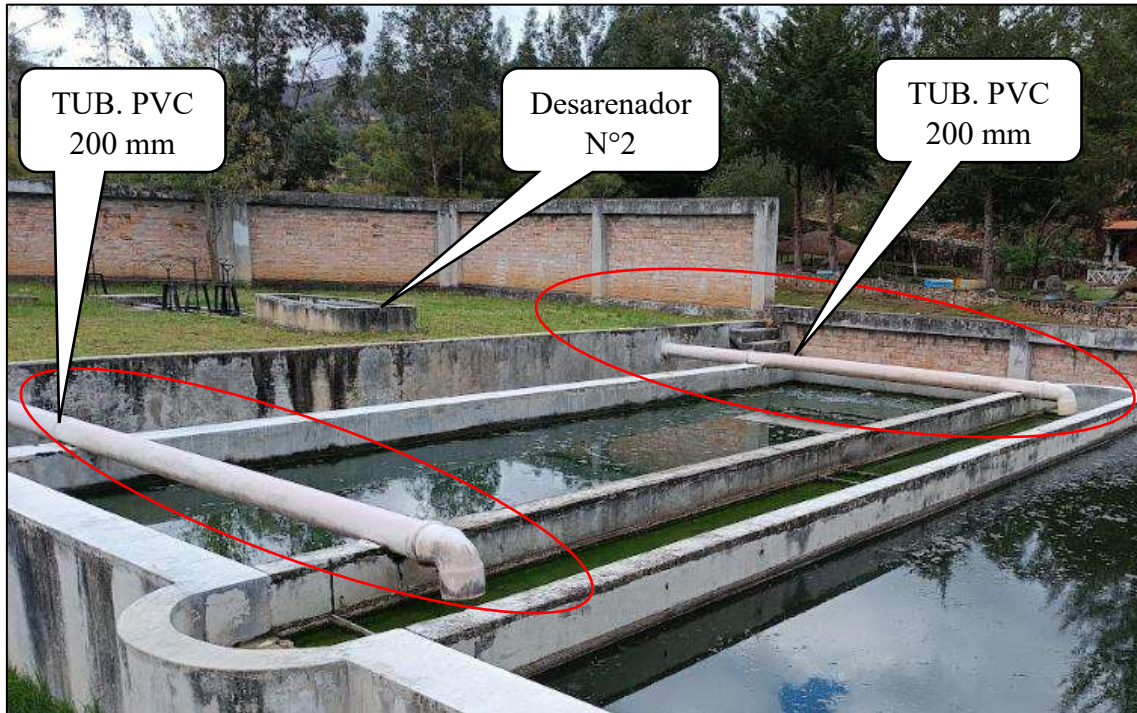
**Figura 15:** *Conducción desde desarenador N° 1 hasta tanque Imhoff N°1*



A la salida del desarenador N°2 se encuentra también una caja repartidora, esta se encarga de suministrar al Tanque Imhoff N°2 a través de 02 tuberías, las estructuras están en condiciones regulares a excepción de la pintura y tarrajeo las cuales han sido afectadas por el clima y tiempo. El ingreso de las aguas al tanque Imhoff se realiza por la parte superior utilizando tuberías de 8 pulgadas y codos de 90°, las tuberías están expuestas a la intemperie y presentan un desgaste ya considerable.

Las medidas de las cajas repartidora son de 2.40m de largo y 1.10m de ancho, la tubería tiene una longitud de 11m desde la salida de la caja repartidora hasta la zona de sedimentación del tanque Imhoff.

**Figura 16:** *Conducción desde desarenador N° 2 hasta tanque Imhoff N°2*



#### 4.1.5. Tanque Imhoff N° 1

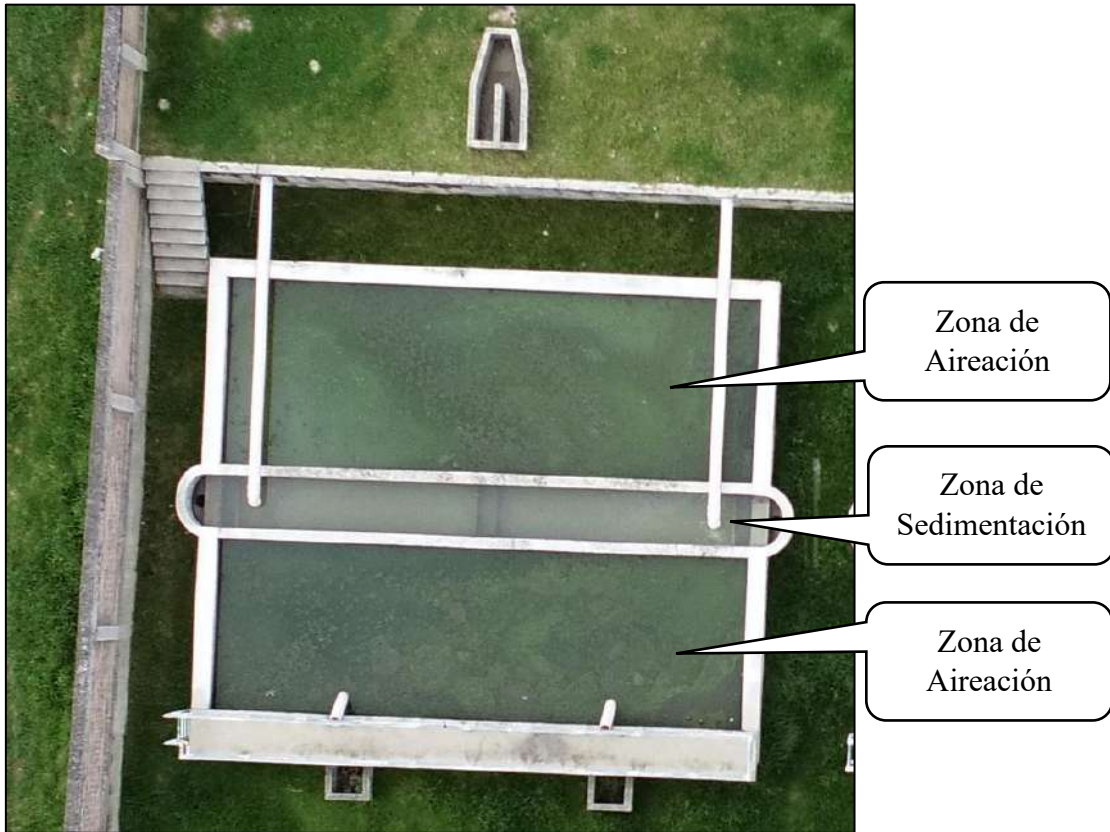
En la PTAR existen 02 Tanques Imhoff, cada uno de ellos con las mismas funciones y dimensiones, el ingreso desde los desarenadores hasta los tanques Imhoff son por la parte superficial de dichos tanques, esto debido a la geografía del terreno para evitar profundizar las siguientes estructuras de tratamiento como lechos de secado y humedal.

La parte superficial del tanque Imhoff cuenta con la zona de sedimentación cuyas medidas son 10.00m de largo, 1.00m de ancho y 2.52m de profundidad, aquí están presentes 04 planchas deflectoras de PVC con espesor de 1 cm con medias de 1.00m x 1.00m, debido a que se tiene dos tuberías de ingreso ubicadas en los extremos de la zona de sedimentación. Cuenta con 02 zonas de aireación de medidas iguales con valores: 10.00m de largo y 3.50m de ancho, la profundidad del tanque de digestión es de 6.10m



Los muros del tanque Imhoff tienen 0.40m de espesor, estructuralmente están muy bien solo se ha desgastado la arquitectura como pintura y tarrajeo. Los muros del tanque sedimentador son de 0.20m de espesor, en ellos se puede apreciar fisuras.

**Figura 17:** *Tanque Imhoff N°1*



**Figura 18:** *Daños en el Tanque Imhoff N°1*



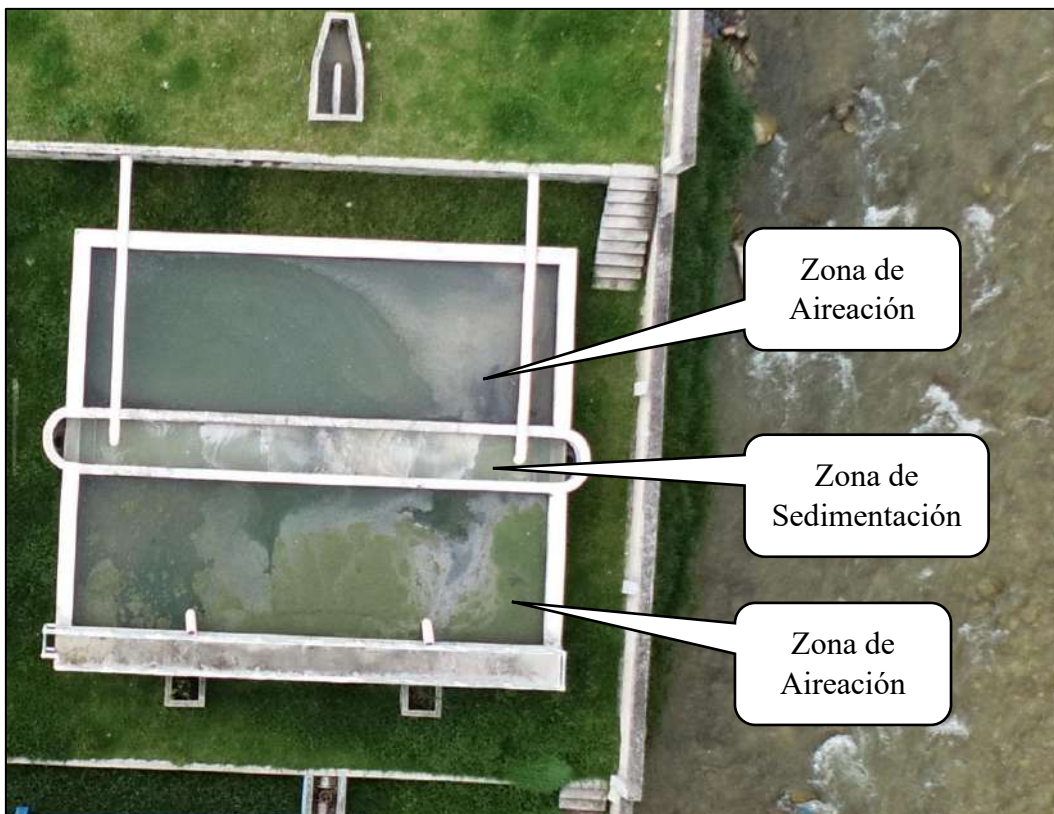
#### 4.1.6. Tanque Imhoff N° 2

La parte superficial del tanque Imhoff N° 2 cuenta con la zona de sedimentación cuyas medidas son 10.00m de largo, 1.00m de ancho y 2.52m de profundidad, aquí están presentes 04 deflectores debido a que se tiene dos tuberías de ingreso ubicadas en los extremos de la zona de sedimentación. Cuenta con 02 zonas de aireación de medidas iguales con valores: 10.00m de largo y 3.50m de ancho. La profundidad del tanque de digestión es de 6.10m.

Los muros del tanque Imhoff tienen 0.40m de espesor, estructuralmente están muy bien solo se ha desgastado la arquitectura como pintura y tarrajeo.

Las salidas desde los tanques Imhoff se realiza a través de 02 tuberías de alcantarillado de 200 mm (8") en cada tanque, la salida hacia los lechos de secado también se realiza a través de 02 tuberías de alcantarillado de 200 mm (8") controladas por válvulas de cierre lento del mismo diámetro.

**Figura 19:** *Tanque Imhoff N°2*



**Figura 20:** *Daños en el Tanque Imhoff N°2*



#### **4.1.7. Lecho de secado de lodos**

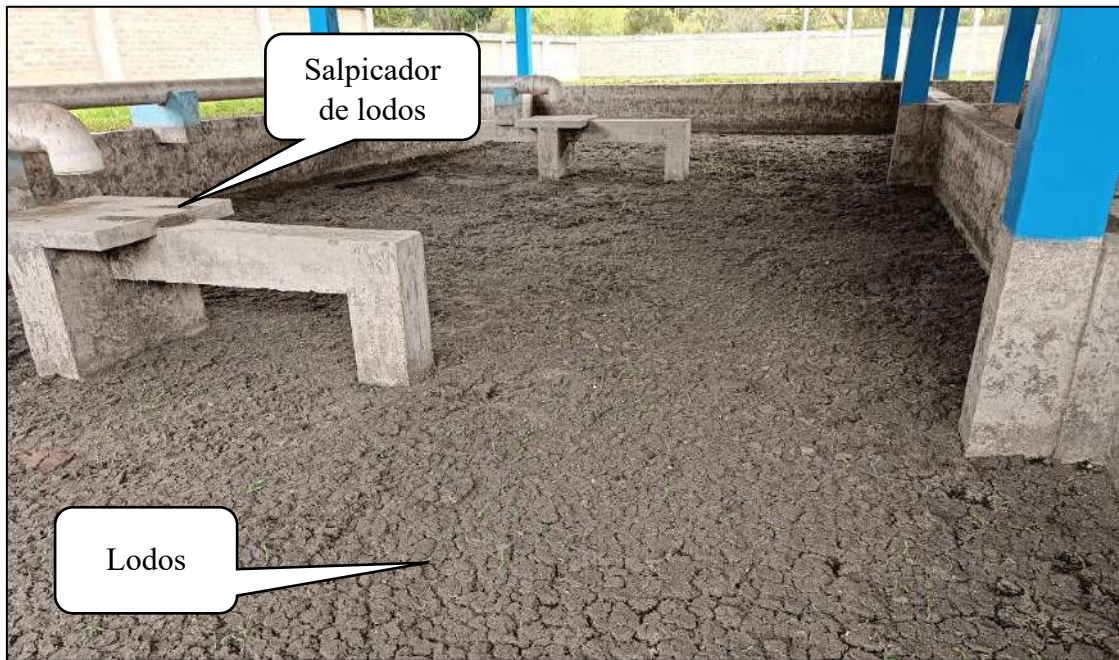
Las aguas residuales luego de ser tratadas en los Tanques Imhoff, los sólidos depositados en el fondo de los tanques son conducidos hacia 02 lechos de secado, uno para cada tanque Imhoff.

Los lechos de secado cuentan con 02 salpicadores cada uno cuyas medidas son 1.00m x 1.00m, conformado el ingreso por tubería PVC de alcantarillado de 200 mm (8") y una plataforma de concreto para la salpicadura del lodo.

Las medidas de los lechos de secado son las siguientes: 20.00m de largo y 6.00m de ancho. Respecto a la estructura de los lechos de secado se encuentran en buenas condiciones tanto de estructura (sin la presencia de grietas o fisuras) como en la arquitectura (con la pintura y tarrajeo en buen estado). El techo es de madera con cobertura de calamina en buen estado.



**Figura 21:** *Lecho de secado de la PTAR Namora*



#### **4.1.8. Humedal de flujo vertical subsuperficial**

El Humedal también conocido como biofiltro es la etapa de tratamiento más importante que tiene la presente PTAR, este ha sido diseñado pensando en que todo el sistema funcione solamente por gravedad y su disposición final sea en el río Namora.

Debido a ello se ha planteado como filtro biológico un humedal de flujo vertical subsuperficial (HFV). El ingreso a dicho humedal se realiza a través de 02 tuberías PVC de alcantarillado de 200 mm (8") provenientes de los tanques Imhoff y de los lechos de secado. Estas dos tuberías se distribuyen en 05 tuberías ranuradas de 200 mm (8") en todo lo largo y ancho del humedal.

Las aguas residuales en esta etapa se filtran por la grava y posteriormente salen hacia el río Namora.



**Figura 22:** *Humedal de Flujo vertical Subsuperficial*



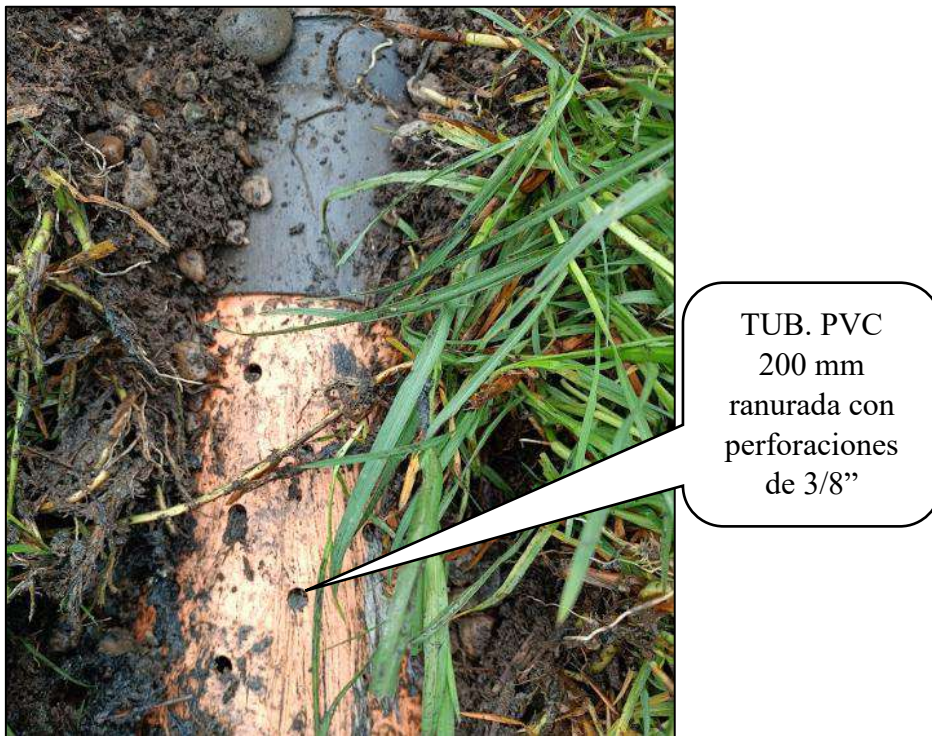
El humedal tiene forma rectangular con un largo de 13.00m y un ancho de 8.50m, en la parte central se ha instalado 05 aireadores. El material granular utilizado en el filtro es grava de rio es de 1 pulgada a 1 1/2". El humedal se encuentra saturado, esto debido al caudal de ingreso constante y la falta de mantenimiento y extracción de las plantas.

**Figura 23:** *Aireadores de Humedal*





**Figura 24:** *Tuberías con perforaciones en filtro biológico*



**Figura 25:** *Grava utilizada en filtro biológico*



## 4.2. Evaluación hidráulica

### 4.2.1. Caudal de ingreso

El caudal de ingreso a la PTAR de la ciudad de Namora se ha realizado aforando en el punto de ingreso de los 02 desarenadores utilizando el método volumétrico. Se ha optado

este método de aforo con fines prácticos y de precisión ya que no existía otra manera de aforar sin pérdidas de caudal debido a la configuración de las estructuras.

Los aforos se han realizado tanto en épocas de sequía como en época de lluvias, en los meses de septiembre del año 2024 (Domingo 15 de septiembre, miércoles 18 de septiembre y viernes 20 de septiembre) y en los meses de enero y febrero del año 2025 (domingo 26 de enero y domingo 02 de febrero) haciendo un total de 05 campañas de aforo como lo recomienda la normativa OS.090. Para cada campaña se iniciaron los aforos desde las 6:00 hasta las 18:00, haciendo un total de 12 horas.

El aforo se realizó bajo el siguiente procedimiento: con un recipiente de 12 litros graduado se recoge el agua que cae desde la tubería de 8 pulgadas hasta el desarenador y se mide el tiempo en el cual el recipiente se llena o en su defecto se mide el tiempo y el volumen que se ha llenado en el recipiente. Este procedo se realiza 05 veces y luego se obtiene un promedio para obtener el caudal final para determinada hora.

Para calcular el caudal se aplica la siguiente formula:

$$Q = \frac{V}{T} \quad (3)$$

Donde:

Q: Caudal en Litros/segundo

V: Volumen en Litros

T: Tiempo en segundos

Desarrollo de la ecuación:

$$Q = \frac{12}{2.5} \text{ L/s}$$

$$Q = 4.8 \text{ L/s}$$

De esta manera estimamos cada uno de los caudales y luego calculamos el promedio de 5 registros de caudales para obtener el caudal que se afora en una determinada hora.

**Tabla 4:** *Estimación de caudal para 1 hora específica*

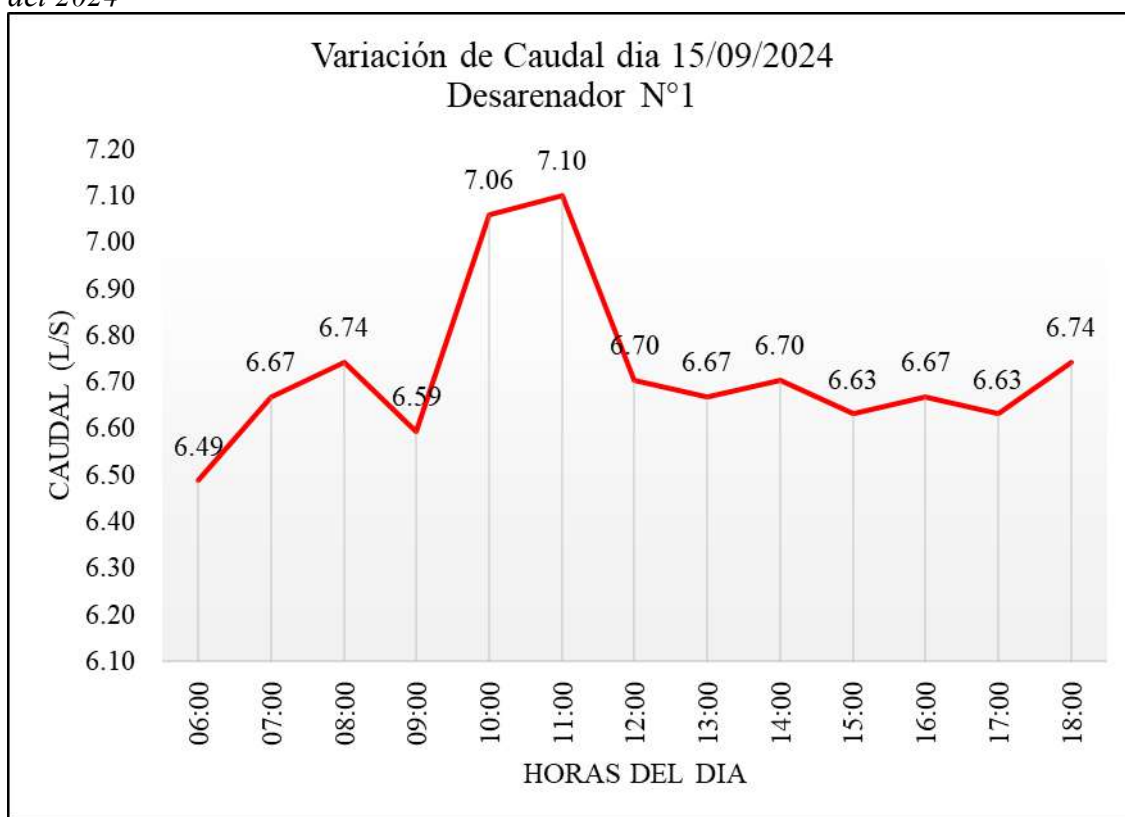
N° Repetición	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
1	12.00	1.90	6.32
2	12.00	1.79	6.70
3	12.00	1.89	6.35
4	12.00	1.85	6.49
5	12.00	1.82	6.59
<b>Caudal Final</b>			<b>6.49</b>

De esta manera se obtiene el caudal de las 06:00 am del domingo 15 de septiembre y el mismo procedimiento se realiza para los demás caudales, los promedios se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla 5:** *Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 15 de septiembre del 2024*

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	1.85	6.49	0.0065
07:00	12 L	1.80	6.67	0.0067
08:00	12 L	1.78	6.74	0.0067
09:00	12 L	1.82	6.59	0.0066
10:00	12 L	1.70	7.06	0.0071
11:00	12 L	1.69	7.10	0.0071
12:00	12 L	1.79	6.70	0.0067
13:00	12 L	1.80	6.67	0.0067
14:00	12 L	1.79	6.70	0.0067
15:00	12 L	1.81	6.63	0.0066
16:00	12 L	1.80	6.67	0.0067
17:00	12 L	1.81	6.63	0.0066
18:00	12 L	1.78	6.74	0.0067
<b>Caudal Promedio</b>			<b>6.72</b>	<b>0.0067</b>

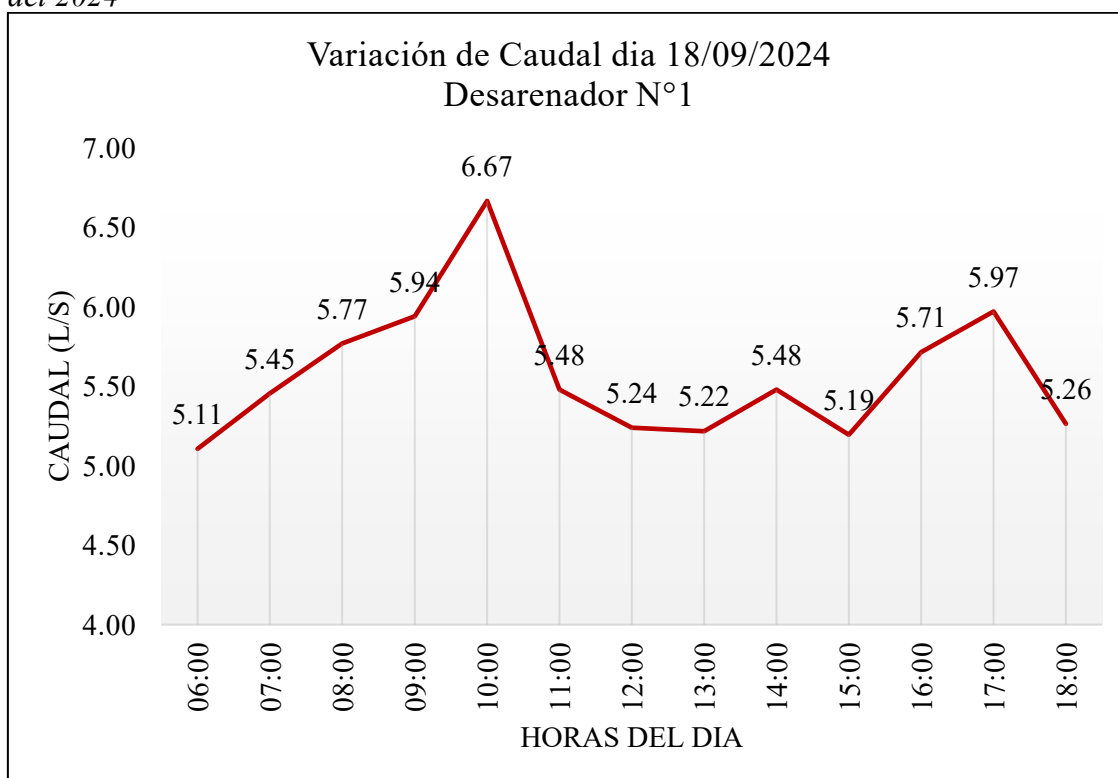
**Gráfico 1:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 15 de septiembre del 2024



**Tabla 6:** Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 18 de septiembre del 2024

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	2.35	5.11	0.0051
07:00	12 L	2.20	5.45	0.0055
08:00	12 L	2.08	5.77	0.0058
09:00	12 L	2.02	5.94	0.0059
10:00	12 L	1.80	6.67	0.0067
11:00	12 L	2.19	5.48	0.0055
12:00	12 L	2.29	5.24	0.0052
13:00	12 L	2.30	5.22	0.0052
14:00	12 L	2.19	5.48	0.0055
15:00	12 L	2.31	5.19	0.0052
16:00	12 L	2.10	5.71	0.0057
17:00	12 L	2.01	5.97	0.0060
18:00	12 L	2.28	5.26	0.0053
<b>Caudal Promedio</b>			<b>5.58</b>	<b>0.0056</b>

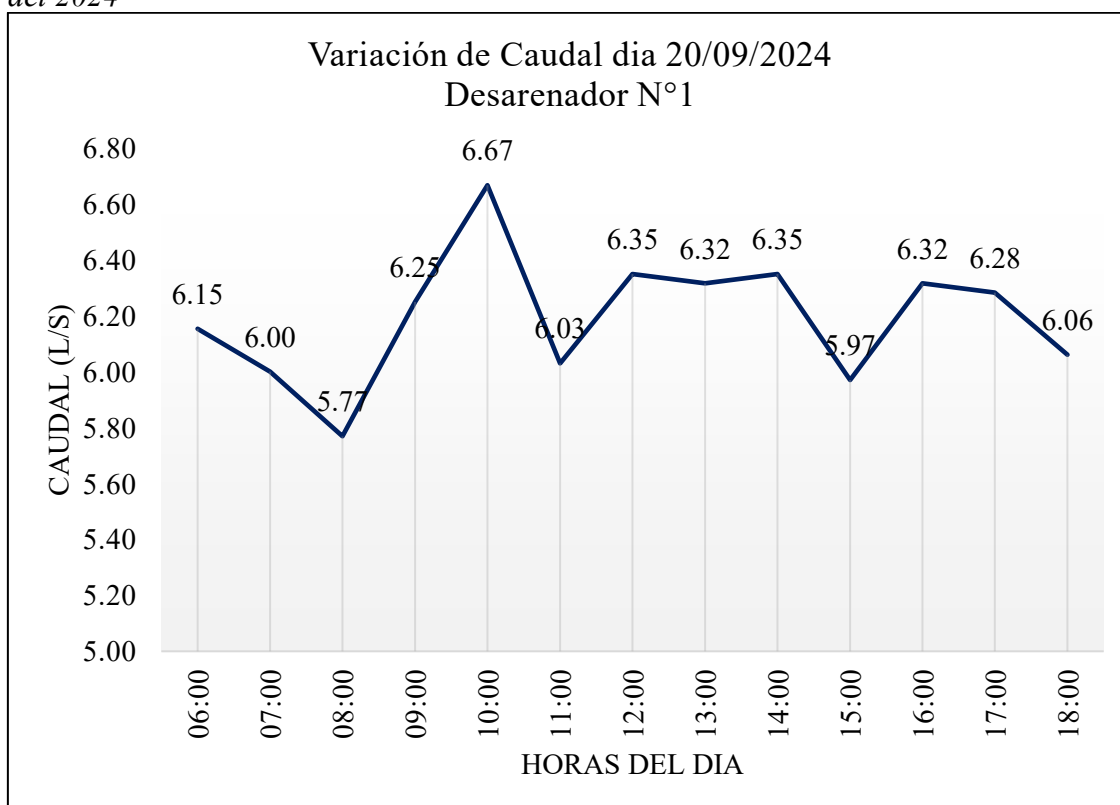
**Gráfico 2:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 18 de septiembre del 2024



**Tabla 7:** Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 20 de septiembre del 2024

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	1.95	6.15	0.0062
07:00	12 L	2.00	6.00	0.0060
08:00	12 L	2.08	5.77	0.0058
09:00	12 L	1.92	6.25	0.0063
10:00	12 L	1.80	6.67	0.0067
11:00	12 L	1.99	6.03	0.0060
12:00	12 L	1.89	6.35	0.0063
13:00	12 L	1.90	6.32	0.0063
14:00	12 L	1.89	6.35	0.0063
15:00	12 L	2.01	5.97	0.0060
16:00	12 L	1.90	6.32	0.0063
17:00	12 L	1.91	6.28	0.0063
18:00	12 L	1.98	6.06	0.0061
<b>Caudal Promedio</b>			<b>6.19</b>	<b>0.0062</b>

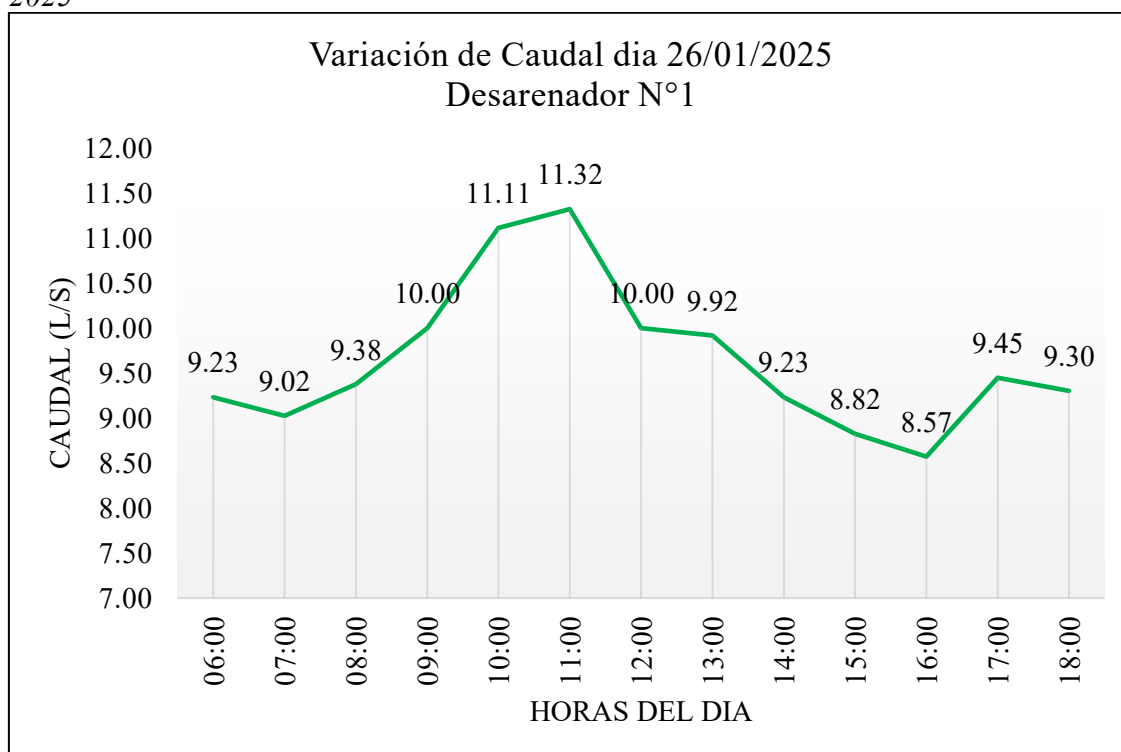
**Gráfico 3:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 20 de septiembre del 2024



**Tabla 8:** Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 26 de enero del 2025

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	1.30	9.23	0.0092
07:00	12 L	1.33	9.02	0.0090
08:00	12 L	1.28	9.38	0.0094
09:00	12 L	1.20	10.00	0.0100
10:00	12 L	1.08	11.11	0.0111
11:00	12 L	1.06	11.32	0.0113
12:00	12 L	1.20	10.00	0.0100
13:00	12 L	1.21	9.92	0.0099
14:00	12 L	1.30	9.23	0.0092
15:00	12 L	1.36	8.82	0.0088
16:00	12 L	1.40	8.57	0.0086
17:00	12 L	1.27	9.45	0.0094
18:00	12 L	1.29	9.30	0.0093
<b>Caudal Promedio</b>			<b>9.64</b>	<b>0.0096</b>

**Gráfico 4:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 26 de enero del 2025

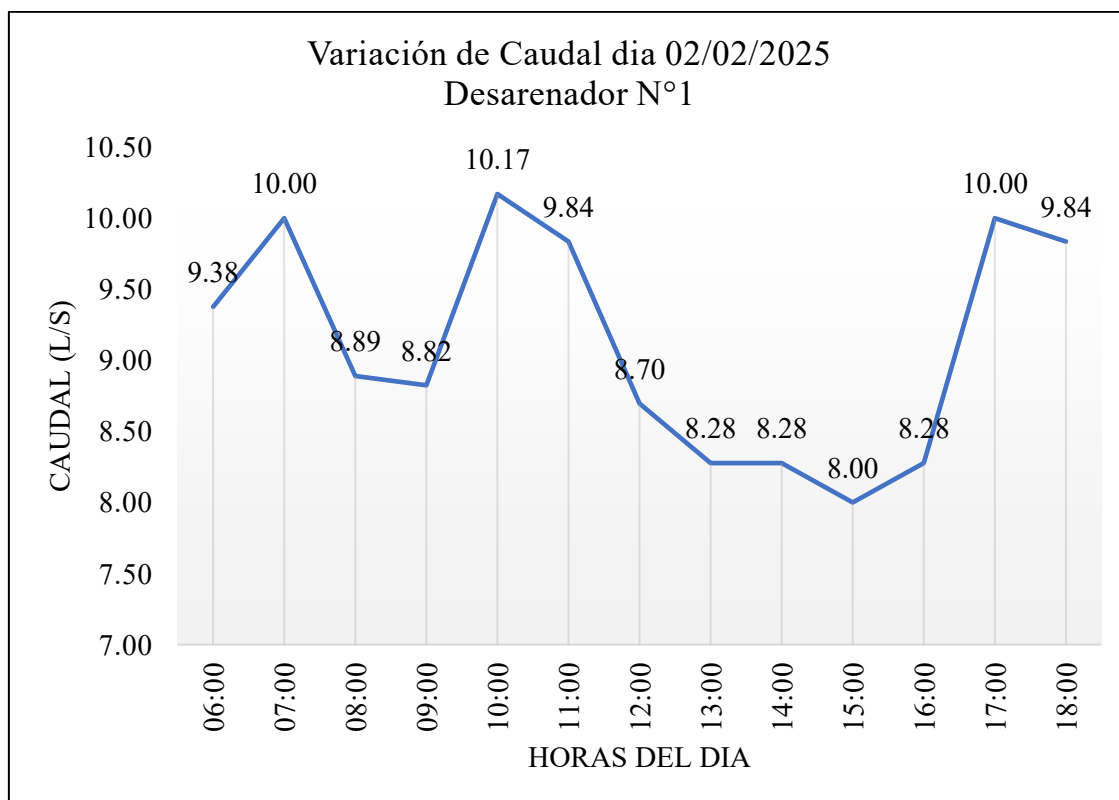


**Tabla 9:** Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°1 de la PTAR en 12 horas, día 02 de febrero del 2025

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	1.28	9.38	0.0094
07:00	12 L	1.20	10.00	0.0100
08:00	12 L	1.35	8.89	0.0089
09:00	12 L	1.36	8.82	0.0088
10:00	12 L	1.18	10.17	0.0102
11:00	12 L	1.22	9.84	0.0098
12:00	12 L	1.38	8.70	0.0087
13:00	12 L	1.45	8.28	0.0083
14:00	12 L	1.45	8.28	0.0083
15:00	12 L	1.50	8.00	0.0080
16:00	12 L	1.45	8.28	0.0083
17:00	12 L	1.20	10.00	0.0100
18:00	12 L	1.22	9.84	0.0098
<b>Caudal Promedio</b>			<b>9.11</b>	<b>0.0091</b>



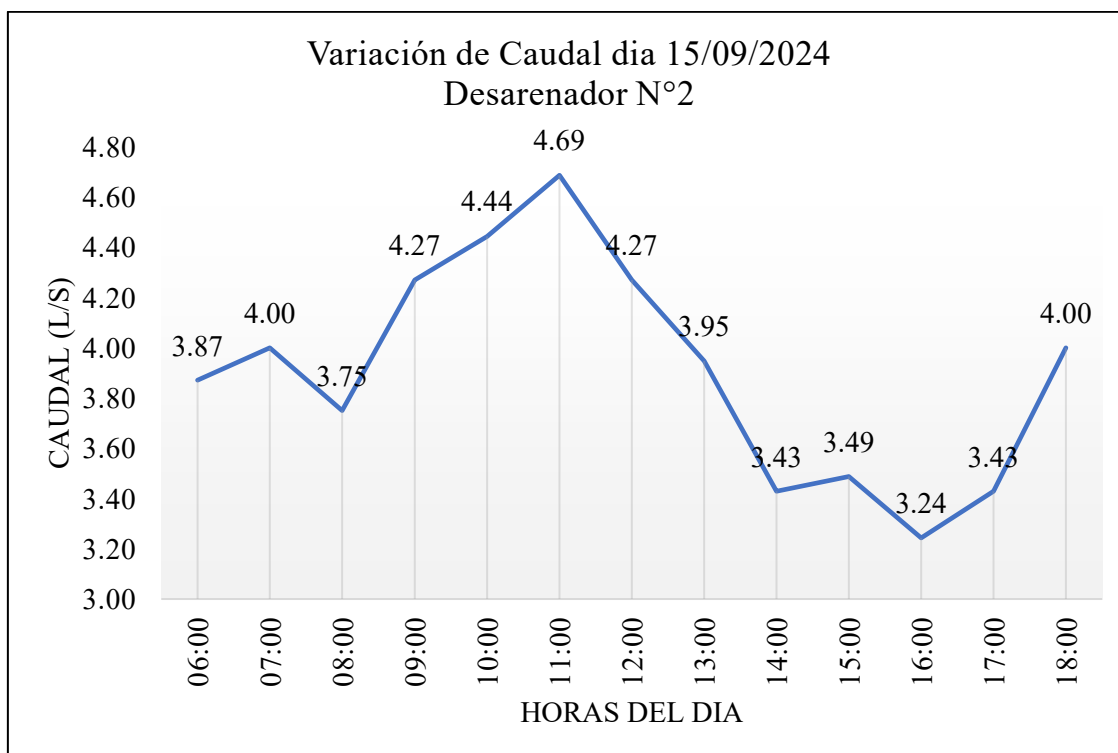
**Gráfico 5:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°1, día 02 de febrero del 2025



**Tabla 10:** Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 15 de septiembre del 2024

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	3.10	3.87	0.0039
07:00	12 L	3.00	4.00	0.0040
08:00	12 L	3.20	3.75	0.0038
09:00	12 L	2.81	4.27	0.0043
10:00	12 L	2.70	4.44	0.0044
11:00	12 L	2.56	4.69	0.0047
12:00	12 L	2.81	4.27	0.0043
13:00	12 L	3.04	3.95	0.0039
14:00	12 L	3.50	3.43	0.0034
15:00	12 L	3.44	3.49	0.0035
16:00	12 L	3.70	3.24	0.0032
17:00	12 L	3.50	3.43	0.0034
18:00	12 L	3.00	4.00	0.0040
<b>Caudal Promedio</b>			<b>3.91</b>	<b>0.0039</b>

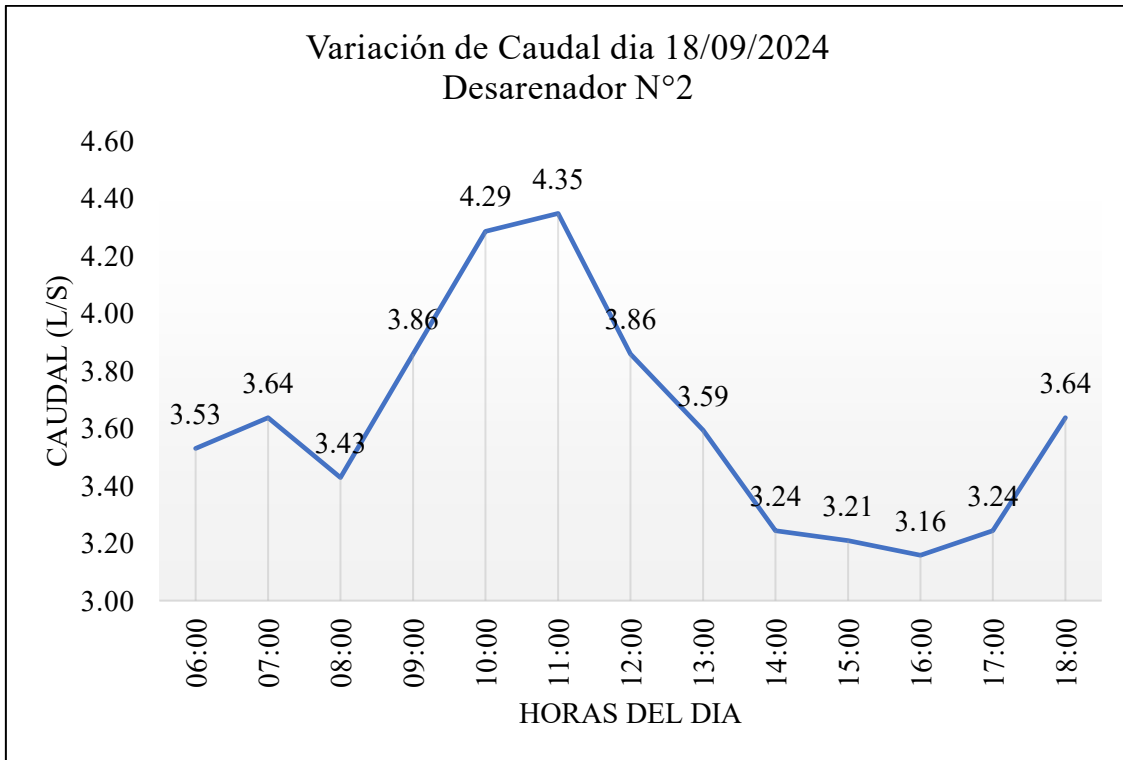
**Gráfico 6:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 15 de septiembre del 2024



**Tabla 11:** Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 18 de septiembre del 2024

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	3.40	3.53	0.0035
07:00	12 L	3.30	3.64	0.0036
08:00	12 L	3.50	3.43	0.0034
09:00	12 L	3.11	3.86	0.0039
10:00	12 L	2.80	4.29	0.0043
11:00	12 L	2.76	4.35	0.0043
12:00	12 L	3.11	3.86	0.0039
13:00	12 L	3.34	3.59	0.0036
14:00	12 L	3.70	3.24	0.0032
15:00	12 L	3.74	3.21	0.0032
16:00	12 L	3.80	3.16	0.0032
17:00	12 L	3.70	3.24	0.0032
18:00	12 L	3.30	3.64	0.0036
<b>Caudal Promedio</b>			<b>3.62</b>	<b>0.0036</b>

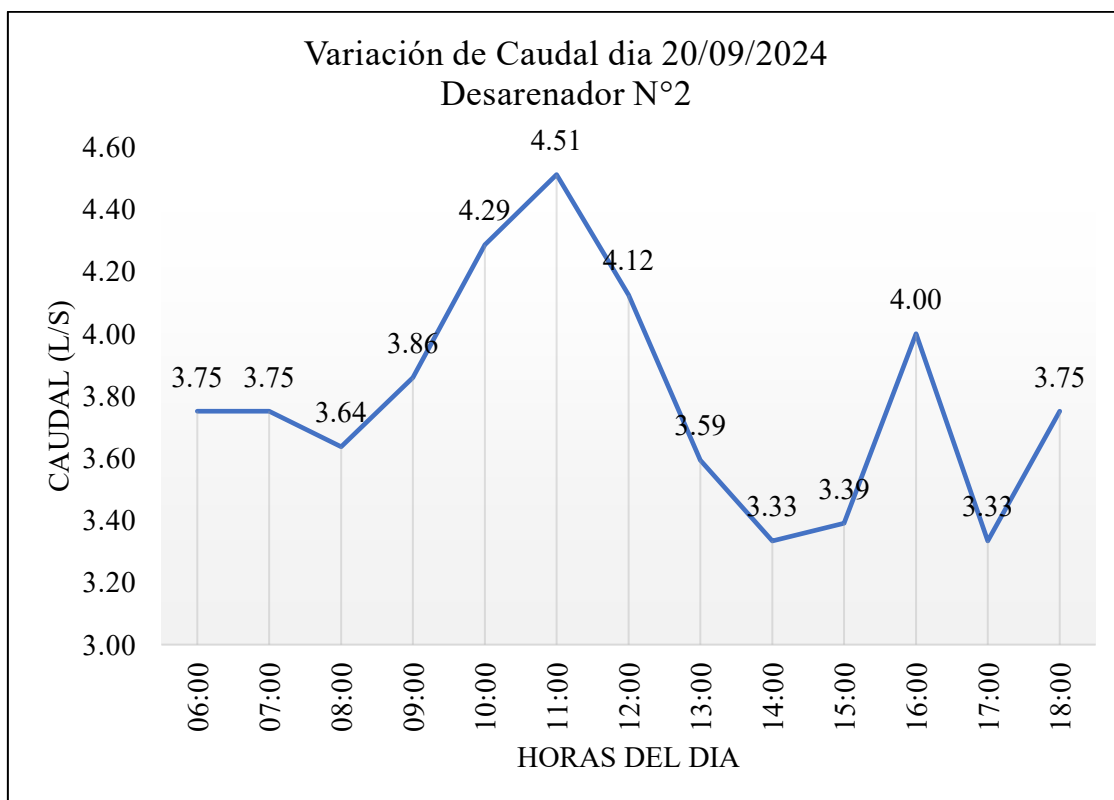
**Gráfico 7:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 18 de septiembre del 2024



**Tabla 12:** Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 20 de septiembre del 2024

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	3.20	3.75	0.0038
07:00	12 L	3.20	3.75	0.0038
08:00	12 L	3.30	3.64	0.0036
09:00	12 L	3.11	3.86	0.0039
10:00	12 L	2.80	4.29	0.0043
11:00	12 L	2.66	4.51	0.0045
12:00	12 L	2.91	4.12	0.0041
13:00	12 L	3.34	3.59	0.0036
14:00	12 L	3.60	3.33	0.0033
15:00	12 L	3.54	3.39	0.0034
16:00	12 L	3.00	4.00	0.0040
17:00	12 L	3.60	3.33	0.0033
18:00	12 L	3.20	3.75	0.0038
<b>Caudal Promedio</b>			<b>3.79</b>	<b>0.0038</b>

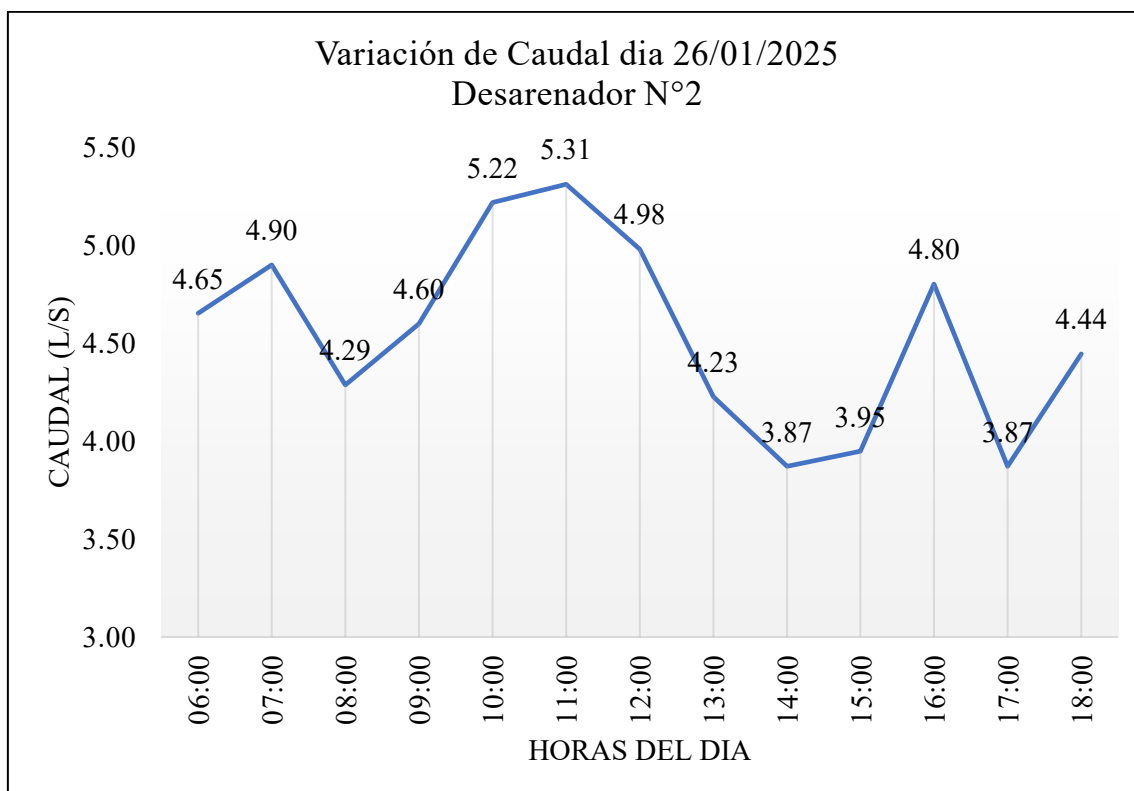
**Gráfico 8:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 20 de septiembre del 2024



**Tabla 13:** Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 26 de enero del 2025

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	2.58	4.65	0.0047
07:00	12 L	2.45	4.90	0.0049
08:00	12 L	2.80	4.29	0.0043
09:00	12 L	2.61	4.60	0.0046
10:00	12 L	2.30	5.22	0.0052
11:00	12 L	2.26	5.31	0.0053
12:00	12 L	2.41	4.98	0.0050
13:00	12 L	2.84	4.23	0.0042
14:00	12 L	3.10	3.87	0.0039
15:00	12 L	3.04	3.95	0.0039
16:00	12 L	2.50	4.80	0.0048
17:00	12 L	3.10	3.87	0.0039
18:00	12 L	2.70	4.44	0.0044
<b>Caudal Promedio</b>			<b>4.55</b>	<b>0.0045</b>

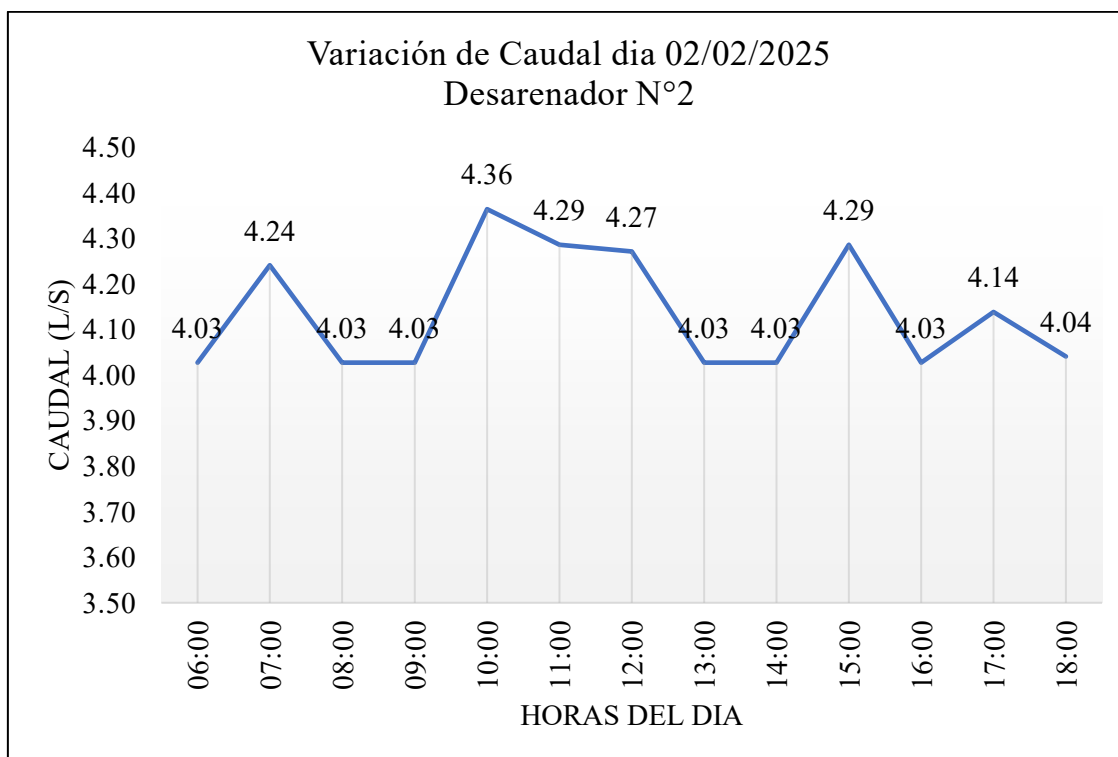
**Gráfico 9:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 26 de enero del 2025



**Tabla 14:** Caudal aforado al ingreso del Desarenador N°2 de la PTAR en 12 horas, día 02 de febrero del 2025

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	12 L	2.98	4.03	0.0040
07:00	12 L	2.83	4.24	0.0042
08:00	12 L	2.98	4.03	0.0040
09:00	12 L	2.98	4.03	0.0040
10:00	12 L	2.75	4.36	0.0044
11:00	12 L	2.80	4.29	0.0043
12:00	12 L	2.81	4.27	0.0043
13:00	12 L	2.98	4.03	0.0040
14:00	12 L	2.98	4.03	0.0040
15:00	12 L	2.80	4.29	0.0043
16:00	12 L	2.98	4.03	0.0040
17:00	12 L	2.90	4.14	0.0041
18:00	12 L	2.97	4.04	0.0040
<b>Caudal Promedio</b>			<b>4.14</b>	<b>0.0041</b>

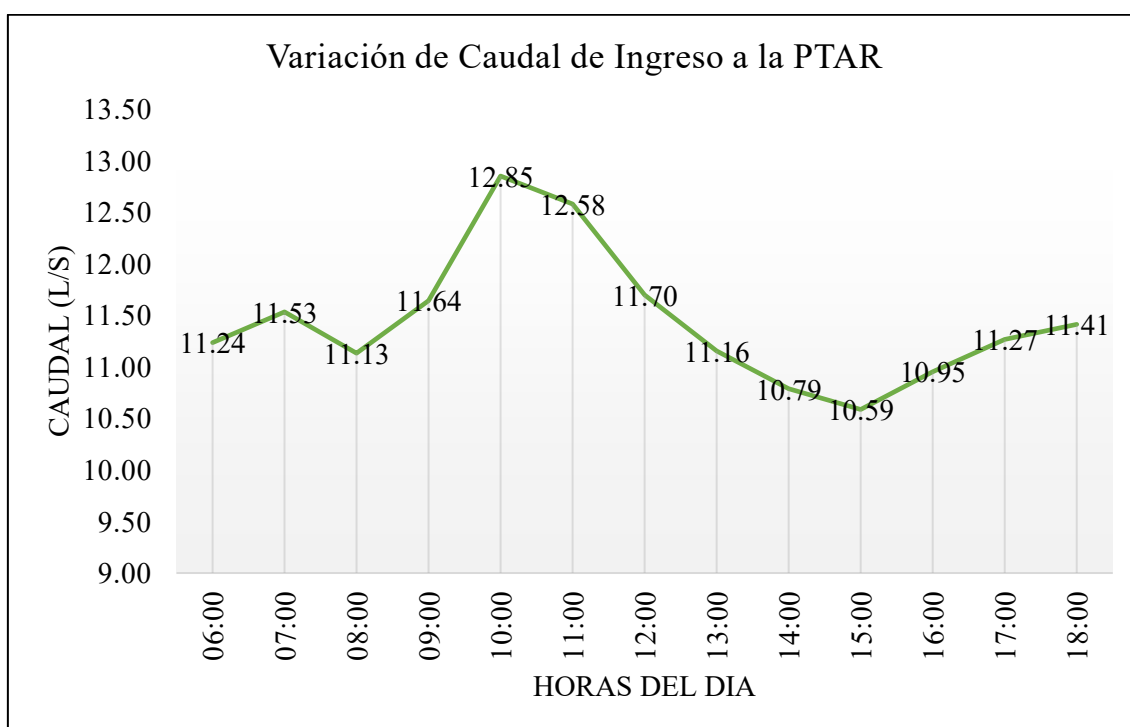
**Gráfico 10:** Variación del caudal de ingreso al Desarenador N°2, día 02 de febrero del 2025



**Tabla 15:** Caudales de ingreso a la PTAR en 12 horas

Hora	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
06:00	11.24	0.0112
07:00	11.53	0.0115
08:00	11.13	0.0111
09:00	11.64	0.0116
10:00	12.85	0.0129
11:00	12.58	0.0126
12:00	11.70	0.0117
13:00	11.16	0.0112
14:00	10.79	0.0108
15:00	10.59	0.0106
16:00	10.95	0.0110
17:00	11.27	0.0113
18:00	11.41	0.0114
<b>Caudal Promedio</b>	<b>11.45</b>	<b>0.0115</b>

**Gráfico 11:** Variación del caudal de ingreso a la PTAR en 12 horas



**Tabla 16:** Resumen de Caudales de Ingreso al Desarenador N°1

Q máximo	11.32 L/s
Q medio	7.45 L/s
Q mínimo	5.11 L/s

**Tabla 17:** Resumen de Caudales de Ingreso al Desarenador N°2

Q máximo	5.31 L/s
Q medio	4.00 L/s
Q mínimo	3.16 L/s

**Tabla 18:** Resumen de Caudales de Ingreso a la PTAR

Q máximo	12.85 L/s
Q medio	11.45 L/s
Q mínimo	10.59 L/s

## 4.2.2. Evaluación hidráulica del desarenador N°1

### 4.2.2.1. Caudal de ingreso

El caudal de ingreso al desarenador N°1, se detalla en la Tabla 30, caudales obtenidos mediante el aforo volumétrico, obteniéndose como resultados un caudal máximo de 11.32 l/s, caudal medio de 7.45 l/s y caudal mínimo de 5.11 l/s

### 4.2.2.2. Velocidad de Ingreso

Para estimar las velocidades se ha hecho uso de la ecuación de continuidad

$$Q = V * A \quad (4)$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q: Caudal (máximo, medio, mínimo)

A: Área de tubería (8 pulgadas)

#### ➤ Velocidad Mínima

Para un caudal mínimo de 0.00511 m<sup>3</sup>/s y área de 0.0100 m<sup>2</sup>

$$Q = V * A \quad (4)$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{Q (m^3/s)}{A(m^2)}$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{0.00511 (m^3/s)}{0.0100(m^2)}$$

$$V = 0.51 m/s$$

#### ➤ Velocidad Media

Para un caudal medio de 0.00745 m<sup>3</sup>/s y área de 0.0130 m<sup>2</sup>

$$Q = V * A \quad (4)$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{Q (m^3/s)}{A(m^2)}$$



$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{0.00745 (m^3/s)}{0.0130(m^2)}$$

$$V = 0.57 m/s$$

➤ **Velocidad Máxima**

Para un caudal máximo de 0.01132 m<sup>3</sup>/s y área de 0.0147 m<sup>2</sup>

$$Q = V * A \tag{4}$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{Q (m^3/s)}{A(m^2)}$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{0.01132 (m^3/s)}{0.0147(m^2)}$$

$$V = 0.77 m/s$$

Se evaluó las velocidades mínima, media y máxima de ingreso al desarenador N°1. Las velocidades en el Desarenador 1 son: 0.51 m/s, 0.57 m/s y 0.77 m/s respectivamente. La Normativa OS.090 señala que las velocidades antes de ingreso a los desarenadores deben estar comprendido entre 0.3 m/s y 0.6 m/s, la velocidad máxima en el desarenador 1 supera la velocidad de la normativa, generando erosión y deterioro constante en la estructura.

**4.2.2.3. Tiempo de Retención hidráulica**

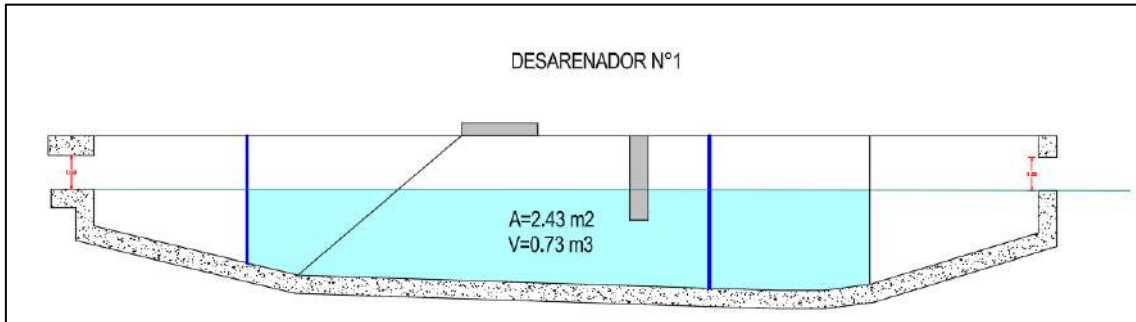
El tiempo de retención hidráulica (TRH) de un desarenador está referido al tiempo que el agua o caudal de ingreso se encuentra en la estructura antes de pasar a la siguiente estructura de tratamiento (Tanque Imhoff), es un parámetro muy importante ya que nos permite determinar si es correcta la sedimentación de partículas.

Para determinar en TRH se utiliza la siguiente formula:

$$TRH = \frac{\text{Volumen del desarenador}}{\text{Caudal de Ingreso}} \tag{5}$$

**Volumen del desarenador:** Para poder determinar el volumen del desarenador de ha realizado un levantamiento en campo, donde se determinaron todas las dimensiones y tirantes.

**Figura 26:** *Volumen de desarenador N°1*



**Caudal de Ingreso:** Se ha evaluado el tiempo de retención hidráulica para el caudal máximo ( $Q_{max} = 11.32 \text{ L/s}$ ) ya que es la situación más crítica en la que trabajaría la estructura.

$$TRH = \frac{0.73 \text{ m}^3}{0.01132 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$TRH = 64.49 \text{ s}$$

Se puede observar que el Tiempo de retención hidráulica del Desarenador N°1 es de 64.49 segundos, el cual está dentro de los valores determinados, según normativa el TRH debe oscilar de 20 segundos a 3 minutos.

### 4.2.3. Evaluación hidráulica del desarenador N°2

#### 4.2.3.1. Caudal de ingreso

El caudal de ingreso al desarenador N°2, se detalla en el ítem 4.2.1., caudales obtenidos mediante el aforo volumétrico, obteniéndose como resultados un caudal máximo de 5.31 l/s, caudal medio de 4.00 l/s y caudal mínimo de 3.16 l/s

#### 4.2.3.2. Velocidad de Ingreso

##### ➤ Velocidad Mínima

Para un caudal mínimo de 0.00316 m<sup>3</sup>/s y área de 0.0081 m<sup>2</sup>

$$Q = V * A \quad (4)$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{Q (m^3/s)}{A(m^2)}$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{0.00316 (m^3/s)}{0.01(m^2)}$$

$$V = 0.32 \text{ m/s}$$

##### ➤ Velocidad Media

Para un caudal medio de 0.004 m<sup>3</sup>/s y área de 0.011 m<sup>2</sup>

$$Q = V * A \quad (4)$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{Q (m^3/s)}{A(m^2)}$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{0.004 (m^3/s)}{0.011(m^2)}$$

$$V = 0.36 \text{ m/s}$$

##### ➤ Velocidad Máxima

Para un caudal máximo de 0.00531 m<sup>3</sup>/s y área de 0.0128 m<sup>2</sup>

$$Q = V * A \quad (4)$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{Q (m^3/s)}{A(m^2)}$$

$$V \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{0.00531 (m^3/s)}{0.0128(m^2)}$$

$$V = 0.41 \text{ m/s}$$

Se ha evaluado las velocidades mínima, media y máxima de ingreso al desarenador N°2.

Las velocidades son: 0.32 m/s, 0.36 m/s y 0.41 m/s respectivamente. Según la Normativa

OS.090 señala que las velocidades antes de ingreso a los desarenadores deben estar comprendido entre 0.3 m/s y 0.6 m/s, el desarenador N°2 hidráulicamente funciona de manera correcta.

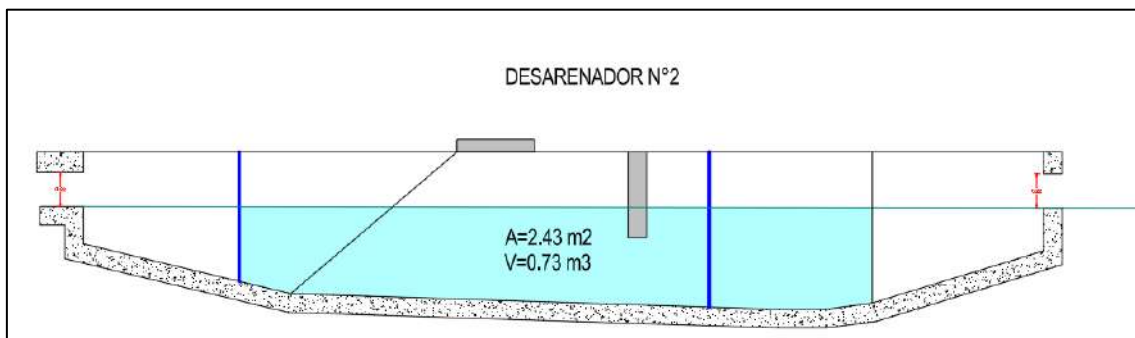
#### 4.2.3.3. Tiempo de Retención hidráulica

Para determinar en Tiempo de retención Hidráulica (TRH) se utiliza la siguiente formula:

$$TRH = \frac{\text{Volumen del desarenador}}{\text{Caudal de Ingreso}} \quad (5)$$

**Volumen del desarenador:** Para poder determinar el volumen del desarenador de ha realizado un levantamiento en campo, donde se determinaron todas las dimensiones y tirantes.

**Figura 27:** Volumen de desarenador N°2



**Caudal de Ingreso:** Se ha evaluado el tiempo de retención hidráulica para el caudal máximo ( $Q_{\text{max}} = 5.31 \text{ L/s}$ ) ya que es la situación más crítica en la que trabajaría la estructura.

$$TRH = \frac{0.73 \text{ m}^3}{0.00531 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$TRH = 137.48 \text{ s}$$

Se puede observar que el Tiempo de retención hidráulica del Desarenador N°2 es de 137.48 segundos, el cual está dentro de los valores determinados según normativa la cual indica que el TRH debe estar comprendido entre 20 segundos a 3 minutos.

#### 4.2.4. Evaluación hidráulica del tanque Imhoff N°1

La evaluación hidráulica del tanque Imhoff se ha realizado tomando en consideración 03 puntos importantes: El tiempo de retención hidráulica, el cual nos indicará si el periodo que pasa el agua en el tanque es el adecuado para que se produzca una correcta sedimentación, el borde libre, el cual nos indicará si el tanque Imhoff soporta el caudal de ingreso y salida no superando los límites de la estructura y la carga hidráulica para evacuación de lodos, este último parámetro nos indicará si el desecho de lodos se realiza de manera eficiente ya que no existe una remoción mecánica de lodos, solo se realiza por diferencia de presiones.

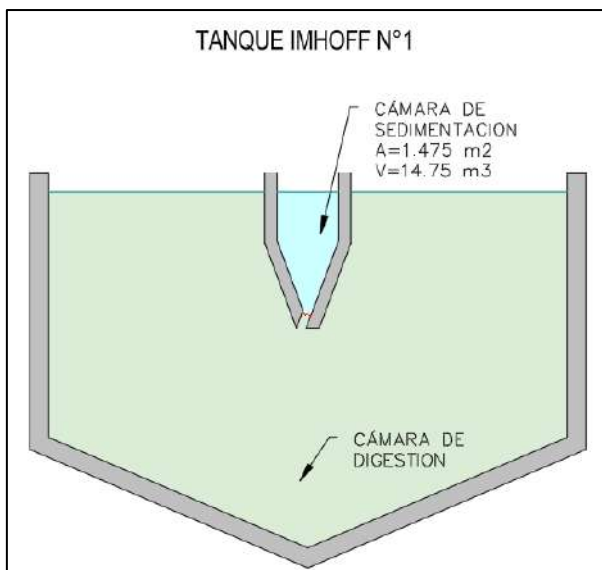
##### 4.2.4.1. Tiempo de retención hidráulica

Para poder determinar el tiempo de retención hidráulica del tanque Imhoff N°1 se ha utilizado la siguiente formula.

$$TRH = \frac{\text{Volumen de Camara de Sedimentacion}}{\text{Caudal de ingreso}} \quad (6)$$

El volumen de la cámara de sedimentación se ha determinado realizando el levantamiento topográfico en campo.

**Figura 28:** Cámara de sedimentación Tanque Imhoff N°1



Se ha realizado el cálculo de caudal acumulado de la fecha 26 de enero del 2025 ya que en este día se registró el mayor ingreso de caudal al tanque Imhoff N°1, se opta por utilizar estos caudales ya que el tanque Imhoff estaría trabajando con el caudal máximo de ingreso.

**Tabla 19:** Caudal acumulado Tanque Imhoff N°1

<b>Hora</b>	<b>Volumen (L)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Caudal (m3/h)</b>
06:00	12 L	1.28	9.38	33.75
07:00	12 L	1.20	10.00	36.00
08:00	12 L	1.35	8.89	32.00
09:00	12 L	1.36	8.82	31.76
10:00	12 L	1.18	10.17	36.61
11:00	12 L	1.22	9.84	35.41
12:00	12 L	1.38	8.70	31.30
13:00	12 L	1.45	8.28	29.79
14:00	12 L	1.45	8.28	29.79
15:00	12 L	1.50	8.00	28.80
16:00	12 L	1.45	8.28	29.79
17:00	12 L	1.20	10.00	36.00
18:00	12 L	1.22	9.84	35.41
<b>PROMEDIO</b>			<b>9.11</b>	<b>32.80</b>

En la tabla N°19 se observa que el caudal de ingreso al Tanque Imhoff N°1 es de 32.80 m3/h

Con los resultados del caudal de ingreso y volumen de la zona de sedimentación tenemos la siguiente relación:

$$TRH = \frac{14.75 \text{ m}^3}{32.80 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$TRH = 0.45 \text{ h}$$

$$TRH = 26.98 \text{ min}$$

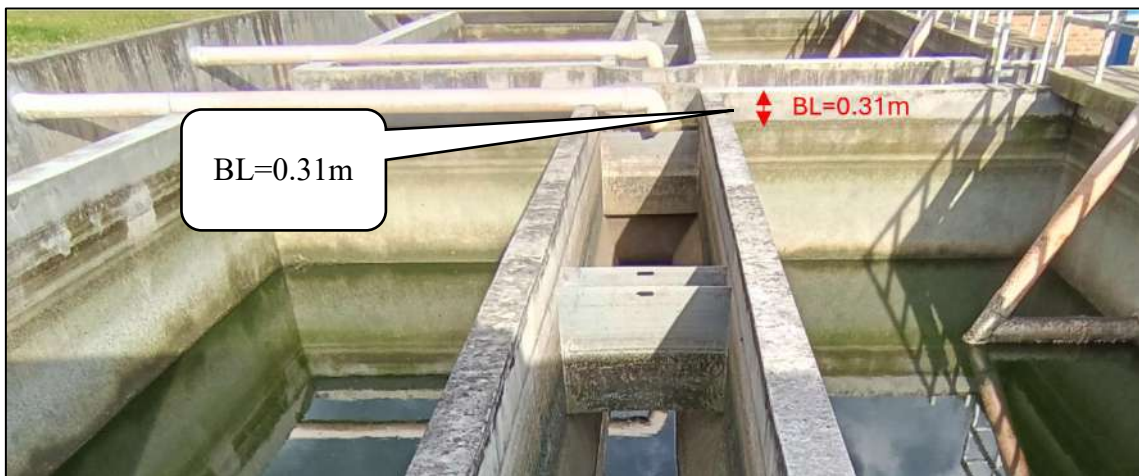
El tiempo de retención hidráulica del tanque Imhoff N°1 es de 26.98 minutos, esto debido a las dimensiones de la cámara de sedimentación, ya que no abastecen al caudal de

ingreso, se está incumpliendo la normativa O.S.090 la cual indica en el apartado b) del ítem 5.4.2.2. que el tiempo de retención de un tanque Imhoff será entre 1.5 a 2.5 horas.

#### 4.2.4.2. Borde libre

El borde libre del tanque Imhoff N°1 se ha medido en campo y tiene una medida de 0.31 m como se observa en la figura N°29, este borde libre cumple con la normativa O.S.090 la cual en el apartado e) del ítem 5.4.2.2. indica que el borde libre debe ser 0.30 m.

**Figura 29:** Borde libre en tanque Imhoff N°1

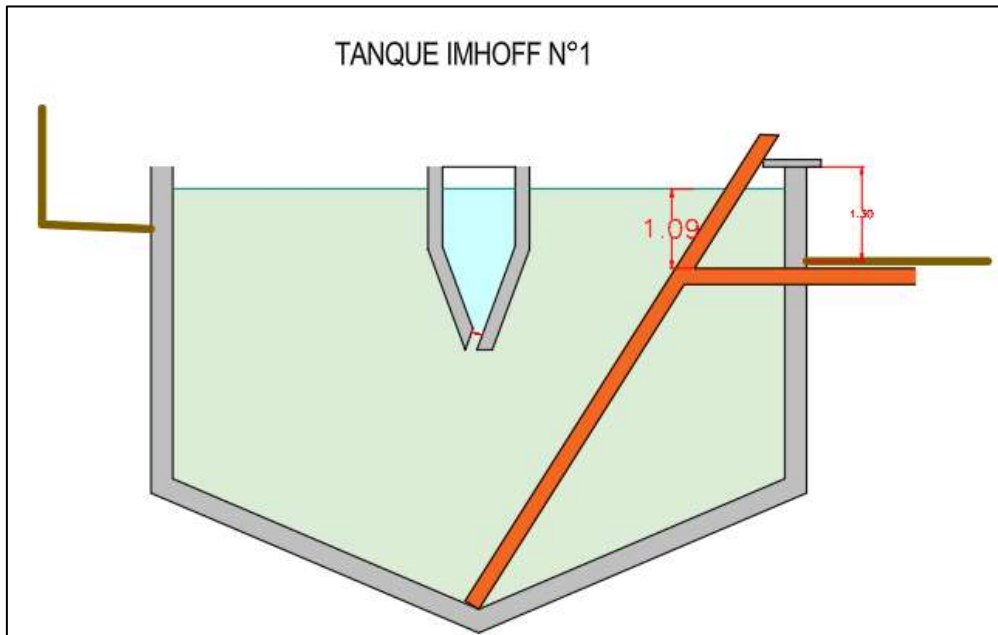


Como se aprecia en la figura N°29. El borde libre de los tanques Imhoff se ha medido en campo utilizando como referencia la huella hídrica ya que esta nos indica cual es el máximo nivel de agua que se ha presentado en el tanque.

#### 4.2.4.3. Carga hidráulica para evacuación de lodos

La carga hidráulica para la remoción de lodos se ha estimado de acuerdo con el levantamiento topográfico de campo.

**Figura 30:** Carga hidráulica en tanque Imhoff N°1



La carga hidráulica para remoción de lodos es de 1.09 m, esto debido a la topografía del terreno, esta carga hidráulica incumple con la normativa O.S.090 la cual en el apartado c) del ítem 5.4.2.5. indica que la carga hidráulica mínima para remoción de lodos debe ser 1.80 m.

#### **4.2.5. Evaluación hidráulica del tanque Imhoff N°2**

Al igual que en el Tanque Imhoff N°1, en el tanque Imhoff N°2 la evaluación hidráulica se ha realizado tomando en consideración 03 puntos importantes: El tiempo de retención hidráulica, el cual nos indicará si el periodo que pasa el agua en el tanque es el adecuado para que se produzca una correcta sedimentación, el borde libre, el cual nos indicará si el tanque Imhoff soporta el caudal de ingreso y salida no superando los límites de la estructura y la carga hidráulica para evacuación de lodos, este último parámetro nos indicará si el desecho de lodos se realiza de manera eficiente ya que no existe una remoción mecánica de lodos, solo se realiza por diferencia de presiones.



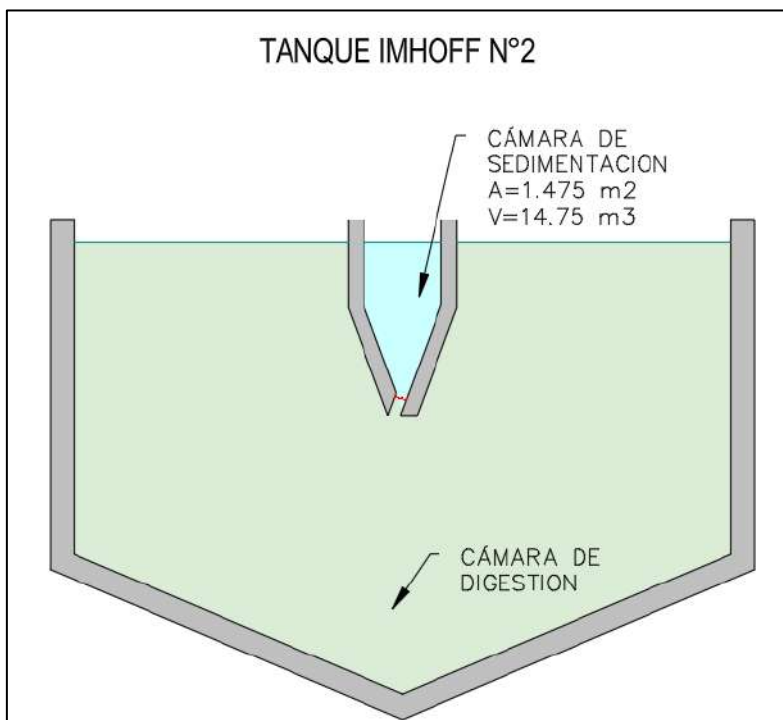
#### 4.2.5.1. Tiempo de retención hidráulica

Para poder determinar el tiempo de retención hidráulica del tanque Imhoff N°2 se ha utilizado la siguiente formula.

$$TRH = \frac{\text{Volumen de Camara de Sedimentacion}}{\text{Caudal de ingreso}} \quad (6)$$

El volumen de la cámara de sedimentación se ha determinado realizando el levantamiento topográfico en campo.

**Figura 31:** Cámara de sedimentación Tanque Imhoff N°2



Se ha realizado el cálculo de caudal acumulado de la fecha 26 de enero del 2025 ya que en este día se registró el mayor ingreso de caudal al tanque Imhoff N°2, se opta por utilizar estos caudales ya que el tanque Imhoff estaría trabajando con el caudal máximo de ingreso.

**Tabla 20:** Caudal acumulado Tanque Imhoff N°2

<b>Hora</b>	<b>Volumen (L)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Caudal (m3/h)</b>
06:00	12 L	2.58	4.65	16.74
07:00	12 L	2.45	4.90	17.63
08:00	12 L	2.80	4.29	15.43
09:00	12 L	2.61	4.60	16.55
10:00	12 L	2.30	5.22	18.78
11:00	12 L	2.26	5.31	19.12
12:00	12 L	2.41	4.98	17.93
13:00	12 L	2.84	4.23	15.21
14:00	12 L	3.10	3.87	13.94
15:00	12 L	3.04	3.95	14.21
16:00	12 L	2.50	4.80	17.28
17:00	12 L	3.10	3.87	13.94
18:00	12 L	2.70	4.44	16.00
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.55</b>	<b>16.37</b>

En la tabla N°20 se observa que el caudal de ingreso hacia el tanque Imhoff N°2 es de 16.37 m3/h

Con los resultados del caudal acumulado y volumen de la zona de sedimentación tenemos la siguiente relación:

$$TRH = \frac{14.75 \text{ m}^3}{16.37 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$TRH = 0.90 \text{ h}$$

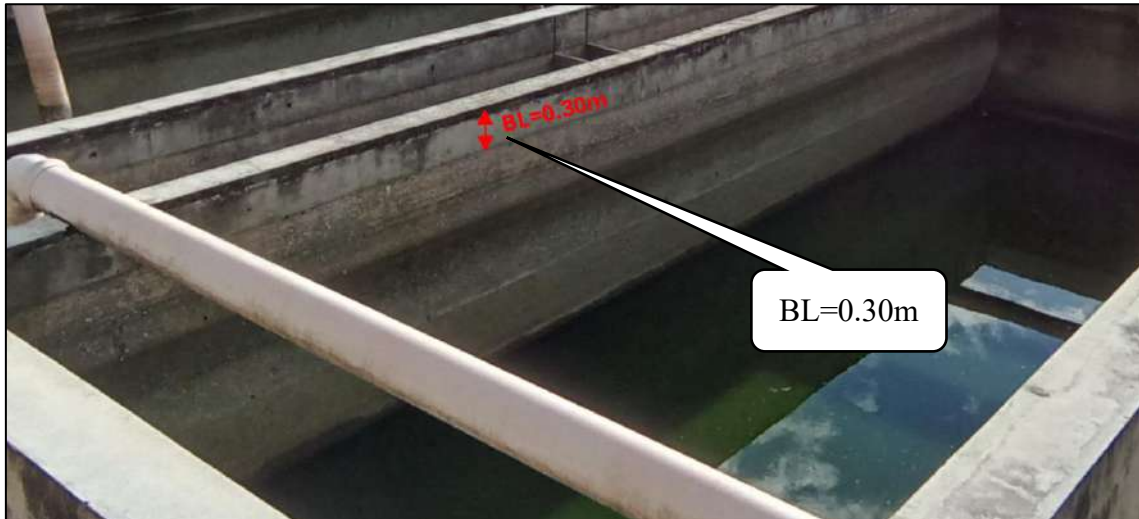
$$TRH = 54.08 \text{ min}$$

El tiempo de retención hidráulica del tanque Imhoff N°2 es de 54.08 minutos, esto debido a las dimensiones de la cámara de sedimentación ya que no abastecen al caudal de ingreso, se está incumpliendo la normativa O.S.090 la cual indica en el apartado b) del ítem 5.4.2.2. que el tiempo de retención de un tanque Imhoff será entre 1.5 a 2.5 horas.

#### 4.2.5.2. Borde libre

El borde libre del tanque Imhoff N°2 se ha medido en campo y tiene una medida de 0.30 m como se observa en la figura N°32, este borde libre cumple con la normativa O.S.090 la cual en el apartado e) del ítem 5.4.2.2. indica que el borde libre debe ser 0.30 m.

**Figura 32:** Borde libre en tanque Imhoff N°2

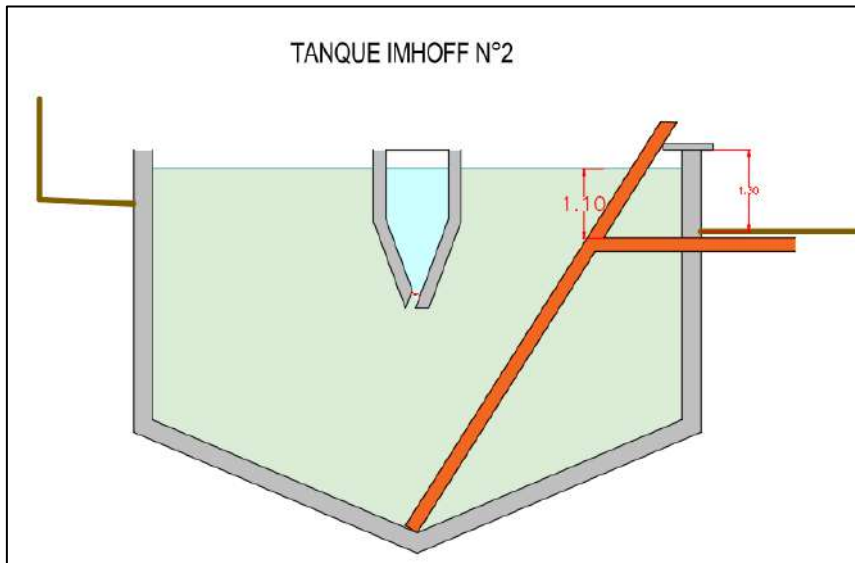


Como se aprecia en la figura N°32. El borde libre de los tanques Imhoff se ha medido en campo utilizando como referencia la huella hídrica ya que esta nos indica cual es el máximo nivel de agua que se ha presentado en el tanque.

#### 4.2.5.3. Carga hidráulica para evacuación de lodos

La carga hidráulica para la remoción de lodos se ha estimado de acuerdo con el levantamiento topográfico de campo.

**Figura 33:** Carga hidráulica en tanque Imhoff N°2



La carga hidráulica para remoción de lodos es de 1.10 m, esto debido a la topografía del terreno, esta carga hidráulica incumple con la normativa O.S.090 la cual en el apartado c) del ítem 5.4.2.5. indica que la carga hidráulica mínima para remoción de lodos debe ser 1.80 m.

#### **4.2.6. Evaluación hidráulica del humedal**

El sistema de tratamiento secundario con el que cuenta la PTAR de la ciudad de Namora es un Humedal de flujo vertical subsuperficial, en la evaluación hidráulica analizaremos 03 aspectos muy importantes: Tipo de humedal, profundidad del humedal, relación largo ancho del humedal.

##### **Tipo de humedal**

El tipo de humedal utilizado se trata de un humedal de flujo vertical subsuperficial, este tipo de humedal es más eficiente que un humedal de flujo horizontal, ya que este necesita mayor área para el tratamiento, con el humedal vertical, las tuberías perforadas distribuyen toda la carga de ingreso a través de toda el área superficial de manera uniforme lo cual garantiza un mayor contacto con el lecho de grava y una mejor remoción de la carga orgánica.

### **Profundidad del humedal**

Las profundidades recomendadas para el lecho de grava deben ser entre 0.50m y 0.70m, el humedal de la PTAR Namora, presenta un lecho de grava de 0.70m lo cual garantiza una adecuada filtración de las aguas residuales.

### **Relación largo ancho del humedal**

La relación largo ancho de los humedales deben ser entre 2/1 a 4/1

$$\frac{Largo}{Ancho} = \frac{13.00m}{8.50m} = \frac{1.53}{1}$$

La relación largo ancho del humedal de la PTAR Namora es de 1.53/1

### **4.3. Resultados de laboratorio**

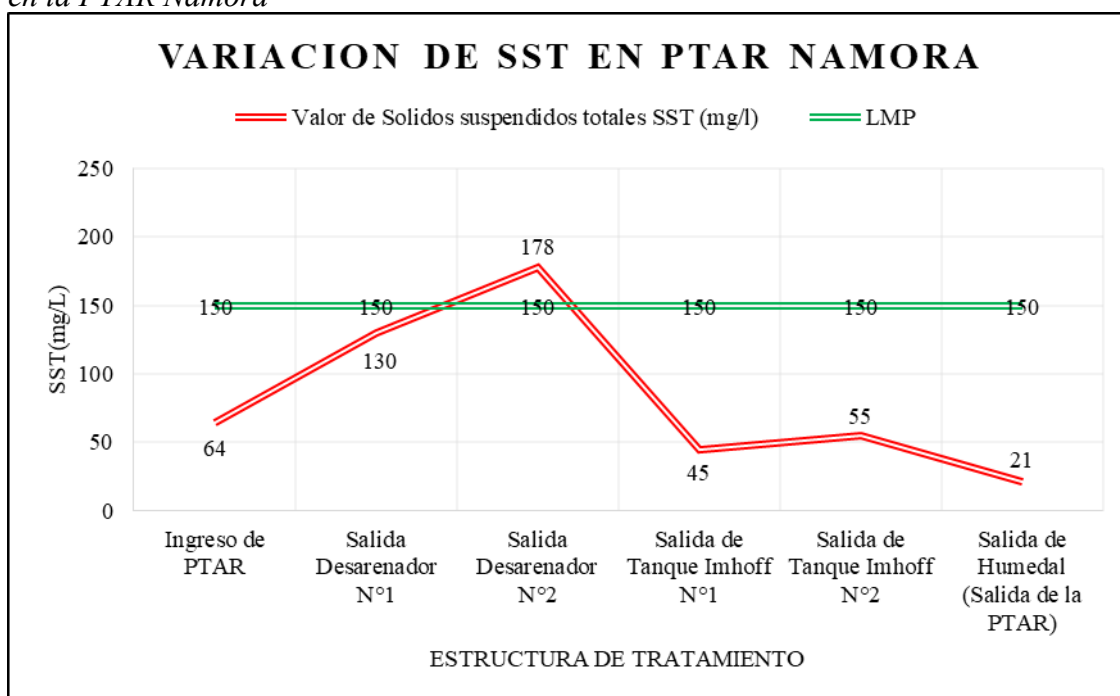
Han sido evaluados 6 parámetros de las aguas residuales de la PTAR Namora, los sólidos suspendidos totales, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), La demanda química de oxígeno (DQO), los aceites y grasas, las coliformes termotolerantes y pH. Cinco de estos parámetros han sido evaluados en cada una de las estructuras de tratamiento y el pH ha sido evaluado al inicio y a la salida de la PTAR.

#### **4.3.1. Sólidos suspendidos totales**

**Tabla 21:** *Concentración de SST en los puntos de muestreo de la PTAR Namora*

<b>Punto de toma de muestra</b>	<b>Valor de Sólidos suspendidos totales SST (mg/L)</b>
Ingreso de PTAR	64
Salida Desarenador N°1	130
Salida Desarenador N°2	178
Salida de Tanque Imhoff N°1	45
Salida de Tanque Imhoff N°2	55
Salida de Humedal Vertical (Salida de la PTAR)	21

**Gráfico 12:** Variación de concentración de SST a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora



La Tabla N.º 4 y el Gráfico N.º 1 muestran la variación de la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) a lo largo de las distintas unidades de tratamiento de la PTAR Namora. El agua residual ingresa a la planta con una concentración de 64 mg/L de SST. Posteriormente, atraviesa los desarenadores, observándose un incremento anómalo en la concentración: 130 mg/L a la salida del desarenador N.º 1 y 178 mg/L a la salida del desarenador N.º 2. Este aumento puede atribuirse a la acumulación de sólidos no removidos, resuspensión por turbulencia interna o reentrada de material sedimentado previamente debido a deficiente mantenimiento.

A continuación, el flujo se conduce hacia los tanques Imhoff. En la salida del tanque Imhoff N.º 1 se registra una concentración de 45 mg/L de SST, y en el tanque Imhoff N.º 2, un valor de 55 mg/L. Ambos flujos se unifican en el humedal de flujo subsuperficial vertical, unidad que actúa como etapa final de tratamiento. A la salida del humedal, la concentración se reduce a 21 mg/L, valor que se encuentra por debajo del límite máximo permisible de 150 mg/L para sólidos suspendidos totales, establecido en la tabla de la

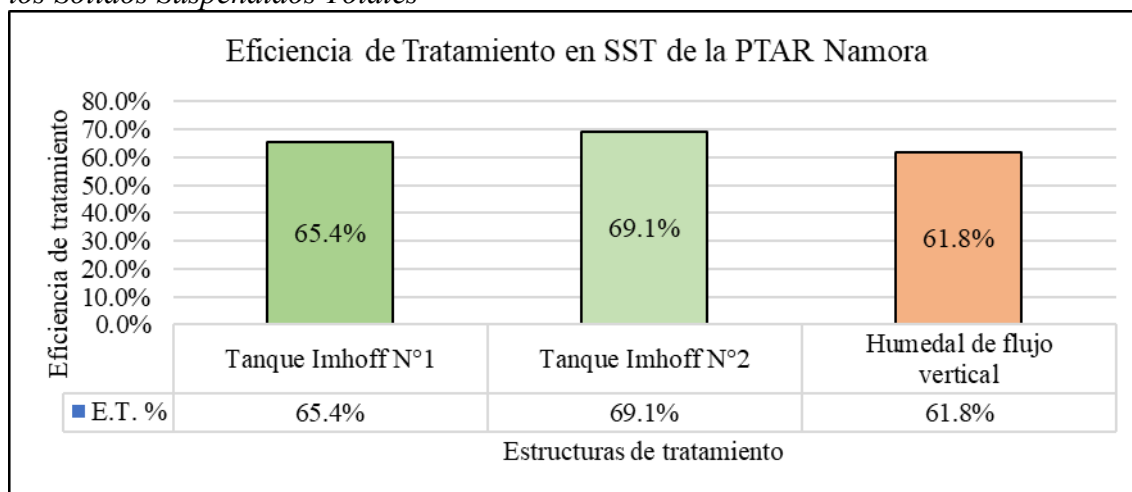
hoja 2 del D.S. N.º 003-2010-MINAM, norma adoptada como base referencial para esta tesis.

Este resultado indica que, a pesar de ciertas deficiencias operativas en etapas intermedias del tratamiento, el sistema logra reducir la carga de SST en el efluente final a un nivel que cumple con el límite normativo considerado para el control de vertimientos.

**Tabla 22:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a los Sólidos Suspendingos Totales

Estructura de tratamiento	Sólidos suspendingos totales (mg/l)		Eficiencia de tratamiento (%)
	Ingreso	Salida	
Tanque Imhoff N°1	130	45	65.4%
Tanque Imhoff N°2	178	55	69.1%
Humedal de flujo vertical	55	21	61.8%

**Gráfico 13:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a los Sólidos Suspendingos Totales



La Tabla N.º 22 y el Gráfico N.º 13 presentan la eficiencia de remoción de sólidos suspendingos totales (SST) en cada una de las estructuras de tratamiento de la PTAR Namora. En los desarenadores se evidencia una eficiencia nula o incluso negativa, ya que la concentración de SST se incrementa a la salida. Este comportamiento anómalo puede atribuirse al escaso mantenimiento, acumulación prolongada de lodos y residuos sólidos, así como al deficiente funcionamiento de las estructuras de pretratamiento.

El tanque Imhoff N.º 1 muestra una eficiencia de remoción del 65.4 % y el tanque Imhoff N.º 2 alcanza el 69.1 %. Estos valores se encuentran dentro del rango esperado para sedimentadores primarios, el cual suele oscilar entre el 40 % y el 70 %, según lo establecido por la Norma Técnica OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Por tanto, los tanques Imhoff muestran un desempeño adecuado en términos de remoción de sólidos.

Por otro lado, el humedal de flujo subsuperficial vertical alcanza una eficiencia del 61.8 %. Este valor es inferior al rango de eficiencia esperado para humedales construidos (usualmente entre 70 % y 90 %), lo que podría indicar saturación del medio filtrante, obstrucción en la zona de raíces o deficiente distribución del flujo.

En conjunto, la evaluación funcional de las unidades muestra que los tanques Imhoff cumplen con su función de manera aceptable, mientras que los desarenadores y el humedal presentan deficiencias operativas que comprometen la eficiencia global del sistema. Se recomienda una evaluación detallada del mantenimiento de pretratamiento y el rediseño o reacondicionamiento del humedal para mejorar su desempeño.

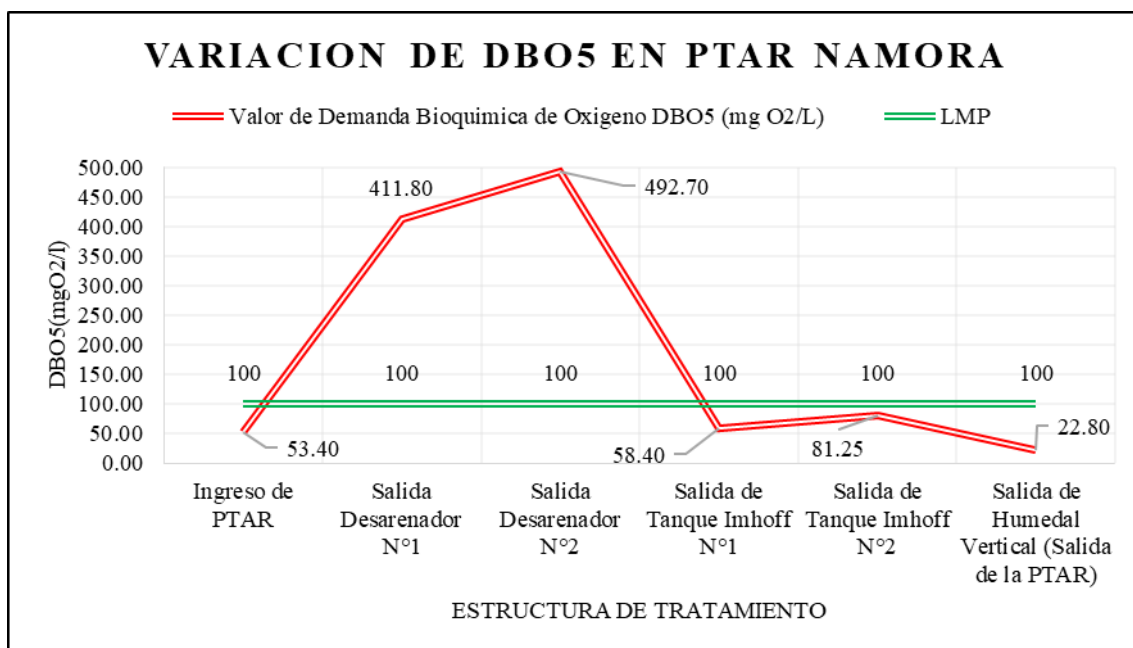
#### 4.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

**Tabla 23:** *Concentración de la DBO<sub>5</sub> en los puntos de muestreo de la PTAR Namora*

<b>Punto de toma de muestra</b>	<b>Valor de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 (mg O<sub>2</sub>/L)</b>
Ingreso de PTAR	53.40
Salida Desarenador N°1	411.80
Salida Desarenador N°2	492.70
Salida de Tanque Imhoff N°1	58.40
Salida de Tanque Imhoff N°2	81.25
Salida de Humedal Vertical (Salida de la PTAR)	22.80



**Gráfico 14:** Variación de concentración de DBO<sub>5</sub> a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora



La Tabla N.º 23 y el Gráfico N.º 14 muestran la evolución de la concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) a lo largo de las unidades de tratamiento de la PTAR Namora. El agua residual ingresa a la planta con una concentración de 53.40 mg O<sub>2</sub> /L. Sin embargo, a la salida de los desarenadores se observa un incremento significativo: 411.80 mg O<sub>2</sub> /L en el desarenador N.º 1 y 492.70 mg O<sub>2</sub> /L en el desarenador N.º 2. Este aumento anómalo podría deberse al arrastre de materia orgánica retenida por tiempo prolongado, falta de limpieza en las rejillas de cribado o acumulación de sólidos en los canales previos al tratamiento, lo que incrementa la carga orgánica disuelta en el flujo.

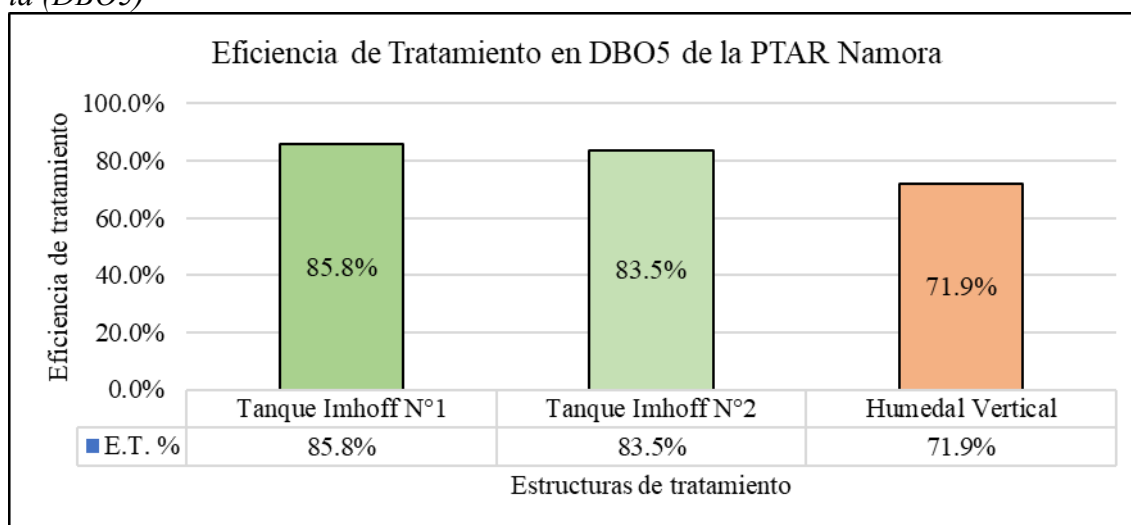
Posteriormente, el agua pasa por los tanques Imhoff. El tanque N.º 1 reduce la concentración a 58.40 mg O<sub>2</sub> /L, mientras que el tanque N.º 2 alcanza un valor de 81.25 mg O<sub>2</sub> /L, lo que indica una remoción significativa en ambos casos. Finalmente, el flujo ingresa al humedal de flujo subsuperficial vertical, que actúa como etapa final de tratamiento, reduciendo la DBO<sub>5</sub> hasta 22.80 mg O<sub>2</sub> /L.

Este valor se encuentra por debajo del límite máximo permisible de 100 mg O<sub>2</sub> /L para DBO<sub>5</sub>, establecido en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, el cual regula los vertimientos de aguas residuales domésticas tratadas a cuerpos de agua superficial. Por lo tanto, se concluye que, a pesar de deficiencias en el pretratamiento, el sistema logra cumplir con el estándar normativo en el punto final del tratamiento.

**Tabla 24:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la (DBO<sub>5</sub>)

Estructura de tratamiento	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)		Eficiencia de tratamiento (%)
	Ingreso	Salida	
Tanque Imhoff N°1	411.80	58.40	85.8%
Tanque Imhoff N°2	492.70	81.25	83.5%
Humedal Vertical	81.25	22.80	71.9%

**Gráfico 15:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la (DBO<sub>5</sub>)



La Tabla N.º 24 y el Gráfico N.º 15 muestran la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en cada una de las estructuras de tratamiento de la PTAR Namora. En el caso de los desarenadores, se evidencia una eficiencia nula o incluso negativa, ya que la concentración de DBO<sub>5</sub> se incrementa tras su paso. Este comportamiento anómalo puede atribuirse al deficiente mantenimiento de estas unidades,

la acumulación prolongada de materia orgánica en las rejillas y la posible resuspensión de sólidos retenidos.

El tanque Imhoff N.º 1 presenta una eficiencia de remoción del 85.8 %, mientras que el tanque Imhoff N.º 2 alcanza el 83.5 %. Estos valores superan ampliamente el rango de eficiencia típica para procesos de sedimentación primaria, que según la Norma Técnica OS.090, oscila entre 25 % y 30 % en la remoción de DBO5. Por lo tanto, ambos tanques presentan un desempeño muy eficiente respecto a la eliminación de carga orgánica biodegradable.

El humedal de flujo subsuperficial vertical, como unidad final de tratamiento, alcanza una eficiencia de remoción del 71.9 %. Si bien este valor no está regulado directamente en la OS.090, puede compararse con el rango de eficiencia estimado para tecnologías biológicas similares, como los filtros percoladores, cuyo desempeño se sitúa entre 50 % y 90 %. Por tanto, la eficiencia observada puede considerarse adecuada.

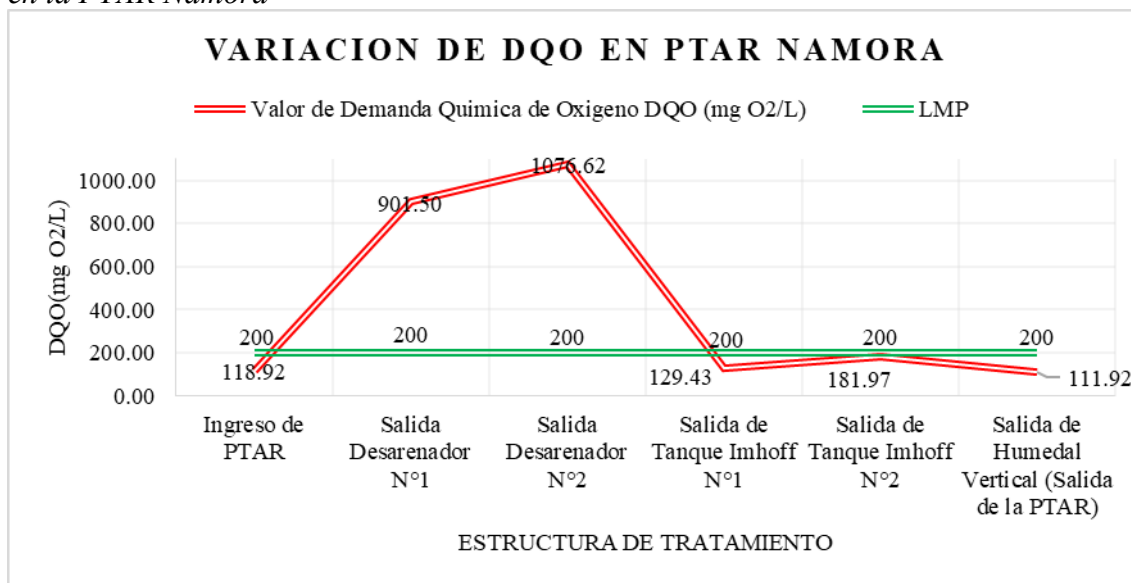
En conjunto, la evaluación funcional evidencia que los desarenadores no están cumpliendo con su función de pretratamiento, mientras que los tanques Imhoff y el humedal muestran un comportamiento favorable en la remoción de materia orgánica.

#### 4.3.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

**Tabla 25:** *Concentración de la DQO en los puntos de muestreo de la PTAR Namora*

<b>Punto de toma de muestra</b>	<b>Valor de Demanda Química de Oxígeno DQO (mg O2/L)</b>
Ingreso de PTAR	118.92
Salida Desarenador N°1	901.50
Salida Desarenador N°2	1076.62
Salida de Tanque Imhoff N°1	129.43
Salida de Tanque Imhoff N°2	181.97
Salida de Humedal Vertical (Salida de la PTAR)	111.92

**Gráfico 16:** Variación de concentración de DQO a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora



La Tabla N.º 25 y el Gráfico N.º 16 muestran la evolución de la concentración de demanda química de oxígeno (DQO) a lo largo de las unidades de tratamiento de la PTAR Namora. El agua residual ingresa a la planta con una concentración de 118.92 mg O<sub>2</sub> /L. No obstante, a la salida de los desarenadores se observa un aumento significativo de la carga orgánica: 901.50 mg O<sub>2</sub> /L en el desarenador N.º 1 y 1076.62 mg O<sub>2</sub> /L en el desarenador N.º 2. Este incremento anómalo puede deberse a una acumulación prolongada de residuos en las rejillas y canales, a la falta de limpieza periódica, o al arrastre de material orgánico depositado, lo cual genera una mayor carga soluble en el efluente. Posteriormente, el flujo pasa por los tanques Imhoff, donde se registra una disminución significativa de la DQO: 129.43 mg O<sub>2</sub> /L a la salida del tanque N.º 1 y 181.97 mg O<sub>2</sub> /L a la salida del tanque N.º 2. Finalmente, el efluente es tratado en el humedal de flujo subsuperficial vertical, que reduce la concentración a 111.92 mg O<sub>2</sub> /L.

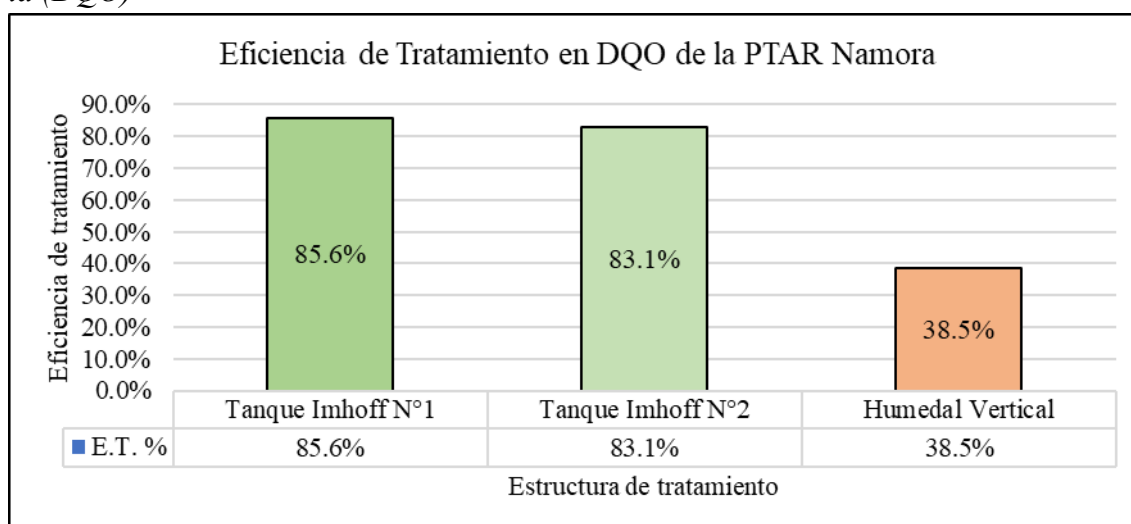
Este valor se encuentra por debajo del límite máximo permisible de 200 mg O<sub>2</sub> /L para DQO, establecido en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, aplicable a vertimientos de aguas residuales domésticas tratadas en cuerpos de agua superficial. En

consecuencia, se concluye que, a pesar de las deficiencias observadas en el pretratamiento, la planta logra cumplir con el estándar normativo en el efluente final.

**Tabla 26:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la demanda Química de oxígeno (DQO)

Estructura de tratamiento	Demanda Bioquímica de Oxígeno DQO (mg O <sub>2</sub> /L)		Eficiencia de tratamiento (%)
	Ingreso	Salida	
Tanque Imhoff N°1	901.50	129.43	85.6%
Tanque Imhoff N°2	1076.62	181.97	83.1%
Humedal Vertical	181.97	111.92	38.5%

**Gráfico 17:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la (DQO)



La Tabla N.º 26 y el Gráfico N.º 17 presentan la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) en cada una de las unidades de tratamiento de la PTAR Namora. Los desarenadores muestran una eficiencia nula o negativa, ya que la concentración de DQO aumenta considerablemente a su salida. Este fenómeno podría explicarse por la acumulación de materia orgánica en las rejillas, ausencia de limpieza periódica y recirculación de residuos retenidos, lo que incrementa la carga orgánica disuelta en el flujo.

El tanque Imhoff N.º 1 alcanza una eficiencia de remoción del 85.6 %, mientras que el tanque Imhoff N.º 2 presenta un valor de 83.1 %. Ambos resultados superan ampliamente el rango típico de remoción para tanques Imhoff, que según R.S. Ramalho (1983), se encuentra entre 30 % y 40 %. Esto indica un desempeño sobresaliente de estas unidades en la reducción de carga orgánica química.

Por otro lado, el humedal de flujo subsuperficial vertical muestra una eficiencia de remoción de 38.5 %. Este valor puede considerarse bajo si se compara con la eficiencia esperada de tecnologías biológicas avanzadas. La baja eficiencia podría estar asociada a saturación del medio filtrante, obstrucción en las zonas de distribución o insuficiente mantenimiento del sistema radicular.

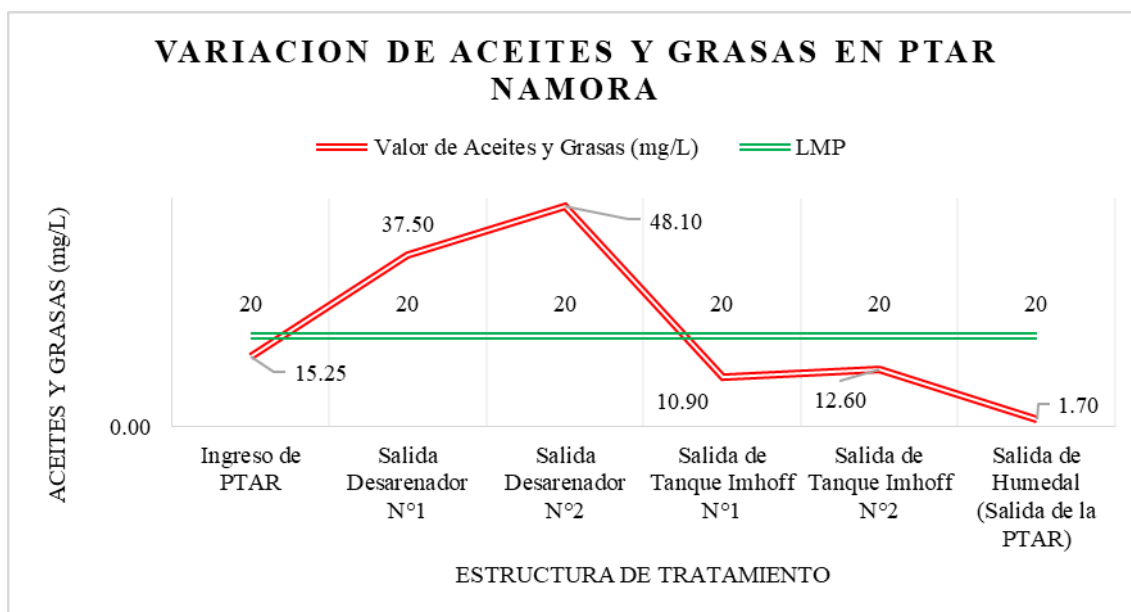
En conjunto, se concluye que los tanques Imhoff cumplen satisfactoriamente su función de remoción de materia orgánica, mientras que los desarenadores y el humedal requieren revisión técnica, diagnóstico operativo y mantenimiento correctivo para optimizar su desempeño dentro del sistema.

#### 4.3.4. Aceites y grasas

**Tabla 27:** *Concentración de Aceites y Grasas en los puntos de muestreo de la PTAR Namora*

<b>Punto de toma de muestra</b>	<b>Valor de Aceites y Grasas (mg/L)</b>
Ingreso de PTAR	15.25
Salida Desarenador N°1	37.50
Salida Desarenador N°2	48.10
Salida de Tanque Imhoff N°1	10.90
Salida de Tanque Imhoff N°2	12.60
Salida de Humedal de flujo vertical (Salida de la PTAR)	1.70

**Gráfico 18:** Variación de concentración de Aceites y Grasas a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora



La Tabla N.º 27 y el Gráfico N.º 18 muestran la variación de la concentración de aceites y grasas a lo largo de las unidades de tratamiento de la PTAR Namora. El agua residual ingresa a la planta con una concentración de 15.25 mg/L. Sin embargo, a la salida de los desarenadores se observa un aumento significativo en este parámetro: 37.50 mg/L en el desarenador N.º 1 y 48.10 mg/L en el desarenador N.º 2. Este incremento podría atribuirse a la acumulación de residuos orgánicos grasos en las rejillas, una inadecuada remoción en las unidades de pretratamiento o incluso al desprendimiento de sustancias oleosas retenidas por largos periodos sin limpieza.

Posteriormente, los tanques Imhoff reducen notablemente la concentración: 10.90 mg/L en el tanque N.º 1 y 12.60 mg/L en el tanque N.º 2. Finalmente, el flujo tratado pasa por el humedal de flujo subsuperficial vertical, alcanzando una concentración inferior a 1.70 mg/L.

Este valor se encuentra por debajo del límite máximo permisible (LMP) de 20 mg/L para aceites y grasas, establecido en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, el cual regula los vertimientos de aguas residuales domésticas tratadas en cuerpos de agua superficial.

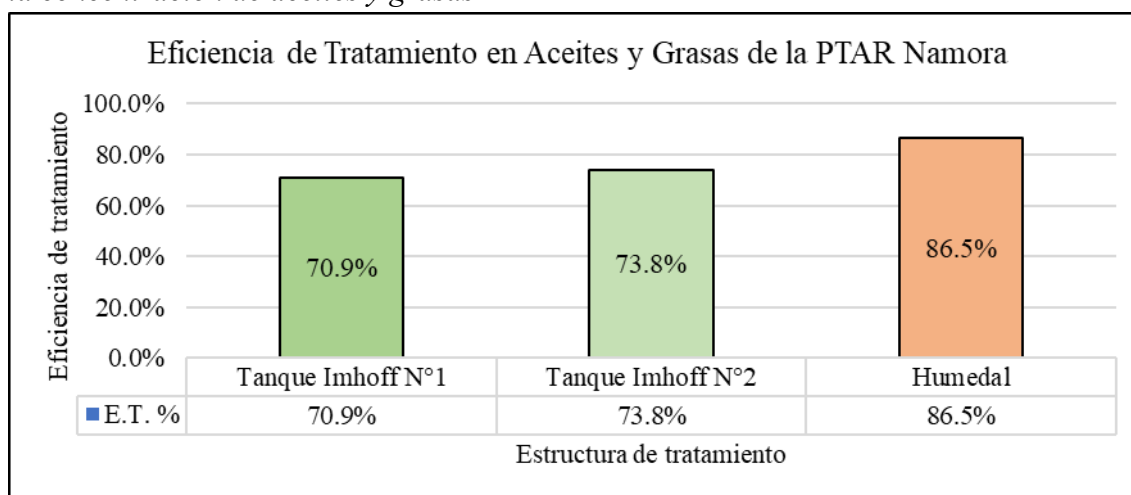


Por tanto, a pesar de las deficiencias observadas en el pretratamiento, el sistema logra cumplir con la normativa vigente en el punto final de tratamiento.

**Tabla 28:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la concentración de aceites y grasas

Estructura de tratamiento	Aceites y Grasas (mg/L)		Eficiencia de tratamiento (%)
	Ingreso	Salida	
Tanque Imhoff N°1	37.50	10.90	70.9%
Tanque Imhoff N°2	48.10	12.60	73.8%
Humedal de flujo vertical	12.60	1.70	86.5%

**Gráfico 19:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la concentración de aceites y grasas



La Tabla N.º 28 y el Gráfico N.º 19 muestran la eficiencia de remoción de aceites y grasas en cada una de las estructuras de tratamiento de la PTAR Namora. Se observa que los desarenadores no cumplen con su función, ya que en lugar de reducir la concentración de este parámetro, presentan un incremento considerable. Este comportamiento podría explicarse por la acumulación de residuos oleosos y materia orgánica en las rejillas, así como por una falta de mantenimiento sistemático que permite el desprendimiento de grasas previamente retenidas. La ausencia de una trampa de grasas en el diseño también podría ser un factor contribuyente.

En contraste, los tanques Imhoff muestran una eficiencia de remoción del 70.9 % (tanque N.º 1) y 73.8 % (tanque N.º 2), lo que representa un desempeño adecuado en la separación de materia grasa, considerando que estos reactores no están específicamente diseñados para ese propósito.

Por su parte, el humedal de flujo subsuperficial vertical alcanza una eficiencia del 86.5 %, lo cual indica una alta capacidad de retención y degradación de compuestos lipídicos, probablemente favorecida por la acción de la vegetación y la filtración a través del lecho poroso.

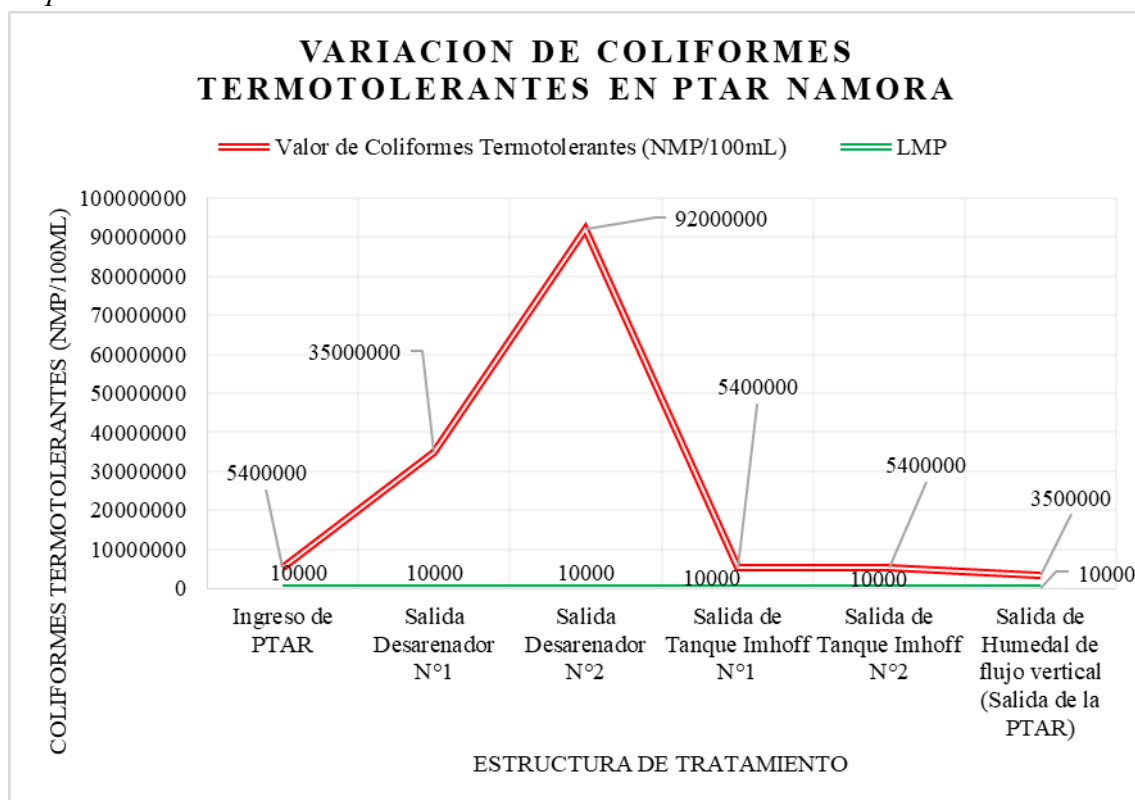
En conclusión, los resultados reflejan un buen desempeño de los tanques Imhoff y del humedal en la remoción de aceites y grasas, mientras que los desarenadores requieren intervención técnica para restaurar su funcionalidad dentro del proceso de pretratamiento.

#### 4.3.5. Coliformes termotolerantes

**Tabla 29:** *Concentración de Coliformes Termotolerantes en los puntos de muestreo de la PTAR Namora.*

<b>Punto de toma de muestra</b>	<b>Valor de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)</b>
Ingreso de PTAR	54 x 10 <sup>5</sup>
Salida Desarenador N°1	35 x 10 <sup>6</sup>
Salida Desarenador N°2	92 x 10 <sup>6</sup>
Salida de Tanque Imhoff N°1	54 x 10 <sup>5</sup>
Salida de Tanque Imhoff N°2	54 x 10 <sup>5</sup>
Salida de Humedal de flujo vertical (Salida de la PTAR)	35 x 10 <sup>5</sup>

**Gráfico 20:** Variación de concentración de Coliformes termotolerantes a lo largo de las etapas de tratamiento en la PTAR Namora.



La Tabla N.º 29 y el Gráfico N.º 20 muestran la evolución de la concentración de coliformes termotolerantes a lo largo del sistema de tratamiento de la PTAR Namora. El agua residual ingresa con una carga microbiológica de  $54 \times 10^5$  NMP/100 mL. Sin embargo, tras pasar por los desarenadores, se observa un incremento significativo:  $35 \times 10^6$  NMP/100 mL a la salida del desarenador N.º 1 y  $92 \times 10^6$  NMP/100 mL a la salida del desarenador N.º 2. Esta situación podría deberse al arrastre de materia fecal acumulada, a la falta de limpieza periódica o incluso a la proliferación de bacterias en condiciones favorables de humedad, sombra y materia orgánica presentes en estas unidades.

Los tanques Imhoff no muestran reducción significativa de coliformes, manteniéndose la concentración en  $54 \times 10^5$  NMP/100 mL a la salida de ambos reactores. Esto evidencia que estas unidades, diseñadas principalmente para remoción de sólidos sedimentables y carga orgánica, no ofrecen un tratamiento microbiológico eficaz.

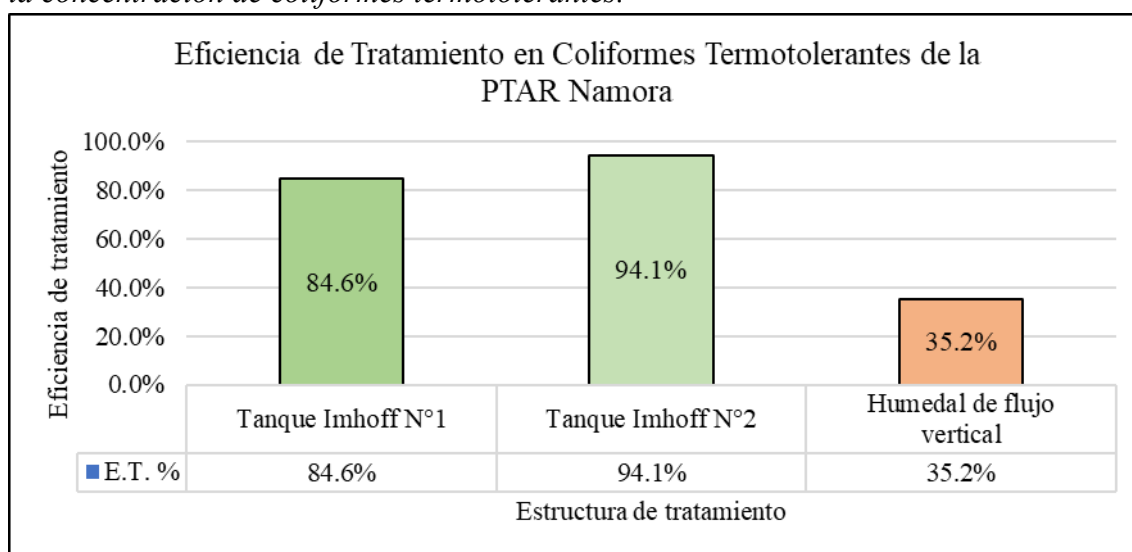
Finalmente, el efluente pasa por el humedal de flujo subsuperficial vertical, que logra una ligera reducción de la concentración hasta  $35 \times 10^5$  NMP/100 mL. A pesar de este descenso, el valor sigue siendo muy superior al límite máximo permisible (LMP) de  $1 \times 10^4$  NMP/100 mL, establecido en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM. Por tanto, se concluye que la PTAR Namora no cumple con el LMP para coliformes termotolerantes en el efluente final.

Este resultado resalta la necesidad de incorporar una etapa de desinfección posterior al humedal, a fin de garantizar la seguridad microbiológica del vertimiento y cumplir con la normativa ambiental vigente.

**Tabla 30:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la concentración de coliformes termotolerantes.

Estructura de tratamiento	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)		Eficiencia de tratamiento (%)
	Ingreso	Salida	
Tanque Imhoff N°1	$35 \times 10^6$	$54 \times 10^5$	84.6%
Tanque Imhoff N°2	$92 \times 10^6$	$54 \times 10^5$	94.1%
Humedal de flujo vertical	$54 \times 10^5$	$35 \times 10^5$	35.2%

**Gráfico 21:** Eficiencia de tratamiento de las estructuras de la PTAR Namora respecto a la concentración de coliformes termotolerantes.



La Tabla N.º 30 y el Gráfico N.º 21 muestran la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes en cada una de las unidades de tratamiento de la PTAR Namora. Los desarenadores presentan una eficiencia negativa, ya que la concentración de coliformes aumenta considerablemente tras su paso: este comportamiento anómalo puede deberse a acumulación de residuos orgánicos, proliferación bacteriana por condiciones inadecuadas de operación, o arrastre de contaminantes previamente retenidos.

En el caso de los tanques Imhoff, la eficiencia fue calculada tomando como referencia la concentración a la salida del desarenador correspondiente. Bajo esta metodología, el tanque Imhoff N.º 1 presenta una eficiencia de remoción del 84.6 % y el tanque Imhoff N.º 2 alcanza un 94.1 %. Estos valores se encuentran por encima del rango de eficiencia típico reportado por R.S. Ramalho (1983), quien establece un rendimiento de entre 50 % y 75 % para tanques Imhoff en la remoción de microorganismos patógenos, lo cual sugiere un desempeño destacado bajo las condiciones evaluadas.

En contraste, el humedal de flujo subsuperficial vertical muestra una eficiencia de solo 35.2 %. Si bien algunos sistemas similares pueden alcanzar valores superiores al 80 % bajo condiciones óptimas, la baja eficiencia observada podría atribuirse a factores como una distribución deficiente del flujo, saturación del medio filtrante, o falta de mantenimiento. Es importante también tener presente que, a diferencia de otros parámetros fisicoquímicos, la eliminación de microorganismos exige tiempos de retención elevados y, en muchos casos, una etapa de desinfección final.

En síntesis, se concluye que los tanques Imhoff evidencian un buen nivel de remoción microbiológica en comparación con su unidad anterior, mientras que los desarenadores no solo fallan en su función de pretratamiento, sino que además contribuyen a la carga contaminante. El humedal requiere una revisión operativa profunda o el complemento

con una unidad de desinfección para asegurar el cumplimiento de los estándares microbiológicos exigidos por la normativa nacional.

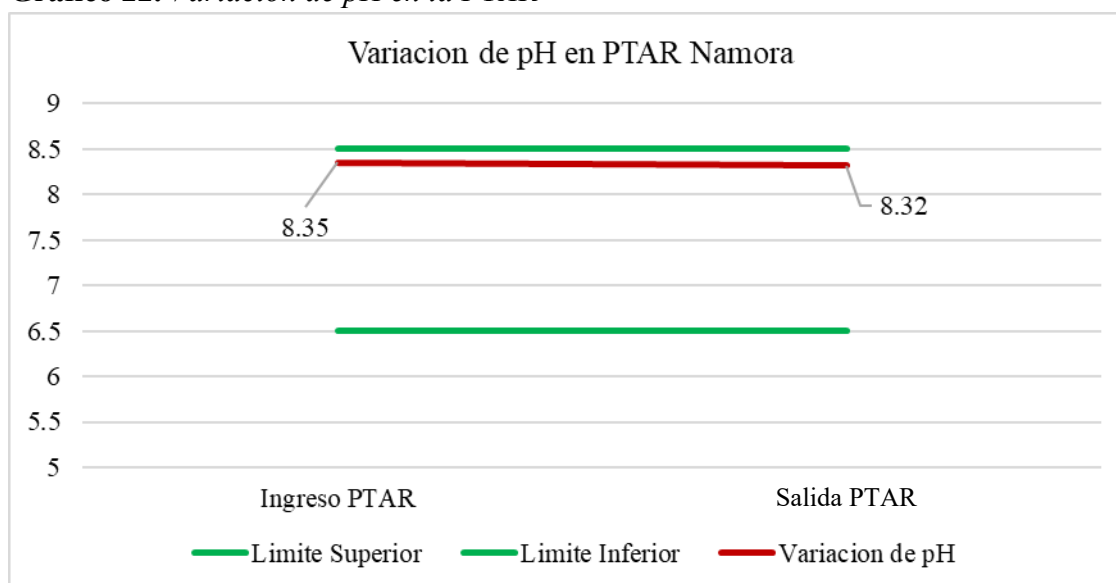
#### 4.3.6. Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno (pH) fue evaluado únicamente al ingreso y salida de la PTAR Namora, debido a que las estructuras de tratamiento presentes no tienen como objetivo principal modificar este parámetro. Sin embargo, su medición resulta fundamental para verificar el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos para vertimientos en cuerpos de agua superficial.

**Tabla 31.** Variación de pH en la PTAR

Punto de toma de muestra	Valor de pH (UND)
Ingreso de PTAR	8.35
Salida de la PTAR	8.32

**Gráfico 22.** Variación de pH en la PTAR



Según se presenta en la Tabla N.º 31 y el Gráfico N.º 22, el pH del agua residual al ingreso de la planta fue de 8.35 unidades, mientras que al egreso fue de 8.32 unidades, lo cual representa una variación mínima. Ambos valores se encuentran dentro del rango establecido por el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, que fija un pH permisible entre 6.5 y 8.5 unidades para efluentes de aguas residuales domésticas.

En consecuencia, la PTAR Namora cumple con la normativa ambiental vigente respecto al pH, y el vertimiento no representa un riesgo de acidificación o alcalinización del cuerpo receptor desde el punto de vista químico.

#### 4.3.7. Eficiencia global de remoción de contaminantes en la PTAR

**Tabla 32:** *Eficiencia de remoción total por parámetro en la PTAR Namora*

Descripción	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia de remoción
SST	mg/L	64.00	21.00	67.19%
DBO 5	mg O2/L	53.40	22.80	57.30%
DQO	mg O2/L	118.92	111.92	5.89%
AyG	mg/L	15.25	1.70	88.85%
CTT	NMP/100mL	5400000	3500000	35.19%
				<b>50.88%</b>

Según la Tabla N.º 32, la PTAR Namora presenta una eficiencia de remoción del 67.19 % para sólidos suspendidos totales (SST), 57.30 % para demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), 5.89 % para demanda química de oxígeno (DQO), 88.85 % para aceites y grasas, y 35.19 % para coliformes termotolerantes. Al considerar todos estos parámetros, se obtiene una eficiencia de remoción global de 50.88 %, valor que evidencia un desempeño deficiente del sistema en su conjunto. De acuerdo con Ramalho (2003), una planta de tratamiento de aguas residuales debe alcanzar una eficiencia global entre 85 % y 100 % para ser considerada operativamente eficiente. Por tanto, la PTAR Namora se clasifica como ineficiente, lo cual se atribuye principalmente a la baja remoción de DQO y microorganismos patógenos, reflejando deficiencias estructurales y operativas que deben ser abordadas.

#### 4.3.8. Evaluación de parámetros en el efluente

##### 4.3.8.1. Cumplimiento de los Límites Máximos permisibles (LMP)

**Tabla 33.** *Parámetros evaluados en el punto de vertimiento (Rio Namora) comparado con los LMP.*

PARÁMETROS EVALUADOS	VALOR EN EL PUNTO DE VERTIMIENTO	LMP (D.S. N°003-2010-MINAM)	CONDICIÓN
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	21	< 150	CUMPLE CON LOS LMP
DBO5 (mg O2/L)	22.8	< 100	CUMPLE CON LOS LMP
DQO (mg O2/L)	111.92	< 200	CUMPLE CON LOS LMP
Aceites y Grasas (mg/L)	1.7	< 20	CUMPLE CON LOS LMP
pH (Und)	6.85	6.5 < pH < 8.5	CUMPLE CON LOS LMP
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	3500000	< 10000	NO CUMPLE CON LOS LMP

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla N.º 32, se observa que cinco de los seis parámetros analizados cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM para vertimientos de aguas residuales domésticas a cuerpos de agua superficial. Los valores obtenidos fueron: sólidos suspendidos totales (21 mg/L), demanda bioquímica de oxígeno (22.8 mg O<sub>2</sub> /L), demanda química de oxígeno (111.92 mg O<sub>2</sub> /L), aceites y grasas (1.7 mg/L) y pH (6.85 unidades).

No obstante, el parámetro de coliformes termotolerantes presenta un resultado de  $3.5 \times 10^6$  NMP/100 mL, lo que excede ampliamente el límite permitido de  $1 \times 10^4$  NMP/100 mL según la misma norma. Esta concentración supera el LMP por un factor de 350 veces, lo que representa un incumplimiento severo y un riesgo significativo para el cuerpo receptor, especialmente si este es utilizado con fines recreativos o como fuente de agua para actividades agropecuarias aguas abajo.



Este resultado evidencia la ausencia de una etapa de desinfección en el sistema de tratamiento, la cual es esencial para la reducción de microorganismos patógenos en el efluente final. Por tanto, si bien el sistema cumple eficientemente con los parámetros físicoquímicos, resulta insuficiente desde el punto de vista microbiológico, comprometiendo la calidad ambiental y sanitaria del río Namora.

#### **4.3.8.2. Cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)**

La evaluación del cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) es fundamental para determinar la presencia o ausencia de contaminación en el cuerpo receptor, en este caso el río Namora. De acuerdo con su uso predominante —riego de cultivos y bebida de animales—, se aplican los valores establecidos en la Categoría 3 del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Para esta evaluación se seleccionaron dos fechas clave dentro de la época seca del año hidrológico 2024–2025, con el objetivo de analizar condiciones hidrológicas representativas de bajo caudal:

- 23 de octubre de 2024: El caudal del río fue de 0.98 m<sup>3</sup>/s, según el reporte de la estación hidrométrica de la ANA, ubicada aproximadamente 2 km aguas abajo del punto de monitoreo.
- 11 de julio de 2025: El caudal registrado por la ANA fue de 1.99 m<sup>3</sup>/s, mientras que el caudal aforado in situ en el punto de toma de muestra fue de 1.78 m<sup>3</sup>/s.
- Otro aforo complementario se realizó el día 04 de agosto del 2025, en dicho aforo se obtuvo un caudal de 1.15 m<sup>3</sup>/s, de los 03 aforos se elige el mas representativo el caudal del día 23 de octubre del 2024 para el análisis de los ECA en el caso mas critico para el rio Namora.

Estas mediciones permiten contextualizar adecuadamente los resultados obtenidos en el análisis de calidad del agua y su comparación con los valores establecidos por la normativa nacional.

**Tabla 34:** *Parámetros evaluados a 100 metros aguas abajo del punto de vertimiento (Rio Namora) comparado con los ECA, día 23/10/2024.*

PARÁMETROS EVALUADOS	VALOR A 100m ABAJO DEL RIO NAMORA	ECA (D.S. N°004-2017-MINAM)	CONDICIÓN
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	4.1	-----	-----
DBO5 (mg O2/L)	2.6	< 15	<b>CUMPLE CON LOS ECA</b>
DQO (mg O2/L)	8.93	< 40	<b>CUMPLE CON LOS ECA</b>
Aceites y Grasas (mg/L)	1.7	< 5	<b>CUMPLE CON LOS ECA</b>
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	1.6 x 10 <sup>5</sup>	< 1 x 10 <sup>3</sup>	<b>NO CUMPLE CON LOS ECA</b>

**Tabla 35:** *Parámetros evaluados a 100 metros aguas abajo del punto de vertimiento (Rio Namora) comparado con los ECA, día 11/07/2025.*

PARÁMETROS EVALUADOS	VALOR A 100m ABAJO DEL RIO NAMORA	ECA (D.S. N°004-2017-MINAM)	CONDICIÓN
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	3.85	-----	-----
DBO5 (mg O2/L)	2.60	< 15	<b>CUMPLE CON LOS ECA</b>
DQO (mg O2/L)	8.60	< 40	<b>CUMPLE CON LOS ECA</b>
Aceites y Grasas (mg/L)	1.70	< 5	<b>CUMPLE CON LOS ECA</b>
pH(Und)	8.29	6.4 < pH < 8.4	<b>CUMPLE CON LOS ECA</b>
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	1.4 x 10 <sup>5</sup>	< 1 x 10 <sup>3</sup>	<b>NO CUMPLE CON LOS ECA</b>

Las Tablas N.º 34 y N.º 35 muestran los resultados de los parámetros evaluados a 100 metros aguas abajo del punto de vertimiento de la PTAR Namora, correspondientes a las fechas 23 de octubre de 2024 y 11 de julio de 2025, respectivamente. Esta distancia fue seleccionada con el fin de garantizar la mezcla del efluente con el caudal natural del río,

permitiendo así una evaluación representativa de la calidad del cuerpo receptor, tal como lo establece el enfoque de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, se aplican los valores establecidos en la Categoría 3, correspondiente a cuerpos de agua utilizados para riego de vegetales y bebida de animales, en función del uso predominante que la población de Namora otorga al río.

Los resultados obtenidos en ambas fechas indican que todos los parámetros evaluados cumplen con los valores establecidos por los ECA para la categoría indicada, excepto el parámetro de coliformes termotolerantes, cuya concentración supera ampliamente el límite permitido de  $1 \times 10^3$  NMP/100 mL. En el caso más crítico, el valor alcanzado fue de  $1.6 \times 10^5$  NMP/100 mL, lo que representa un exceso de 160 veces sobre el estándar. Este incumplimiento evidencia un riesgo sanitario importante para las actividades agropecuarias y refuerza la necesidad de incorporar una etapa de desinfección en el sistema de tratamiento para proteger adecuadamente el cuerpo receptor.

#### **4.4. Discusión de resultados con otras investigaciones**

La ingeniera Luisa Lorena Pineda Buitrago desarrolló en el año 2017 el estudio titulado “Diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) de Tunja – Boyacá”, en el cual evaluó la eficiencia de remoción de contaminantes de la PTAR Tunja, ubicada en Colombia. Según sus resultados, el efluente tratado cumplía con los valores máximos permitidos establecidos por la Resolución N.º 631 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) de Colombia, tal como se muestra en la Tabla N.º 36.

**Tabla 36:** Comparación de Resultados de PTAR NAMORA y PTAR LA TUNJA

Descripción	Unidad	PTAR NAMORA				PTAR LA TUNJA			
		Afluente	Efluente	Valor máximo aceptable	Cumple	Afluente	Efluente	Valor máximo aceptable	Cumple
SST	mg/L	64.00	21.00	150.00	SI	231.50	34.73	70.00	SI
DBO 5	mg O2/L	53.40	22.80	100.00	SI	208.00	31.20	70.00	SI
DQO	mg O2/L	118.92	111.92	200.00	SI	623.25	93.47	150.00	SI
AyG	mg/L	15.25	1.70	20.00	SI	48.75	7.31	10.00	SI
CTT	NMP/100mL	5400000	3500000	10000	NO	-	-	-	-

Al comparar dichos resultados con los obtenidos en la PTAR Namora, se observa que esta última no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa peruana (D.S. N.º 003-2010-MINAM) en el parámetro de coliformes termotolerantes, lo cual representa una deficiencia importante en el control microbiológico del efluente.

**Tabla 37:** Comparación entre eficiencia de remoción de parámetros contaminantes de la PTAR NAMORA y PTAR LA TUNJA.

Descripción	Unidad	PTAR NAMORA			PTAR LA TUNJA		
		Afluente	Efluente	Eficiencia de remoción	Afluente	Efluente	Eficiencia de remoción
SST	mg/L	64.00	21.00	67.19%	231.50	34.73	85.00%
DBO 5	mg O2/L	53.40	22.80	57.30%	208.00	31.20	85.00%
DQO	mg O2/L	118.92	111.92	5.89%	623.25	93.47	85.00%
AyG	mg/L	15.25	1.70	88.85%	48.75	7.31	85.01%
CTT	NMP/100mL	5400000	3500000	35.19%	-	-	-
				<b>50.88%</b>			<b>85.00%</b>

De la tabla N° 37 se rescata que, en términos de eficiencia global de remoción de contaminantes, la PTAR Tunja presenta un rendimiento del 85 %, mientras que la PTAR Namora alcanza apenas el 50.88 %, lo que evidencia una diferencia sustancial en la capacidad de tratamiento de ambas plantas. Esta comparación pone en evidencia la necesidad de implementar mejoras operativas y estructurales en la PTAR Namora, incluyendo especialmente una etapa de desinfección y mantenimiento adecuado de sus componentes, para lograr estándares de calidad equivalentes a los de otras plantas similares en la región andina.

El ingeniero Cayllahua Cáceres, en el año 2022, desarrolló la investigación titulada “Evaluación de la PTAR Sicuani y su impacto en la calidad del agua del río Vilcanota”, en la cual analizó la eficiencia de remoción de contaminantes de dicha planta de tratamiento.

**Tabla 38:** Comparación de eficiencias de la PTAR NAMORA y PTAR SICUANI

Descripción	Unidad	PTAR NAMORA	PTAR SICUANI		
		Eficiencia de remoción	Eficiencia de remoción		
SST	mg/L	67.19%	73.80%	a	88.75%
DBO 5	mg O2/L	57.30%	90.49%	a	98.53%
DQO	mg O2/L	5.89%	86.47%	a	96.91%
AyG	mg/L	88.85%	83.17%	a	98.22%
CTT	NMP/100mL	35.19%	99.99%	a	100.00%
<b>Eficiencia Global</b>		<b>50.88%</b>	<b>86.78%</b>	a	<b>96.48%</b>

La PTAR Sicuani trata un caudal de 63.62 L/s y cuenta con un sistema conformado por cámara de rejillas, desarenador, cuatro lagunas anaeróbicas, quemador de gas, tanque de aireación, cuatro filtros percoladores, dos sedimentadores secundarios y un tanque de contacto de cloro.

Según sus resultados, resumidos en la Tabla N.º 38 y gracias a esta infraestructura, la planta alcanza eficiencias de remoción que oscilan entre 86.78 % y 96.48 %, cumpliendo con los estándares técnicos para un tratamiento eficaz. En comparación, la PTAR Namora, objeto del presente estudio, alcanza una eficiencia global de 50.88 %, lo que la clasifica como una planta ineficiente, debido principalmente a la ausencia de procesos secundarios avanzados y de una etapa de desinfección.

Esta diferencia sustancial en desempeño evidencia la importancia de contar con un tratamiento integral y bien mantenido, así como la necesidad de realizar mejoras técnicas y operativas en la PTAR Namora para lograr un nivel de eficiencia comparable al de sistemas más desarrollados como el de Sicuani.

El ingeniero Clemente Campos, en su investigación titulada “Evaluación de la eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi, como aporte del compromiso ambiental municipal – 2021”, evaluó el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú, contrastando las concentraciones de los principales parámetros contaminantes en el afluente y efluente de dicha planta. Los resultados comparativos con la PTAR Namora se presentan en la Tabla N.º 39.

**Tabla 39:** Comparación de cumplimiento de los LMP entre PTAR NAMORA y PTAR SANTA ANA DE TUSI

Descripción	Unidad	Valor máximo aceptable en Efluente	PTAR NAMORA			PTAR SANTA ANA DE TUSI		
			Afluente	Efluente	Cumple	Afluente	Efluente	Cumple
SST	mg/L	150.00	64.00	21.00	SI	49.13	5.81	SI
DBO 5	mg O2/L	100.00	53.40	22.80	SI	180.40	13.55	SI
DQO	mg O2/L	200.00	118.92	111.92	SI	357.00	37.40	SI
AyG	mg/L	20.00	15.25	<1.7	SI	20.40	<0.5	SI
pH	unidad	6.5 - 8.5	7.50	6.85	SI	8.30	7.98	SI
CTT	NMP/100mL	10000	5400000	3500000	<b>NO</b>	23000000	13	SI

La PTAR Santa Ana de Tusi, que trata un caudal promedio de 9.9 L/s, muestra un cumplimiento satisfactorio de todos los LMP establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM, incluyendo el parámetro crítico de coliformes termotolerantes, el cual fue reducido a apenas 13 NMP/100 mL, muy por debajo del valor límite de 10 000 NMP/100 mL. Este resultado refleja no solo la adecuada operación de sus unidades de tratamiento, sino también la presencia de una etapa de desinfección efectiva.

En contraste, la PTAR Namora presenta incumplimiento en dicho parámetro, con una concentración de  $3.5 \times 10^6$  NMP/100 mL a la salida, lo que representa un exceso de 350 veces el límite permitido. Si bien los demás parámetros cumplen con los LMP, este incumplimiento evidencia un riesgo sanitario significativo y limita la aptitud del efluente para ser vertido en cuerpos de agua.

El ingeniero Jaime Amambal, en su estudio titulado “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá, 2021”, analizó el grado de cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el D.S. N.º 003-2010-MINAM, evaluando parámetros clave de calidad del agua en el efluente tratado. La Tabla N.º 40 presenta la comparación de estos resultados con los obtenidos en la PTAR Namora.

**Tabla 40:** Comparación de cumplimiento de los LMP entre PTAR NAMORA y PTAR CONTUMAZÁ

Descripción	Unidad	Valor máximo aceptable en efluente	PTAR NAMORA			PTAR CONTUMAZÁ		
			Afluente	Efluente	Cumple	Afluente	Efluente	Cumple
SST	mg/L	150.00	64.00	21.00	SI	255.45	65.13	SI
DBO 5	mg O <sub>2</sub> /L	100.00	53.40	22.80	SI	413.10	367.95	<b>NO</b>
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	200.00	118.92	111.92	SI	616.83	474.05	<b>NO</b>
AyG	mg/L	20.00	15.25	1.70	SI	79.52	17.04	SI
CTT	NMP/100mL	10000	5400000	3500000	<b>NO</b>	163600000	7533333	<b>NO</b>

La PTAR Contumazá, a pesar de contar con una infraestructura más completa —incluyendo cámara de rejas, tanque Imhoff, sedimentador Dortmund, filtro percolador, dos humedales artificiales y cámara de cloración—, muestra un desempeño deficiente: incumple tres de los cinco parámetros evaluados (DBO<sub>5</sub>, DQO y coliformes termotolerantes). Esto indica que, a pesar de disponer de etapas de tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario, no logra una remoción eficaz de la carga orgánica ni microbiológica. El caudal tratado por esta planta es de 5.83 L/s.

En comparación, la PTAR Namora, que trata un caudal más elevado de 12.85 L/s, presenta un mejor comportamiento en cuanto al cumplimiento de los LMP, superando únicamente el límite permitido de coliformes termotolerantes. A pesar de su menor complejidad estructural —ya que no cuenta con tratamiento terciario ni desinfección—, su desempeño en términos de sólidos, DBO<sub>5</sub>, DQO y aceites y grasas es técnicamente

aceptable. Este contraste resalta que la eficiencia operativa no depende únicamente del número de unidades de tratamiento, sino también de su mantenimiento, dimensionamiento y operación adecuada.

El ingeniero Moreno Alcántara, en su investigación titulada “Evaluación hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado El Rosario de Polloc, La Encañada – Cajamarca - 2023”, evaluó el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.º 003-2010-MINAM. En la Tabla N.º 41 se comparan los resultados obtenidos en dicha planta con los correspondientes a la PTAR Namora.

**Tabla 41:** Comparación de cumplimiento de los LMP entre PTAR NAMORA y PTAR POLLOC

Descripción	Unidad	Valor máximo aceptable en Efluente	PTAR NAMORA			PTAR POLLOC		
			Afluente	Efluente	Cumple	Afluente	Efluente	Cumple
SST	mg/L	150.00	64.00	21.00	SI	190.00	132.00	SI
DBO 5	mg O2/L	100.00	53.40	22.80	SI	538.10	284.90	<b>NO</b>
DQO	mg O2/L	200.00	118.92	111.92	SI	1035.70	596.40	<b>NO</b>
AyG	mg/L	20.00	15.25	1.70	SI	73.50	35.70	<b>NO</b>
CTT	NMP/100mL	10000	5400000	3500000	<b>NO</b>	35000000	5400000	<b>NO</b>

La PTAR Polloc, que trata un caudal de 1.38 L/s, cuenta con unidades de tratamiento para cada una de las etapas: cámara de rejas y desarenador (tratamiento preliminar), tanque Imhoff (primario), filtro percolador (secundario) y cámara de contacto de cloro (terciario). Sin embargo, a pesar de esta configuración completa, presenta incumplimiento en cuatro de los cinco parámetros analizados: demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas, y coliformes termotolerantes (CTT), siendo el único parámetro conforme los sólidos suspendidos totales (SST).



En contraste, la PTAR Namora, que opera con menor complejidad estructural y sin etapa de desinfección, pero trata un caudal notablemente mayor (12.85 L/s), cumple con todos los parámetros salvo coliformes termotolerantes, lo cual demuestra un mejor desempeño general. Esta comparación deja en evidencia que el contar con más unidades de tratamiento no garantiza mejores resultados si no se acompañan de una operación técnica adecuada y un mantenimiento constante. La eficiencia relativa de la PTAR Namora refuerza la importancia de optimizar los recursos disponibles, priorizando la funcionalidad operativa sobre la cantidad de procesos instalados.

A partir del análisis comparativo entre la PTAR Namora y otras plantas evaluadas en investigaciones previas, se evidencia que la eficiencia de remoción de contaminantes no depende exclusivamente de la cantidad o variedad de unidades de tratamiento instaladas, sino principalmente de su funcionamiento operativo, mantenimiento y gestión técnica.

En todos los casos analizados (PTAR Tunja, PTAR Sicuani, PTAR Santa Ana de Tusi, PTAR Contumazá y PTAR Polloc), se observa que, a pesar de que algunas plantas cuentan con estructuras de tratamiento más completas —incluso incluyendo tratamiento terciario con desinfección— varias de ellas incumplen uno o más parámetros clave establecidos en los LMP del D.S. N.º 003-2010-MINAM.

La PTAR Namora, con una configuración más básica (desarenadores, tanques Imhoff y un humedal subsuperficial), pero operando con un caudal de 12.85 L/s, ha demostrado un mejor desempeño que varias de estas instalaciones. Aunque no logra cumplir con los límites permisibles para coliformes termotolerantes, sí cumple con los demás parámetros exigidos por la normativa. Además, su eficiencia global de remoción de contaminantes (50.88 %) supera a la de plantas como Contumazá y Polloc, que presentan mayores deficiencias incluso con sistemas de tratamiento más complejos.

Por tanto, se concluye que la eficiencia real de una planta de tratamiento no está determinada únicamente por su diseño o infraestructura, sino por la correcta operación, el mantenimiento periódico, y el compromiso institucional con la gestión ambiental. En este sentido, la PTAR Namora requiere mejoras técnicas y operativas, pero presenta una base funcional sólida que podría ser optimizada para alcanzar estándares más exigentes, sobre todo en cuanto a desinfección.

#### **4.5. Propuesta de mejoramiento**

La presente propuesta de mejoramiento se limita a los diseños y planos de las estructuras faltantes que son necesarias para el correcto tratamiento de aguas de la PTAR, así como también al redimensionamiento de las estructuras que incumplen con su función o en su defecto no están tratando de manera eficiente las aguas residuales.

Dicha propuesta de mejoramiento se fundamenta en la evaluación hidráulica, la evaluación fisicoquímica y el aporte de la población afectada para lo cual se ha realizado encuestas las cuales se puede apreciar en los anexos de la investigación.

Para diseñar la cámara de rejillas o cualquier estructura de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales es necesario conocer el Caudal Máximo Horario, Caudal Medio y Caudal Mínimo. Para conocer estos 3 caudales existen 02 formas de estimarlos o medirlos, la primera forma es estimar los caudales con datos de población y dotaciones según normativa peruana y la segunda forma es aforar los caudales en la red emisora de alcantarillado.

Los caudales aforados responden a los siguientes valores:

Caudal Máximo ( $Q_{max}$ ): 12.85 l/s

Caudal Medio ( $Q_{med}$ ): 11.45 l/s

Caudal Mínimo ( $Q_{min}$ ): 10.59 l/s

Para los caudales estimados se ha utilizado en primera instancia la información de población futura según la tasa de crecimiento del distrito de Namora zona urbana, utilizando el método aritmético se tiene una población futura de 4415 habitantes, utilizando el método geométrico se tiene una población futura de 6751 habitantes, utilizando el método de interés simple se tiene una población futura de 3602 habitantes. Esta población futura corresponde a un periodo de 20 años contados a partir del año de ejecución del proyecto 2018, se utiliza la población de 4415 habitantes debido a que se trata de un valor intermedio de población futura, este dato nos ayudará a dimensionar de manera correcta las estructuras evitando sobredimensionamiento caso que puede ocurrir si utilizamos la población futura del método geométrico y a su vez evitando que las estructuras planteadas no puedan ser capaces de tratar todo el caudal de ingreso de aguas residuales al utilizar la población futura del método de interés simple.

Se utiliza una dotación de 150 lts/hab/día según normativa peruana y se obtienen los siguientes caudales:

Caudal Máximo Horario: 15.33 l/s

Caudal Medio: 7.66 l/s

De estos caudales según RNE, los caudales de alcantarillado representan el 80% de los caudales de agua potable, por lo que los caudales finales serían:

Caudal Máximo ( $Q_{max}$ ): 12.26 l/s

Caudal Medio ( $Q_{med}$ ): 6.13 l/s

Como se puede apreciar los caudales estimados para la población futura son caudales inferiores a los caudales aforados en las 5 campañas por lo que para el diseño de las estructuras de tratamiento se utilizarán los caudales aforados.

#### **4.5.1. Propuesta de mejora cámara de rejas**

Actualmente, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) no cuenta con una cámara de rejas, lo cual representa una deficiencia importante, ya que esta unidad es fundamental para retener sólidos gruesos y evitar su ingreso a las unidades posteriores de tratamiento. Las rejas colocadas actualmente en los desarenadores no cumplen con la normativa vigente, por lo que se propone el diseño e implementación de una cámara de rejas funcional y eficiente.

La propuesta contempla una cámara de rejas con las siguientes características técnicas:

- Canal de sección rectangular de 0.30 m de ancho.
- Diámetro de ingreso de 200 mm.
- Instalación de 9 barras de criba.
- Las barras tendrán una eficiencia estimada del 80%.
- Las barras serán de forma rectangular, con:
  - Espesor de ¼ pulgada.
  - Separación entre barras de 1 pulgada.
- Altura útil de la reja: 0.70 m.
- Longitud de la reja: 1.00 m.
- Longitud total de la estructura: 2.10 m.

La cámara será ubicada estratégicamente en el punto de ingreso de la red de alcantarillado a la PTAR, asegurando así una operación eficiente desde la fase inicial del tratamiento.

El diseño completo, con sus especificaciones técnicas y ubicación, se detalla en los planos y anexos correspondientes de la presente investigación.

#### **4.5.2. Propuesta de mejora cámara distribuidora de caudales**

Si bien la actual planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) cuenta con una caja repartidora de caudales, esta no presenta un diseño adecuado, ya que únicamente posee

un muro central que divide el flujo de ingreso en dos partes, sin asegurar una distribución equitativa ni controlada.

Por ello, se propone el diseño de una nueva cámara distribuidora de caudales, cuya función será repartir de manera uniforme el caudal hacia los dos tanques Imhoff existentes. La propuesta contempla los siguientes elementos técnicos:

- La cámara contará con dos vertederos triangulares de concreto armado.
- Cada vertedero tendrá un ángulo de  $55^\circ$ , lo que permite una descarga controlada y simétrica.
- Se garantiza una distribución de 6.425 L/s hacia cada tanque Imhoff.

El diseño de esta estructura permite una operación hidráulicamente equilibrada, optimizando la eficiencia de los tanques Imhoff y reduciendo problemas de carga desigual.

Los detalles constructivos, dimensiones y especificaciones técnicas se encuentran en los planos y anexos de la presente investigación.

#### **4.5.3. Propuesta de mejora para desarenador**

Durante la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), se verificó que los desarenadores existentes cumplen con el tiempo de retención hidráulica requerido, tanto por las mediciones realizadas en campo como por los cálculos efectuados en función de sus dimensiones actuales.

Sin embargo, se identificó que estos desarenadores no cuentan con un canal Parshall, elemento comúnmente utilizado para la medición precisa de caudales. No obstante, se está implementando un sistema alternativo de medición en la cámara distribuidora de caudales, mediante vertederos triangulares, que cumplirán esa función.

Las dimensiones de cada desarenador existente son:

- Ancho: 0.30 m

➤ Longitud: 4.15 m

De acuerdo con los cálculos hidráulicos realizados, una longitud mínima de 2.70 m sería suficiente para garantizar el tratamiento adecuado de las aguas residuales. Por tanto, la longitud actual (4.15 m) no solo es adecuada para el caudal actual, sino que también es capaz de tratar el caudal proyectado para un periodo de retorno de 20 años, que corresponde a la vida útil estimada de la PTAR.

Se determinó que los dos desarenadores existentes son suficientes para el tratamiento de las aguas residuales. No obstante, se observó una deficiencia en la disposición final de los residuos removidos, ya que actualmente son descargados directamente al río Namora, generando contaminación del cuerpo receptor.

Como parte de la presente propuesta de mejora, se recomienda modificar la disposición de los residuos sólidos provenientes de la limpieza de los desarenadores, redireccionándolos hacia un lecho de secado, donde podrán ser tratados y gestionados de manera adecuada y ambientalmente segura.

La verificación técnica de las dimensiones de los desarenadores, así como los planos correspondientes, se presentan en los anexos de la presente investigación.

#### **4.5.4. Propuesta de mejora para tanques Imhoff**

Antes de proponer un nuevo diseño para los tanques Imhoff, fue necesario verificar si las dimensiones actuales permiten un tratamiento adecuado del caudal de ingreso. Para ello, se evaluaron las dimensiones del tanque sedimentador, la zona de aireación y el tanque de digestión.

El volumen del sedimentador existente es de 14.75 m<sup>3</sup>, el cual resulta insuficiente para tratar eficientemente las aguas residuales, ya que el volumen mínimo requerido para el periodo de diseño (20 años) es de 30.92 m<sup>3</sup>. Por tanto, se concluye que la unidad de sedimentación no cumple con los requerimientos técnicos, lo que justifica su rediseño.

Por otro lado, los digestores de los tanques Imhoff existentes presentan un volumen total de 158.46 m<sup>3</sup>, siendo este superior al volumen mínimo requerido de 154.56 m<sup>3</sup>. Esto indica que los digestores sí son adecuados para el tratamiento del caudal actual y futuro, cumpliendo los criterios técnicos para un horizonte de diseño de 20 años.

Como parte del rediseño propuesto, se ha modificado la cámara de sedimentación, incrementando el ancho desde 1.00 m (existente) a 2.50 m (proyectado), lo que permitirá una sedimentación más eficiente y acorde a la carga hidráulica proyectada.

Los cálculos hidráulicos, volumétricos y los planos técnicos detallados del nuevo diseño se presentan en los anexos de la presente investigación.

#### **4.5.5. Propuesta de mejora para lechos de secado**

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) cuenta con dos lechos de secado, uno para cada tanque Imhoff. Cada lecho tiene un área de 60 m<sup>2</sup>, sumando un total de 120 m<sup>2</sup> de superficie disponible para el tratamiento de lodos.

El análisis técnico realizado ha verificado que cada lecho, con 60 m<sup>2</sup> de área, es suficiente para tratar el volumen de lodos digeridos generado por los respectivos digestores, tanto en las condiciones actuales como para el caudal proyectado en un periodo de retorno de 20 años.

Si bien las dimensiones actuales son adecuadas, como parte de la propuesta de mejora se recomienda que los lechos también reciban los residuos provenientes de la limpieza de los desarenadores, los cuales actualmente se disponen de forma inadecuada en el río Namora, generando contaminación ambiental.

El cálculo detallado del área necesaria y la verificación técnica de los lechos de secado existentes se presentan en los anexos de la presente investigación.

#### **4.5.6. Propuesta de mejora para humedal**

Tanto en la evaluación biológica como en la evaluación hidráulica del humedal, los resultados obtenidos indican que esta unidad de tratamiento funciona correctamente, siempre que se le realice un mantenimiento adecuado y periódico.

Actualmente, se ha identificado que el humedal presenta obstrucciones durante las épocas de lluvia, lo que afecta su rendimiento hidráulico. Sin embargo, en épocas de estiaje, el sistema trata adecuadamente el caudal de ingreso, cumpliendo su función depuradora.

La presente propuesta de mejoramiento recomienda implementar un programa de mantenimiento preventivo, con énfasis en la limpieza periódica de las tuberías perforadas, a fin de evitar obstrucciones y garantizar el flujo adecuado del agua residual tratada.

Cabe destacar que los humedales de tratamiento son unidades altamente dependientes de la calidad del lecho de grava y del estado fitosanitario de las plantas acuáticas, ya que estos elementos son fundamentales para la reducción de la carga orgánica.

En este sentido, la entidad responsable de la operación de la PTAR ha asumido el compromiso de realizar monitoreos continuos del humedal, con el objetivo de asegurar su correcto funcionamiento y la sostenibilidad del sistema de tratamiento a largo plazo.

#### **4.5.7. Propuesta de mejora cámara de contacto de cloro**

Actualmente, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Namora no cuenta con un sistema de desinfección en ninguna de sus fases de tratamiento, lo cual conlleva a la descarga de aguas con alta carga microbiológica al río Namora. Esto se evidencia en los resultados de laboratorio, donde se observa que al influente ingresan  $5.4 \times 10^6$  NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, y el efluente final descarga  $3.5 \times 10^6$  NMP/100 mL al río, cifras que superan ampliamente los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por la normativa nacional.



Para garantizar el cumplimiento de dichos estándares y reducir el riesgo de contaminación microbiológica, se propone la implementación de una cámara de contacto de cloro, con las siguientes características técnicas:

- Área de la cámara: 1.72 m<sup>2</sup>
- Longitud total: 3.93 m
- Altura útil: 0.50 m
- Número de deflectores (baffles): 11 unidades, ubicados cada 0.30 m aproximadamente
- Separación lateral de baffles: 0.30 m respecto a las paredes laterales
- Concentración mínima de cloro residual requerida en el efluente: 2 mg/L

La estructura ha sido diseñada para ubicarse al final de la línea de tratamiento, en un espacio de libre acceso y de fácil mantenimiento. Asimismo, se ha contemplado la instalación del tanque de mezcla de cloro en una zona segura y adecuadamente protegida. Los detalles del diseño hidráulico, los cálculos de contacto y mezcla, así como los planos técnicos correspondientes, se presentan en los anexos de la presente investigación.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- La planta de tratamiento de aguas residuales de Namora presenta deficiencias significativas en sus componentes físicos. Se identificó daño estructural en los tanques Imhoff, colapso del humedal, obstrucción de la cámara repartidora, y ausencia de elementos esenciales como rejas y sistemas de desinfección. Además, se constató que la planta no cuenta con personal técnico capacitado ni un plan de operación y mantenimiento adecuado, lo que compromete su funcionamiento.
- La evaluación hidráulica determinó que los desarenadores cumplen con los tiempos de retención hidráulica establecidos por normativa (20 s a 3 min), registrando 64.49 s en el desarenador N.º 1 y 137.48 s en el desarenador N.º 2. En contraste, los tanques Imhoff presentan tiempos de retención de 26.98 min (N.º 1) y 54.08 min (N.º 2), por debajo del rango normativo de 1.5 a 2.5 h según la O.S.090, debido a la insuficiencia de volumen útil frente a los caudales reales de operación. Durante la evaluación se registraron caudales de ingreso de 10.59 L/s (mínimo), 11.45 L/s (medio) y 12.85 L/s (máximo), valores que exceden la capacidad hidráulica de los tanques actuales. Finalmente, se evidenció que el humedal requiere limpieza del lecho de grava y mejoras en las rutinas de operación y mantenimiento para asegurar un tratamiento eficaz.
- La planta presentó bajos niveles de eficiencia en la remoción de contaminantes: Del 67.19 % para SST (de 64.00 a 21.00 mg/L), 57.30 % para DBO<sub>5</sub> (de 53.40 a 22.80 mg O<sub>2</sub> /L), 5.89 % para DQO (de 118.92 a 111.92 mg O<sub>2</sub> /L), 88.85 % para aceites y grasas (de 15.25 a <1.70 mg/L) y 35.19 % para coliformes termotolerantes (de 5.4×10<sup>6</sup> a 3.5×10<sup>6</sup> NMP/100 mL). El pH varió levemente de 8.35 a 8.32 UND, manteniéndose dentro del rango permitido (6.5–8.5). Solo los

coliformes termotolerantes exceden el LMP, evidenciando ineficiencia en la remoción microbiológica.

- El efluente tratado impacta negativamente la calidad del agua del río Namora. Aunque cumple con los LMP para la mayoría de los parámetros, presenta una carga excesiva de coliformes termotolerantes ( $3.5 \times 10^6$  NMP/100 mL), superando en 350 veces el límite. A 100 m aguas abajo, aún no se cumple el ECA para uso agrícola y pecuario, evidenciando riesgo sanitario y contaminación microbiológica persistente.
- Con base en los resultados obtenidos, se propone una serie de mejoras que incluyen la instalación de una cámara de rejillas, la ampliación de los tanques Imhoff, la correcta operación y mantenimiento del humedal, y la incorporación de una cámara de contacto con cloro. Estas acciones permitirán optimizar la eficiencia del tratamiento y garantizar que el efluente cumpla con la normativa ambiental, asegurando la sostenibilidad del sistema y la protección del entorno natural.

## **5.2. Recomendaciones**

- La Municipalidad Distrital de Namora, a través de su Unidad de Gestión Municipal (UGM) y el Área Técnica Municipal (ATM), debe gestionar la designación de un profesional capacitado en saneamiento para operar y dar mantenimiento regular a cada componente de la planta, asegurando el cumplimiento de los protocolos técnicos establecidos.
- Aunque algunos parámetros fisicoquímicos cumplen con los LMP y ECA, la elevada carga microbiológica en el efluente evidencia deficiencias en el tratamiento biológico. Se sugiere no confiar únicamente en el cumplimiento

parcial de parámetros, y más bien optimizar los procesos y estructuras para garantizar una depuración integral del agua residual.

- Se recomienda implementar las mejoras propuestas en el diseño: instalación de cámara de rejillas, ampliación de los tanques Imhoff, adecuación del sistema de conducción de lodos, rehabilitación del humedal y la incorporación de una cámara de contacto de cloro, para asegurar una desinfección eficaz del efluente final.
- Para una adecuada caracterización del caudal y del agua residual, se recomienda realizar campañas de aforo durante 24 horas continuas, en al menos cinco jornadas distintas, tal como lo establece el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – OS.090). Asimismo, se sugiere realizar tomas de muestras compuestas en igual número de campañas, para obtener resultados representativos.

## CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 6.1. Bibliografía

De la Vega, M. (2012). Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Fair, G. M., Geyer, J. C., & Okun, D. A. (1992). Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales (1.<sup>a</sup> ed.). Editorial Limusa.

Hillbeboe, H. E. (2005). Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Mexico

López Vásquez, C. M., Buitrón Méndez, G., García, H. A., & Cervantes Carrillo, F. J. (2017). Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño. IWA Publishing.

Metcalf & Eddy, Inc. (2004). Wastewater engineering: Treatment and reuse (4.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Pineda-Buitrago, L. L. (2017). Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) de Tunja–Boyacá [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].

Ramalho, R. S. (2021). Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverté.

Ramalho, R. S. (2003). Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverté.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Norma Técnica OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Reglamento Nacional de Edificaciones.

Rojas, J. A. (1999). Calidad del Agua (2.<sup>a</sup> ed.). Alfaomega Grupo Editor.

Rolim, S. M. (2000). Sistemas de Lagunas de Estabilización. McGraw-Hill Interamericana.

Ronzano, Eduardo & Dapena, José L. (2015). Tratamiento biológico de las aguas residuales. Díaz de Santos.

Romero Rojas, J. A. (2004). Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño (3.<sup>a</sup> ed.). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Valdez, E. C., & Vásquez González, A. B. (2003). Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. Fundación ICA.

**Tesis:**

Amambal Zambrano, J. (2023). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá, 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5798>

Cayllahua Caceres, N. (2022). Evaluación de la PTAR Sicuani y su impacto en la calidad del agua del río Vilcanota [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional de la UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6429>

Clemente Campos, Y. A. (2022). Evaluación de la eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi, como aporte del compromiso ambiental municipal – 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional de la UNDAC.

Moreno Alcántara, O. (2024). Evaluación hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado El Rosario de Polloc, La Encañada – Cajamarca - 2023 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7092>

## 6.2. Linkografía

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-tanqueimhoff-pdf-free.html>

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

Dr. Felipe Calderón, (2016). Laboratorio Calderón. [http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Determinacion\\_de\\_SST.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_SST.htm)

Sanchez Montes, M. (2017, 13 de marzo). Las aguas residuales en Perú, realidad al 2017. iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/maria-sanchez-montes/aguas-residuales-peru-costo-improvisacion>

## **CAPITULO VII. ANEXOS**

### **Anexo 1. Registro fotográfico**

**Fotografía N°1.** *Toma de medidas de las estructuras de la PTAR.*



**Fotografía N°2.** *Toma de muestra al ingreso de la PTAR, fecha 23 de octubre del 2024.*





**Fotografía N°3.** Toma de muestras a la salida del desarenador N°1, fecha 23 de octubre del 2024.



**Fotografía N°4.** Toma de muestras a la salida del desarenador N°2, fecha 23 de octubre del 2024.





**Fotografía N°5.** Toma de muestras a la salida del Tanque Imhoff N°1, fecha 23 de octubre del 2024.



**Fotografía N°6.** Toma de muestras a la salida del Tanque Imhoff N°2, fecha 23 de octubre del 2024.





**Fotografía N°7.** Toma de muestras a la salida de la PTAR, fecha 23 de octubre del 2024.



**Fotografía N°8.** Toma de muestras 100 m aguas abajo del punto de salida de la PTAR, fecha 23 de octubre del 2024.





**Fotografía N°9.** Toma de muestras 100 m aguas abajo del punto de salida de la PTAR, fecha 11 de julio del 2025.



**Fotografía N°10.** Aforo utilizando el método de flotador en el punto de muestreo ECA, fecha 11 de julio del 2025.





**Fotografía N°11.** Encuestas a pobladores aledaños a la PTAR Namora para la propuesta de mejoramiento.



**Fotografía N°12.** Encuestas a pobladores aledaños a la PTAR Namora para la propuesta de mejoramiento.



## **Anexo 2. Procesamiento de aforo en el río Namora**

## **AFORO POR MÉTODO DE FLOTADORES – RÍO NAMORA – 04/08/2025**

El presente aforo se realizó en el río Namora, en el punto coincidente con la zona de muestreo establecida para la evaluación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), cuyas coordenadas UTM son Este: 795956.00 m, Norte: 9202203.00 m, zona 17S. Se empleó el método de flotadores conforme al Manual de Hidrometría del SENAMHI (sección 5.4.4), debido a que no se disponía de un correntómetro en campo y a que las condiciones del cauce —tramo rectilíneo, flujo estable, sin turbulencia excesiva y profundidad accesible— fueron adecuadas para la aplicación de esta técnica. Asimismo, se contó con los materiales necesarios para su ejecución, tales como flotadores visibles, cronómetro, cinta métrica y varilla graduada para el levantamiento de la sección transversal.

### **1. MATERIALES UTILIZADOS PARA EL AFORO**

Para la ejecución del aforo mediante el método de flotadores, se emplearon los siguientes instrumentos, de acuerdo con lo establecido en la Guía Técnica N.º 01-2011 del SENAMHI:

- **Wincha de 50 m:** utilizada para medir la longitud del tramo rectilíneo de aforo entre los puntos de entrada y salida del flotador.
- **Wincha de 5 m:** utilizada para subdividir el ancho del cauce en intervalos regulares, necesarios para la medición de la sección transversal.
- **Cronómetro digital:** empleado para registrar el tiempo de desplazamiento de los flotadores a lo largo del tramo delimitado.
- **Flotadores (botellas plástica parcialmente llenas a 1/3 de su volumen con agua):** este tipo de flotador fue seleccionado por ser el más adecuado conforme a los criterios del SENAMHI, ya que combina baja masa, alta flotabilidad, buena visibilidad y excelente respuesta a la velocidad superficial del flujo. Su forma regular y peso controlado permiten una lectura precisa del tiempo de recorrido y

reducen la influencia de la inercia o la desviación lateral, garantizando así mayor representatividad de la velocidad superficial promedio.

- **Varilla graduada:** utilizada para medir las profundidades en cada vertical del cauce durante el levantamiento de la sección transversal.

## 2. SELECCIÓN DEL TRAMO

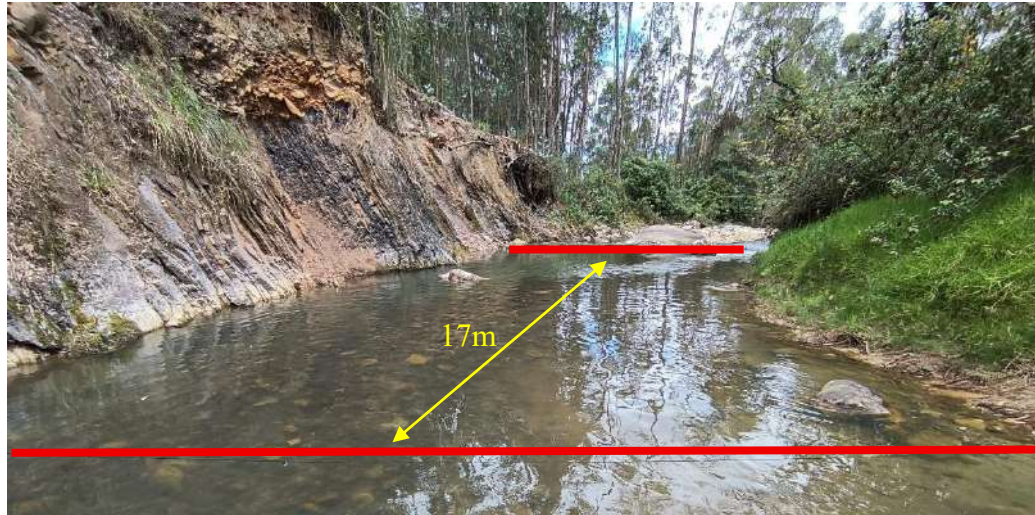
Para la ejecución del aforo mediante el método de flotadores, se seleccionó un tramo rectilíneo de 17 metros de longitud, ubicado en la margen media del cauce. Este fue el único segmento que presentó condiciones hidráulicas adecuadas para la medición, tales como flujo uniforme, buena visibilidad del recorrido, lecho regular y ausencia de remolinos u obstáculos sobresalientes.

Durante el reconocimiento de campo se identificaron otros tramos del río con mayor longitud, pero estos presentaban curvaturas pronunciadas, presencia de rocas expuestas y turbulencias localizadas, lo cual contraviene las condiciones mínimas requeridas para este método, según la Guía Técnica N.º 01-2011 del SENAMHI. Por ello, la elección del tramo de 17 m se justifica como la mejor opción disponible para asegurar la representatividad y confiabilidad del aforo.

La ubicación y características físicas del tramo seleccionado se muestran en la siguiente imagen.



**Figura 1.** Ubicación del tramo de aforo.



### 3. OBTENCIÓN DEL CAUDAL

Para estimar el caudal del río se emplea la ecuación de continuidad:

$$Q = Vm * A$$

Donde:

Q: Caudal del río (m<sup>3</sup>/s)

Vm: Velocidad media del flujo (m/s), obtenida a partir de la velocidad superficial corregida

A: Área de la sección transversal del cauce (m<sup>2</sup>)

La velocidad superficial se obtuvo mediante el método de flotadores, dividiendo la longitud del tramo por el tiempo promedio de recorrido de los flotadores. Para obtener la velocidad media del flujo, se aplicó un coeficiente de corrección K=0.80, tal como lo establece la Guía Técnica N.º 01-2011 del SENAMHI para cauces naturales.

$$Vm = K * \frac{L}{t}$$

El área de la sección del cauce se calculó mediante el método geométrico de subdivisión en trapecios, a partir de mediciones de profundidad realizadas en intervalos regulares a lo largo del ancho del cauce.

**a. Cálculo del tiempo promedio**

Para estimar la velocidad superficial del río, se cronometró el tiempo que tardaba un flotador en recorrer un tramo rectilíneo de 17 metros. De acuerdo con la Guía Técnica N.º 01-2011 del SENAMHI, el flotador debe ser visible, desplazarse con la corriente, estar parcialmente sumergido y no ser fácilmente desviado por el viento.

Por ello, se emplearon dos tipos de flotadores:

Una botella de plástico parcialmente llena (1/3 de su volumen con agua), la cual ofreció buena estabilidad y seguimiento del flujo superficial.

Un tronco de madera seca de dimensiones 0.30 m × 0.10 m × 0.05 m, utilizado como flotador de comparación.

Ambos flotadores fueron lanzados desde el mismo punto, repitiendo el recorrido varias veces. El tiempo promedio de recorrido se obtuvo a partir del promedio aritmético de los registros más consistentes.

- **Cálculo del tiempo promedio utilizando como flotador la botella:**

**Figura 2.** Flotador botella plástica



Conforme a la Guía Técnica N.º 01-2011 del SENAMHI, se realizaron nueve repeticiones del recorrido del flotador, distribuidas de la siguiente manera: tres mediciones en la margen derecha, tres en el centro y tres en la margen izquierda del cauce. Esto permite capturar variaciones transversales de la velocidad superficial del flujo.

Tabla 1. Tiempo promedio utilizando como flotado botella plástica

Fecha	Hora		Trabajo de Campo									
dia/mes/año	inicio	fin	Tiempo - Utilizando flotador botella plástica									Tiempo Promedio
			Margen derecha			Centro			Margen izquierda			
			t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	
4/08/2025	12:30	12:50	36.23	35.02	41.26	28.12	27.25	30.18	34.35	35.52	36.23	33.8

Nota: Tiempo promedio obtenido a partir del promedio aritmético de los 9 valores medidos.

- **Cálculo del tiempo promedio utilizando como flotador el tronco de madera**

Figura 3. Flotador tronco de madera



Como parte de la validación del método, también se realizaron nueve repeticiones utilizando un segundo tipo de flotador: un tronco de

madera seca con dimensiones aproximadas de 0.30 m × 0.10 m × 0.05 m.

Los tiempos registrados durante el recorrido del flotador por el tramo de 17 m se detallan a continuación:

Tabla 2. Tiempo promedio utilizando tronco de madera.

Fecha	Hora		Trabajo de Campo									
dia/mes/año	inicio	fin	Tiempo - Utilizando flotador tronco 0.30m x 0.10m x 0.05m									
			Margen derecha			Centro			Margen izquierda			Tiempo Promedio
			t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	tp
4/08/2025	13:30	13:30	44.02	46.52	55.41	29.15	30.16	28.20	48.29	46.12	49.06	41.89

- **Selección del tiempo definitivo**

A pesar de que ambos flotadores proporcionaron resultados válidos, se optó por utilizar como referencia el tiempo promedio obtenido con la botella plástica parcialmente llena (1/3 de volumen). Esta decisión se basa en que dicho flotador presentó un comportamiento hidrométricamente más estable, con menor variabilidad en los tiempos registrados, y un desplazamiento uniforme a lo largo del tramo de medición, tal como recomienda el Manual del SENAMHI.

$$T_p = 33.80 \text{ s}$$

**b. Cálculo de la velocidad**

**i. Cálculo de la Velocidad superficial (Vs)**

La velocidad superficial se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{D}{T_p}$$

Donde:

Vs: Velocidad Superficial (m/s)

D: distancia que recorre el flotador (m)

Tp: tiempo promedio que demora en recorrer el flotado la distancia indicada (s)

$$V_s = \frac{17 \text{ m}}{33.80 \text{ s}}$$

$$V_s = 0.50 \text{ m/s}$$

## ii. Cálculo de la Velocidad Media (Vm)

La velocidad media del flujo (Vm) representa la velocidad promedio a lo largo de toda la profundidad del cauce. Dado que la medición directa con flotadores proporciona únicamente la velocidad superficial (Vs), esta debe corregirse mediante un coeficiente K, tal como se indica en la Guía Técnica N.º 01-2011 del SENAMHI.

El valor de K depende de las condiciones del cauce. Para este caso específico —un río de alta montaña, con lecho natural, presencia de rocas y perfil transversal irregular— se adopta el valor  $K = 0.80$ , tal como recomienda el manual para cauces naturales e irregulares.

$$V_m = 0.80 * V_s$$

$$V_m = 0.80 * 0.50 \text{ m/s}$$

$$V_m = 0.40 \text{ m/s}$$

## c. Cálculo del área de la sección media del cauce (Am)

Conforme a lo establecido en la Guía Técnica N.º 01-2011 del SENAMHI, en cauces naturales de alta montaña con morfología irregular y cambios de sección a lo largo del tramo aforado, se recomienda levantar más de dos secciones transversales para estimar una sección media representativa.



En este estudio se levantaron tres secciones transversales dentro del tramo de 17 metros:

Sección 1: en el inicio del tramo (0 m)

Sección 2: en el punto medio del tramo (8.5 m)

Sección 3: al final del tramo (17 m)

En cada sección se midieron las profundidades y el ancho del cauce, a partir de lo cual se calcularon las respectivas áreas ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ).

Finalmente, se estimó el área media ( $A_m$ ).

Figura 4. Sección 1 ubicada en el 0+00m



Figura 5. Sección 2 ubicada en el 0+8.5m



Figura 6. Sección 2 ubicada en el 0+16m



Las secciones transversales del cauce fueron medidas con una wincha métrica de 50 m, tendida perpendicularmente al flujo del río, desde el margen derecho hasta el margen izquierdo (en sentido aguas abajo),



conforme a lo recomendado por la Guía Técnica N.º 01-2011 del SENAMHI (numeral 4.3.3.1).

A lo largo de cada sección, se marcó un punto de medición cada 0.50 metros sobre la wincha, estableciendo una malla de referencia transversal.

En cada una de estas marcas, se midió la profundidad del cauce utilizando una varilla graduada, colocada verticalmente hasta tocar el lecho del río, registrando la distancia hasta la superficie del agua.

Este procedimiento se aplicó en las tres secciones representativas (inicio, medio y final del tramo aforado). A partir de los datos registrados, se construyó el perfil transversal de cada sección y se calcularon las áreas parciales, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 7. Ubicación de las secciones.

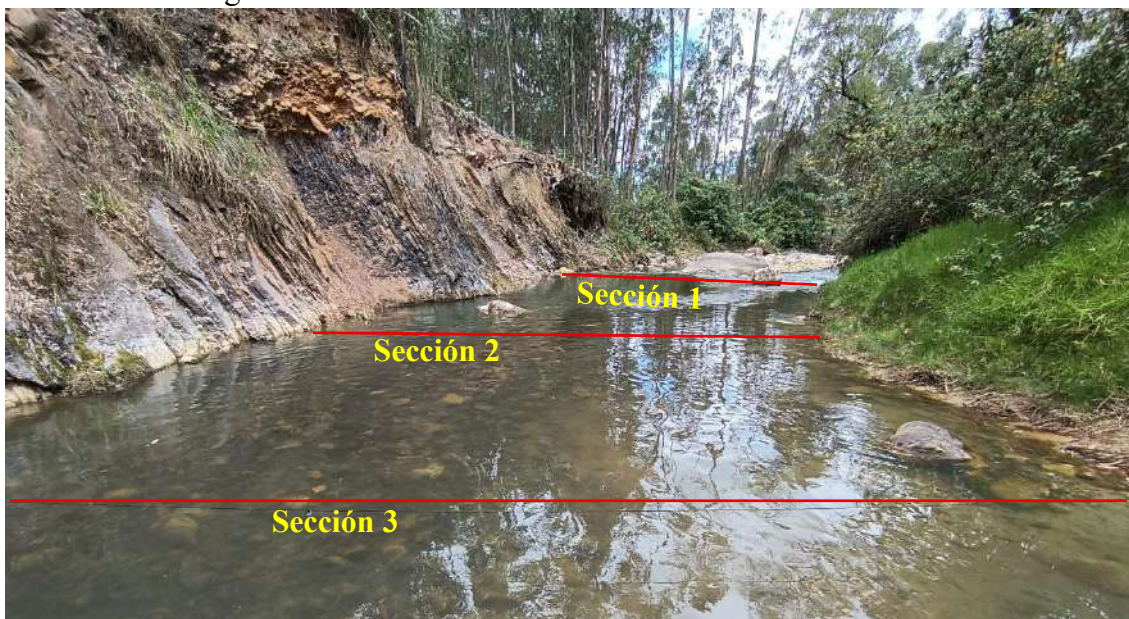


Figura 8. Resultados del procesamiento de la sección 1.

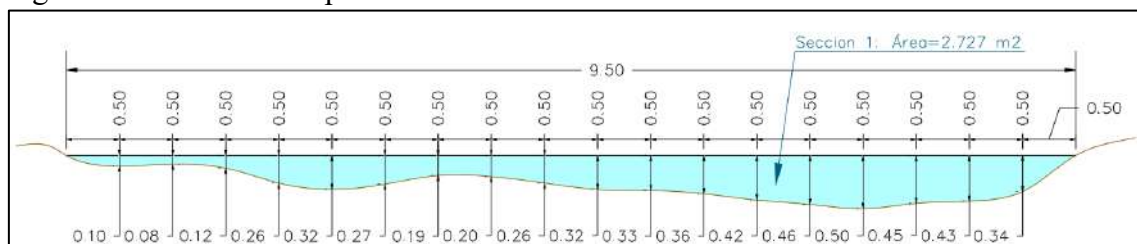




Figura 9. Resultados del procesamiento de la sección 2.

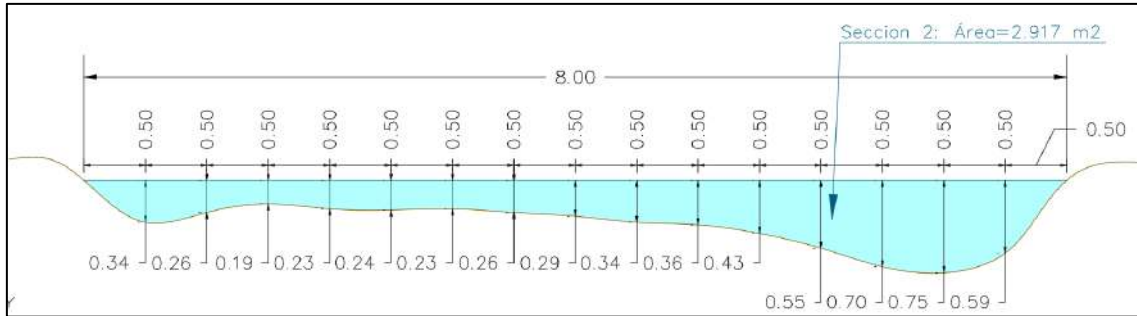
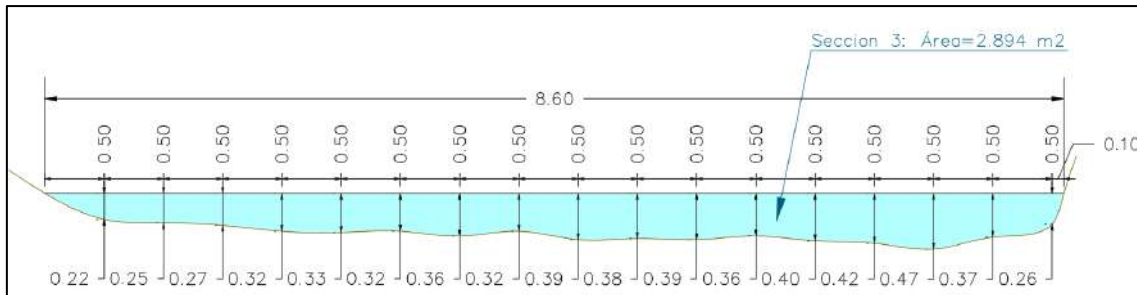


Figura 10. Resultados del procesamiento de la sección 3.



Como indica el manual de hidrometría del Senamhi, la sección del río aforado será el promedio de las áreas de las 3 secciones encontradas lo cual es equivalente a:

$$Am = \frac{2.727 \text{ m}^2 + 2.917 \text{ m}^2 + 2.894 \text{ m}^2}{3}$$

$$Am = 2.846 \text{ m}^2$$

#### d. Cálculo del Caudal (Q)

Como se indicaba anteriormente el caudal será el área de la sección media del río por la velocidad media en el río,

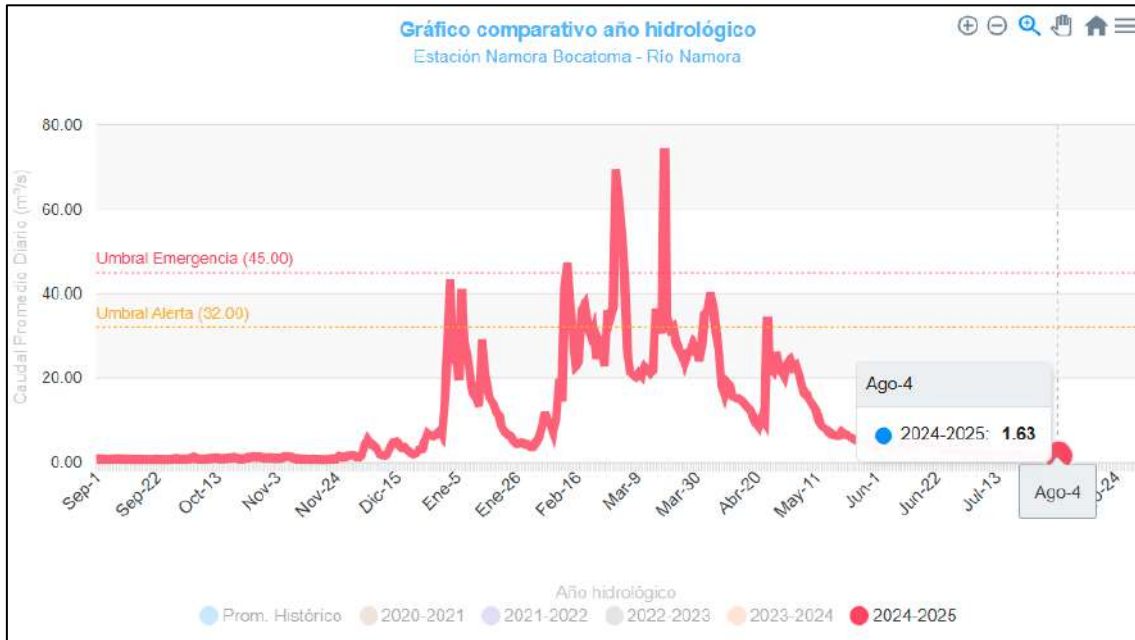
$$Q = Vm * Am$$

$$Q = 0.40 \frac{m}{s} * 2.846 \text{ m}^2$$

$$Q = 1.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

## Comparativo con el caudal aforado por la estación hidrométrica a 2km debajo del punto de aforo

Figura 11. Caudal en la estación hidrométrica.



El caudal aforado in situ en el tramo del río Namora fue de 1.15 m<sup>3</sup>/s, mientras que el caudal registrado por la estación hidrométrica ubicada aproximadamente 2 km aguas abajo del punto de aforo fue de 1.63 m<sup>3</sup>/s.

Esta diferencia de caudales es consistente con lo esperado, dado que en el tramo entre ambos puntos se identifican posibles aportes de flujo base (infiltraciones subterráneas, escurrimientos de laderas, y afluencia de pequeños tributarios), lo cual incrementa progresivamente el caudal del río.

Aunque los aforos no se realizaron simultáneamente, la magnitud del caudal obtenido mediante flotadores es representativa del régimen del río en el punto evaluado, al hallarse en el mismo orden de magnitud y presentar coherencia con las condiciones del cauce observadas durante el trabajo de campo.

Mismo procedimiento ha sido aplicado en la fecha del 11 de julio del 2025 donde el caudal aforado fue de 1.78 m<sup>3</sup>/s y el registrado en la estación Namora fue de 1.99 m<sup>3</sup>/s.

**Anexo 3. Justificación de las fechas de muestreo en el río Namora**

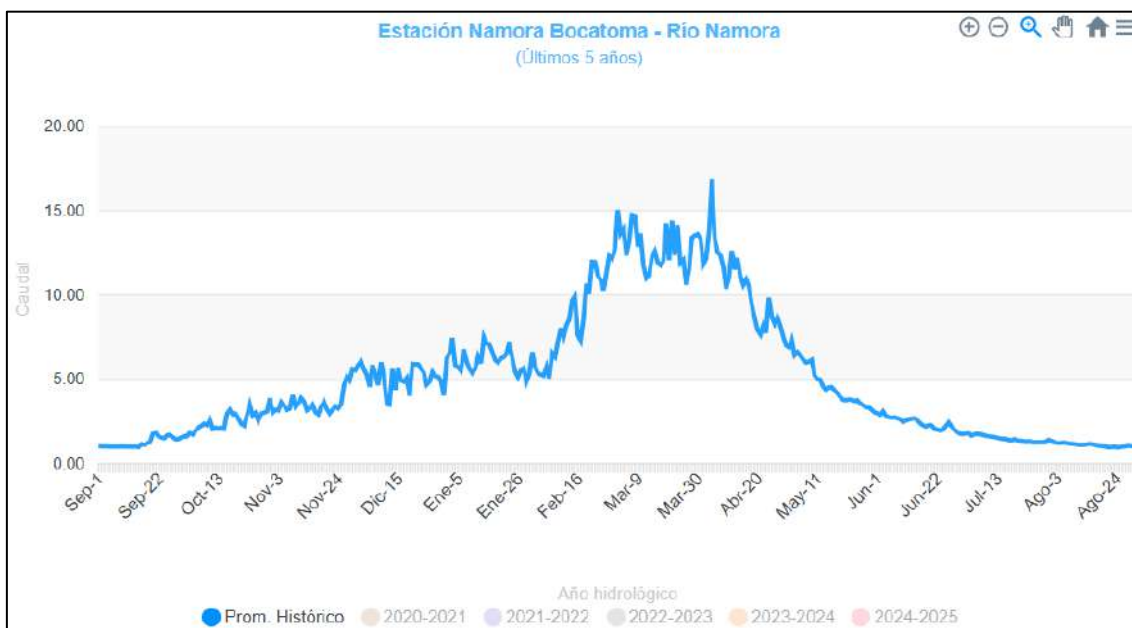
En la presente investigación se ha indicado que la toma de muestras en el río Namora, tanto para la evaluación de los Límites Máximos Permisibles (LMP) como de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), se ha realizado durante la época de estiaje.

(SENAMHI, 2018) define la temporada de estiaje como el periodo en el que los ríos presentan los valores más bajos de caudal en el año hidrológico, ocurriendo principalmente en la vertiente del Pacífico y en la región andina. Este periodo comprende los meses entre mayo y noviembre.

La toma de muestras de los parámetros fisicoquímicos (SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas) y microbiológicos (coliformes termotolerantes) se realizó el día 23 de octubre del año 2024. Esta fecha se encuentra claramente dentro del periodo de estiaje del año hidrológico 2024-2025.

Para evidenciar el comportamiento de los caudales en el río Namora durante esta época, y en la fecha exacta del muestreo, se ha recurrido a información histórica proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Ilustración 1. Gráfico de caudales históricos en el río Namora.



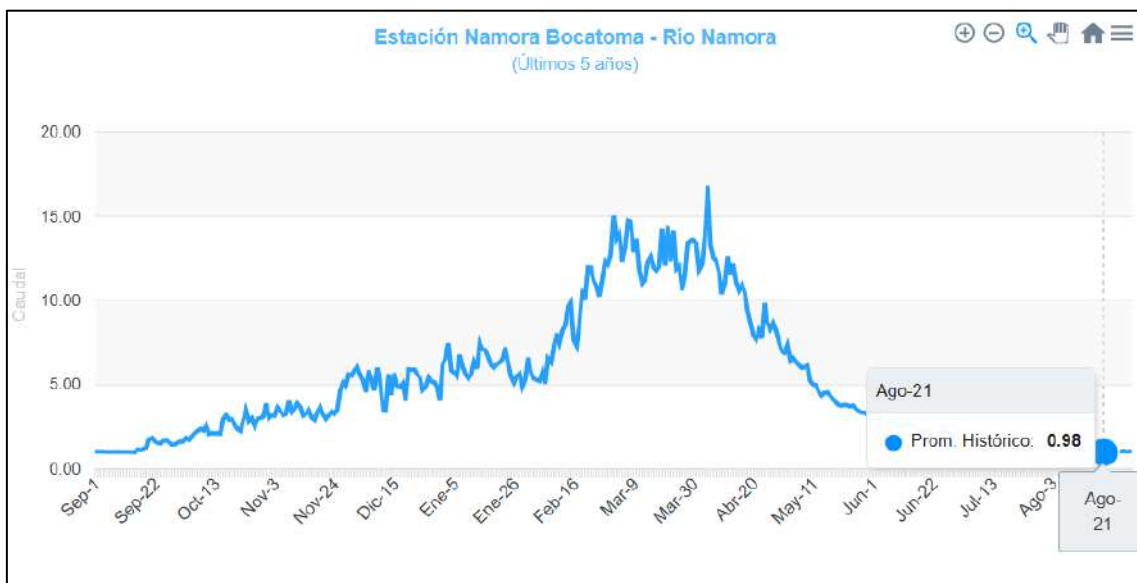
Fuente: ANA – Observatorio del Agua.

Ilustración 2. Caudal mínimo histórico en el mes de julio – Río Namora.



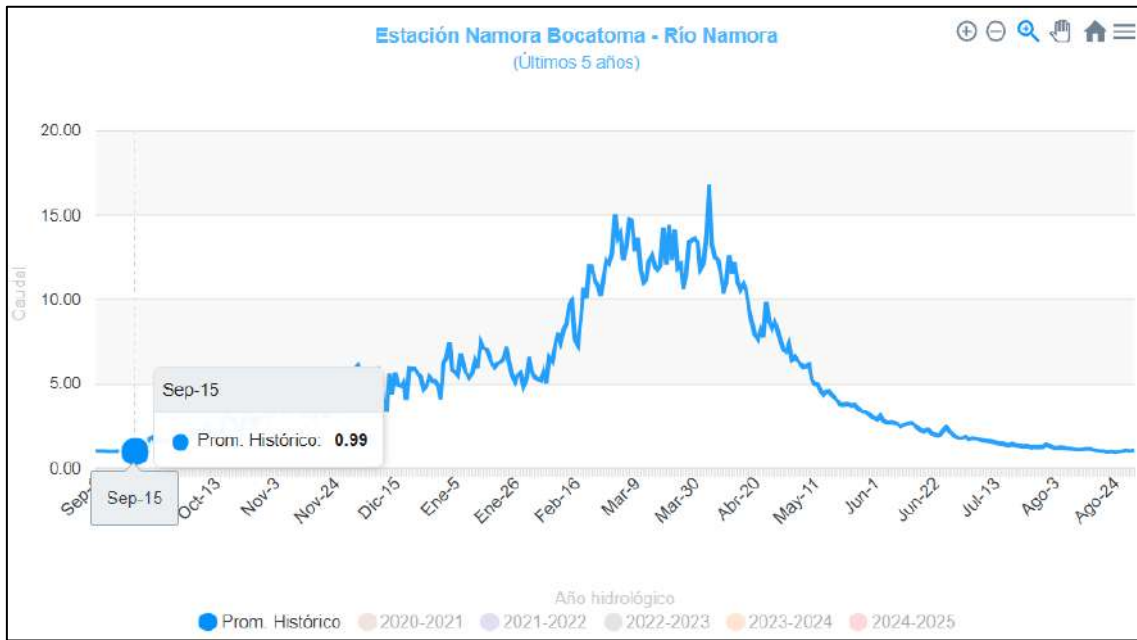
Nota: El caudal mínimo histórico para el mes de julio corresponde a 1.28 m³/s.

Ilustración 3. Caudal mínimo histórico en el mes de agosto – Río Namora.



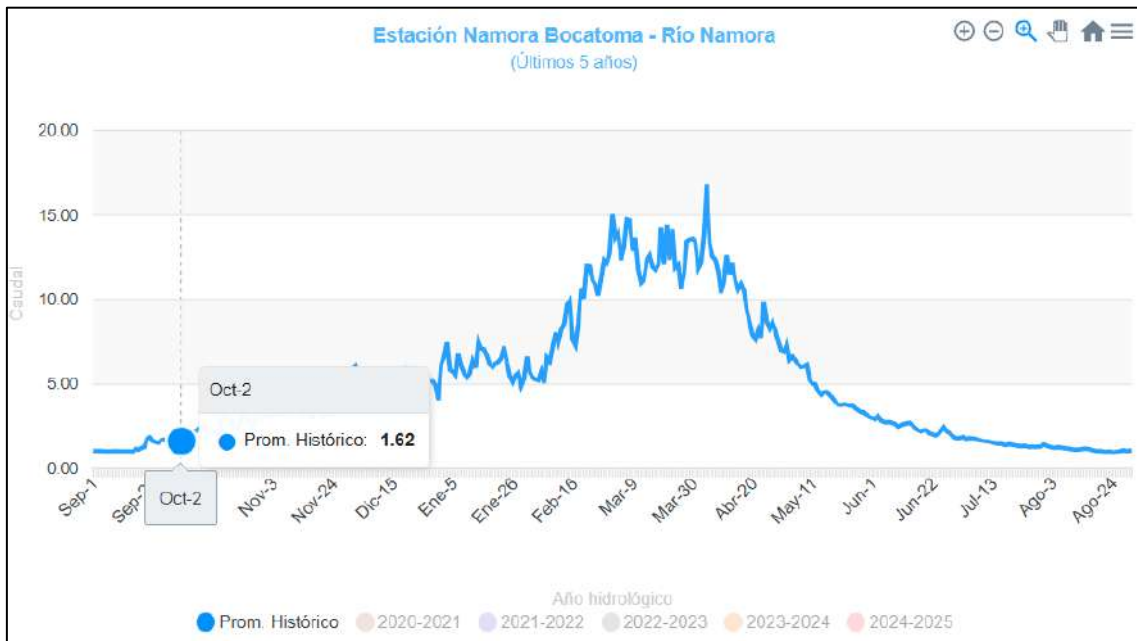
Nota: El caudal mínimo histórico para el mes de agosto corresponde a 0.98 m³/s.

Ilustración 4. Caudal mínimo histórico en el mes de septiembre – Río Namora.



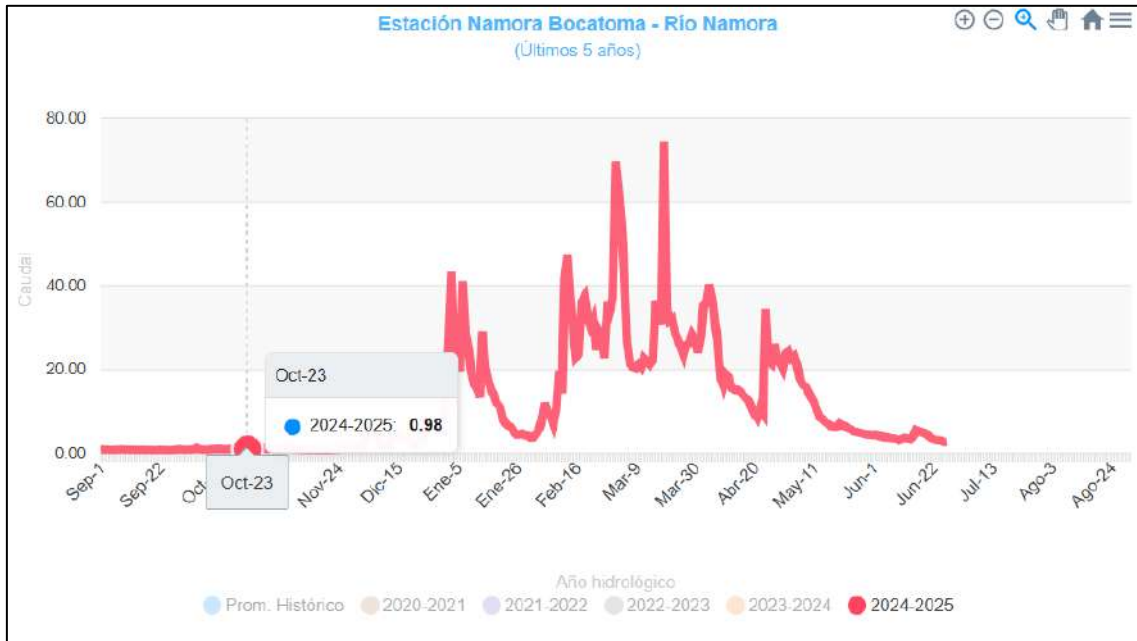
Nota: El caudal mínimo histórico para el mes de septiembre corresponde a 0.99 m<sup>3</sup>/s.

Ilustración 5. Caudal mínimo histórico en el mes de octubre – Río Namora.



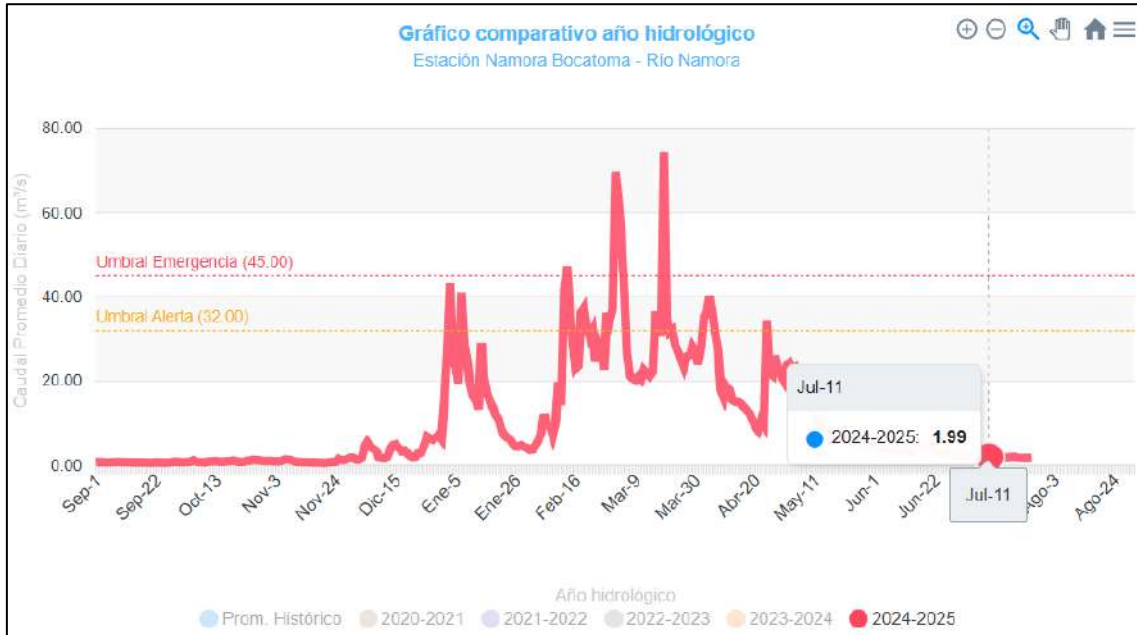
Nota: El caudal mínimo histórico para el mes de octubre corresponde a 1.62 m<sup>3</sup>/s.

Ilustración 6. Caudal del río Namora el día 1 de muestreo de los parámetros fisicoquímicos.



Nota: El caudal registrado el 23 de octubre de 2024 fue de 0.98 m³/s.

Ilustración 7. Caudal del río Namora el día 2 de muestreo de los parámetros fisicoquímicos.



### Análisis de la fecha de muestreo y el contexto hidrológico

La toma de muestras realizada el 23 de octubre de 2024 se llevó a cabo en plena época de estiaje, según lo definido por el SENAMHI (mayo a noviembre). En dicho periodo,



los caudales de los ríos presentan sus niveles más bajos, lo que conlleva una menor capacidad de dilución natural para los contaminantes.

### **Análisis de los caudales históricos y la fecha de muestreo**

El caudal del río Namora registrado el día del muestreo fue de 0.98 m<sup>3</sup>/s. Este valor es incluso inferior a los mínimos históricos registrados para los meses de julio (1.28 m<sup>3</sup>/s), agosto (0.98 m<sup>3</sup>/s), septiembre (0.99 m<sup>3</sup>/s) y octubre (1.62 m<sup>3</sup>/s). Esta diferencia sugiere que el muestreo se llevó a cabo bajo condiciones hidrológicas particularmente extremas, lo cual fortalece la validez de los resultados para evaluar el cumplimiento de los ECA.

Esta condición hidrológica crítica garantiza que el análisis de los parámetros en el cuerpo receptor se haya realizado bajo el escenario más exigente, es decir, cuando la capacidad de dilución del río es mínima. Esto permite una evaluación conservadora y precautoria del cumplimiento de los estándares ambientales.

### **Conclusión de la fecha de muestreo**

Por tanto, la fecha de muestreo elegida (23 de octubre de 2024) representa una condición hidrológica crítica para el río Namora, lo cual justifica plenamente su uso como base para evaluar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en el presente estudio.

Adicionalmente a ello también se ha elegido otra fecha para la evaluación de los ECA, el día 11 de julio del año 2025, los resultados de los parámetros contaminantes son menores debido al caudal que presentaba el río en ese momento (1.99 m<sup>3</sup>/s), con una mayor capacidad de dilución.

**Anexo 4. Cálculos hidráulicos para el mejoramiento de la PTAR Namora.**

## **CÁLCULOS DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA “CÁMARA DE REJAS”**

### **Parámetros de diseño**

Los parámetros de diseño son adoptados de la normativa técnica peruana OS.090 y bibliografías, son los siguientes:

- Número de canales (Nc): 1 Und
- Forma de la barra rectangular con coeficiente (K): 2.42
- Espesor de la barra (e): ¼ pulg o 6 mm
- Espaciamiento entre barras (a): 1 pulg o 25 mm
- Ancho de las barras (br): 1 ½ pulg o 38 mm
- Velocidad entre las barras (Vr): 0.70 m/s
- Velocidad antes de las barras (Vc): 0.60 m/s
- Angulo de inclinación de las barras ( $\theta$ ): 45°
- Gravedad (g): 9.81 m/s
- Coeficiente de rugosidad del canal (n): 0.013

### **Criterios de diseño**

Ancho del canal (B): 0.30 m, ancho adoptado con fines de operación y mantenimiento y permitiendo el ingreso de una pala para limpieza.

Diámetro de tubería de ingreso ( $\Phi$ ): 0.20m u 8 pulgadas, diámetro medido en campo.

### **Cálculo de la eficiencia de las barras de criba**

a) Eficiencia de las barras (E)

$$E = \frac{a}{a+e} \tag{A.1}$$

$$E = \frac{1 \text{ pulg}}{1 \text{ pulg} + \frac{1}{4} \text{ pulg}}$$

$$E = 80\%$$

### Cálculo del canal de cribas / rejas

a) Área útil del canal (Au)

$$Au = \frac{Qmh}{v_r} \quad (\text{A.2})$$

$$Au = \frac{0.01285 \frac{m^3}{s}}{0.70 \frac{m}{s}}$$

$$Au = 0.018 \text{ m}^2$$

b) Área del canal de criba (Ac)

$$Ac = \frac{Au}{E} \quad (\text{A.3})$$

$$Ac = \frac{0.018 \text{ m}^2}{0.8}$$

$$Ac = 0.023 \text{ m}^2$$

c) Tirante máximo del canal de criba (Ymax)

$$Y_{max} = \frac{Ac}{B} \quad (\text{A.4})$$

$$Y_{max} = \frac{0.023 \text{ m}^2}{0.3 \text{ m}}$$

$$Y_{max} = 0.076 \text{ m}$$

d) Radio Hidráulico del canal (Rh)

$$Rh = \frac{Ac}{P_m} \quad (\text{A.5})$$

$$Rh = \frac{Ac}{2 * Y_{max} + B}$$

$$Rh = \frac{0.023 \text{ m}^2}{2 * 0.076 \text{ m} + 0.30 \text{ m}}$$

$$Rh = 0.051 \text{ m}$$

e) Pendiente del canal de criba (S)

$$S = \left( \frac{Q_{max} * n}{Ac * Rh^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad (\text{A.6})$$

$$S = \left( \frac{0.01285 \frac{m^3}{s} * 0.013}{0.023 m^2 * 0.051 m^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S = 0.28\%$$

f) Velocidad máxima antes de las rejillas ( $V_c$ )

$$V_c = \frac{Q_{max}}{A_c} \quad (A.7)$$

$$V_c = \frac{0.01285 \frac{m^3}{s}}{0.023 m^2}$$

$$V_c = 0.56 m/s$$

*\*Se cumple con la normativa la cual indica que la velocidad debe estar entre 0.3 m/s y*

*0.6 m/s*

g) Radio Hidráulico mínimo del canal ( $R_{hmin}$ )

*El radio hidráulico mínimo fue obtenido mediante el software Hcanales utilizando los*

*siguientes datos:  $Q_{min}=0.01059 m^3/s$ ,  $b=0.30m$ ,  $Z=0$ ,  $n=0.013$ ,  $S=0.0028m/m$*

*Obteniéndose un resultado de:*

$$R_{hmin} = 0.0464m$$

h) Tirante mínimo del canal ( $Y_{min}$ )

*El tirante mínimo fue obtenido mediante el software Hcanales utilizando los siguientes*

*datos:  $Q_{min}=0.01059 m^3/s$ ,  $b=0.30m$ ,  $Z=0$ ,  $n=0.013$ ,  $S=0.0021m/m$*

*Obteniéndose un resultado de:*

$$Y_{min} = 0.0672m$$

i) Área mínima del canal ( $A_{min}$ )

$$A_{min} = Y_{min} * B \quad (A.8)$$

$$A_{min} = 0.0672m * 0.30m$$

$$A_{min} = 0.0202 m^2$$

j) Velocidad mínima antes de las rejillas ( $V_{min}$ )

$$V_{min} = \frac{Q_{min}}{A_{min}} \quad (A.9)$$

$$V_{min} = \frac{0.01059 \frac{m^3}{s}}{0.02 m^2}$$

$$V_{min} = 0.53 m/s$$

*\*Se cumple con la normativa la cual indica que la velocidad debe estar entre 0.3 m/s y*

*0.6 m/s*

k) Numero de barras (N)

$$N = \frac{B-a}{e+a} \quad (A.10)$$

$$N = \frac{0.30 m - 0.025 m}{0.006m + 0.025 m}$$

$$N = 9 Und$$

### **Cálculo de perdida de carga en las rejás**

Según Kirshner (Rejas Limpias)

a) Perdida de energía en la rejilla (hv)

$$Hv = \frac{v_r^2}{2 * g} \quad (A.11)$$

$$Hv = \frac{(0.70 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$Hv = 0.02 m$$

b) Perdida de carga total en la rejilla (Hr)

$$Hr = K * \left(\frac{e}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * Hv * sen \theta \quad (A12)$$

$$Hr = 2.42 * \left(\frac{\frac{1}{4} pulg}{1 pulg}\right)^{\frac{4}{3}} * 0.02m * sen 45^\circ$$

$$Hr = 0.01m$$

Según Metcalf-Eddy (Rejas Obstruidas)

a) Velocidad en las rejillas con un 50% de obstrucción ( $V'r$ )

$$V'r = \frac{v_r}{t} \quad (\text{A.13})$$

$$V'r = \frac{0.70 \text{ m/s}}{50\% \text{ obstruccion}}$$

$$V'r = 1.40 \text{ m/s}$$

b) Pérdida de carga total en la rejilla ( $H_f$ )

$$H_f = \frac{\left(\frac{v'^2_r - v_r^2}{2 * g}\right)}{0.7} \quad (\text{A.14})$$

$$H_f = 0.11 \text{ m}$$

La pérdida de carga elegida entre ( $H_r$ ,  $H_f$ ) es el mayor valor, el cual es:

$$H_t = 0.11 \text{ m}$$

### **Cálculo de la altura de la reja**

a) Altura útil de la reja ( $H$ )

$$H = Y_{max} + \text{Borde libre} \quad (\text{A.15})$$

$$H = 0.076 \text{ m} + 0.624 \text{ m}$$

$$H = 0.70 \text{ m}$$

### **Cálculo de la longitud de la reja**

a) Longitud de la reja ( $L$ )

$$L = \frac{H}{\text{sen } \theta} \quad (\text{A.16})$$

$$L = \frac{0.70 \text{ m}}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

b) Proyección horizontal de la reja ( $Ph$ )

$$Ph = \frac{H}{\tan \theta} \quad (\text{A.17})$$

$$Ph = \frac{0.70 \text{ m}}{\tan 45^\circ}$$



$$Ph = 0.70 \text{ m}$$

### **Cálculo de la zona de transición**

a) Longitud de la zona de transición (L')

$$L' = \frac{B - \phi \text{ tubería emisor}}{2 * \tan \alpha \text{ angulo de direccion}} \quad (\text{A.18})$$

$$L' = \frac{0.30 \text{ m} - 0.20 \text{ m}}{2 * \tan 12.5^\circ}$$

$$L' = 0.20 \text{ m}$$

### **Cálculo de material cribado**

a) Material cribado a ser retirado por día (Mtc)

$$Mtc = Qmh * Mc * 86400 \quad (\text{A.19})$$

Mc representa a los litros de material cribado de agua residual y para una abertura de 1 pulg (25 mm) se tiene un valor de 0.023 l/m<sup>3</sup> de material cribado según la O.S 090.

$$Mtc = 0.01285 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 0.023 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} * 86400$$

$$Mtc = 25.54 \frac{\text{l}}{\text{dia}}$$

## **CÁLCULOS DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA “CÁMARA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES”**

### **Datos de diseño para la salida hacia desarenador N°1**

Caudal de diseño: 6.43 l/s

Diámetro de tubería de ingreso hacia desarenador N°1 y N°2: 0.20 m.

### **Cálculo de la altura de carga y el ángulo del vértice del vertedero**

Bos, 1976 indica que el caudal sobre el vertedero de forma triangular responde a la siguiente formula.

$$Q = C_e * \frac{8}{15} * \sqrt{2g} * \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) * (h1 + k_h)^{2.5} \quad (\text{A.20})$$

$$\theta = \text{ArcTan} \left( \frac{Q}{C_e * \frac{8}{15} * \sqrt{2g} * (h1 + k_h)^{2.5}} \right) * 2$$

\*Para el diseño se ha propuesto un  $\theta=55^\circ$  y una altura de nivel de agua de 0.15m

Donde:

Q: Caudal que pasa sobre el vertedero (0.00643 m<sup>3</sup>/s)

Ce: Coeficiente en función de  $\theta$ , según Bos, 1976, para un ángulo de  $55^\circ$ , Ce=0.5781

g: gravedad 9.81 m/s<sup>2</sup>

$\theta$ : Angulo del vertedero en grados

h1: Altura del nivel de agua, aguas arriba del vertedero, medido a partir del vértice inferior del triángulo (m)

kh: Coeficiente en función de  $\theta$ , según Bos, 1976, para un ángulo de  $55^\circ$ , kh=0.0014

$$\theta = \text{ArcTan} \left( \frac{0.00938 \text{ m}^3/\text{s}}{0.5769 * \frac{8}{15} * \sqrt{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * (0.15 \text{ m} + 0.0009)^{2.5}} \right) * 2$$

$$\theta = 55^\circ$$

La carga hidráulica sobre el vertedero y el ángulo de vertedero triangular para la cámara de ingreso al desarenador N°1 y N°2 serán de las mismas dimensiones.

### **Cálculo de dimensiones de la cámara distribuidora de caudales**

Distancia entre fondo de la caja y vértice de vertedero (h2).

$$h2 = 2 * h1 \tag{A.21}$$

$$h2 = 2 * 0.15 \text{ m}$$

$$h2 = 0.30 \text{ m}$$

Altura total de la caja (H).

$$H = h2 + h1 + \text{Borde Libre} \tag{A.22}$$

$$H = 0.30 \text{ m} + 0.15 \text{ m} + 0.40 \text{ m}$$

$$H = 0.85 \text{ m}$$

Ancho de la caja (B).

$$B = 5 * h1 \tag{A.23}$$

$$B = 5 * 0.15m$$

$$B = 0.75 \text{ m}$$

Longitud de la caja (B).

Se asume de acuerdo con las facilidades constructivas y de acuerdo con las dimensiones de las cajas de distribución hacia cada desarenador, B=1.20 m

### **Cálculo de la caja distribuidora**

Velocidad de flujo (V).

$$V = 1.9735 * \frac{Q}{D^2} \tag{A.24}$$

$$V = 1.9735 * \frac{6.43 \frac{l}{s}}{(8 \text{ pulg})^2}$$

$$V = 0.2 \text{ m/s}$$

Carga de agua necesaria para garantizar el flujo (H).

$$H = 1.56 * \frac{V^2}{2 * g} \tag{A.25}$$

$$H = 1.56 * \frac{\left(0.2 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$H = 0.003 \text{ m}$$

Para efectos de diseño se considerará una altura de agua equivalente al diámetro de la tubería de salida H=0.20 m.

Área mínima de sedimentación no se considera ya que estos sedimentos serán tratados en el desarenador. A=0.00m

Borde Libre BL=0.40m

Altura total de la cámara (HT)

$$HT = H + A + BL \quad (A.26)$$

$$HT = 0.20 \text{ m} + 0.00 \text{ m} + 0.40 \text{ m}$$

$$HT = 0.60 \text{ m}$$

Para efectos constructivos se considerará ancho (B) y largo (L) de la cámara.

$$B=0.55 \text{ m}$$

$$L=0.55 \text{ m}$$

\* Las dimensiones de la caja distribuidora son tanto para el desarenador N° 1 como para el Desarenador N°2

## **CÁLCULOS DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL “DESARENADOR”**

### **Datos de diseño para comprobación de desarenador**

$$\text{Caudal promedio (Qp)} = 5.73 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal máximo horario (Qmh)} = 6.43 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal mínimo (Qmin)} = 5.30 \text{ l/s}$$

Los caudales para cada desarenador son divididos en 2 partes iguales por lo que ya se ha implementado la cámara distribuidora de caudales en la presente propuesta de mejoramiento.

### **Parámetros de diseño**

$$\text{Densidad relativa de la arena (Dr)} = 2.65$$

Velocidad horizontal (Vh) = 0.30 m/s, la normativa O.S 090 indica que la velocidad se debe encontrar entre 0.24 m/s y 0.36 m/s.

$$\text{Tasa de acumulación de Arenas (Taa)} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

Periodo de Limpieza (Pl) = 7 días, según indicaciones de la O.S 090

Tasa de aplicación (Tr) = 45 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h, según indicaciones de la O.S 090 debe oscilar entre 45 -70 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h

Coefficiente de rugosidad del canal de ingreso y de desarenador (n) = 0.013

### **Criterios del diseño**

Ancho del Canal ingreso al desarenador (B)

Se considera el ancho de los desarenadores existentes con la finalidad de realizar su verificación, B=0.30 m.

Altura de Tirante máximo de agua (H'Max)

$$H'max = \frac{Qmax}{Vh*B} \quad (A.27)$$

$$H'max = \frac{0.00643 \frac{m^3}{s}}{0.30 \frac{m}{s} * 0.30 m}$$

$$H'max = 0.072 m$$

### **Verificación del ancho de desarenador**

Ancho del desarenador (B)

$$B = \frac{Qmh}{Vh*H'max} \quad (A.28)$$

$$B = \frac{0.00643 \frac{m^3}{s}}{0.3 \frac{m}{s} * 0.072 m}$$

$$B = 0.297 m$$

La dimensión de ancho de desarenador que debe tener para tratar correctamente los caudales es de 0.29 m, las medidas del desarenador en campo son de 0.30 m por lo que el desarenador existente no presenta ningún inconveniente.

### **Verificación de longitud de desarenador**

Longitud teórica de desarenador (Ld)

$$Ld = 25 * H'max \quad (A.29)$$

$$Ld = 25 * 0.072 \text{ m}$$

$$Ld = 1.80 \text{ m}$$

Longitud real de desarenador (Lr)

Según la norma se adiciona un 25% de longitud cada lado del desarenador RNE OS.090

$$Lr = (0.25 * Ld) + Ld + (0.25 * Ld) \quad (\text{A.30})$$

$$Lr = (0.25 * 1.80 \text{ m}) + 1.80\text{m} + (0.25 * 1.80 \text{ m})$$

$$Lr = 2.7 \text{ m}$$

La longitud final del desarenador que puede tratar las aguas residuales es de 2.70 m, la longitud de los desarenadores encontrados en campo es de 4.15 m por lo que no habría inconvenientes para el tratamiento de aguas.

## **CÁLCULOS DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL “TANQUE**

### **IMHOFF”**

#### **Verificación del sedimentador**

##### ***Parámetros de diseño para verificar las dimensiones del sedimentador***

Caudal promedio (Qp): 5.73 l/s = 20.61 m<sup>3</sup>/h

Carga superficial (Cs): 1.00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, según RNE OS.090.

Periodo de retención (Tr): El RNE OS.090 nos indica que debe variar entre 1.5 a 2.5 horas, para la verificación se está considerando el tiempo de retención menor de 1.5 horas

##### ***Área unitaria del sedimentador (As)***

$$As = \frac{Qd}{cs} \quad (\text{A.31})$$

$$As = \frac{20.61 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \frac{1}{\text{h}}}$$

$$As = 20.61 \text{ m}^2$$

### ***Volumen unitario del sedimentador ( $V_s$ )***

$$V_s = A_s * R \quad (A.32)$$

$$V_s = 20.61 \text{ m}^2 * 1.50 \text{ h}$$

$$V_s = 30.92 \text{ m}^3$$

El volumen del sedimentador existente es de 14.75 m<sup>3</sup>, las dimensiones actuales no tratan de manera eficiente las aguas residuales ya que el volumen mínimo del tanque sedimentador debe ser de 30.92 m<sup>3</sup>.

### **Verificación del digestor**

*Parámetros de diseño para verificar las dimensiones del digestor*

Caudal promedio ( $Q_p$ ): 5.73 l/s = 20.61 m<sup>3</sup>/h

Carga superficial ( $C_s$ ): 1.00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, según RNE OS.090.

Periodo de retención ( $T_r$ ): El RNE OS.090 nos indica que debe variar entre 1.5 a 2.5 horas, para la verificación se está considerando el tiempo de retención menor de 1.5 horas

Temperatura del aire ( $T$ ): 15°C, obtenido de la estación meteorológica Namora.

Tasa de acumulación de lodos ( $Tal$ ): 70.00 l/hab.año, según RNE OS.090.

***Estimación de la tasa de acumulación de lodos ( $Tal''$ ).***

$$Tal'' = Tal * f \quad (A.33)$$

Donde:

Tal: Tasa de acumulación de lodos según RNE OS.090

F: factor de corrección según temperatura, para 15°C, f=1

$$Tal'' = 0.07 \text{ m}^3/\text{hab. año} * 1$$

$$Tal'' = 0.07 \text{ m}^3/\text{hab. año}$$

***Estimación del volumen del tanque de digestión ( $V_d$ ).***

$$V_d = Tal'' * \text{poblacion futura} \quad (A.34)$$

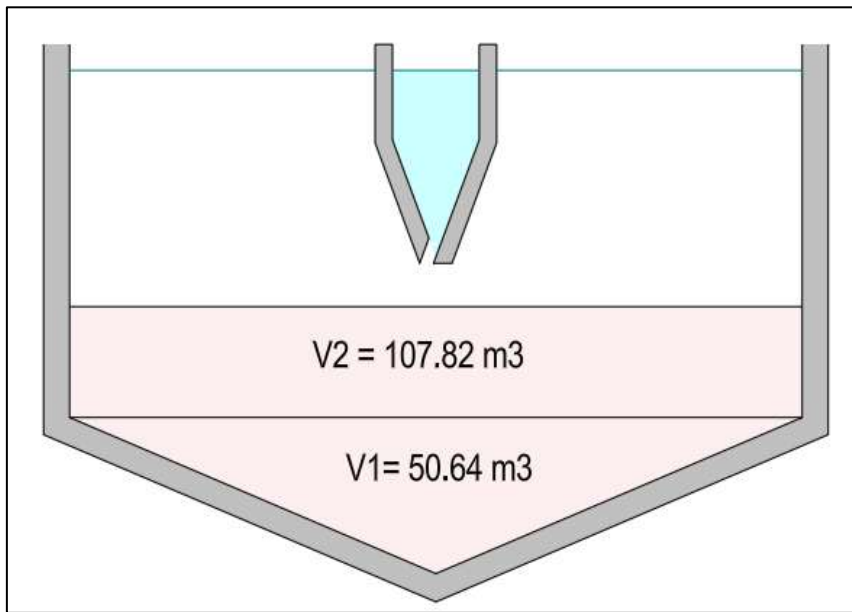
$$V_d = 0.07 \frac{\text{m}^3}{\text{hab}} \cdot \text{año} * 2208 \text{ hab}$$

$$V_d = 154.56 \text{ m}^3$$

### ***Volumen de digestión del Tanque Imhoff Existente***

El volumen de la zona de digestión del tanque Imhoff, se ha considerado un volumen descontando la zona neutra de 0.5 m por debajo del fondo del tanque sedimentador como se muestra en la siguiente imagen.

**Figura 34:** *Volumen de digestión en tanques Imhoff*



$$V_D = 2 * V1 + V2$$

$$V_D = 2 * 50.64 \text{ m}^3 + 107.82 \text{ m}^3$$

$$V_D = 158.46 \text{ m}^3$$

El volumen de los digestores de los tanques Imhoff existentes es de 158.46 m³ y el volumen necesario para tratar las aguas residuales es de 154.56 m³, por lo que los digestores estarían tratando adecuadamente las aguas residuales.

El volumen de digestión de los tanques Imhoff existentes son los óptimos para tratar sin inconvenientes las aguas residuales para un periodo de retorno de 20 años.

### **Dimensionamiento del nuevo sedimentador para los tanques Imhoff**

#### **Parámetros de diseño:**



Carga superficial (Cs): 1.00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día

Periodo de retención (Tr): 2.00 horas

Angulo de inclinación fondo (β): 50°

Ancho de la arista central (a): 0.15 m

Prolongación de lado (l): 0.15 m

Borde libre (BL): 0.3 m

Numero de sedimentadores (NS): 1 und

### ***Dimensiones del sedimentador***

Como el largo del tanque Imhoff no ha cambiado y podemos variar el ancho del sedimentador ya que se cuenta con una amplia área para la ventilación tenemos:

$$A_s = L * B \quad (A.35)$$

Donde:

A: Área del sedimentador necesaria según el caudal promedio, A<sub>s</sub>=20.61 m<sup>2</sup>

L: Longitud conocida del sedimentador, L=10m

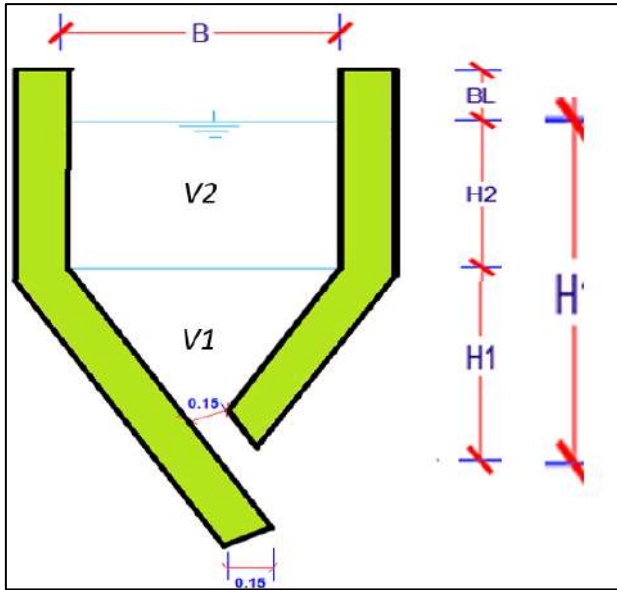
B: Ancho del sedimentador

$$B = \frac{20.61 \text{ m}^2}{10 \text{ m}}$$

$$B = 2.07 \text{ m}$$

Ancho final Adoptado B = 2.5 m

Longitud final de sedimentador L = 10 m



Volumen total del sedimentador ( $V_s$ )

$$V_s = Qd * R \quad (A.36)$$

Donde:

Qd: Caudal de diseño 5.73 l/s = 20.61 m<sup>3</sup>/h

R: Tiempo de retención hidráulica = 2 horas

$$V_s = 20.61 \frac{m^3}{h} * 2 \text{ horas}$$

$$V_s = 41.22 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen 1 del sedimentador ( $V_1$ ) y altura 1 ( $H_1$ ):

$$H_1 = \frac{B}{2} * \tan(50^\circ) \quad (A.37)$$

$$H_1 = \frac{2.50 \text{ m}}{2} * \tan(50^\circ)$$

$$H_1 = 1.50 \text{ m}$$

$$V_1 = A_1 * L$$

$$A_1 = \frac{B * H_1}{2}$$

$$A_1 = \frac{2.50 \text{ m} * 1.50 \text{ m}}{2}$$

$$A1 = \frac{2.50 \text{ m} * 1.50 \text{ m}}{2}$$

$$A1 = 1.875 \text{ m}^2$$

$$V1 = 1.875 \text{ m}^2 * 10 \text{ m}$$

$$V1 = 18.75 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen 2 del sedimentador (V2) y altura 2 (H2):

$$V_s = V1 + V2 \tag{A.38}$$

$$41.22 \text{ m}^3 = 18.75 \text{ m}^3 + V2$$

$$V2 = 22.45 \text{ m}^3$$

$$V2 = A2 * L$$

$$V2 = B * H2 * L$$

$$H2 = \frac{V2}{B * L}$$

$$H2 = \frac{22.45 \text{ m}^3}{2.50 \text{ m} * 10 \text{ m}}$$

$$H2 = 0.90 \text{ m}$$

Borde libre (BL), se considera borde libre de 0.30 m como indica la O.S 090

Altura total de tanque sedimentador (HT):

$$HT = H1 + H2 + BL \tag{A.39}$$

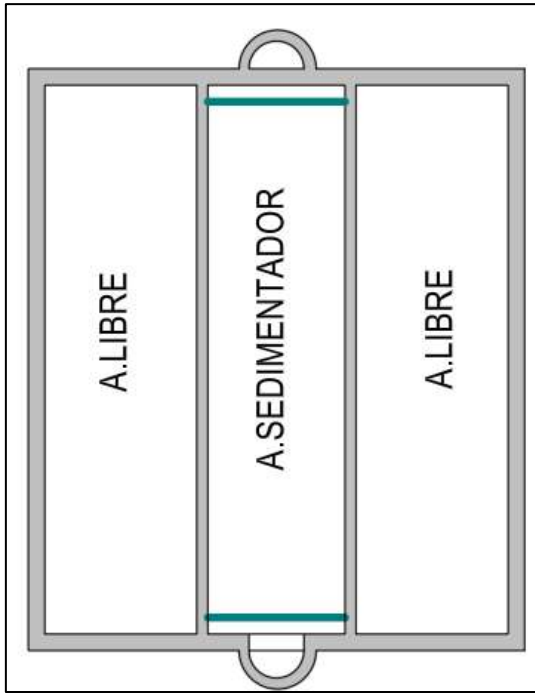
$$HT = 1.50 \text{ m} + 0.90 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$HT = 2.70 \text{ m}$$

La altura final del sedimentador no afecta al volumen del digestor.

Verificación del área para ventilación con las nuevas dimensiones del sedimentador:

El RNE 0.S 090 indica que el área libre o de ventilación debe ser como mínimo el 30% del área superficial del tanque Imhoff.



$$A.SEDIMENTADOR = 2.5m * 10m$$

$$A.SEDIMENTADOR = 25.00 m^2$$

$$A.LIBRE = 2 * 2.77 m * 10 m$$

$$A.LIBRE = 55.40 m^2$$

$$\frac{A.SEDIMENTADOR}{A.LIBRE} = \frac{25.00 m^2}{55.40 m^2}$$

$$\frac{A.SEDIMENTADOR}{A.LIBRE} = 45.12 \%$$

$$A.LIBRE = 54.88 \%$$

### **CÁLCULOS DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL “LECHO DE SECADO DE LODOS”**

#### **Verificación de dimensiones de lecho de secado**

#### **Parámetros de diseño**

Densidad de lodos digeridos (Gsd): 1.04 kg/L, El RNE OS.090 indica que debe estar entre 1.03 y 1.04 kg/L

Porcentaje de lodos digeridos primario (Ldp): 10%, El RNE OS.090 indica que debe estar entre 8% a 12%.

Caudal de diseño (Qd): 5.73 l/s = 20.61 m<sup>3</sup>/h

Solidos suspendidos totales que ingresa al tanque Imhoff (Ss): según resultados de las muestras de agua es de 178 mg/L

Periodo de digestión de lodo (Td): 55 dias, según RNE 0.090 para una temperatura ambiental de 15°C

Profundidad de aplicación (Ha): 0.30 m, El RNE O.S 090, indica que debe estar entre 0.20 a 0.40 m

### **Cálculo de las dimensiones del lecho de secado**

Carga de solidos que ingresa al tanque Imhoff (Cs)

$$Cs = \frac{Qd * Ss}{1000} \quad (A.40)$$

$$Cs = \frac{20.61 \frac{m^3}{h} * 178 \frac{mg}{L}}{1000}$$

$$Cs = 3.67 \frac{kg}{dia}$$

Masa de solidos que conforma el lodo (Msd)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * Cs) + (0.5 * 0.3 * Cs) \quad (A.41)$$

$$Msd = \left( 0.5 * 0.7 * 0.5 * 3.67 \frac{kg}{dia} \right) + \left( 0.5 * 0.3 * 3.67 \frac{kg}{dia} \right)$$

$$Msd = 1.19 \frac{kg}{dia}$$

Volumen diario de lodos digeridos (Vld)

$$Vld = \frac{Msd}{Gsd * \left( \frac{Ldp}{100} \right)} \quad (A.42)$$

$$Vld = \frac{1.19 \frac{kg}{dia}}{1.04 \frac{kg}{L} * \left( \frac{10}{100} \right)}$$

$$Vld = 11.46 \frac{L}{\text{día}}$$

Volumen de lodos a extraer del tanque Imhoff (Vle)

$$Vle = \frac{Vld * Td}{1000} \quad (\text{A.43})$$

$$Vle = \frac{11.46 \frac{L}{\text{día}} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vle = 0.63 \text{ m}^3$$

Área del lecho de secado (Als)

$$Als = \frac{Vle}{Ha} \quad (\text{A.44})$$

$$Als = \frac{0.63 \text{ m}^3}{0.3 \text{ m}}$$

$$Als = 2.10 \text{ m}^2$$

El área del lecho de secados actual es de 120 m<sup>2</sup>, área suficiente para tratar los lodos digeridos de los tanques Imhoff.

## **CÁLCULOS DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA “CÁMARA DE CONTACTO DE CLORO”**

### **Datos de diseño**

Caudal de diseño: Debido a que las aguas residuales, luego de ser tratadas en los Tanques Imhoff, se reúnen en el humedal artificial y luego pasan a la cámara de cloro, el caudal promedio Qp es de 11.45 l/s

### **Parámetros de diseño**

Coliformes del afluente (Cf): 35x10<sup>5</sup> NMP/100mL según resultados de laboratorio.

Tiempo de retención hidráulica (TRH): 5 min, según RNE

Coliformes del efluente (Ce): 10 000 NMP/100mL, lo que se debe cumplir para no superar los LMP.

Dosis de cloro requerida (Cl): 4 mg/l, METCALF & EDDY indica que debe estar entre 2 mg/L a 8 mg/L

Profundidad de cámara (H): 0.50m, altura tomada en base a la topografía del proyecto.

Ancho de la cámara (B): 2.00m, ancho tomado de acuerdo al espacio que se cuenta dentro de la PTAR.

Distancia de baffle (L0): cada 0.30m aproximadamente y separados de las paredes laterales 0.30m.

Espesor de la briqueta o baffle (e): 0.03m

### **Cálculo de la cámara de cloro**

*Cantidad de cloro requerida por día (CLr)*

$$CLr = 0.0864 * Qp * Cl \quad (A.45)$$

$$CLr = 0.0864 * 11.45 \frac{l}{s} * 4 \frac{mg}{l}$$

$$CLr = 3.957 \frac{Kg}{l}$$

*Eficiencia del filtro percolador (Ct)*

$$Ct = \frac{\left(\frac{Ce}{Cf}\right)^{-\frac{1}{3}} - 1}{0.23 * TRH} \quad (A.46)$$

$$Ct = \frac{\left(\frac{10000}{35 * 10^5}\right)^{-\frac{1}{3}} - 1}{0.23 * 5}$$

$$Ct = 5.26 \frac{mg}{l}$$

*Volumen de la cámara de cloro (Vc)*

$$Vc = 0.06 * Qp * TRH \quad (A.47)$$

$$Vc = 0.06 * 11.45 \frac{l}{s} * 5 \text{ min}$$

$$Vc = 0.06 * 11.45 \frac{l}{s} * 5 \text{ min}$$

$$V_c = 3.44 \text{ m}^3$$

*Área de la cámara de cloro (Ac)*

$$A_c = \frac{V_c}{H} \quad (\text{A.48})$$

$$A_c = \frac{3.44 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}}$$

$$A_c = 6.88 \text{ m}^2$$

*Largo de la cámara de cloro (L)*

$$L = \frac{A_c}{B} \quad (\text{A.49})$$

$$L = \frac{6.88 \text{ m}^2}{2.00 \text{ m}}$$

$$L = 3.44 \text{ m}$$

*Numero de baffles deflectores (Nb)*

$$N_b = \frac{L}{L_0 + e} \quad (\text{A.50})$$

$$N_b = \frac{3.44 \text{ m}}{0.30 \text{ m} + 0.03 \text{ m}}$$

$$N_b = 11 \text{ und}$$

*Largo útil de la cámara (Lt)*

$$L_t = N_b * (L_0 + e) + L_0 \quad (\text{A.51})$$

$$L_t = 11 * (0.3 \text{ m} + 0.03 \text{ m}) + 0.30 \text{ m}$$

$$L_t = 3.93 \text{ m}$$



**Anexo 5. Encuestas a la población aledaña a la PTAR Namora.**

## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

---

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 32
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 32 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Amo de Casa

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? \_\_\_\_\_
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna

#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado  
 Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

Encargar a una Persona Profesional para cuidado de la PTAR

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)

Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

Solo usar el Área de la planta para no causar  
daños a los terrenos de los vecinos.

## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 55
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 40 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Agricultor

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? Afecta los cultivos
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna



#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

- Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado  
 Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

Eliminación de sólidos (rejillas)  Sedimentación adecuada (tanques)

Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

*No descargar directamente al río*

## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 22
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 22 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Estudiante Universitario.

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? Contamina el Río
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna

#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado  
 Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

Fortalecer el no más seguido, no de vez en cuando.

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)  
 Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

Contar con un profesional para operar la PTAR.



## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 43
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 43 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Amo de casa

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? \_\_\_\_\_
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna



#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado  
 Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

---

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)

Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 62
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 55 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Ganadero

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? \_\_\_\_\_
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna

#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado  
 Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

---

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)

Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

No descargar directamente las aguas residuales al Río.

---



## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad 17
2. Sexo  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 17 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Estudiante

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? Se enferman los animales
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna

#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas

Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado

Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

Investir mas en la PTAR.

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)

Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

Supervisar mas seguido

## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

---

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 33
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 10 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Negociente.

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? \_\_\_\_\_
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna



#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

- Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado

Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

---

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)

Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 40
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 20 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Trabaja en el Mercado.

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? \_\_\_\_\_
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna



#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

- Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

- Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado

Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

- Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

\_\_\_\_\_

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

- Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

- Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

- Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

- Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)

Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 29
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 5 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Dorente. Inicial

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? Contamina el Río.
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna

#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado  
 Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

---

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)  
 Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?



## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 30
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 30 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Agricultor y Ganadero.

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? Se enferman los animales
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna

#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

- Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado  
 Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

\_\_\_\_\_

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

- Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)  
 Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

---

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 44
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 38 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Amo de Casa

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? \_\_\_\_\_
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna



#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

- Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado  
 Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

\_\_\_\_\_

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

- Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)  
 Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## Encuesta a Pobladores Aledaños a la PTAR de Namora

Esta encuesta tiene como finalidad conocer la percepción y opinión de los vecinos cercanos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora, con el fin de sustentar propuestas de mejora adecuadas al contexto local.

### I. Datos generales del encuestado

1. Edad: 53
2. Sexo:  Masculino  Femenino
3. ¿Desde hace cuántos años vive en esta zona? 53 años
4. ¿Cuál es su ocupación principal? Agricultor.

### II. Percepción sobre el funcionamiento de la PTAR

5. ¿Sabe usted qué es la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Namora?  
 Sí  No
6. ¿Dónde cree usted que descargan las aguas residuales de la ciudad?  
 Al río Namora  A canales de riego  No sabe / No responde
7. ¿Cree que la planta actualmente está funcionando correctamente?  
 Sí  No  No sabe
8. ¿Ha notado olores desagradables, residuos o turbidez en el río cerca de la descarga?  
 Sí  No
9. ¿Con qué frecuencia ha notado problemas relacionados al agua en esta zona?  
 Nunca  Algunas veces  Frecuentemente  Siempre

### III. Impacto percibido

10. ¿Ha notado algún efecto negativo del agua residual tratada en su entorno (cultivos, animales, salud)?  
 Sí  No  
Si respondió 'Sí', ¿cuál? Malogra los cultivos
11. ¿Utiliza usted el agua del río para alguna de estas actividades? (Marque todas las que correspondan)  
 Riego de cultivos  Consumo de animales  Recreación  
 Lavado de ropa  Ninguna

#### IV. Opinión sobre mejoras

12. ¿Cree usted que se debería mejorar el funcionamiento de la planta?

Sí  No  No sabe

13. ¿Qué aspectos considera más importantes mejorar? (Marque los que considere importantes)

- Evitar malos olores  Tratar mejor las aguas antes de verterlas  
 Supervisar su funcionamiento  Contar con personal capacitado  
 Informar a la población sobre su estado

14. ¿Estaría dispuesto(a) a participar en reuniones o actividades para conocer más sobre la PTAR y su mejora?

Sí  No

15. ¿Desea añadir alguna recomendación o comentario?

\_\_\_\_\_

#### V. Opinión sobre la propuesta técnica de mejora

16. ¿Cree usted que estas mejoras ayudarán a que el agua que sale de la planta esté más limpia?

Sí  No  No sabe

17. ¿Considera importante que el agua tratada pase por un proceso de desinfección con cloro antes de ser vertida al río?

Sí  No  No sabe

18. ¿Estaría de acuerdo con que se invierta presupuesto municipal para implementar estas mejoras en la PTAR?

Sí  No  No sabe

19. ¿Qué parte de la propuesta le parece más importante?

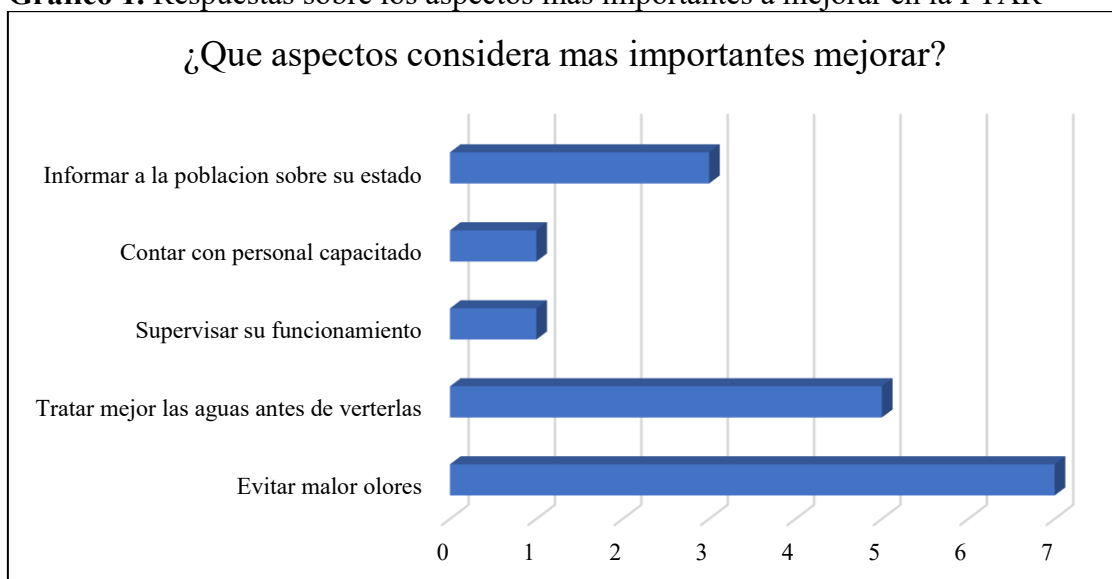
- Eliminación de sólidos (rejas)  Sedimentación adecuada (tanques)  
 Desinfección con cloro  Mantenimiento del humedal  No sabe

20. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería funcionar mejor la planta?

\_\_\_\_\_

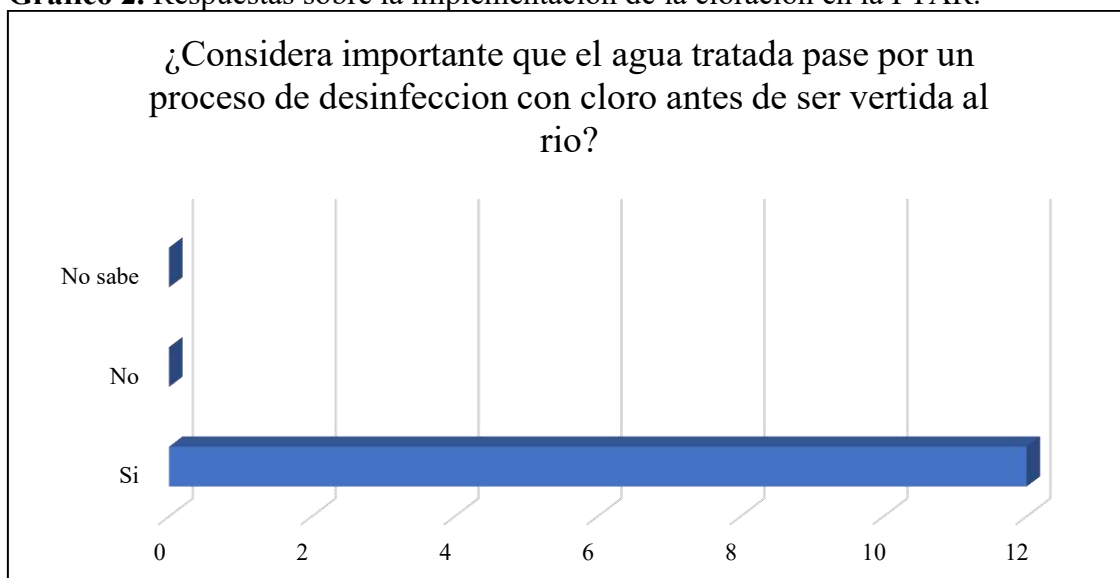
En base a ello se ha procesado los resultados de las preguntas de mayor relevancia y las que tienen influencia directa en la propuesta de mejoramiento para la PTAR.

**Gráfico 1.** Respuestas sobre los aspectos más importantes a mejorar en la PTAR



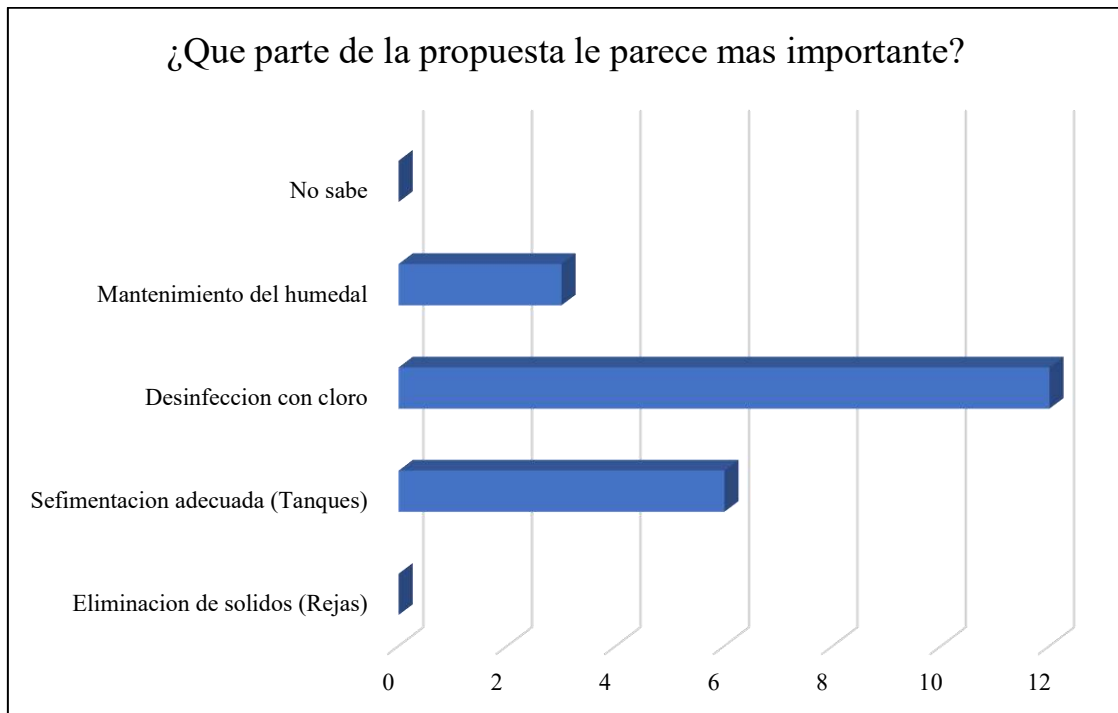
*Nota:* La mayoría de la población indica que el aspecto más importante a mejorar es evitar los malos olores, esto debido a que muchos de ellos pasan cerca de la PTAR y notan olores desagradables.

**Gráfico 2.** Respuestas sobre la implementación de la cloración en la PTAR.



*Nota:* Todos los pobladores aledaños a la PTAR de Namora indican que es esencial la cloración antes de verter las aguas al río Namora.

**Gráfico 3. Respuestas sobre que parte de la propuesta les parece mas importante.**



*Nota: 12 de los pobladores aledaños a la PTAR indican que lo mas importante es la desinfección con cloro, 6 de los encuestados indica que lo mas importante son la sedimentación es decir los tanques Imhoff y 3 encuestados indican que los mas importante es dar mantenimiento a los humedales*

**Anexo 6. Resultados de laboratorio de muestras de agua.**

## INFORME DE ENSAYO N° IE 10241183

### DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre	RODRIGUEZ HUARIPATA CRISTIAN		
Dirección	PSJE. LOS MANANTIALES 158- CAJAMARCA		
Persona de contacto	RODRIGUEZ HUARIPATA CRISTIAN	Correo electrónico	crodriguez18@gmail.com

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	23.10.24	Hora de Muestreo	12:00 a 14:20
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	07		
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:	Namora- Cajamarca		

Observaciones: -

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-1343	Cadena de Custodia	CC - 1183 - 24	
Fecha y Hora de Recepción	23.10.24	16:13	Inicio de Ensayo	23.10.24 16:30
Reporte Resultado	04.11.24	16:10	Lugar de ejecución de ensayos	Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca

Escanear Código QR




Edder Neyra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA



INFORME DE ENSAYO N° IE 10241183

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			Ingreso PTAR	Salida Desarenador 1	Salida Desarenador 2	Salida Tanque Imhoff 1	Salida Tanque Imhoff 2	Salida PTAR
Código Laboratorio			10241183-01	10241183-02	10241183-03	10241183-04	10241183-05	10241183-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			PTAR Namora	PTAR Namora	PTAR Namora	PTAR Namora	PTAR Namora	PTAR Namora
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.50	64.00	130.00	178.00	45.00	55.00	21.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	53.40	411.80	492.70	58.40	81.25	22.80
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	118.92	901.50	1076.62	129.43	181.97	111.92
Aceites y Grasas	mg/L	1.70	15.25	37.50	48.10	10.90	12.60	<LCM

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.



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA



INFORME DE ENSAYO N° IE 10241183

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	100 m Abajo Río Namora		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	10241183-07		-	-	-	-	-	-
Matriz	Natural		-	-	-	-	-	-
Descripción	Superficial- Río		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Río Namora		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.50	4.10	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O <sub>2</sub> /L	2.60	<LCM	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.30	8.93	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.70	<LCM	-	-	-	-	-

Legenda: 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.

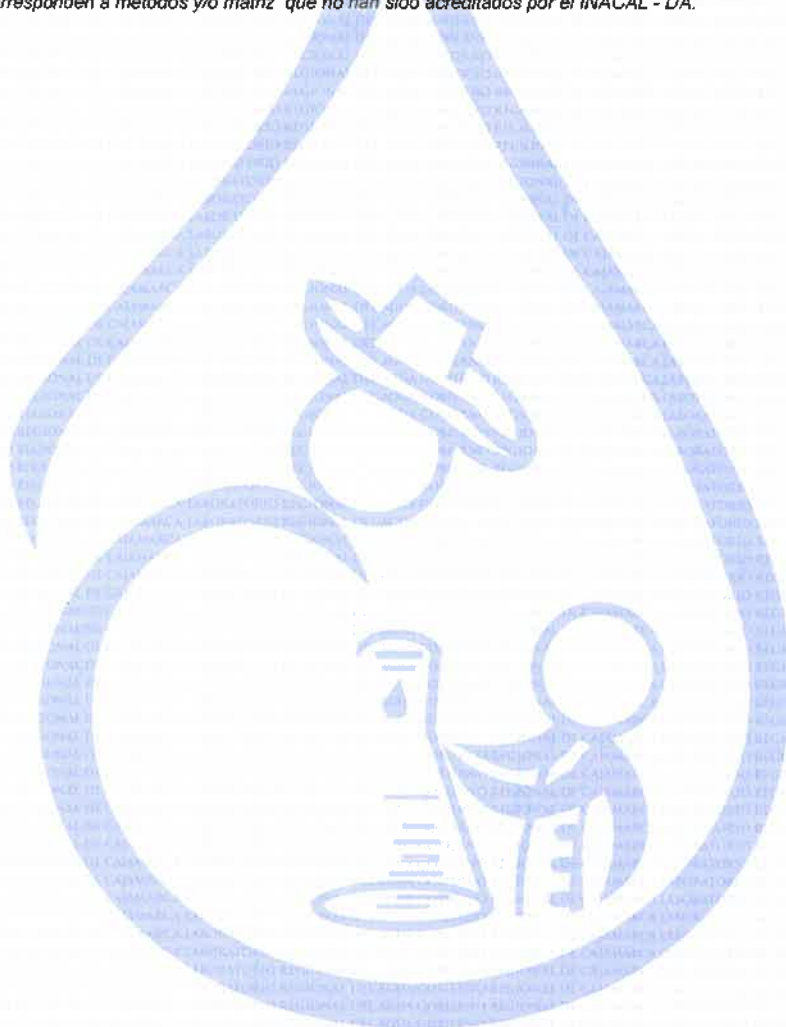


LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

INFORME DE ENSAYO N° IE 10241183

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	Ingreso PTAR	Salida Desarenador 1	Salida Desarenador 2	Salida Tanque Imhoff 1	Salida Tanque Imhoff 2	Salida PTAR		
Código Laboratorio	10241183-01	10241183-02	10241183-03	10241183-04	10241183-05	10241183-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	PTAR Namora	PTAR Namora	PTAR Namora	PTAR Namora	PTAR Namora	PTAR Namora		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	54 x 10 <sup>5</sup>	35 x 10 <sup>6</sup>	92 x 10 <sup>6</sup>	54 x 10 <sup>5</sup>	54 x 10 <sup>5</sup>	35 x 10 <sup>5</sup>

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

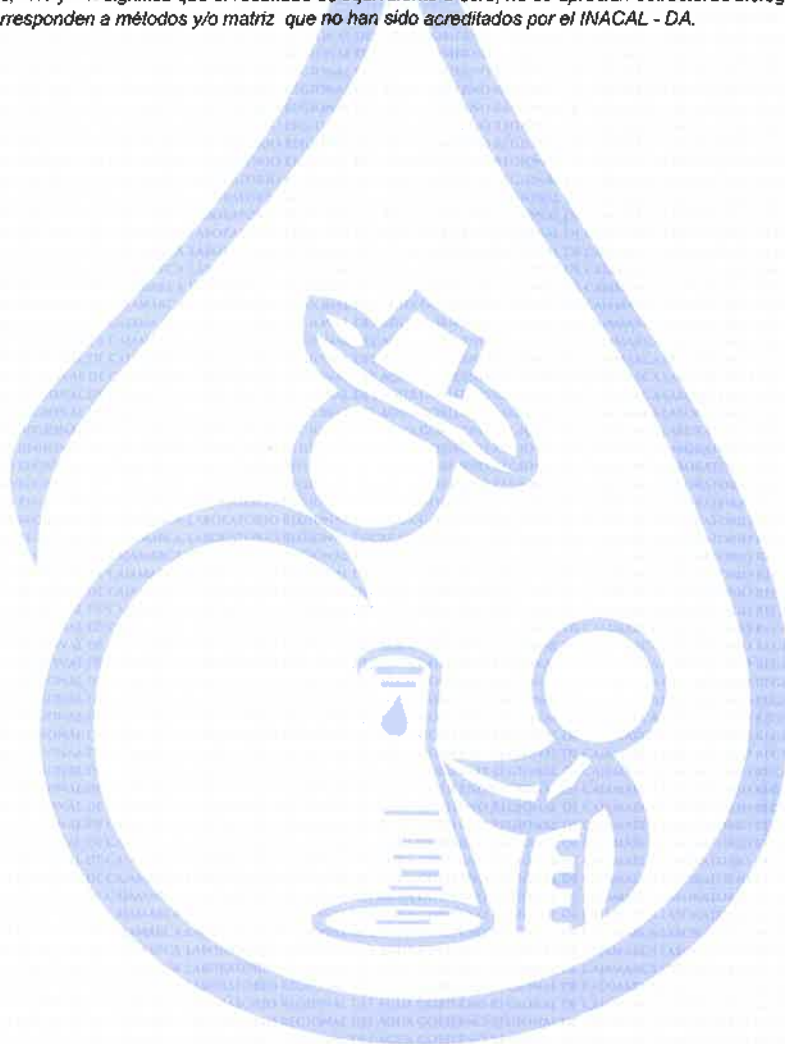


LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

INFORME DE ENSAYO N° IE 10241183

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	100 m Abajo Rio Namora		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	10241183-07		-	-	-	-	-	-
Matriz	Natural		-	-	-	-	-	-
Descripción	Superficial- Rio		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Rio Namora		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	16 x 10 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-

*Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA



## INFORME DE ENSAYO N° IE 10241183

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendidos 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 <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /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 <sub>2</sub> /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, las 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.

✓ "Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe".

— Fin del documento —

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

Cajamarca, 04 de Noviembre de 2024



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

**INFORME DE ENSAYO N° IE 07250915**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **RODRIGUEZ HUARIPATA CRISTIAN**

Dirección **JR CALISPUQUIO N° 583**

Persona de contacto **RODRIGUEZ HUARIPATA CRISTIAN** Correo electrónico [crodriguez18@gmail.com](mailto:crodriguez18@gmail.com)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Responsable de la toma de muestra	<b>Cliente</b>	Plan de muestreo N°	-	Matriz	Agua
Procedimiento de Muestreo	-				<b>Categorías</b>
			<b>Natural</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Salina</b> <input type="checkbox"/>
Tipo de Muestreo	<b>Puntual</b>		<b>Residual</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Uso y Consumo Humano</b> <input type="checkbox"/>
Número de puntos de muestreo	<b>01</b>		<b>Proceso</b>	<input type="checkbox"/>	
Ensayos solicitados	<b>Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos</b>				
Breve descripción del estado de la muestra	<b>Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación</b>				
Referencia de la Muestra:	<b>Cajamarca</b>				
Observaciones:	-				

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	<b>SC-998-2025</b>	Cadena de Custodia	<b>CC - 0915 - 25</b>
Fecha y Hora de Recepción	<b>11.07.25</b>	<b>15:56</b>	Inicio de Ensayo <b>11.07.25 16:04</b>
Reporte Resultado	<b>24.07.25</b>	<b>14:50</b>	Lugar de ejecución de ensayos <b>Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca</b>



Firmado digitalmente por LOPEZ LEON  
Freddy Humberto FAU 20453744168 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 30/07/2025 05:16 p.m

Escanear Código QR



**Freddy López León**  
Especialista de Química  
CIP. 198264

**Cajamarca, 24 de Julio de 2025**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 07250915**

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			Ingreso PTAR	Salida PTAR	100m Abejo Río Namora	-	-	-
Código Laboratorio			07250915-01	07250915-02	07250915-03	-	-	-
Matriz			Agua Residual-Municipal	Agua Residual-Municipal	Agua Residual-Municipal	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo			11 07 25 12 50	11 07 25 13 05	11 07 25 13 15	-	-	-
Localización de la Muestra			PTAR Namora	Río Namora	Río Namora	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
pH a 25°C	pH	NA	8.35	8.32	8.29	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.50	-	-	3.85	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O <sub>2</sub> /L	2.60	-	-	<LCM	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.30	-	-	8.60	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.70	-	-	<LCM	-	-	-

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



Firmado digitalmente por  
LOPEZ LEON Freddy Humberto  
FAU 20453744168 soft  
Motivo Viso en señal de  
conformidad  
Fecha 30/07/2025 05:16 p.m.

Cajamarca, 24 de Julio de 2025



**INFORME DE ENSAYO N° IE 07250915**

ENSAYOS			Microbiológicos			
Código de la Muestra	Ingreso PTAR	Salida PTAR	100m Abajo Rio Namora	-	-	-
Código Laboratorio	07250915-01	07250915-02	07250915-03	-	-	-
Matriz	Agua Residual-Municipal	Agua Residual-Municipal	Agua Residual-Municipal	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	11 07 25 12 50	11 07 25 13 05	11 07 25 13 15	-	-	-
Localización de la Muestra	PTAR Namora	Rio Namora	Rio Namora	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1,8	-	-	14 x 10 <sup>4</sup>	-

Nota: Los resultados <1,0, <1,8, <1,1 y <1 significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



Firmado digitalmente por  
LOPEZ LEON Freddy Humberto  
FAU 20453744188 soft  
Motivo Vso en señal de  
conformidad  
Fecha 30/07/2025 05:16 p.m.

Cajamarca, 24 de Julio de 2025



**INFORME DE ENSAYO N°**

**IE 07250915**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023 pH Value Electrometric Method
Sólidos Suspendidos 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 <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /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 <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023 Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceres 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**

- ✓ "Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida NTP-ISO/IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".
- ✓ "Este informe de ensayo/certificado de calibración/informe de resultados, al estar en el marco de la acreditación del INACAL – DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC".
- ✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.
- ✓ 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 enmendadas.
- ✓ Las muestras sobre las 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.
- ✓ **Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier queja, reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe.**

--- Fin del documento ---

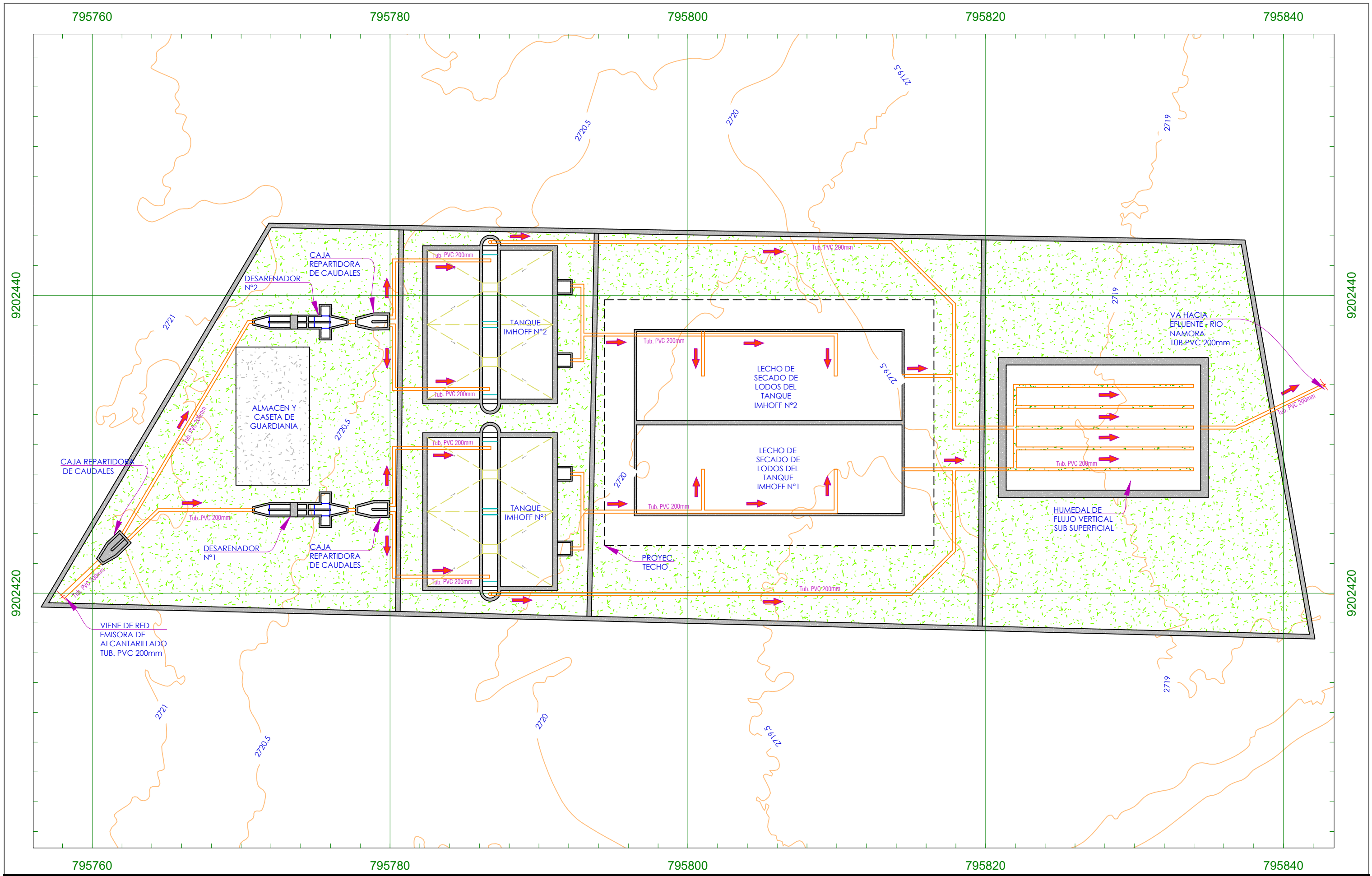
Código del Formato: P-23-F01 Ver: 04 Fecha : 06/05/2025

Cajamarca, 24 de Julio de 2025



Firmado digitalmente por  
LOPEZ LEON Freddy Humberto  
FAU 20453744168 soft  
Motivo: Visto en señal de  
conformidad  
Fecha: 30/07/2025 05:16 p. m.

**Anexo 7. Planos de las estructuras propuestas en el mejoramiento de la PTAR**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**



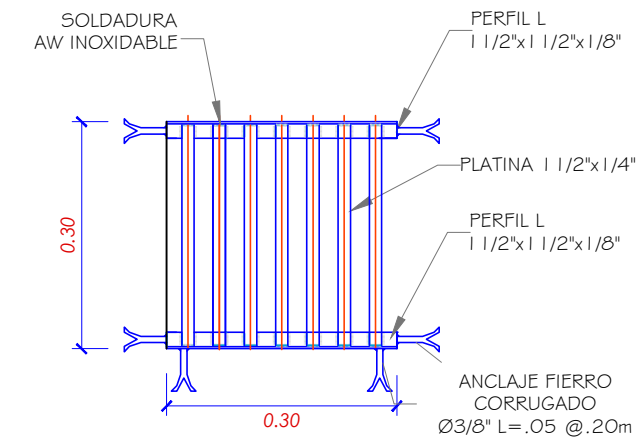
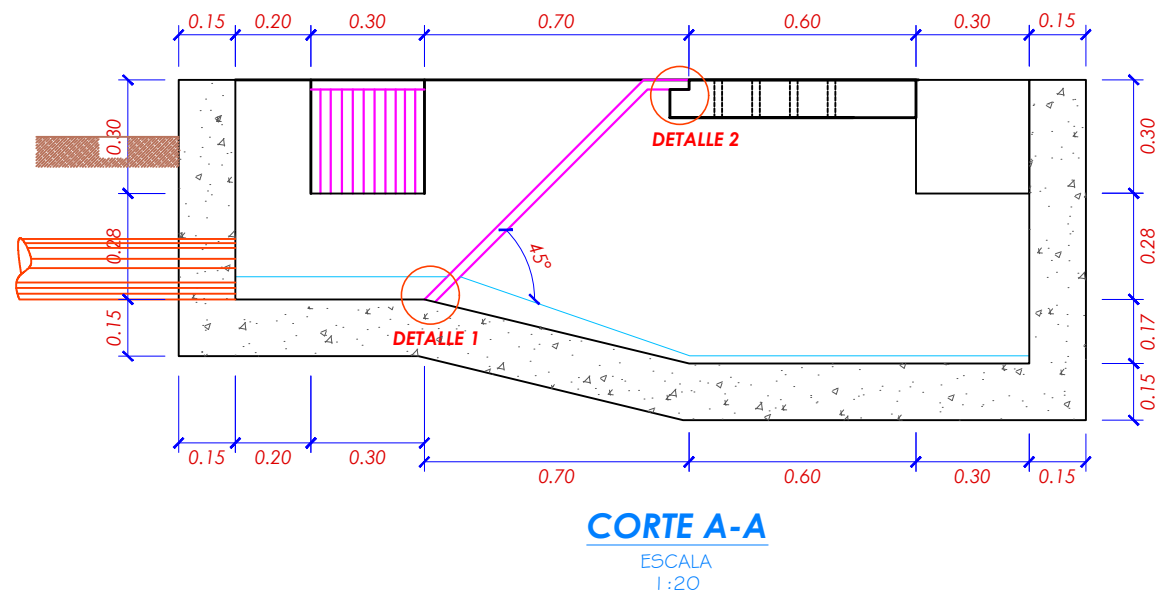
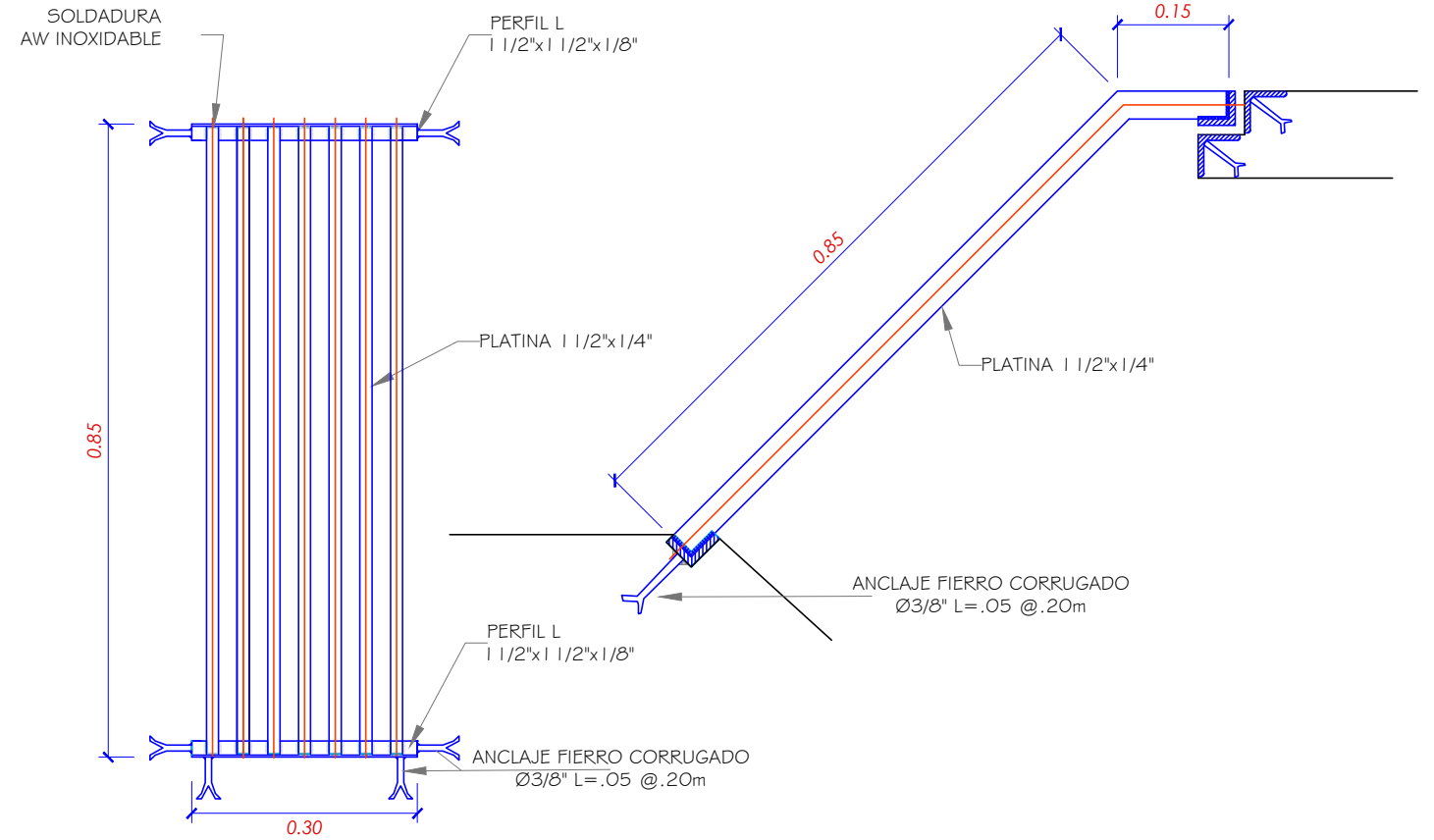
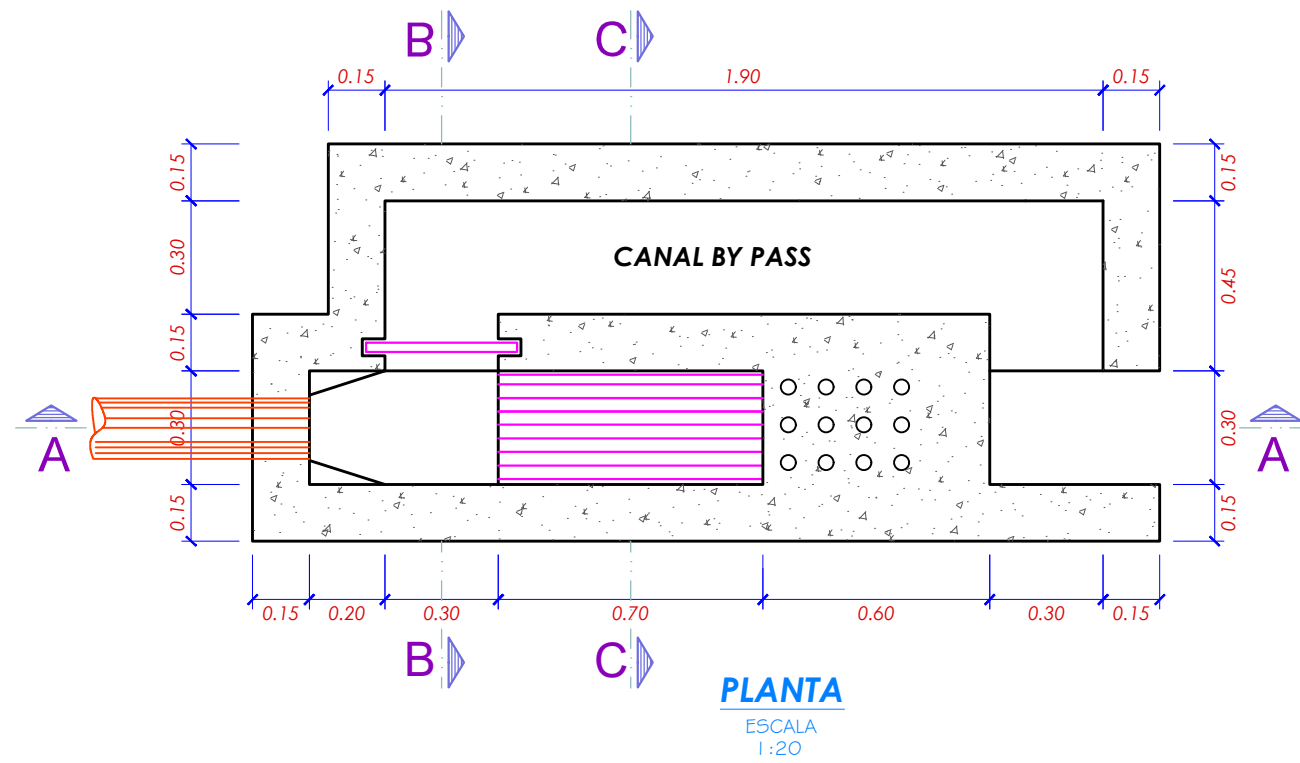
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

Ubicación:  
 REGIÓN: Cajamarca  
 PROVINCIA: Cajamarca  
 DISTRITO: Namora  
 LOCALIDAD: Namora

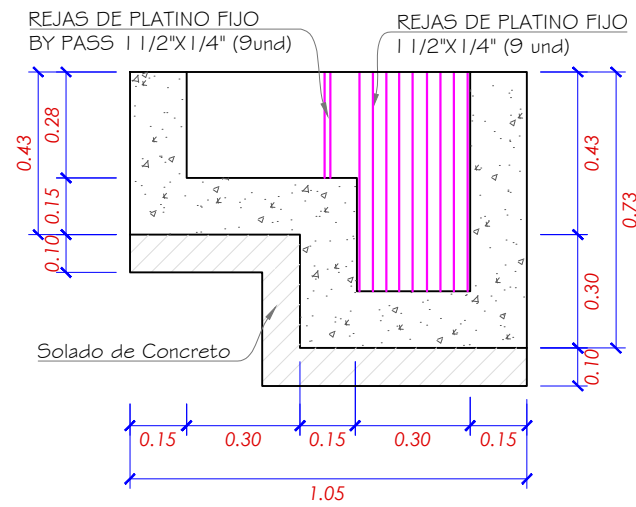
Proyecto:  
 "EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE NAMORA"

Plano:  
 PLANO TOPOGRÁFICO  
 PTAR NAMORA  
 ESC: 1/250

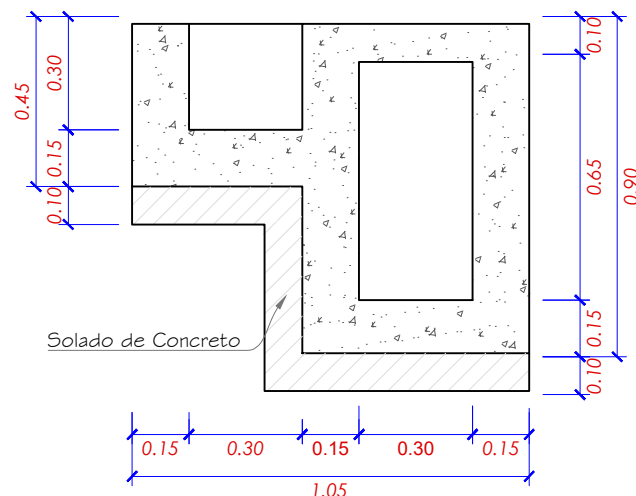
Lámina:  
**PT-01**  
 01 de 01



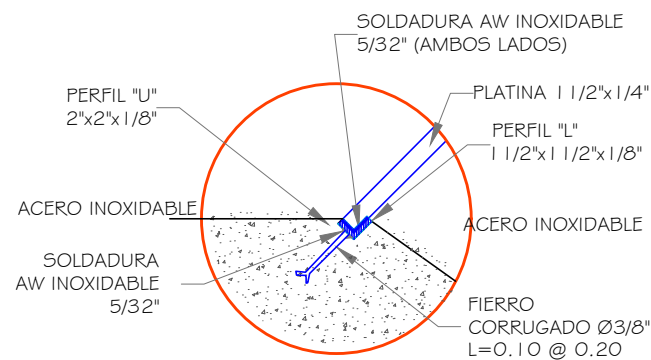




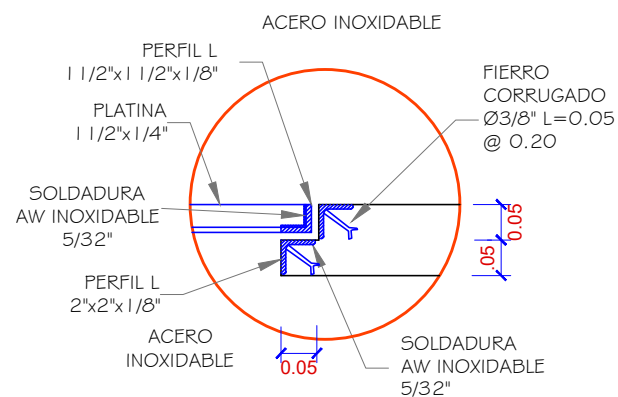
**CORTE B-B**  
ESC: 1/20



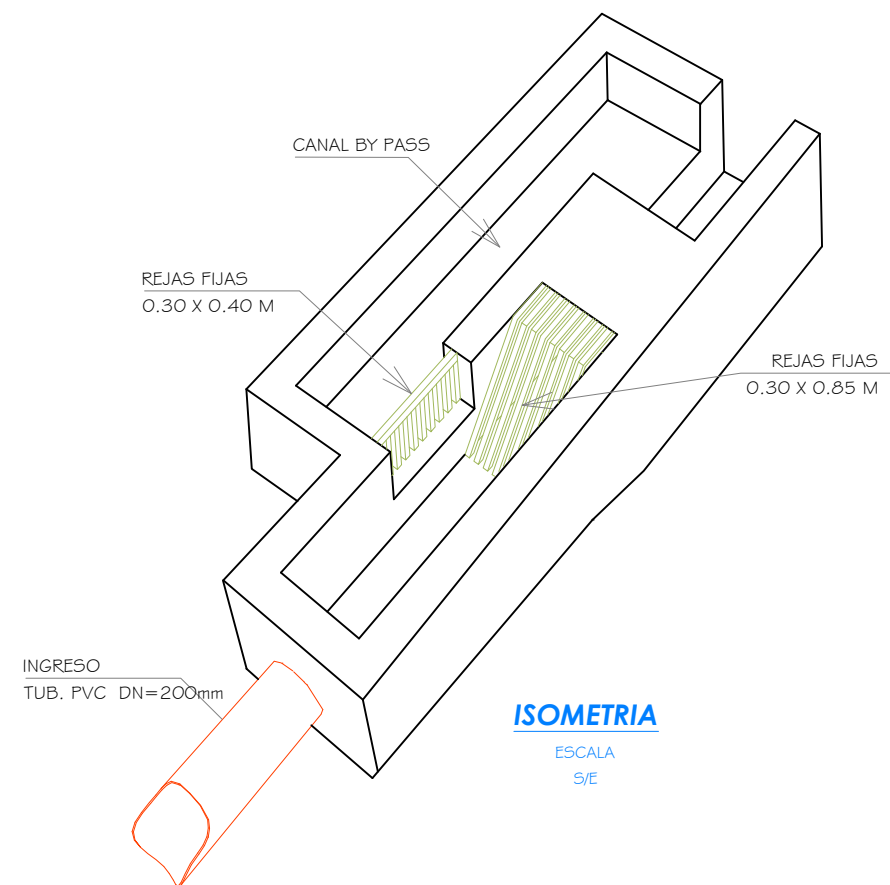
**CORTE C-C**  
ESC: 1/20



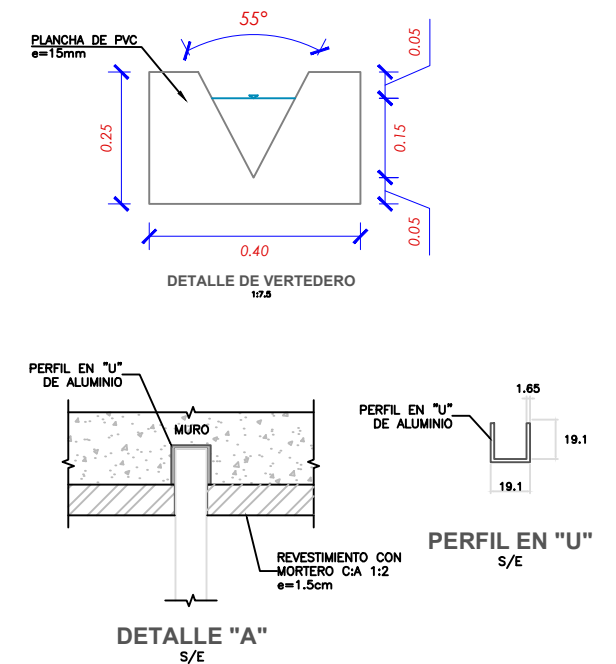
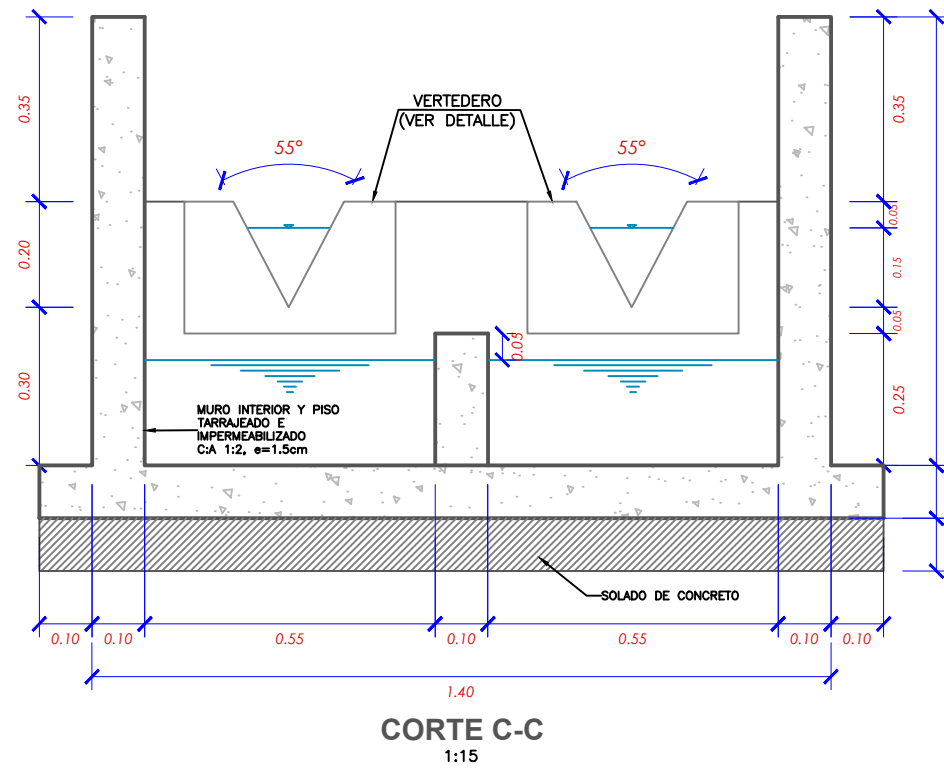
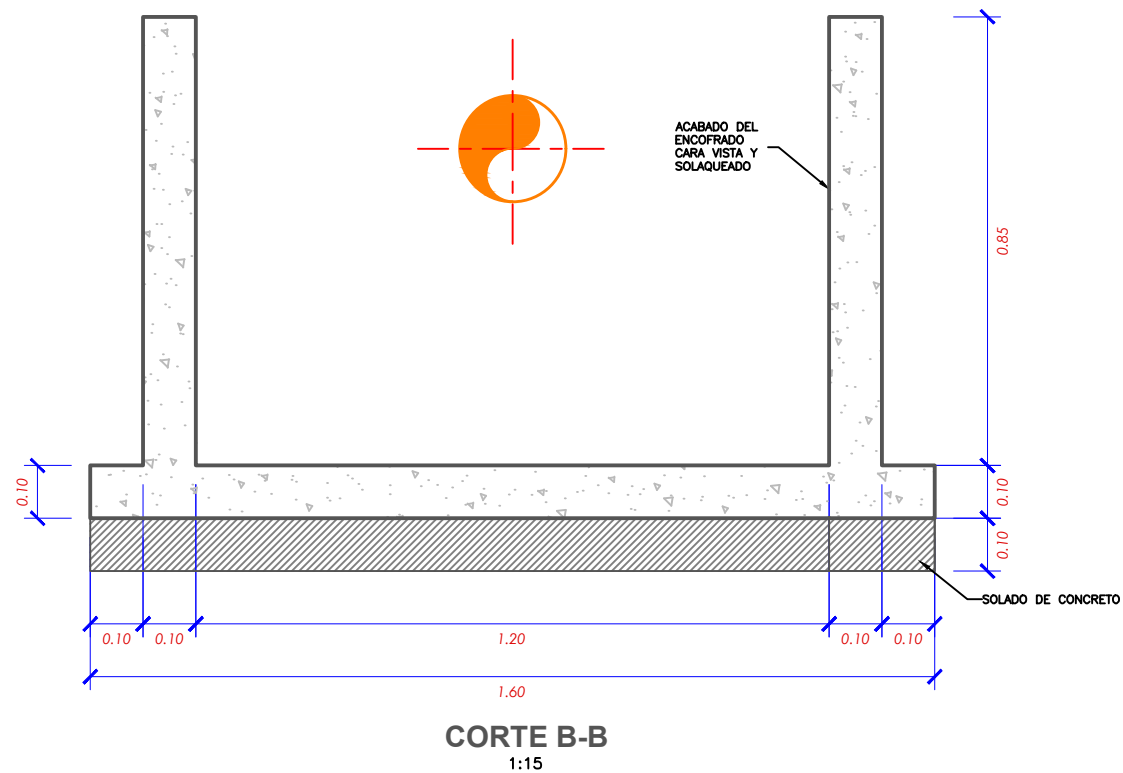
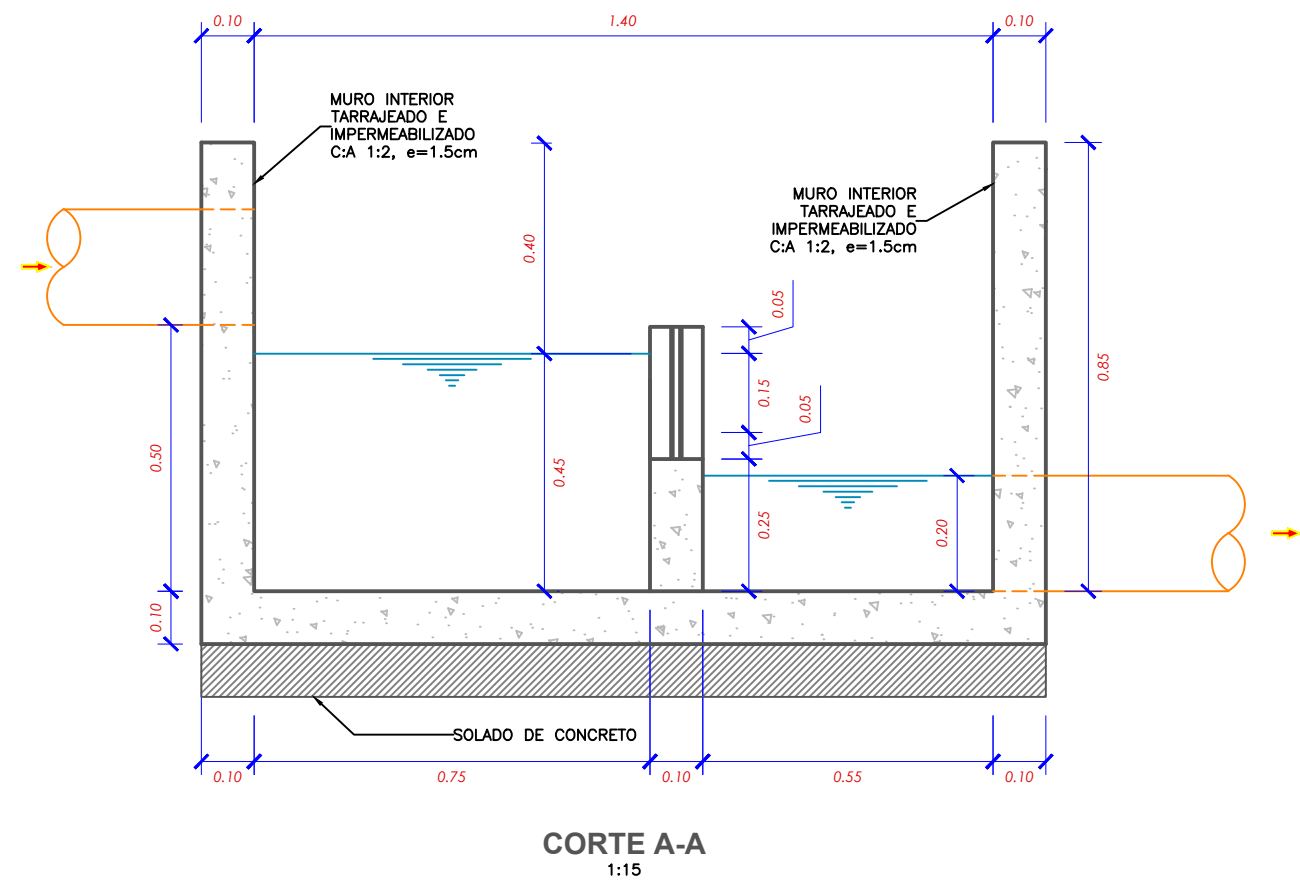
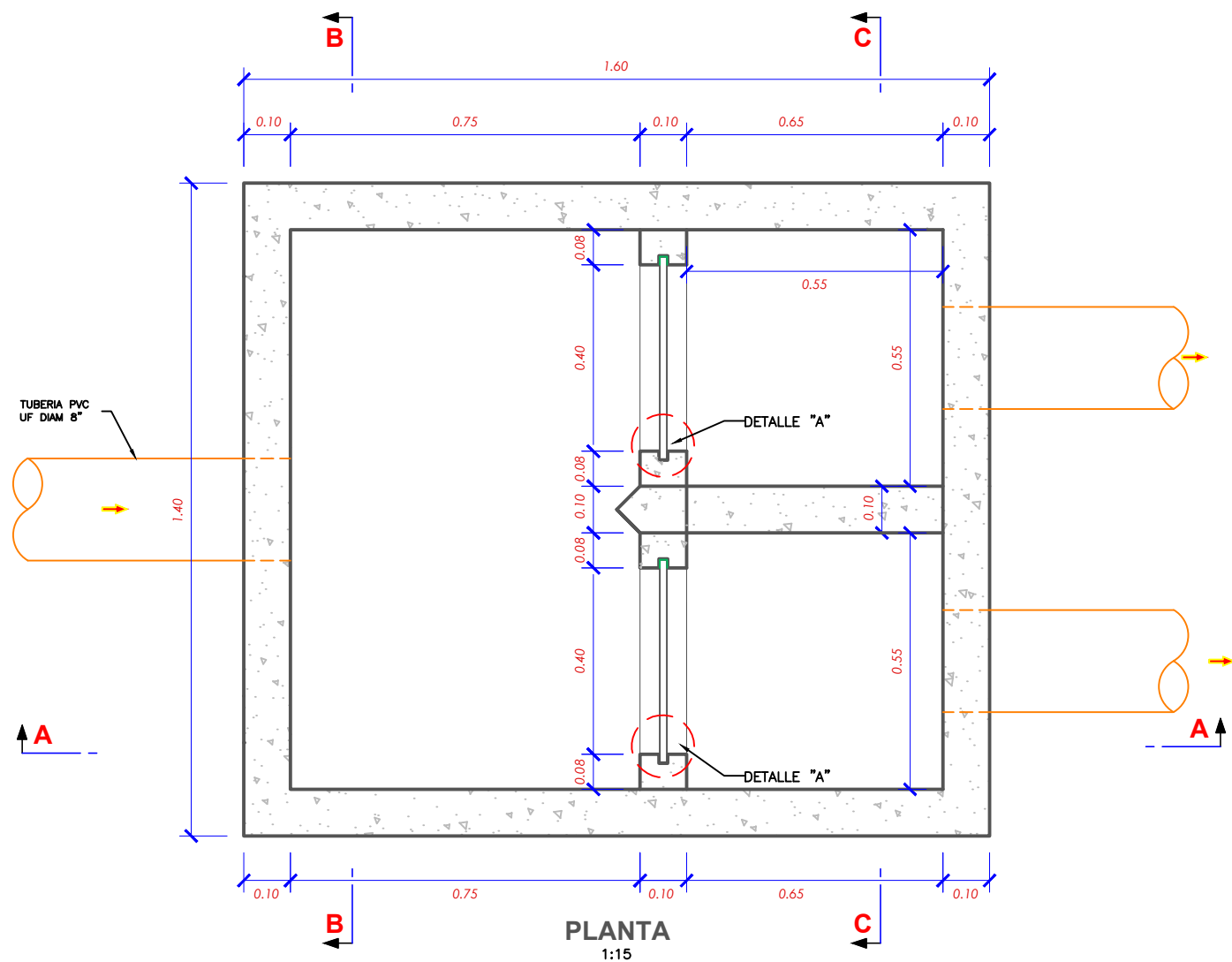
**DETALLE 1**  
ESC: 1/10

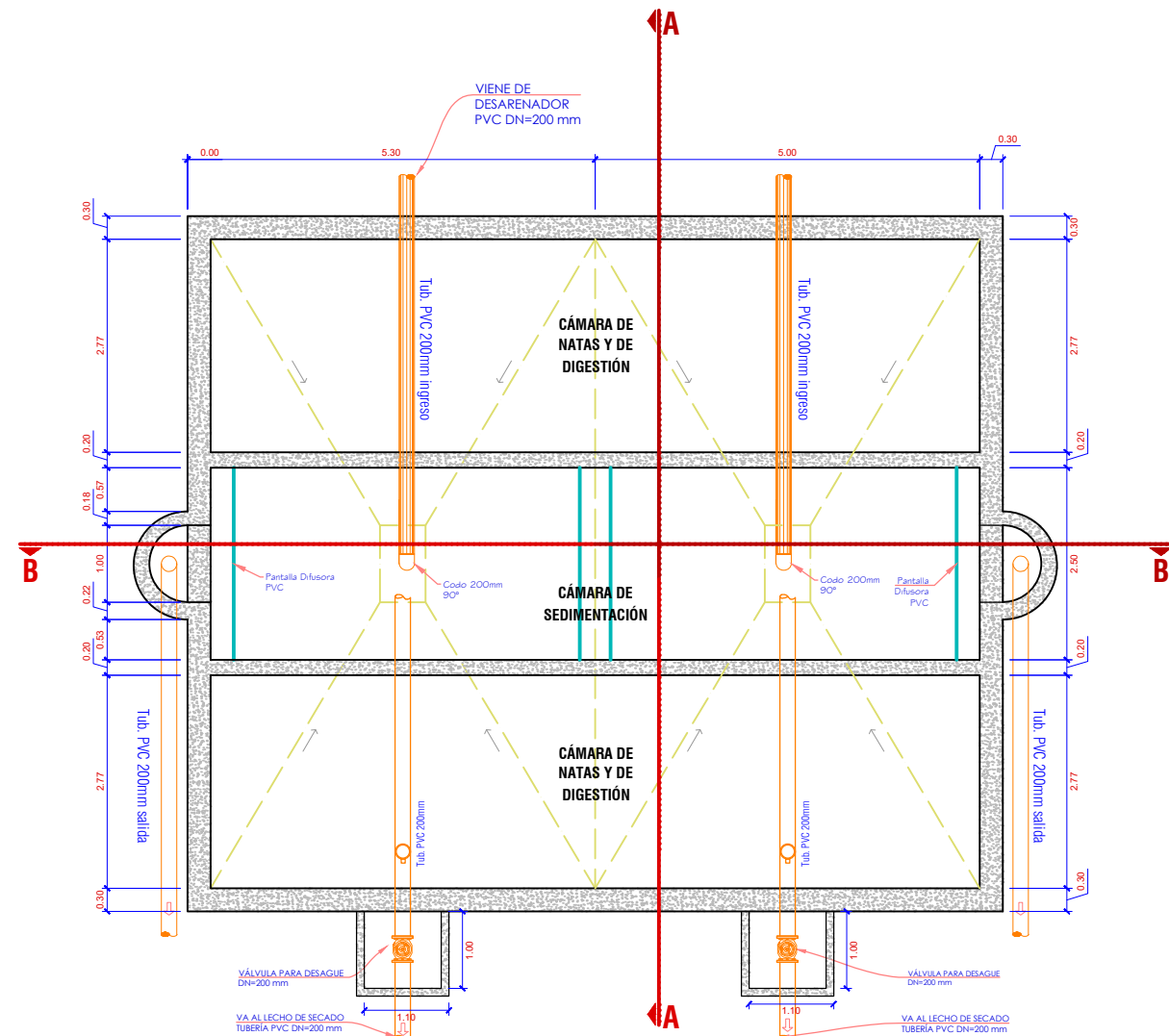


**DETALLE 2**  
ESC: 1/10



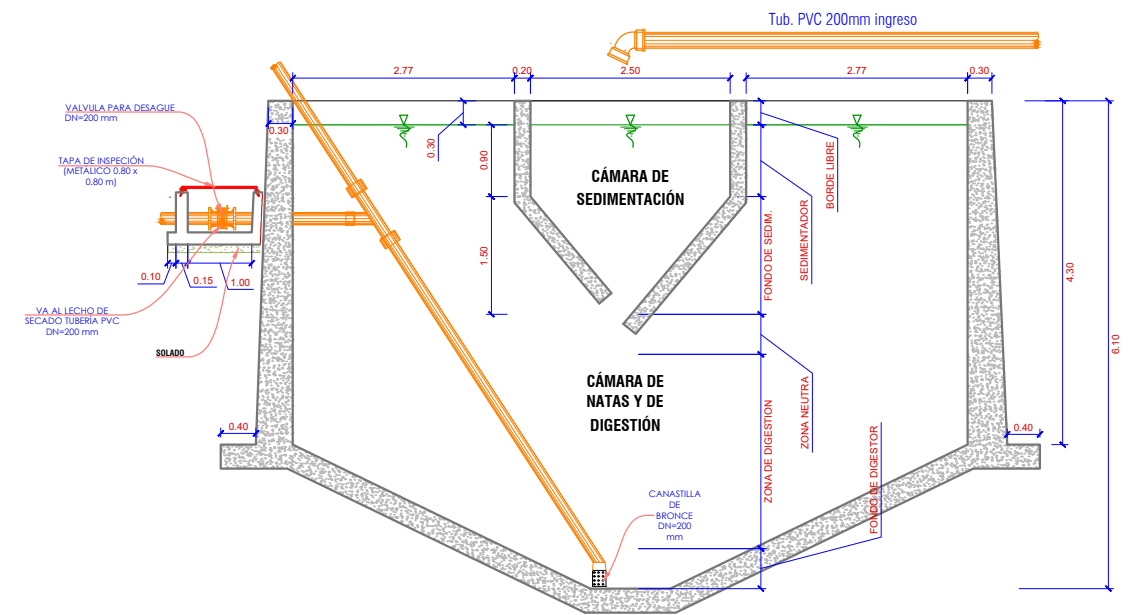
**ISOMETRIA**  
ESCALA S/E





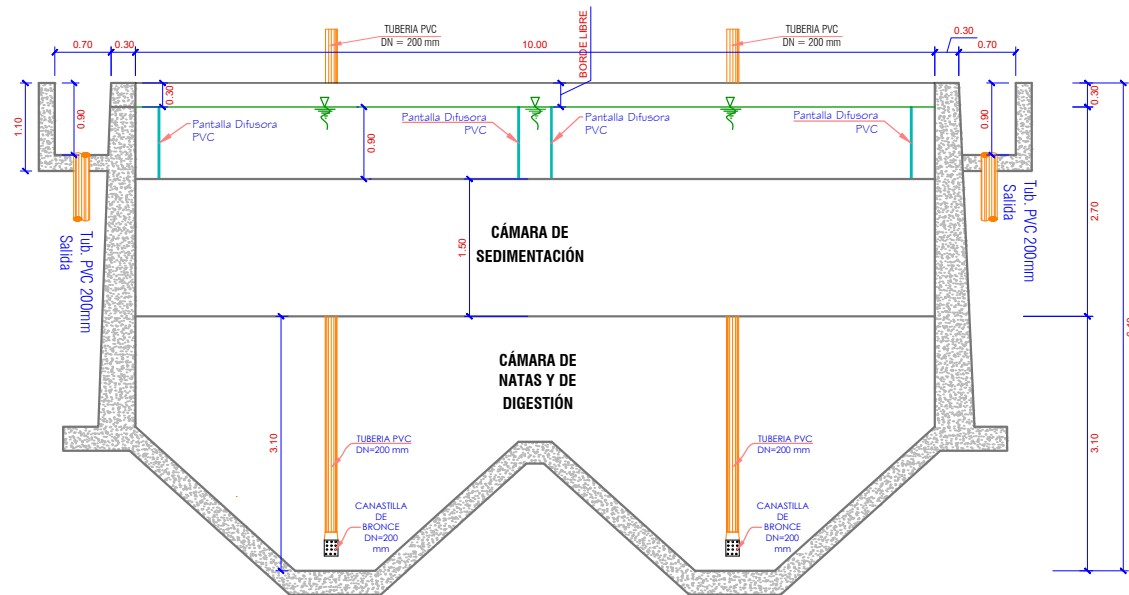
**PLANTA DE TANQUE IMHOFF**

ESC. 1/100



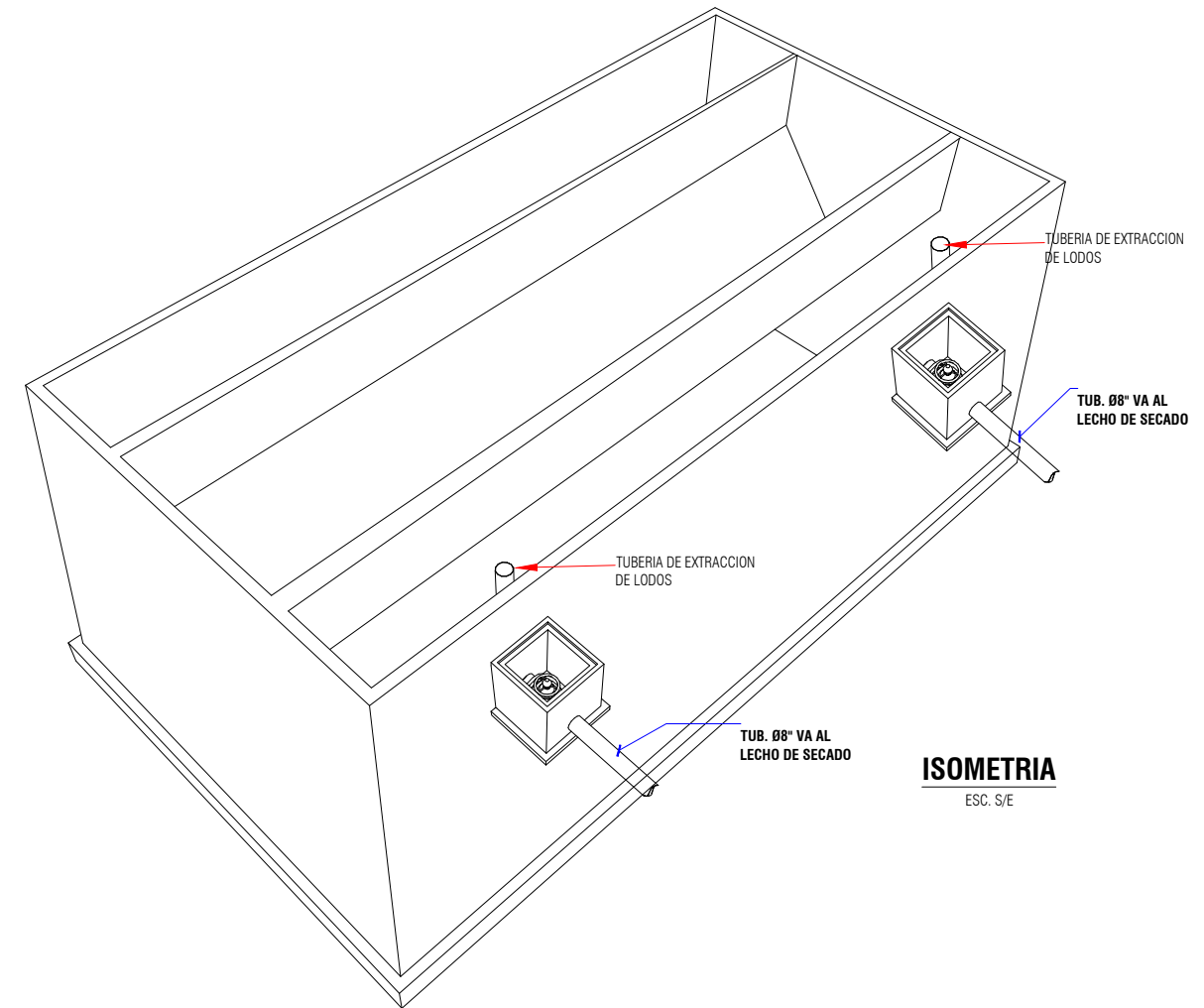
**CORTE A-A / ELEMENTOS DE TANQUE IMHOFF**

ESC. 1/100



**CORTE B - B / ELEMENTOS DE TANQUE IMHOFF**

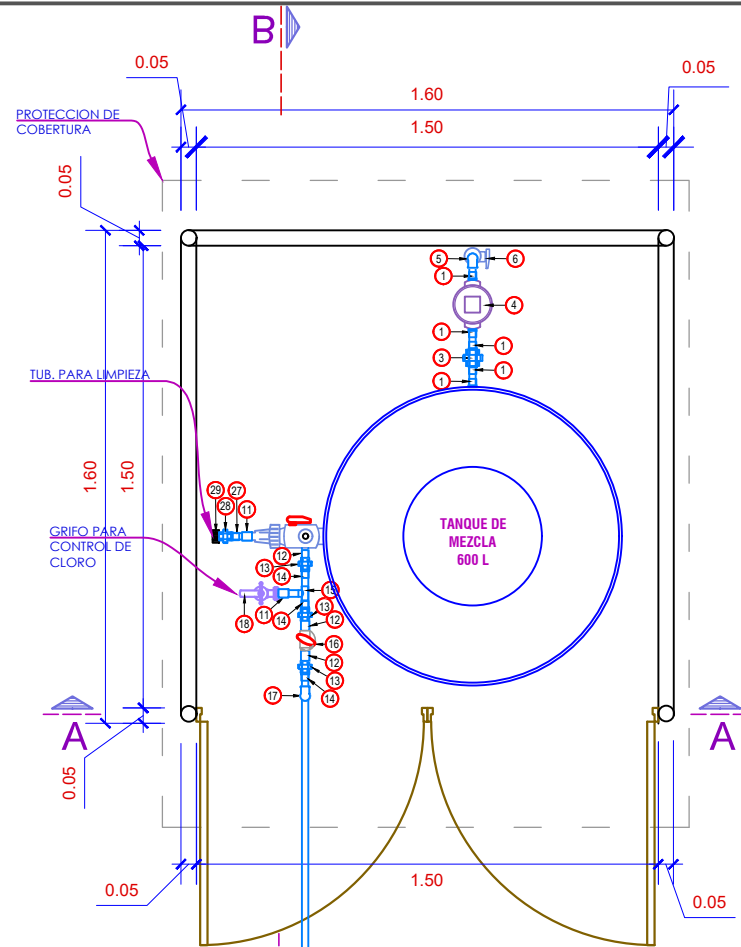
ESC. 1/100



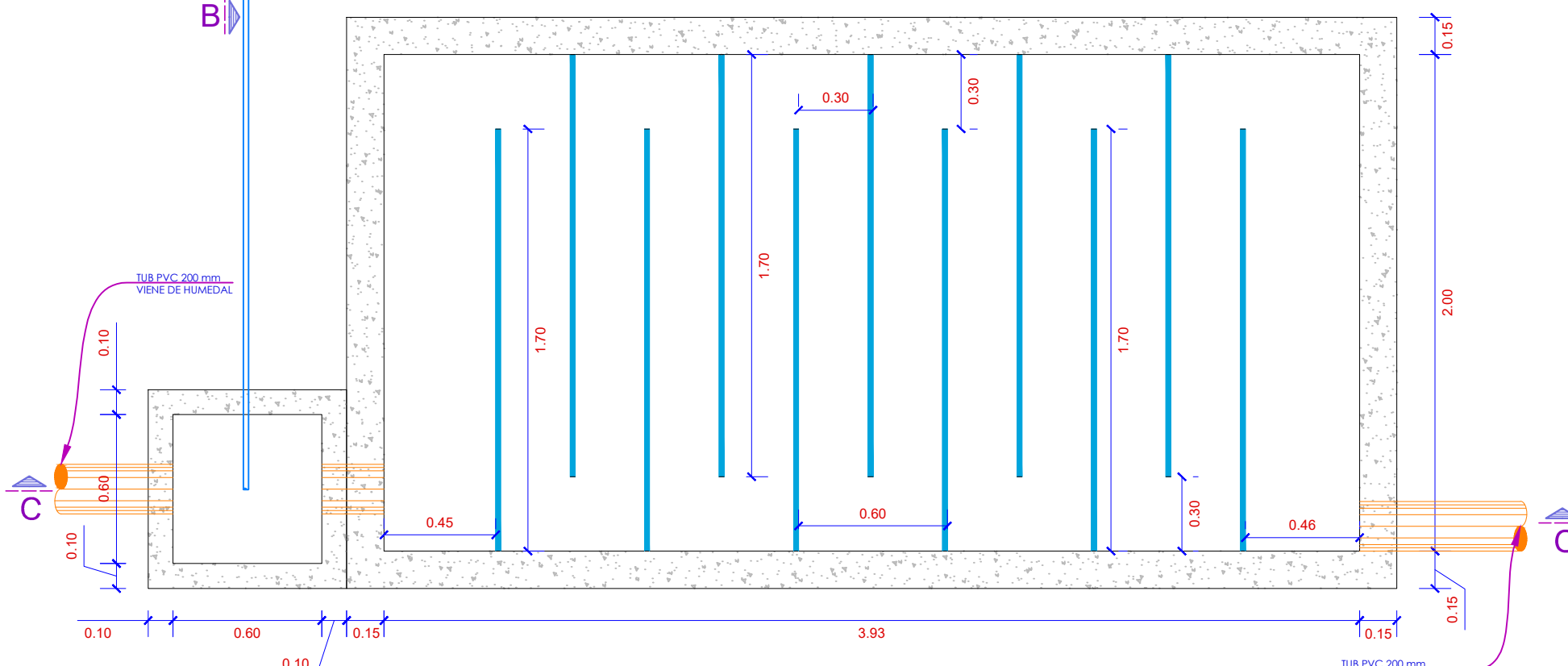
**ISOMETRIA**

ESC. S/E

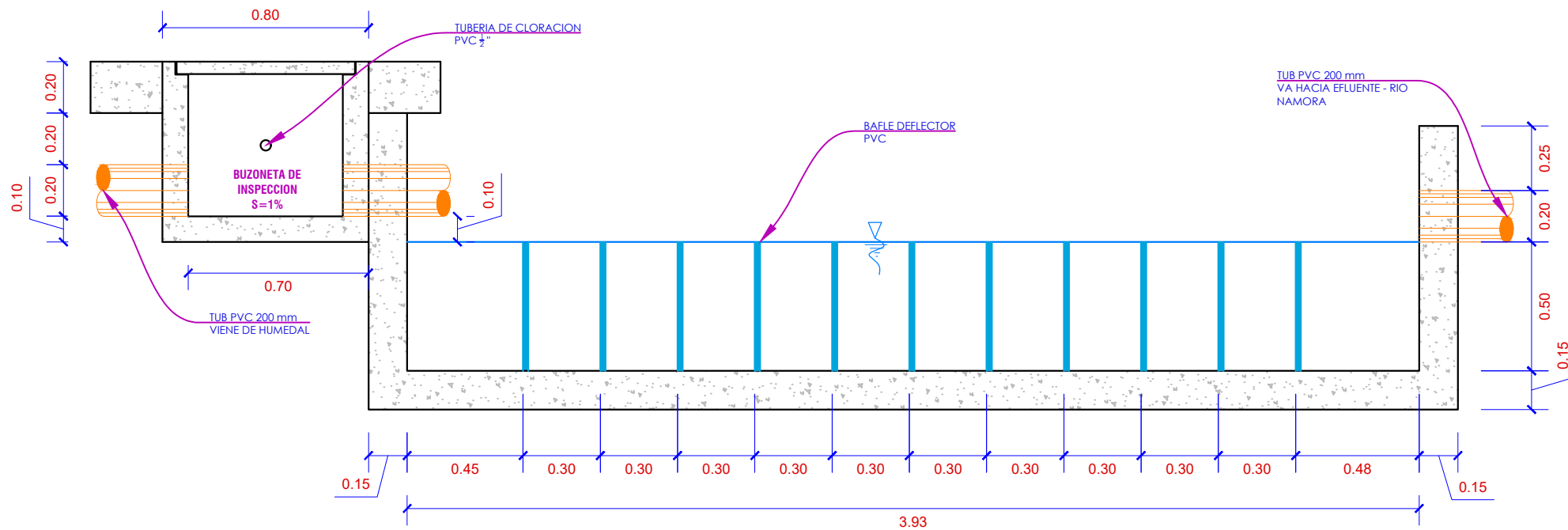




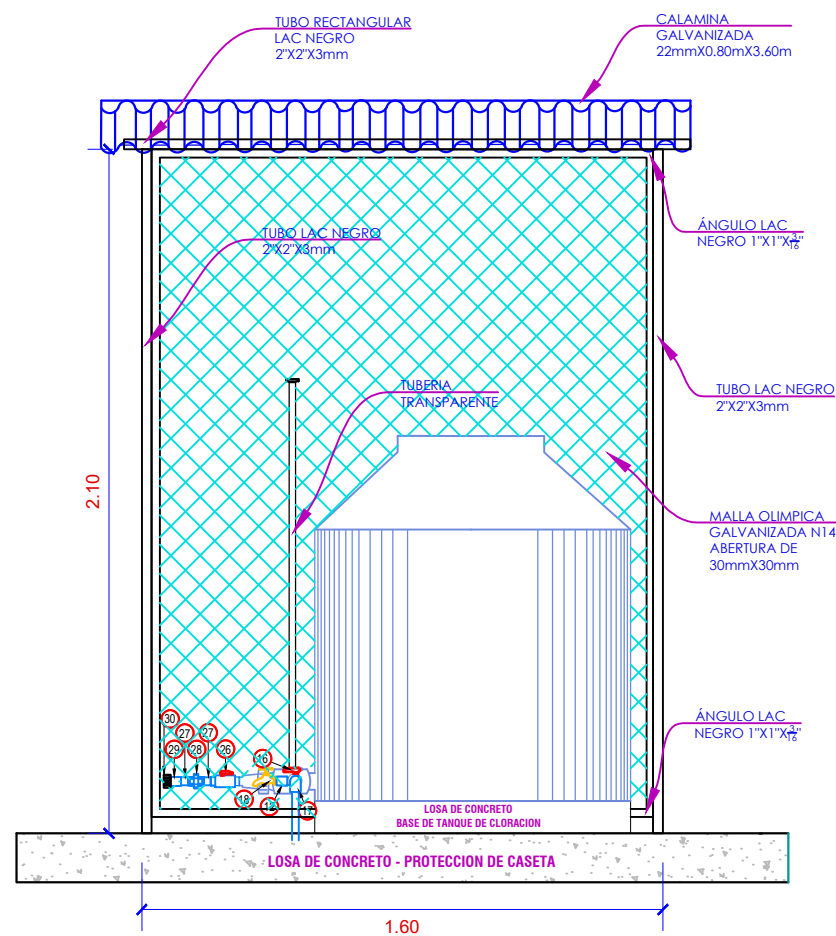
N°.	ACCESORIOS	DN.	CANT.	UND.
<b>INGRESO AL TANQUE DE CLORACION</b>				
1	Adaptador de PVC	1/2"	05	und.
2	Tubo de PVC SP.CLASE 10, L=10cm	1/2"	02	und.
3	Unión universal de PVC sin rosca	1/2"	01	und.
4	Filtro (viene incluido con el tanque)	01	01	und.
5	Codo de PVC x 90°	1/2"	01	und.
6	Válvula esféricas de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
7	Unión universal de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
8	Niple de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
9	Tee de PVC simple presión	1/2"	01	und.
10	Caños de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
11	Unión mixta de PVC	1/2"	01	und.
<b>SALIDA DEL TANQUE DE CLORACION</b>				
12	Niple de PVC	1/2"x2"	03	und.
13	Unión universal de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
14	Adaptador de PVC	1/2"	03	und.
15	Tee de PVC	1/2"	01	und.
16	Válvula esférica de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
17	Codo de PVC x 90°	1/2"	01	und.
18	Caños de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
<b>DISPOSITIVO DE ENTREGA DE CLORO A LA CAMARA DE CONTACTO</b>				
19	Codo de PVC x 90°	1/2"	01	und.
20	Tubo de PVC SP.CLASE 10, L=10cm.	1/2"	01	und.
<b>SALIDA PARA LIMPIEZA</b>				
26	Válvula esférica de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
27	Adaptador de PVC	1/2"	02	und.
28	Unión universal de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
29	Tapón hembra de PVC de c/ rosca	1/2"	01	und.



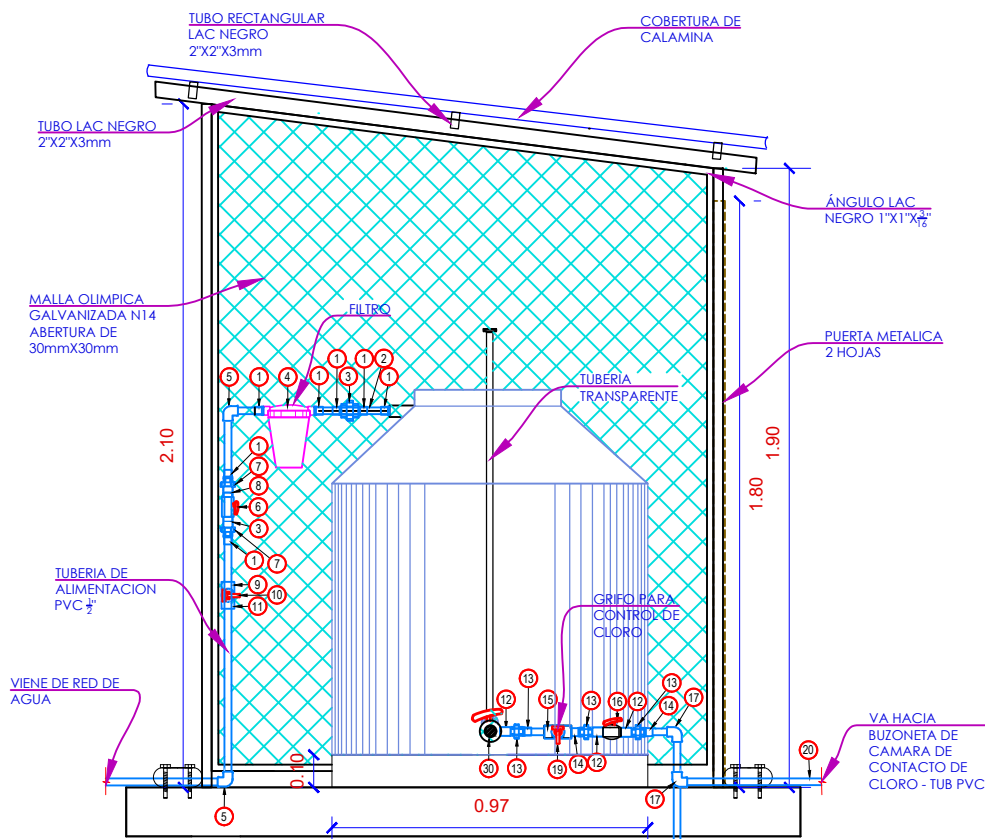
**PLANTA**  
ESCALA  
1:20



**CORTE C - C**  
ESCALA 1:20

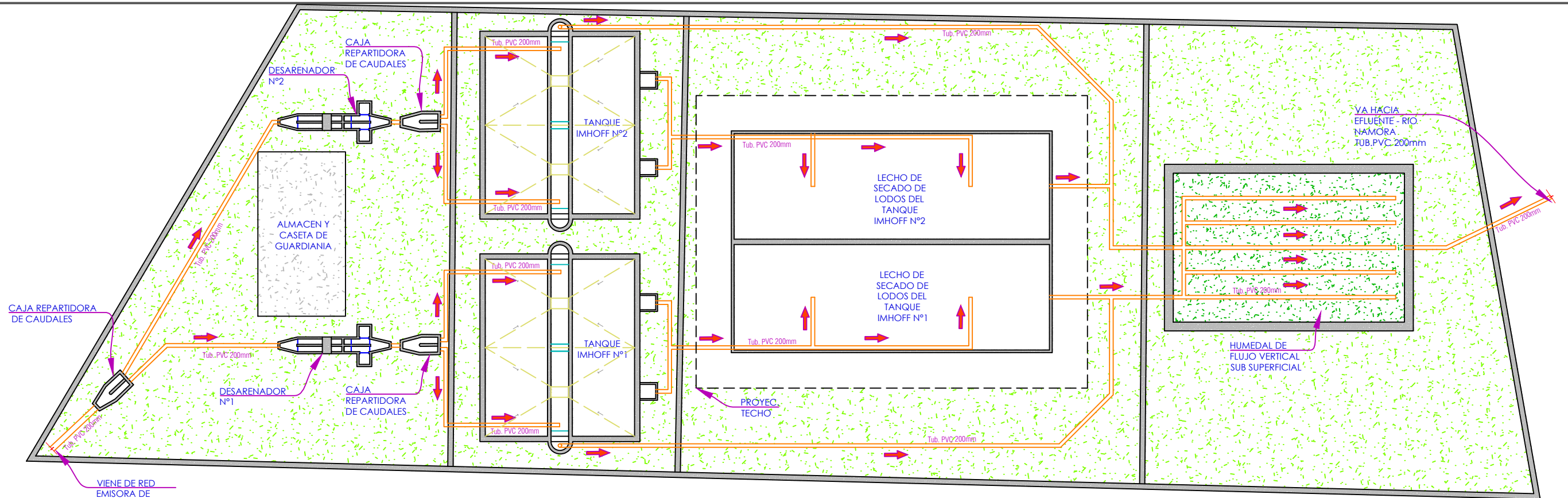


**CORTE A - A**  
ESCALA 1:20



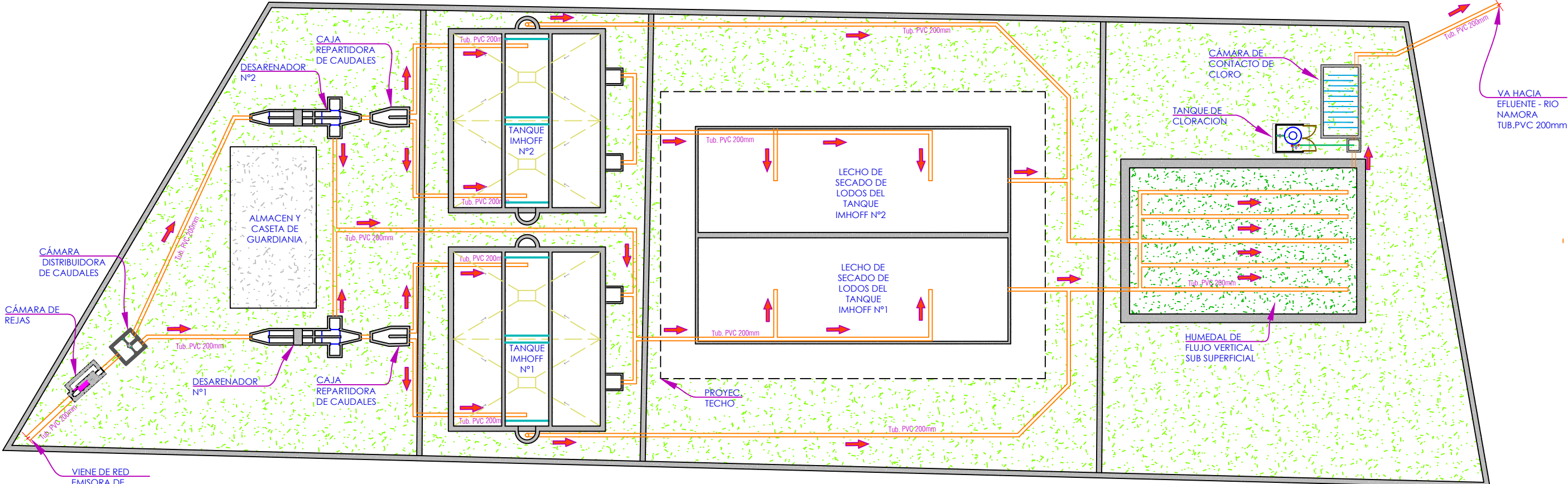
**CORTE B - B**  
ESCALA 1:20

N°.	ACCESORIOS	DN.	CANT.	UND.
<b>INGRESO AL TANQUE DE CLORACION</b>				
1	Adaptador de PVC	1/2"	05	und.
2	Tubo de PVC SP, CLASE 10, L=10cm.	1/2"	02	und.
3	Unión universal de PVC sin rosca	1/2"	01	und.
4	Filtro (viene incluido con el tanque)	01	01	und.
5	Codo de PVC x 90°	1/2"	01	und.
6	Válvula esféricas de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
7	Unión universal de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
8	Niple de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
9	Tee de PVC simple presión	1/2"	01	und.
10	Caños de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
11	Unión mixta de PVC	1/2"	01	und.
<b>SALIDA DEL TANQUE DE CLORACION</b>				
12	Niple de PVC	1/2"x2"	03	und.
13	Unión universal de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
14	Adaptador de PVC	1/2"	03	und.
15	Tee de PVC	1/2"	01	und.
16	Válvula esférica de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
17	Codo de PVC x 90°	1/2"	01	und.
18	Caños de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
<b>DISPOSITIVO DE ENTREGA DE CLORO A LA CAMARA DE CONTACTO</b>				
19	Codo de PVC x 90°	1/2"	01	und.
20	Tubo de PVC SP, CLASE 10, L=10cm.	1/2"	01	und.
<b>SALIDA PARA LIMPIEZA</b>				
26	Válvula esférica de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
27	Adaptador de PVC	1/2"	02	und.
28	Unión universal de PVC c/ rosca	1/2"	01	und.
29	Tapón hembra de PVC de c/ rosca	1/2"	01	und.



**ESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO - PTAR EXISTENTE**

ESC. 1/300



**ESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO - PROPUESTA DE MEJORA**

ESC. 1/300



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**



**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

Ubicación:  
 REGIÓN: Cajamarca  
 PROVINCIA: Cajamarca  
 DISTRITO: Namora  
 LOCALIDAD: Namora

Proyecto:  
 "EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE NAMORA"

Plano:  
 ESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO PTAR EXISTENTE VS PROPUESTA DE MEJORA

Lámina:  
**ET-01**  
 01 de 01