

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**EVALUACIÓN DEL REACTOR DOWNFLOW HANGING
SPONGE TIPO CORTINA EN EL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES DE
UN TRATAMIENTO PRIMARIO EN MARIÁN, SIERRA DE
ANCASH – 2016**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO SANITARIO**

Bach. GIANFRANCO SVEN LEON JULCA
Bach. TANIA GRACE TARAZONA HERRERA

Asesor: Ing. DEPAZ CELI, KIKO FELIX

HUARAZ – ANCASH – PERÚ
NOVIEMBRE – 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**EVALUACIÓN DEL REACTOR DOWNFLOW HANGING
SPONGE TIPO CORTINA EN EL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES DE
UN TRATAMIENTO PRIMARIO EN MARIÁN, SIERRA DE
ANCASH – 2016**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO SANITARIO**

Bach. TANIA GRACE TARAZONA HERRERA

Bach. GIANFRANCO SVEN LEON JULCA

Asesor: Ing. DEPAZ CELI, KIKO FELIX

HUARAZ – ANCASH – PERÚ

NOVIEMBRE – 2018



ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS, PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el auditorium de la FCAM-UNASAM, para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta el señor Bachiller: **GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA**.

Tesis Titulada: **“EVALUACIÓN DEL REACTOR DOWNFLOW HANGING SPONGE TIPO CORTINA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE UN TRATAMIENTO PRIMARIO EN MARIAN, SIERRA DE ANCASH - 2016”**

En seguida, después de haber atendida la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

Aprobado con Distinción

Con el calificativo de:

17 (Diecisiete)

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:

INGENIERO SANITARIO

De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 432-2016-UNASAM del 28-12-2016).

Huaraz,³⁰ de **Noviembre** del 2018.

Dr. Cesar Manuel Gregorio Dávila Paredes
Presidente

Msc. Rosario Adriana Polo Salazar
Secretaria

Ing. Martin Miguel Huamán Carranza
Vocal

Ing. Kiko Félix Depaz Celi
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS, PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el auditorium de la FCAM-UNASAM, para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta la señorita Bachiller: **TANIA GRACE TARAZONA HERRERA.**

Tesis Titulada: **“EVALUACIÓN DEL REACTOR DOWNFLOW HANGING SPONGE TIPO CORTINA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE UN TRATAMIENTO PRIMARIO EN MARIAN, SIERRA DE ANCASH - 2016”**

En seguida, después de haber atendida la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

Aprobado con Distinción

Con el calificativo de:

17 (Diecisiete)

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:

INGENIERO SANITARIO

De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 432-2016-UNASAM del 28-12-2016).

Huaraz,³⁰ de^{Noviembre} del 2018.

Dr. Cesar Manuel Gregorio Dávila Paredes
Presidente

Msc. Rosario Adriana Polo Salazar
Secretaria

Ing. Martin Miguel Huamán Carranza
Vocal
Ing. Kiko Félix Depaz Celi
Asesor

DEDICATORIA

*A mi querida **madre** que sin su sacrificio, apoyo y confianza no hubiera podido llegar a este punto en mi vida profesional.*

*A mis **abuelos y tíos** por sus enseñanzas y valores.*

*A mi **hermano y primos** por ser mi soporte en todo momento.*

Gianfranco Sven León Julca

*Dedico a mis **padres** por su confianza y esfuerzo para concederme la oportunidad de estudiar y por sus constantes apoyos a lo largo de mi vida.*

*Dedico a mis **hermanos y cuñados** por sus paciencias, por brindarme todos sus cariños, por sus palabras de aliento, por sus concejos de mejora y por compartirme sus conocimientos para concluir mis estudios.*

*A mis **sobrinos**, por darme motivos para seguir creciendo profesionalmente.*

Tania Grace Tarazona Herrera

AGRADECIMIENTO

Los autores de la presente investigación agradecen de manera muy atenta a las siguiente personas, instituciones y organizaciones:

A nuestra alma mater, la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo y al cuerpo docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, por ser los pilares en nuestra formación académica e investigativa.

Al Ingeniero Kiko Felix Depaz Celi, nuestro asesor, quien nos brindó todo el apoyo posible para la culminación de la presente investigación.

A los miembros de la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento del Centro Poblado de Marián periodo 2015 – 2017, por brindarnos un espacio dentro de las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Centro Poblado de Marián, de esta manera facilitarnos la implementación y el desarrollo de la investigación.

A nuestros compañeros del grupo de investigación, con quienes compartimos ideas y experiencias que aportaron en el presente trabajo de investigación.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Gianfranco Sven León Julca identificado con DNI N°46734580 y Código Universitario N°081.0704.535. Tania Grace Tarazona Herrera identificada con DNI N°70499166 y Código Universitario N°081.0204.466; estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, declaramos que el trabajo académico de la tesis titulada “EVALUACIÓN DEL REACTOR DOWNFLOW HANGING SPONGE TIPO CORTINA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES DE UN TRATAMIENTO PRIMARIO EN MARIÁN, SIERRA DE ANCASH – 2016” presentado en 231 folios, para la obtención del título profesional de Ingeniería Sanitaria, es de nuestra autoría.

Por lo tanto, declaramos lo siguiente:

- Hemos mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación identificado correctamente toda cita textual o de paráfrasis provenientes de otras fuentes de acuerdo con lo establecido por las normas de elaboración de trabajo académico.
- No hemos utilizado otra fuente distinta de aquellas expresadamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Somos conscientes de que nuestro trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, nos sometemos a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Huaraz, 30 de noviembre del 2018

GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
CÓDIGO UNIVERSITARIO N°081.0704.535
DNI N°46734580

TANIA GRACE TARAZONA HERRERA
CÓDIGO UNIVERSITARIO N°081.0204.466
DNI N°70499166

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
ÍNDICE.....	iv
RELACIÓN DE FIGURAS	viii
RELACIÓN DE GRÁFICOS	ix
RELACIÓN DE TABLAS	xi
RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes y fundamentación científica, técnica o humanística	3
1.2. Trabajos previos	6
1.2.1. Internacionales.....	6
1.2.2. Nacionales	7
1.3. Teorías relacionadas con el tema.....	8
1.3.1. Definición del agua residual	8
➤ Clasificación	8
➤ Características	8
1.3.2. Parámetros/indicadores de la investigación.....	13
➤ Aceites y grasas.....	13
➤ Sólidos Suspendidos Totales	14
➤ Demanda biológica de oxígeno.....	15
➤ Demanda química de oxígeno:.....	16
➤ Potencial de hidrogeno	17
➤ Temperatura	18
➤ Coliformes termotolerantes.....	20
➤ Nutrientes.....	21
➤ Tiempo de la investigación	26
➤ Tiempo de retención hidráulica.....	26
➤ Diseño del medio filtrante	27
➤ Carga hidráulica superficial	27
1.3.3. Fundamentación biológica	28
➤ Procesos de tratamiento biológico	29
1.3.4. Biofilms y comparación de tratamientos biológicos	30
➤ Formación de biofilm	30
➤ Procesos aerobios de tratamiento de cultivo fijo (crecimiento biológico adherido).....	31
➤ Filtros percoladores	32
1.3.5. Operaciones y Procesos unitarios en una PTAR.....	33
➤ Pretratamiento:.....	33
➤ Tratamiento primario:.....	33
➤ Tratamiento secundario convencional:	33
➤ Tratamiento terciario	34
1.3.6. Sistema Downflow Hanging Sponge (DHS)	34

➤ Tipos	35
1.3.7. DHS como unidad de tratamiento independiente.....	37
➤ Papel de las esponjas	37
➤ Proceso biológico en el DHS	37
➤ Comparación de costes	39
➤ Factores que inciden en la eficiencia de purificación	40
1.3.8. Legislación.....	41
➤ Ley marco de la gestión y prestación de servicios de saneamiento (LMGPSS).....	41
➤ Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR.....	42
➤ Estándares de calidad ambiental (ECA)	43
➤ Límite Máximo Permisible	43
1.4. Definición de términos.....	44
1.5. Realidad problemática	47
1.6. Formulación y planteamiento del problema	48
1.7. Justificación.....	48
1.7.1. Social	49
1.7.2. Económico.....	49
1.7.3. Ambiental.....	49
1.8. Objetivos	49
1.8.1. Objetivo general	49
1.8.2. Objetivos específicos	50
1.9. Hipótesis.....	50
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	51
2.1. Metodología	52
2.2. Tipo de estudio	52
2.2.1. Según propósito o aplicación	52
2.2.2. Según naturaleza, profundidad y/o alcance.....	53
2.2.3. En relación con la cronología de los hechos	53
2.3. Diseño.....	53
2.4. Variables	53
2.5. Operacionalización de variables.....	54
2.6. Población, muestra y muestreo.....	55
2.6.1. Población.....	55
2.6.2. Muestra	55
2.6.3. Muestreo.....	55
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	56
2.7.1. Recolección de información bibliográfica	57
2.7.2. Trabajos previos	57
➤ Coordinación correspondiente con los miembros del Consejo Directivo de la Organización Comunal de la localidad de Marián.....	57
➤ Evaluación de la situación actual del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marián.....	58
➤ Acondicionamiento del terreno, instalación y puesta en marcha del reactor DHS tipo cortina .	59
2.7.3. Recolección de datos de interés para la investigación.....	66
➤ Duración del monitoreo.....	66

➤	Puntos de muestreo.....	66
➤	Monitoreo y toma de muestras.....	67
➤	Trabajos de operación y mantenimiento en el reactor DHS tipo cortina	69
2.8.	Métodos de análisis de datos (análisis estadístico de la información)	70
2.8.1.	Elección de la prueba estadística	70
2.8.2.	Planteamiento de la hipótesis	70
2.8.3.	Decisión estadística	70
2.9.	Ámbito de estudio	71
2.9.1.	Ubicación política.....	71
2.9.2.	Ubicación hidrográfica.....	71
2.9.3.	Localización geográfica	71
2.9.4.	Descripción	72
2.9.5.	Planta de tratamiento de aguas residuales del C.P. Marián como ámbito de estudio.....	72
CAPÍTULO III: RESULTADOS	76	
3.1.	Condición ambiental de la localidad de Marián	77
3.1.1.	Temperatura ambiental	77
3.1.2.	Precipitación pluvial	81
3.2.	Estado de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marián	86
3.2.1.	Caudal de operación	86
3.2.2.	Eficiencia de tratamiento	87
➤	Parámetros fisicoquímicos.....	87
➤	Indicadores de contaminación bioquímica	93
➤	Indicadores de contaminación microbiológica	99
3.3.	Comportamiento del sistema Downflow Hanging Sponge (DHS)	102
3.3.1.	Caudal de operación	102
3.3.2.	Tiempo de retención hidráulico de operación	104
3.3.3.	Parámetros de control	105
➤	Temperatura	105
➤	Potencial de hidrógeno	109
3.3.4.	Parámetros fisicoquímicos	113
➤	Aceites y grasas.....	113
➤	Sólidos totales en suspensión.....	116
3.3.5.	Indicadores de contaminación bioquímica.....	118
➤	Demanda bioquímica de oxígeno.....	118
➤	Demanda química de oxígeno.....	121
➤	Índice de biodegradabilidad del afluente.....	123
3.3.6.	Indicadores de contaminación microbiológica.....	124
➤	Coliformes termotolerantes.....	124
3.3.7.	Nutrientes	127
➤	Nitrógeno amoniacal	127
➤	Nitrato.....	129
3.3.8.	Otros parámetros	131
➤	Olor.....	131
➤	Color.....	133
➤	Huevos de helmintos	135
3.3.9.	Eficiencia del tratamiento	135
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	138	
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149	
Conclusiones	150	

Recomendaciones	151
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	152
Referencias Bibliográficas.....	153
ANEXOS	
ANEXO 1: Caudal de ingreso a la PTAR	
ANEXO 2: Caudal de ingreso al reactor DHS G2	
ANEXO 3: Tiempo de retención hidráulico en el reactor DHS G2	
ANEXO 4: Otros parámetros de evaluación de calidad del efluente del reactor DHS G2	
ANEXO 5: Panel fotográfico	
ANEXO 6: Fortalecimiento de capacidades a nivel local	
ANEXO 7: Autorización de las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales para el desarrollo del proyecto	
ANEXO 8: Informes de ensayo de laboratorio – PTAR Marián	
ANEXO 9: Informes de ensayo de laboratorio – Afluente reactor DHS	
ANEXO 10: Informes de ensayo de laboratorio – Efluente reactor DHS	

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1: Variación horaria típica del caudal y concentración del agua residual de origen doméstico.....	12
Figura 2: Variaciones mensuales típicas de la temperatura del agua residual.....	19
Figura 3: Transformación de diferentes formas del nitrógeno.	22
Figura 4: Ciclo del nitrógeno.....	24
Figura 5: DBO compuesto de carbono y nitrógeno.	25
Figura 6: Esquema del prototipo DHS G2.....	27
Figura 7: Esquema de las subcapas aerobia y anaerobia de un filtro percolador.	32
Figura 8: Evolución del proceso del DHS	36
Figura 9: Biología del sistema de cultivo adherido	39
Figura 10: Mapa conceptual del proceso de recolección de datos.	56
Figura 11: Tren de procesos en la PTAR C.P. Marián	58
Figura 12: Etapas del monitoreo.....	66
Figura 13: Puntos de muestreo	67
Figura 14: Ubicación de la PTAR C.P. Marián.....	72

RELACIÓN DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Variación de temperatura ambiental en la localidad	78
Gráfico 2: Variación de temperatura ambiental promedio	80
Gráfico 3: Variación de temperatura ambiental durante el muestreo	81
Gráfico 4: Variación de precipitación pluvial en la localidad	82
Gráfico 5: Variación de temperatura ambiental promedio	84
Gráfico 6: Variación de precipitación pluvial durante el muestreo	85
Gráfico 7: Variación de caudal de ingreso a la PTAR	86
Gráfico 8: Variación de concentración de aceites y grasas	88
Gráfico 9: Eficiencia de remoción de aceites y grasas	89
Gráfico 10: Eficiencia de remoción de aceites y grasas	90
Gráfico 11: Variación de concentración de sólidos totales en suspensión	91
Gráfico 12: Eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión	92
Gráfico 13: Eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión	93
Gráfico 14: Variación de concentración de demanda química de oxígeno	94
Gráfico 15: Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno	95
Gráfico 16: Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno	96
Gráfico 17: Variación de concentración de demanda bioquímica de oxígeno	97
Gráfico 18: Eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno	98
Gráfico 19: Eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno	99
Gráfico 20: Variación de concentración de coliformes termotolerantes	100
Gráfico 21: Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes	101
Gráfico 22: Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes	102
Gráfico 23: Variación de caudal	103
Gráfico 24: Tiempo de retención hidráulico	105
Gráfico 25: Variación de temperatura en el reactor	106
Gráfico 26: Variación de temperatura promedio	108
Gráfico 27: Variación de temperatura en la muestra	109
Gráfico 28: Variación de potencial hidrógeno en el reactor	110
Gráfico 29: Variación de potencial hidrógeno promedio	112
Gráfico 30: Variación de potencial hidrógeno en la muestra	113
Gráfico 31: Variación de concentración de aceites y grasas	115
Gráfico 32: Eficiencia de remoción de aceites y grasas	115
Gráfico 33: Variación de concentración de sólidos totales en suspensión	117

Gráfico 34: Eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión.....	118
Gráfico 35: Variación de concentración de demanda bioquímica de oxígeno	120
Gráfico 36: Eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno	120
Gráfico 37: Variación de concentración de demanda química de oxígeno	122
Gráfico 38: Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno	123
Gráfico 39: Variación de índice de biodegradabilidad.....	124
Gráfico 40: Variación de concentración de coliformes termotolerantes	125
Gráfico 41: Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes	126
Gráfico 42: Variación de concentración de nitrógeno amoniacal	128
Gráfico 43: Eficiencia de remoción de nitrógeno amoniacal	129
Gráfico 44: Variación de concentración de nitrato.....	130
Gráfico 45: Eficiencia de remoción de nitrato.....	131
Gráfico 46: Eficiencia de tratamiento.....	137
Gráfico 47: <i>Comportamiento del sistema DHS G2 a) Condiciones ambientales durante el estudio b) Variación de concentración de contaminantes en el efluente.</i>	139
Gráfico 48: <i>Comportamiento del sistema DHS G2 c) Variación de pH en función al tiempo de retención hidráulico (TRH) d) Variación de concentración de Sólidos totales en suspensión (STS) en el afluente en función a la precipitación pluvial (pp).</i>	141
Gráfico 49: <i>Comportamiento del sistema DHS G2 e) Eficiencia de remoción. f) Compuestos nitrogenados.</i>	142

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1: Contaminantes importantes de las aguas residuales.....	9
Tabla 2: Composición típica del agua residual doméstica bruta	10
Tabla 3: Tipos y número de microorganismos típicamente presentes en las aguas residuales domésticas brutas.....	12
Tabla 4: Tipos de esponja de poliuretano	37
Tabla 5: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.....	44
Tabla 6: Clasificación de variables.....	54
Tabla 7: Operacionalización de variables.....	54
Tabla 8: Diseño y caracterización de la muestra.	55
Tabla 9: Parámetros climáticos promedio	59
Tabla 10: Variación de temperatura ambiental promedio	77
Tabla 11: Variación de temperatura ambiental promedio	79
Tabla 12: Variación de temperatura ambiental durante el muestreo	80
Tabla 13: Variación de precipitación pluvial promedio	83
Tabla 14: Variación de precipitación pluvial durante el muestreo	84
Tabla 15: Variación de caudal de ingreso a la PTAR.....	86
Tabla 16: Variación de concentración de aceites y grasas	87
Tabla 17: Variación de concentración de sólidos totales en suspensión	90
Tabla 18: Variación de concentración de demanda química de oxígeno	93
Tabla 19: Variación de concentración de demanda bioquímica de oxígeno	96
Tabla 20: Variación de concentración de coliformes termotolerantes	99
Tabla 21: Variación de caudal	102
Tabla 22: Variación de tiempo de retención.....	104
Tabla 23: Variación de temperatura promedio	107
Tabla 24: Variación de temperatura en la muestra	108
Tabla 25: Variación de potencial hidrógeno promedio	111
Tabla 26: Variación de potencial hidrógeno en la muestra	112
Tabla 27: Variación de concentración de aceites y grasas en el reactor.....	114
Tabla 28: Variación de concentración de sólidos totales en suspensión en el reactor	116
Tabla 29: Variación de concentración de demanda bioquímica de oxígeno	118
Tabla 30: Variación de concentración de demanda química de oxígeno	121
Tabla 31: Variación de índice de biodegradabilidad	123
Tabla 32: Variación de concentración de coliformes termotolerantes	125

Tabla 33: Variación de concentración de nitrógeno amoniacal	127
Tabla 34: Variación de concentración de nitrato.....	129
Tabla 35: Variación de olor	131
Tabla 36: Variación de concentración de huevos de helmintos	135
Tabla 37: Eficiencia del tratamiento.....	135
Tabla 38: Análisis estadístico de la eficiencia de tratamiento.....	136
Tabla 39: Contraste de la hipótesis.....	136
Tabla 40: Evaluación del efluente del sistema DHS G2 con las normas vigentes	146
Tabla 41: Estudios internacionales recientes sobre DHS como post tratamiento de afluentes de UASB.....	147
Tabla 42: Estudios nacionales recientes sobre DHS como post tratamiento de afluente de UASB.....	148
Tabla 43: Variación de caudal de ingreso de la PTAR.....	Anexo 1
Tabla 44: Variación de caudal del reactor DHS G2	Anexo 2
Tabla 45: Variación de tiempo de retención hidráulico en el reactor DHS G2.....	Anexo 3
Tabla 46: Concentración de Fósforo	Anexo 4
Tabla 47: Concentración de Sulfatos.....	Anexo 4

RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Reunión con los miembros de la JASS del C.P. Marián	57
Fotografía N° 2: Caseta de protección.....	60
Fotografía N° 3: Tubería de purga al ingreso de la caseta.....	61
Fotografía N° 4: Paneles del sedimentador primario piloto	62
Fotografía N° 5: Sedimentador primario piloto.....	62
Fotografía N° 6: Esponja número 500.....	63
Fotografía N° 7: Armado del reactor DHS tipo cortina.....	64
Fotografía N° 8: Caja de protección.....	64
Fotografía N° 9: Sistema de distribución de caudal	65
Fotografía N° 10: Recolección del efluente	65
Fotografía N° 11: Monitoreo de pH y temperatura	68
Fotografía N° 12: Toma de muestras para laboratorio	68
Fotografía N° 13: Problemas de obstrucción en el sistema de distribución del caudal.....	69
Fotografía N° 14: Cámara de rejillas – PTAR C.P. Marián	73
Fotografía N° 15: Tanque séptico – PTAR C.P. Marián.....	74
Fotografía N° 16: Lecho de secado de lodos – PTAR C.P. Marián	74
Fotografía N° 17: Filtro anaerobio de flujo ascendente – PTAR C.P. Marián.....	75
Fotografía N° 18: Variación de color en el reactor	133
Fotografía N° 19: Variación de color en el reactor	133
Fotografía N° 20: Variación de color en el reactor	134
Fotografía N° 21: Variación de color en el reactor	134
Fotografía N° 22: Condiciones actuales de la cámara de rejillas. PTAR C.P. Marián.....	Anexo 5
Fotografía N° 23: Condiciones de operación del tanque séptico. PTAR C.P. Marián.....	Anexo 5
Fotografía N° 24: Construcción de la caseta en la PTAR C.P. Marián.....	Anexo 5
Fotografía N° 25: Construcción del sedimentador primario piloto.	Anexo 5
Fotografía N° 26: Ensayos de laboratorio para determinar la porosidad de esponjas.....	Anexo 5
Fotografía N° 27: Ensayo de laboratorio para determinar la porosidad de esponjas	Anexo 5
Fotografía N° 28: Proceso de fabricación del prototipo DHS	Anexo 5
Fotografía N° 29: Prototipo de reactor DHS tipo cortina.....	Anexo 5
Fotografía N° 30: Puesta en marcha del prototipo	Anexo 5

Fotografía N° 31: Puesta en marcha del prototipo	Anexo 5
Fotografía N° 32: Proceso de medición de pH y temperatura.....	Anexo 5
Fotografía N° 33: Muestreo para análisis en laboratorio.....	Anexo 5
Fotografía N° 34: Proceso inicial del tratamiento	Anexo 5
Fotografía N° 35: Proceso inicial del tratamiento	Anexo 5
Fotografía N° 36: Proceso intermedio del tratamiento.....	Anexo 5
Fotografía N° 37: Proceso intermedio del tratamiento.....	Anexo 5
Fotografía N° 38: Proceso final del tratamiento.....	Anexo 5
Fotografía N° 39: Proceso final del tratamiento.....	Anexo 5
Fotografía N° 40: Presencia de larvas en el prototipo.....	Anexo 5
Fotografía N° 41: Presencia de larvas en el prototipo.....	Anexo 5
Fotografía N° 42: Formación de biopelícula al interior de las tuberías.....	Anexo 5
Fotografía N° 43: Limpieza en el sistema de distribución del caudal	Anexo 5
Fotografía N° 44: Exposición sobre el desarrollo del proyecto DHS ante los miembros de la JASS del Centro Poblado de Marian.	Anexo 6
Fotografía N° 45: Participantes de la investigación aplicada y miembros de la JASS del Centro Poblado de Marian.....	Anexo 6

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la evaluación de un reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) tipo cortina en el tratamiento de las aguas residuales domésticas provenientes de un tratamiento primario en la localidad de Marián, Huaraz. Con el fin de proponer este novedoso reactor como una alternativa a los tratamientos convencionales en las zonas rurales. Para lograr esto, se implementó un reactor a escala piloto con las siguientes características: una placa central de acrílico de dimensiones 0.56 x 1.10 m., además de 46 esponjas en forma de prisma con base triangular de dimensiones 0.50 m. de largo, 1.77 cm de alto y 3.54 cm de base, estos fueron adheridos a la placa acrílica en ambas caras como medio filtrante. Posteriormente se instaló el prototipo en los terrenos de la PTAR de Marián, puesto en funcionamiento con las aguas provenientes del tanque séptico durante los meses de noviembre del 2016 y junio del 2017.

En el análisis de los resultados obtenidos, pudimos identificar tres periodos o etapas del proceso de tratamiento en las 31 semanas que duró el monitoreo. La primera que duró de la semana 1 a la 4 como un periodo de arranque; la segunda, entre la semana 4 y 22 como periodo de monitoreo y desde la semana 23 a la 31 como otro periodo de monitoreo. Es en el segundo periodo que encontramos resultados más estables, además de tener el mayor número de máximas eficiencias de todo el monitoreo; y en el primer y tercer periodo que obtenemos datos más dispersos. De manera general podemos expresar que la eficiencia del reactor DHS tipo cortina en la remoción de la DBO_5 alcanza el 83.8%; la DQO, en 82.3%; los STS, en 98.5%; los aceites y grasas, en 97.8% y los coliformes termotolerantes hasta un 99.9%. Esto con temperaturas que oscilaron entre 15.34 °C y 11.90 °C; y con un pH, entre 8.23 a 6.30. Teniendo como punto de comparativa de la legislación actual a los ‘Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales’, podemos afirmar que el efluente de nuestro reactor prototipo cumple con los parámetros establecidos en la ley.

Palabras clave: DHS, eficiencia, prototipo, alternativa, remoción.

ABSTRACT

The objective of this research work is to evaluate a curtain type downflow hanging sponge (DHS) reactor in the treatment of domestic wastewater from a primary treatment in the town of Marián, Huaraz. In order to propose this novel reactor as an alternative to treatments in rural areas. To achieve this, a pilot reactor with the following characteristics was implemented: an acrylic central plate with dimensions of 0.56 x 1.10 m. in addition to 46 prismatic sponges with a triangular base with dimensions of 0.50 m. length, 1.77 cm. high and 3.54 cm. base, these were adhered to the acrylic plate on both sides as a filter medium. Subsequently, the prototype was installed on the lands of the Marián WWTP, put into operation with the septic tank Waters during the months of november 2016 and june 2017.

In the analysis of the results obtained, we were able to identify three periods or stages of the treatment process in the 31 weeks that the monitoring lasted. The first one that lasted from week 1 to week 4 as a starting period; the second, between week 4 and 22 as a monitoring period and from week 23 to week 31 as another monitoring period. It is in the second period that we find more stable results, in addition to having the highest number of maximum efficiencies of all the monitoring; and in the first and third period we obtain more scattered data. In a general way we can express that the efficiency of the DHS reactor type curtain in the removal of BOD₅ reaches 83.8%; the COD, in 82.3%; the STS, in 98.5%; oils and fats, in 97.8% and thermotolerant coliforms up to 99.9%. This with temperatures that oscillated between 15.34 °C and 11.90 °C; and with a pH, between 8.23 to 6.30. Having as a point of comparison of the current legislation to the 'Maximum Permissible Limits for effluents of Domestic or Municipal Residual Water Treatment Plants', we can affirm that the effluent from our prototype reactor complies with the parameters established in the law.

Keywords: DHS, efficiency, prototype, alternative, removal.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

I: INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación denominado “EVALUACIÓN DEL REACTOR DOWNFLOW HANGING SPONGE TIPO CORTINA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES DE UN TRATAMIENTO PRIMARIO EN MARIÁN, SIERRA DE ANCASH – 2016” da a conocer al reactor por sus siglas en inglés DHS ‘Downflow Hanging Sponge’ curtain type (Esponjas Colgantes de Flujo Descendente tipo cortina) perteneciente a la segunda generación de una alternativa innovadora en el campo del tratamiento de aguas residuales municipales o domésticas.

La investigación descrita en los siguientes capítulos da conocer la implementación del reactor DHS tipo cortina a escala piloto como una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales domésticas y su evaluación como tratamiento secundario. Y es en este enfoque que, debido al bajo índice de tratamiento de aguas residuales domésticas en nuestro país, proponemos al reactor DHS tipo cortina como tratamiento alternativo a los sistemas convencionales que se implementan en las zonas rurales.

Para demostrar lo mencionado, se construyó un reactor DHS tipo cortina con dimensiones experimentales para trabajar con el efluente de un tanque séptico ubicado en el centro poblado de Marián, distrito de Independencia, Huaraz. Además de lo descrito, se realizaron diversas actividades secuenciales y paralelas que nos ayudaron en el correcto proceso de investigación, y así obtener resultados verosímiles y sustentados.

Con el propósito de sostener la posibilidad de que el reactor DHS tipo cortina sea una alternativa viable como tratamiento secundario en zonas rurales, realizamos una evaluación en base a la legislación actual, específicamente con los valores ‘Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales’ y ‘Estándares de Calidad Ambiental’.

1.1. Antecedentes y fundamentación científica, técnica o humanística

“USE OF DOWN-FLOW HANGING SPONGE (DHS) REACTOR AS A PROMISING POST-TREATMENT SYSTEM FOR MUNICIPAL WASTEWATER” (USO DEL REACTOR ESPONJA COLGANTE DE FLUJO DESCENDENTE -DHS- COMO UN SISTEMA POSTRATAMIENTO PROMETEDOR PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES). *EL CAIRO, EGIPTO*. Se investigaron dos esquemas de tratamiento. El primer esquema consistía en un híbrido reactor anaerobio de lodo de flujo ascendente (HUASB) seguido de un reactor de esponja colgante de flujo descendente (DHS). El segundo consistía en un tanque de sedimentación primario (PST) seguido de un reactor DHS. Ambos sistemas fueron alimentados continuamente con aguas residuales municipales crudas. El estudio duró más de 140 días, cuyos resultados revelaron que la eficiencia de ambos sistemas era comparable respecto a la eliminación de compuestos carbonosos y nitrogenados. Los valores promedio de eliminación de DQO_{total} , $DQO_{soluble}$, DBO_{5total} , SST y NT en el primer esquema fueron 90 ± 4 , 78 ± 8 , 95 ± 2 , 96 ± 5 y $72 \pm 8\%$, respectivamente. Sin embargo, la media geométrica residual del recuento de coliformes fecales en el efluente final del primer esquema de tratamiento fue solo 2.7×10^2 NMP/100 ml comparado al 6.5×10^3 NMP/100 ml del segundo esquema de tratamiento. En general, los datos disponibles demostraron que el reactor DHS puede hacer frente a cargas orgánicas más altas. El rendimiento del reactor DHS fue bastante bueno para la remoción de nitrógeno y materia orgánica carbonácea, incluso a altas OLR de $4.8 \text{ kg DQO/m}^3 \text{ día}$ (Mahmoud, Tawfik y El-Gohary 2011).

“DOWNFLOW HANGING SPONGE (DHS) REACTOR AS A NOVEL POST TREATMENT SYSTEM FOR MUNICIPAL WASTEWATER” (REACTOR ESPONJA COLGANTE DE FLUJO DESCENDENTE -DHS- COMO UN SISTEMA POSTRATAMIENTO NOVEDOSO PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES). *EL CAIRO, EGIPTO* Los resultados fueron obtenidos con respecto a la planta tradicional de tratamiento de lodos activados. Al culminar el ensayo se mostró un 97% ($190-5.0 \text{ mg / l}$) de disminución en el total de sólidos en suspensión en el efluente primario, demanda química de oxígeno (DQO) 96,4% ($230 \text{ a } 7,0 \text{ mg O}_2 \text{ / l}$), la demanda biológica de oxígeno 97,27% ($180-4.0 \text{ mg/l}$) y el nitrógeno Kjeldahl total (TKN) 76% ($4.3-1.0 \text{ mg N / l}$) respectivamente. (Saad El-Tabl, Abed Wahaab y Mohamed Younes 2013).

“REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN UN DOWNFLOW HAGING SPONGE (DHS) PARA EL EFLUENTE DE UN REACTOR UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB)”. *LIMA, PERÚ*. Esta investigación presenta la evaluación del proceso de un reactor DHS Downflow Hanging Sponge (DHS) de “primera generación (G1)”, para el tratamiento del efluente de un UASB., a escala piloto para el post-tratamiento de efluentes de aguas residuales domesticas provenientes de un reactor UASB. El DHS es un sistema de esponjas colgantes de flujo descendente que es incluido en el post-tratamiento del reactor UASB, siendo un tratamiento biológico en medio aerobio. Esta alternativa de tratamiento se estudió debido a que las tecnologías extensivas como las lagunas de estabilización necesitan grandes áreas de terreno, y no siempre se cuenta con superficies extensas disponibles para plantas de tratamiento. El estudio y monitoreo del Reactor DHS a escala de laboratorio se llevó a cabo en un periodo de 7 meses, teniendo un tiempo de retención de 4 horas, a una temperatura aproximada de 23°C, en el cual se reportaron eficiencias de remoción superiores al 63% con respecto a coliformes totales (90%), coliformes termotolerantes (78%), DBO₅ (81%), DQO (63%) y turbiedad (67%) (R. E. Yaya Beas, L. S. Chumpitaz Feria, Audrey Marc, R. Rojas Tamos 2012).

“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON TECNOLOGÍA D.H.S. A ESCALA PILOTO”. *LIMA, PERÚ*. Los resultados que demuestran que un post tratamiento con un reactor D.H.S. es una buena alternativa son los resultados obtenidos en los siguientes parámetros: El valor de la DBO promedio que resultaron a la salida del Reactor D.H.S. es de 2.66 mg/l, el cual nos refleja un rendimiento de 97.45, experiencia que demuestra una buena remoción de DBO. La turbiedad promedio resultó 43.49 UNT llegando a tener un rendimiento de 84.56% con un adecuado mantenimiento. Los sólidos totales promedio resultaron 0.7 mg/l, indicándonos un rendimiento de 62.90% lo cual demuestra una buena alternativa como post tratamiento. Los sólidos suspendidos totales promedio resultaron 0.07 mg/l, indicándonos un rendimiento de 99.37%. Los sólidos volátiles totales promedio que resultaron 0.18 mg/l, indicándonos un rendimiento de 93.88% lo cual demuestra una buena alternativa como post tratamiento. Los sólidos fijos totales promedio que resultaron 0.45 mg/l, indicándonos un rendimiento de 63.01% (Rojas Ramos y Visurraga Mariño 2012).

“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ESPONJAS COLGANTES DHS DE PRIMERA GENERACION EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL REACTOR UASB”. *LIMA, PERÚ*. Para este estudio se montó un pequeño sistema DHS que consistió en cubos de esponjas de poliuretano ensartados en serie y suspendidos dentro de dos columnas de vidrio instaladas en serie, abiertas por la parte superior e inferior. Los parámetros evaluados fueron: la temperatura, el pH, la conductividad, el oxígeno disuelto, la turbiedad, los sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno al quinto día, la demanda química de oxígeno, nitrógeno y coliformes termotolerantes o fecales. El sistema fue capaz de remover 84.6% de turbiedad, 94% de DBO, 11% de sólidos totales, 84% de DQO y 99.961% de Coliformes fecales. Estos resultados llevan a concluir que el sistema DHS presenta una alta eficiencia y estabilidad en el tratamiento de la carga orgánica y bacteriológica del efluente de un reactor UASB. La generación de lodos por el sistema fue mínima (0.02 gramos de sólidos suspendidos volátiles por día), al igual que la concentración de sólidos sedimentables en el efluente (0.06 ml por litro de efluente tratado). El periodo de maduración del reactor hasta alcanzar su eficiencia óptima en el tratamiento del agua residual fue de 4 a 5 meses bajo las condiciones del experimento sin la utilización de un inóculo. Sin embargo, los resultados en el análisis de los procesos de tratamiento del nitrógeno demuestran que es necesario un post tratamiento o una extensión del tratamiento con la misma tecnología DHS para alcanzar niveles en la reducción de este parámetro aceptables por la Legislación Peruana para el reúso de efluentes en riego de vegetales y bebida de animales (ECA Categoría 3: 10 mg/l NO₃-N) como lo estipulan los estándares de calidad ambiental. (Ossio Tarnawiecki y Acuña Tapia 2013)

“EFICIENCIA DE LA REMOCIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS (ESCHERICHIA COLI Y SALMONELLA) RESPECTO A LA VARIACIÓN DE TIEMPO DE RETENCIÓN EN EL SISTEMA DHS (DOWNFLOW HANGING SPONGE) DE PRIMERA GENERACIÓN CON RECIRCULACIÓN”. *LIMA, PERÚ*. A lo largo de toda la investigación se tomaron cuatro caudales de tratamiento, con sus respectivos tiempos de retención hidráulica (TRH), luego de realizar el periodo de arranque del sistema, se dio inicio a un primer periodo, en el cual se consideró un caudal de 64.8 l/día con un TRH de 1.5 horas, cambiándose en el siguiente periodo a un caudal de 86.4 l/día con un TRH de 1.15 h, siguiendo esa misma línea, se cambió nuevamente a un caudal de 108 l/día con un TRH de 0.9 h, finalmente a un caudal de 129.6 l/día con un TRH de 0.75 h. En cada uno de los periodos enunciados con anterioridad, se realizaron las mediciones de diversos parámetros,

tales como la Temperatura, pH, Turbiedad, Oxígeno Disuelto, DBO5, DQO y por supuesto, la medición de los microorganismos patógenos, tomando como unos buenos indicadores, a dos en específico, el Escherichia Coli y la Salmonella.

Al final de nuestra investigación, pudimos determinar un mayor porcentaje de remoción de microorganismos patógenos (Escherichia Coli 99.982% y Salmonella 99.968%) para el caudal inicial, es decir, de 64.8 l/día con un TRH de 1.5 h; sin embargo, la variación de remoción con respecto a los otros caudales y tiempos de retención, no termina siendo significativa, con lo cual se hace necesario mayor énfasis en la búsqueda, no solo de remoción sino de un tratamiento extra, como puede ser la cloración, para poder hacer uso de este efluente, ya sea como su disposición en otros cuerpos de agua, o usándolo para riego. (Quiroz Mantari y Ferro Chiara 2015)

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Internacionales

“COMBINATION OF A UASB REACTOR AND A CURTAIN TYPE DHS (DOWNFLOW HANGING SPONGE) REACTOR AS A COST-EFFECTIVE SEWAGE TREATMENT SYSTEM FOR DEVELOPING COUNTRIES” (COMBINACIÓN DE UN REACTOR UASB Y UN REACTOR DHS -ESPONJA COLGANTE DE FLUJO DESCENDENTE- TIPO CORTINA COMO UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RENTABLE PARA PAÍSES EN DESARROLLO). *NAGAOKA, JAPÓN*. La segunda generación de nuestro sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto originalmente, que consiste en un reactor UASB como una unidad anaeróbica de pretratamiento y el reactor DHS (Esponja Colgante de Flujo Descendente) de tipo cortina como una unidad de postratamiento aeróbico, se instaló en un sitio de tratamiento de aguas residuales municipales. Un experimento continuo de 550 días demostró que todo el sistema combinado alcanzó con éxito 94-97% de remoción de DBO sin filtrar, 81-84% de remoción de DQO sin filtrar, y 63-79% de eliminación de SS, a un TRH general de 8h (6h para UASB y 2h para las unidades de DHS). El sistema combinado realiza una excelente eliminación de sustancia orgánica, así como nitrificación bastante eficiente, es decir, 52-61% de remoción de nitrógeno-amoniaco. Nuestro sistema combinado propuesto posee ventajas importantes:

no requiere ninguna entrada de aireación externa ni recojo de lodos en exceso. (Machdar, y otros 2000)

“DEVELOPMENT OF SELF-SUSTAINABLE SEWAGE TREATMENT SYSTEM CONSISTING OF UASB AND DHS (DOWNFLOW HANGING SPONGE) REACTORS” (DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES AUTOSOSTENIBLE CONSISTENTE DE REACTORES UASB Y DHS -ESPONJA COLGANTE DE FLUJO DESCENDENTE). *NAGAOKA, JAPÓN*. El nuevo DHS fue más como una cortina en la que se pegaban largas tiras de esponjas con forma de prisma en ambos lados de una lámina de polivinilo. Este estudio compara el rendimiento de la segunda generación de DHS con UASB en una TRH de 5.33 horas frente a la anterior condición operacional de 8 horas. El UASB estaba siendo operado con un TRH de 4 horas. Todo el sistema se había instalado en el sitio de tratamiento de aguas residuales municipales de Nagaoka, en el año de 1996. Desde entonces se ha puesto en continua operación con aguas residuales reales como un afluente. El rendimiento del sistema combinado, con un TRH total de 8 horas, se evaluó de forma continua durante más de cinco años. Después de eso, el TRH del sistema se redujo a 5.33 horas (4 horas para UASB y 1.33 horas para el DHS) y se supervisó durante más de 200 días. (Tandukar, Development of self-sustainable sewage treatment system consisting of UASB and DHS (down-flow hanging sponge) reactors for developing countries 2006).

1.2.2. Nacionales

“ESTUDIO DEL SISTEMA DOWNFLOW HANGING SPONGE (DHS) TIPO BLOQUES PRISMÁTICOS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DE UN REACTOR ANAEROBIO DE MANTO DE LODOS Y FLUJO ASCENDENTE”. *LIMA, PERÚ*. Los parámetros de diseño fueron establecidos en un caudal de ingreso de 1 ml/seg y un tiempo de retención hidráulico de 1.25 horas; obteniendo así, una eficiencia promedio en remoción de carga orgánica de 87.34% y una eficiencia promedio en remoción de coliformes fecales de 92.78%. De los parámetros fisicoquímicos evaluados, se obtuvieron en promedio porcentajes de eficiencia mayores al 80% en remoción de turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y alcalinidad. Así como, una eficiencia promedio del 63.87% en remoción de la demanda química de oxígeno total (DQO_{Total}); el incremento promedio en

los niveles de oxígeno disuelto, de 2.25 a 4.91 mg/L; y una producción promedio de lodos de 1.69 ml/día. Entre las principales ventajas del sistema DHS Tipo Bloques Prismáticos se encuentra su estructura simple y compacta, la cual no demanda grandes áreas de terreno para su construcción. Además; presenta una baja producción de lodos y una baja demanda de energía, ya que no requiere de aireación artificial. Por último; el sistema requiere de menos operación y mantenimiento, en comparación a otros sistemas de tratamiento secundario. (Amancio Castro y Castillo Vidal 2012)

1.3. Teorías relacionadas con el tema

1.3.1. Definición del agua residual

Podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Metcalf & Eddy, INC. 1995).

➤ Clasificación

Generalmente se clasifica a las aguas residuales en dos tipos: industriales y municipales. En muchos casos las aguas residuales industriales requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado sanitario; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria, los procesos de tratamiento son también muy variables. No obstante, muchos de los procesos empleados para tratar aguas residuales municipales se emplean también con las industriales. Existen aguas residuales industriales que tienen características compatibles con las municipales, por lo que se descargan directamente en los sistemas públicos de alcantarillado sanitario (Valdez y Vázquez González 2003).

➤ Características

Los contaminantes en las aguas residuales son normalmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos, en forma soluble o coloidal y de sólidos en suspensión. Normalmente no es ni práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas residuales (Ramalho 1990).

El agua residual municipal fresca y aerobia tiene olor a queroseno y color gris. El agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; su olor característico es a sulfhídrico, similar al de los huevos podridos. El agua residual séptica es de color negro. La temperatura del agua residual es mayor que la del agua potable, varía entre 10 y 20°C; esto se debe a que se añade calor al agua en los sistemas de plomería de las edificaciones.

El agua colectada en los sistemas de alcantarillado municipal corresponde a una amplia variedad de usos. La tabla 1 presenta una lista de contaminantes que es común encontrar en las aguas residuales municipales, así como la fuente que los genera y sus consecuencias ambientales. (Valdez y Vázquez González 2003)

Tabla 1: Contaminantes importantes de las aguas residuales

Contaminante	Fuente	Importancia ambiental
Sólidos suspendidos.	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradables.	Desechos domésticos e industriales.	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables.
Microorganismos patógenos.	Desechos domésticos.	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes.	Desechos domésticos e industriales.	Pueden causar eutroficación. Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.
Compuestos orgánicos refractarios*	Desechos industriales.	Pueden causar problemas de sabor y olor; pueden ser tóxicos o carcinogénicos.

		Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente.
Sólidos inorgánicos disueltos.	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua.	Pueden interferir con el reúso del efluente.

*Refractario: se aplica al cuerpo que resiste la acción de agentes químicos o físicos, especialmente altas temperaturas, sin descomponerse.

Fuente: (Valdez y Vázquez González 2003, 1.12)

La cantidad de los constituyentes de las aguas residuales varía marcadamente dependiendo del porcentaje y tipo de desechos industriales presentes y de la dilución ocasionada por la entrada de agua subterránea que se infiltra a la red de alcantarillado. En la tabla 2 se presentan valores típicos de los constituyentes más importantes del agua residual. (Valdez y Vázquez González 2003)

Tabla 2: Composición típica del agua residual doméstica bruta

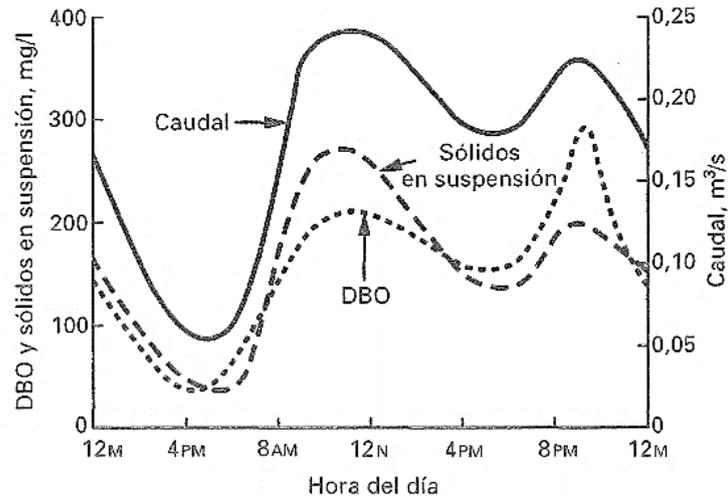
Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales (ST)	mg/l	1200	720	350
Disueltos totales (SDT)	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Suspendidos totales (SS)	mg/l	350	220	100
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos sedimentables	mg/l	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días a 20°C (DBO ₅ , 20 °C)	mg/l	400	220	110

Carbono orgánico total (COT)	mg/l	290	160	80
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total como N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoniacal	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total como P)	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Sulfato	mg/l	50	30	20
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	200	100	50
Grasas	mg/l	150	100	50
Coliformes totales	n.º/100 ml	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁶ -10 ⁷
Compuestos orgánicos volátiles	µg/l	>400	100-400	<100

Fuente: (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 125)

El gasto (caudal) y la composición de las aguas residuales de un sistema de alcantarillado refleja los diferentes usos del agua potable. Dicha composición puede cambiar ligeramente de acuerdo con la estación del año, pero incluso es posible observar fluctuaciones diarias. La figura 1 muestra las fluctuaciones diarias del gasto (caudal), sólidos suspendidos y DBO₅. En general, los sistemas de localidades pequeñas con uso homogéneo del agua experimentan mayores fluctuaciones en la composición de las aguas residuales. (Valdez y Vázquez González 2003)

Figura 1: Variación horaria típica del caudal y concentración del agua residual de origen doméstico.



Fuente: (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 178)

En la tabla 3 se facilitan datos acerca del tipo y número de microorganismos cuya presencia es habitual en las aguas residuales. La amplia variación en los intervalos de valores propuestos es característica de los ensayos con aguas residuales. Se estima que cerca de un 3 o un 4 por 100 del total de los coliformes son *E. coli* patógenos. (Metcalf & Eddy, INC. 1995)

Tabla 3: Tipos y número de microorganismos típicamente presentes en las aguas residuales domésticas brutas.

Organismo	Concentración. Número/ml
Coliformes totales	$10^5 - 10^6$
Coliformes fecales	$10^4 - 10^5$
Estreptococos fecales	$10^3 - 10^4$
Enterococos	$10^2 - 10^3$
<i>Shigella</i>	Presentes*
<i>Salmonella</i>	$10^0 - 10^2$
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	$10^1 - 10^2$
<i>Clostridium perfringens</i>	$10^1 - 10^3$
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Presentes*
Cistos de protozoos	$10^1 - 10^3$

Cistos de giarda	$10^{-1} - 10^2$
Cistos de cryptosporidium	$10^{-1} - 10^1$
Huevos de helmintos	$10^{-2} - 10^1$
Virus entéricos	$10^1 - 10^2$

**Los resultados de estos ensayos se suelen clasificar como positivos o negativos en lugar de ser ensayos cuantitativos.*

Fuente: (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 127)

1.3.2. Parámetros/indicadores de la investigación

➤ Aceites y grasas

Las grasas y los aceites son el tercer componente, en importancia, de los alimentos. El término grasa, de uso extendido engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales.

Las grasas animales y los aceites son compuestos de alcohol (ésteres) o glicerol (glicerina) y ácidos grasos. Los glicéridos de ácidos grasos que se presentan en estado líquido a temperaturas normales se denominan aceites, mientras que los que se presentan en estado sólido reciben el nombre de grasa.

Las grasas y aceites animales alcanzan las aguas residuales en forma de mantequilla, manteca de cerdo, margarina y aceites y grasas vegetales. Las grasas provienen habitualmente de carnes, gérmenes de cereales, semillas, nueces y ciertas frutas.

Las grasas se hallan entre los compuestos orgánico de mayor estabilidad, y su descomposición por acción bacteriana no resulta sencilla. No obstante, sufren el ataque de ácidos minerales, lo cual conduce a la formación de glicerina y ácidos grasos. En presencia de determinadas sustancias alcalinas, como el hidróxido de sodio, se libera la glicerina dando paso a la formación de sales alcalinas y ácidos grasos. Las sales alcalinas que se producen se conocen como jabones, sustancias que, como las grasas, son estables. Los jabones comunes se obtienen mediante la saponificación de grasas con hidróxido de sodio. Son

solubles en agua, pero en presencia de constituyentes de dureza, las sales sódicas se transforman en sales cálcicas y magnésicas de ácidos grasos, compuestos también conocidos como jabones minerales que son insolubles y precipitan.

El keroseno, los aceites lubricantes y los procedentes de materiales bituminosos son derivados del petróleo y del alquitrán, y sus componentes principales son carbono e hidrógeno. En ocasiones pueden alcanzar la red de alcantarillado en grandes cantidades procedentes de tiendas, garajes, talleres y calles. La mayor parte de estos aceites flotan en el agua residual, aunque una fracción de ellos se incorpora al fango por los sólidos sedimentables. Los aceites minerales tienden a recubrir las superficies en mayor medida que las grasas, los aceites y los jabones. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y son causa de problemas de mantenimiento.

Como se acaba de comentar, a presencia de grasas y aceites en el agua residual puede provocar problemas tanto en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento. Si no se elimina el contenido en grasa antes del vertido del agua residual, puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 74, 75).

➤ **Sólidos Suspendidos Totales**

El conocimiento del contenido de sólidos de agua residual aporta valiosa información sobre sus características, lo cual permite conocer de forma general su naturaleza y si estas requieren de algún tratamiento en particular que facilite su remoción o eliminación. Los sólidos en las aguas residuales pueden estar en forma suspendida, coloidal y disuelta. Todos ellos a su vez son de naturaleza inorgánica u orgánica (Menéndez Gutiérrez y Pérez Olmo 2007, 2).

Los sólidos suspendidos son principalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más objetables contenidos en el agua residual. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel, trapos y

células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua. Incluso las partículas de materiales inertes adsorben sustancias orgánicas en su superficie. (Valdez y Vázquez González 2003, 1.14)

Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fangos y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.

Al pasar un volumen conocido de líquido por un filtro, los residuos no filtrables vienen a ser los sólidos en suspensión. Para este proceso de separación suele emplearse un filtro de fibra de vidrio (Whatman GF/C), con un tamaño nominal de poro de 1,2 micrómetros, aunque también suele emplearse filtro de membrana de policarbonato.

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 54, 55, 56, 60, 73).

➤ **Demanda biológica de oxígeno**

La demanda bioquímica de oxígeno se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia. La demanda de oxígeno de las aguas residuales es resultado de tres tipos de materiales: (1) materiales orgánicos carbónicos, utilizables como fuente de alimentación por organismos aeróbicos; (2) nitrógeno oxidable, derivado de la presencia de nitritos, amoníaco, y en general compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como alimentación para bacterias específicas (Nitrosomonas y Nitrobacter) y (3) compuestos químicos reductores (ion ferroso, sulfitos, sulfuros, que se oxidan por oxígeno disuelto).

En las aguas residuales domésticas, casi toda la demanda de oxígeno se debe a materiales orgánicos carbónicos. Para los efluentes que van a estar sometidos a tratamientos biológicos una parte considerable de la demanda de oxígeno puede deberse a la nitrificación (Ramalho 1990, 34).

El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días (DBO_5). La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

Los resultados de los ensayos de la DBO se emplean para: (1) determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente; (2) dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; (3) medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento, y (4) controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 80).

El mecanismo presente durante la prueba de laboratorio de la DBO es esencialmente biológico y no depende solo del oxígeno presente y utilizado en un momento dado, sino también de la velocidad a la que este se consume y, por tanto, del tiempo. Así, es necesario fijar un tiempo y temperatura de incubación estándar, que normalmente es de cinco días, y 20 °C como temperatura de referencia (Menéndez Gutiérrez y Pérez Olmo 2007, 3).

➤ **Demanda química de oxígeno:**

La demanda química de oxígeno (DQO) corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al dicromato o permanganato, en medio ácido (Ramalho 1990, 29).

El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico

fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. El dicromato potásico proporciona excelentes resultados en este sentido.

El ensayo de la DQO también se emplea para la medición de la materia orgánica presente en aguas residuales tanto industriales como municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. En muchos tipos de aguas residuales es posible establecer una relación entre los valores de la DBO y la DQO. Ello puede resultar de gran utilidad dado que es posible determinar la DQO en un tiempo de tres horas, frente a los cinco días necesarios para determinar la DBO. Una vez establecidas la correlación entre ambos parámetros, pueden emplearse las medidas de la DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 93).

➤ **Potencial de hidrogeno**

La concentración del ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ion hidrogeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento de procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración del ion hidrogeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

La concentración de ion hidrógeno presente en el agua está muy estrechamente relacionada con la cuantía en que se disocian las moléculas de agua. El agua se disocia en iones hidroxilo e hidrogeno del siguiente modo:



La forma habitual de expresar la concentración de ion hidrógeno es como pH, que se define como el logaritmo decimal cambiado de signo de la concentración de ion hidrógeno.

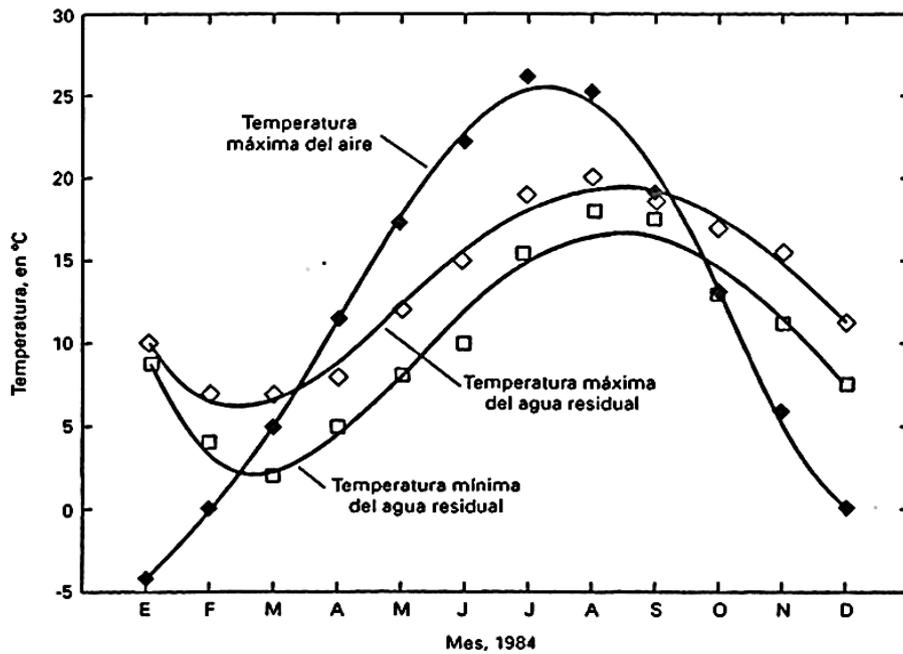
$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$$

El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con un pH-metro. Para el mismo procedimiento de medición también se emplean soluciones indicadoras y papeles de pH que cambian de color a determinados valores de pH. El color de la solución o del papel se compara entonces con el color de series normalizados (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 95, 96).

➤ **Temperatura**

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y solo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano. En función de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21°C, pudiéndose tomar 15,6°C como valor representativo. En la figura 2 se ilustran las variaciones que pueden esperarse en las aguas residuales brutas. Dependiendo de la situación y la época del año, las temperaturas del efluente pueden situarse por encima o por debajo de las del afluente (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 70, 71).

Figura 2: Variaciones mensuales típicas de la temperatura del agua residual.



Fuente: (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 71)

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles.

Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción de oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. Es preciso tener en cuenta que un cambio brusco de temperatura puede conducir a un fuerte aumento en la mortalidad de la vida acuática. Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos.

La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35°C. los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detiene cuando se alcanzaron los 50°C. A temperaturas de alrededor de 15°C, las bacterias productoras de metano cesan

su actividad, mientras que las nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando la temperatura alcanza valores cercanos a los 5°C. Si se alcanzan temperaturas del orden de 2°C, incluso las bacterias quimioheterótrofas que actúan sobre la materia carbonosa dejan de actuar (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 71, 72).

➤ **Coliformes termotolerantes**

Los organismos coliformes son bacterias en forma cilíndrica, presente en el tracto intestinal humano. Una persona descarga entre 0.1 y 0.4 billones de organismos coliformes por día, además de otras especies de microorganismos.

Los organismos coliformes no son en sí mismos perjudiciales y de hecho son interesantes para la degradación de la materia orgánica en los procesos de tratamiento. Sin embargo, junto con los organismos coliformes el hombre descarga otros microorganismos patógenos tales como los que pueden causar fiebres tifoideas, disentería, diarrea, cólera, etc. Teniendo en cuenta que la población de estos microorganismos patógenos en las aguas residuales es pequeña y además difícil de localizar, se utiliza la presencia de organismos coliformes que son numerosos y fáciles de localizar como indicador de la presencia potencial de organismos patógenos.

El ensayo normal para bacterias coliformes está basado en su habilidad para fermentar lactosa produciendo gas (Ramalho 1990, 71).

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de *E. coli*, puede haber microorganismos ambientales.

Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que *E. coli*. *Escherichia coli* (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo (Organización Mundial de la Salud 2008).

Se considera que la presencia de coliformes puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de aquellos es un indicador de que las aguas están libres de organismos que puedan causar enfermedades.

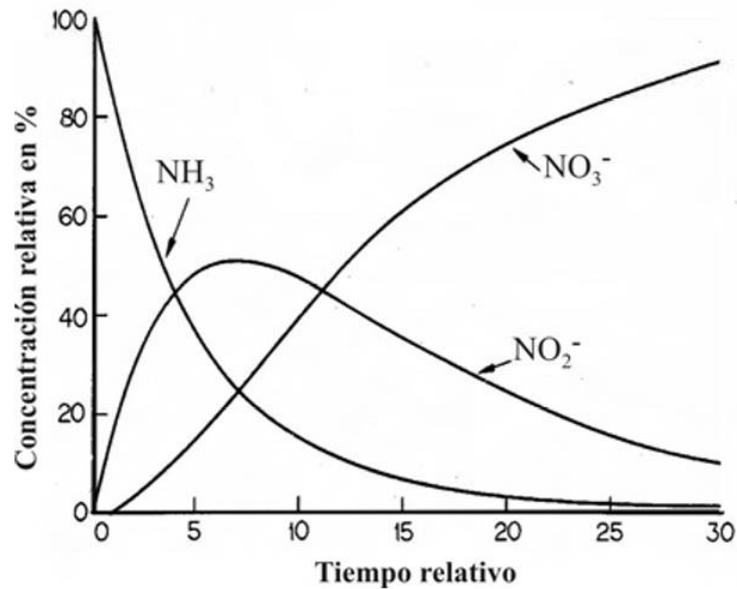
Las bacterias coliformes incluyen los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. El uso de los coliformes como organismos indicadores es problemático debido a que la *Aerobacter* y ciertas clases de *Escherichia* pueden crecer en el suelo. Por lo tanto, la presencia de coliformes no siempre es sinónima de contaminación con residuos humanos. No obstante, aunque parece ser las *Escherichia coli* sí son de origen exclusivamente fecal, la dificultad de determinar la *E. coli* sin incluir los coliformes del suelo hace que se use todo el grupo de los coliformes como indicador de la contaminación fecal (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 109).

➤ **Nutrientes**

El nitrógeno es esencial para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual recibe el nombre de nutrientes o bioestimuladores, es el principal elemento nutritivo. Puesto que es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en qué cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente, será preciso añadirlo para hacer tratable el agua residual. En aquellos casos en los que sea necesario el control del crecimiento de algas en la masa de agua receptora para preservar los usos a que se destina, puede ser necesaria la eliminación o reducción de nitrógeno en las aguas residuales antes del vertido.

Formas de nitrógeno. El contenido total en nitrógeno está compuesto por nitrógeno orgánico, amoniacal, nitrito y nitrato (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 97).

Figura 3: Transformación de diferentes formas del nitrógeno.



Fuente: (Menéndez Gutiérrez y Pérez Olmo 2007, 18)

El nitrógeno amoniacal se encuentra en solución acuosa, bien en forma de ion amonio o como amoníaco, en función del pH de la solución, de acuerdo con la siguiente ecuación de equilibrio:



A niveles de pH superiores a 7, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda, mientras que el ion amonio es predominante a valores de pH menor que 7.

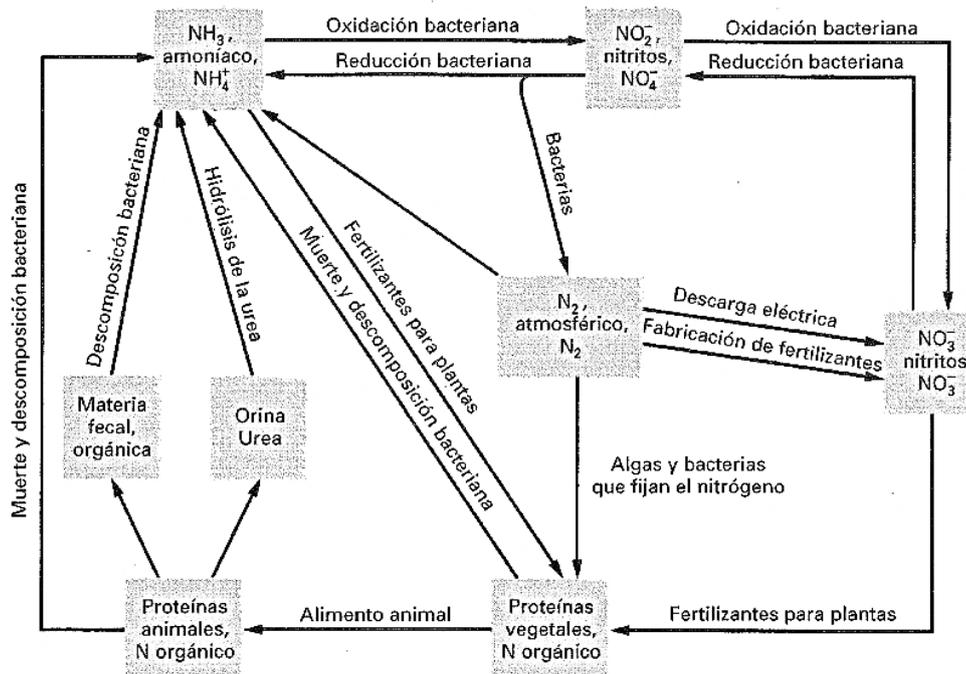
El nitrógeno del nitrito, cuya determinación se realiza colorimétricamente, es relativamente inestable y fácilmente oxidable a la forma de nitrato. Es un indicador de la contaminación anterior al proceso de estabilización y raramente excede la cantidad de 1 mg/l en el agua residual, y 0.1 mg/l en el caso de aguas subterráneas y superficiales a pesar de

que su presencia suele darse en concentraciones pequeñas, los nitritos tienen gran importancia en el estudio de aguas residuales y contaminación de aguas, dada su gran toxicidad para gran parte de la fauna piscícola y demás especies acuáticas. Los nitritos presentes en los afluentes de aguas residuales se oxidan por adición de cloro, lo cual aumenta la cantidad de cloro a dosificar y por lo tanto el coste de la desinfección.

El nitrógeno del nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que se puede encontrar en las aguas residuales. Cuando un efluente secundario deba ser recuperado para la recarga de agua subterránea, la concentración del nitrato es importante. Ello es debido a las limitaciones que impone la norma vigente relativas a las aguas potables, en las que el contenido en nitratos no puede superar 45 mg/l como NO_3^- , dada sus graves y, ocasionalmente, fatales consecuencias sobre los niños. La concentración de nitratos en efluente de aguas residuales puede variar entre 0 y 20 mg/l en forma de nitrógeno (N), con valores típicos entre 15 y 20 mg/l.

En el agua residual reciente, el nitrógeno se halla primariamente combinado en forma de materia proteínica y urea, aunque su paso a la forma amoniacal se produce enseguida. La edad de un agua residual puede medirse en función de la proporción de amoníaco presente. En medio aerobio, la acción de las bacterias puede oxidar el nitrógeno amoniacal a nitratos y nitritos. La preponderancia de nitrógeno en forma de nitratos en un agua residual es un fiel indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. No obstante, los animales pueden emplear los nitratos para sintetizar proteínas animales. La muerte y descomposición de proteínas vegetales y animales vuelve a generar más amoníaco. Por lo tanto, si la presencia de nitratos puede ser aprovechada por algas y otras plantas para la síntesis de proteínas, puede ser necesario adoptar medidas para la reducción del nitrógeno presente para prevenir la proliferación de estas plantas (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 97, 98).

Figura 4: Ciclo del nitrógeno



Fuente: (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 99)

La oxidación del material nitrogenado contribuye a la demanda de oxígeno si la incubación se lleva a cabo durante un período de tiempo suficientemente largo. Esta oxidación (conocida como nitrificación) tiene lugar en dos etapas:

El ion amonio NH_4^+ se oxida a nitrito en presencia de microorganismos *Nitrosomonas* de acuerdo con la ecuación:



Los nitritos se oxidan a nitratos en la presencia de microorganismos *Nitrobacter*:

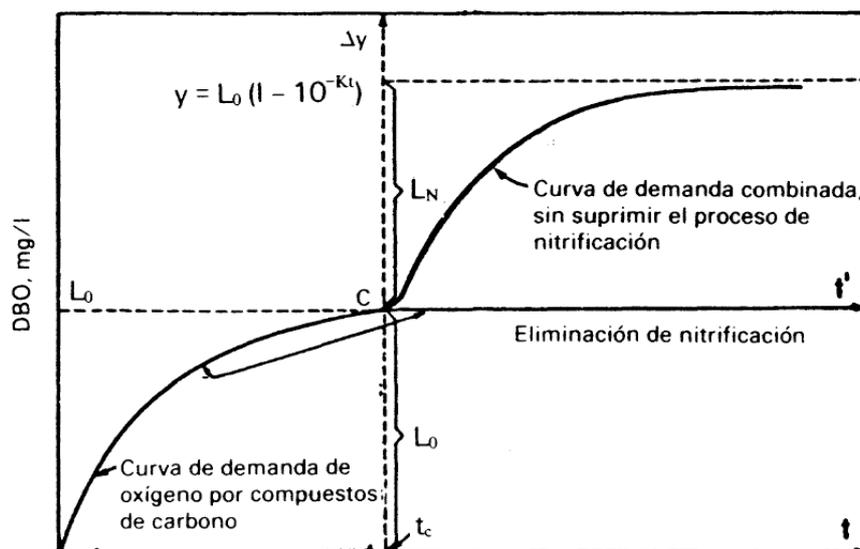


Las constantes de reacción, K , para la nitrificación son mucho más bajas que las de oxidación de materia carbónica. Aunque la oxidación de la materia carbónica y de la

nitrogenada puedan ocurrir simultáneamente, la nitrificación normalmente no comienza hasta que la demanda de oxígeno de la materia carbónica ha sido prácticamente satisfecha.

Una curva típica de la DBO para un agua residual y en la que se puede observar la oxidación de materia carbónica y nitrogenada es la que aparece en la figura siguiente (Ramalho 1990, 64, 65).

Figura 5: DBO compuesto de carbono y nitrógeno.



Fuente: (Ramalho 1990, 65)

La nitrificación puede suprimirse por adición de ciertos productos químicos (azul de metileno, tiourea), que inhiben el crecimiento de las *Nitrosomonas* y los *Nitrobacter*. Si se hace esto, la curva de DBO obtenida se aproxima a la ordenada límite L_0 (demanda bioquímica final de oxígeno), tal como se indica en la figura 5. A partir del tiempo t_c , la demanda de oxígeno de materia carbónica ha quedado prácticamente satisfecha, de tal manera que los valores en ordenada se hacen constantes y cercanos a L_0 . Si la nitrificación no ha sido suprimida a partir de $t = t_c$, el efecto de nitrificación se superpone al de la oxidación de materia carbónica dando como resultado una curva combinada de demanda de oxígeno (demanda conjunta de la materia carbónica y de la nitrogenada) (Ramalho 1990, 65).

Según (Metcalf & Eddy, INC. 1995) la eliminación y control de los nutrientes presentes en el agua residual es necesaria debido al (1) vertido a cuerpos de agua receptores confinados, en los que se pueda crear o acelerar los procesos de eutrofización, (2) vertidos a cursos de agua en los que la nitrificación pueda limitar los recursos de oxígeno o en los que puedan proliferar el arraigamiento de plantas acuáticas y (3) recarga de aguas subterráneas que puedan ser usadas, indirectamente, para el abastecimiento público del agua. Su eliminación puede llevarse a cabo por procesos químicos, biológicos, o una combinación de ambos. En muchos casos, la eliminación de nutrientes se realiza en combinación con el tratamiento secundario.

➤ **Tiempo de la investigación**

Se considera al periodo que dura la investigación, expresado como la diferencia de la última semana de funcionamiento y la semana de arranque del prototipo. Su unidad de medida será en semanas.

$$TI = T_f + T_i + 1 \text{ (semana)}$$

T_f : Última semana de funcionamiento o semana final de evaluación del prototipo.

T_i : Semana de arranque del prototipo o semana inicial de la evaluación del prototipo.

➤ **Tiempo de retención hidráulica**

Tiempo medio teórico que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento, por lo mismo que influye en la eficiencia del prototipo. Usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil.

El tiempo de retención hidráulico viene dado por la relación entre el volumen efectivo del reactor y el flujo o caudal de entrada a él.

Considerando que no hay recirculación:

$$\theta = \frac{V}{Q_o} \text{ (h ó d)}$$

V: Volumen efectivo del reactor.

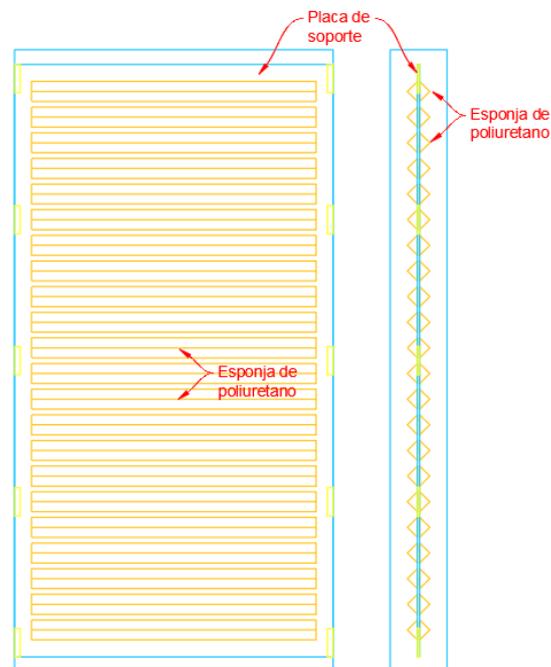
Q_o : Caudal de entrada o caudal del afluente.

➤ **Diseño del medio filtrante**

El material del medio filtrante debe cumplir características que facilitan el proceso biológico en consecuencia al tratamiento del agua residual.

Las más importantes son su área superficial específica y la porosidad; por tanto, en la presente investigación, para facilitar la oxigenación y liberación de gases producidos se considera esponjas de poliuretano de forma triangular pegadas en placas y colocadas paralelamente dejando espacios.

Figura 6: Esquema del prototipo DHS G2



➤ **Carga hidráulica superficial**

La carga hidráulica superficial se refiere al volumen del agua residual aplicada diariamente por unidad de superficie (área) del medio empacado del filtro. Para su determinación se utiliza la siguiente ecuación:

$$CHS = \frac{Q_o}{A} (m^3/m^2 \cdot d)$$

Qo: Caudal de entrada o caudal del afluente.

A: Área del medio filtrante.

1.3.3. Fundamentación biológica

Los objetivos del tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso del agua residual doméstica, el principal objetivo es la reducción de la materia orgánica presente y, en muchos casos, la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

La eliminación de la DBO carbonosa, la coagulación de sólidos coloidales no sedimentable, y la estabilización de la materia orgánica se consiguen, biológicamente, gracias a la acción de una variedad de microorganismos, principalmente bacterias. Los microorganismos se utilizan para convertir la materia orgánica carbonosa coloidal y disuelta en los diferentes gases y tejido celular. Dado que el tejido celular tiene un peso específico ligeramente superior al del agua, se puede eliminar por decantación.

Es importante señalar que, salvo se separe de la solución el tejido celular que se produce a partir de la materia orgánica, no se alcanzará un tratamiento completo. Ello es debido a que el tejido celular, que es de naturaleza orgánica, aparecerá como parte de la medida de la DBO del efluente. Si no se separa el tejido celular, el único tratamiento que se habrá llevado a cabo es el asociado con la conversión bacteriana de una fracción de la materia orgánica presente originalmente en diversos productos gaseosos finales (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 410).

El tratamiento biológico de aguas residuales supone la remoción de contaminantes mediante actividad biológica. La actividad biológica se aprovecha para remover principalmente sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas, del agua residual, mediante su conversión en gases que escapan a la atmósfera y en biomasa extraíble

mediante sedimentación. La actividad biológica también se usa para remover nitrógeno y fósforo del agua residual (Romero Rojas 2000, 225).

Para los tratamientos biológicos, el pH del sistema se mantiene en un intervalo comprendido entre 6,5 y 8.5 para asegurar una actividad biológica óptima. El proceso biológico en sí mismo puede conseguir una neutralización, y en cualquier caso tiene una capacidad tampón como resultado de la producción de CO₂, que da lugar a la formación de carbonatos y bicarbonatos en la solución. El grado de preneutralización requerido para el tratamiento biológico depende de dos factores: la alcalinidad o acidez presente en el agua residual, y los mg/l de DBO que deben eliminarse en el tratamiento biológico. Este último aspecto está muy relacionado con la producción de CO₂, que puede dar lugar a una pequeña neutralización de los residuos alcalinos (Ramalho 1990, 154, 155).

➤ **Procesos de tratamiento biológico**

Existen cinco grupos principales: procesos aerobios, procesos anaerobios, procesos anóxicos, procesos aerobios, anaerobios y anóxicos combinados, y los procesos de lagunaje. Los procesos individuales se pueden dividir, a su vez, dependiendo de si el tratamiento se lleva a cabo en sistemas de cultivo en suspensión, en sistemas de cultivo fijo, o en sistemas resultantes de la combinación de ambos.

Se debe de hacer constar que todos los procesos biológicos que se emplean en el tratamiento del agua residual tienen su origen en fenómenos y procesos que se producen en la naturaleza. Los ciclos aerobios y anaerobios son ejemplos típicos (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 431).

Existen cuatro grupos principales de procesos biológicos: procesos aerobios, procesos anóxicos, procesos anaerobios y procesos combinados, aerobios con anóxicos o con anaerobios. Dentro de cada grupo hay, además, diferentes tipos, dependiendo de si el proceso es de crecimiento biológico suspendido, crecimiento biológico adherido o una combinación de ellos (Romero Rojas 2000, 226).

1.3.4. Biofilms y comparación de tratamientos biológicos

➤ Formación de biofilm

Los microorganismos presentes en el agua residual se adhieren al material filtrante, formando una película biológica. Está compuesta principalmente por protistas, incluyendo bacterias facultativas, aerobias y anaerobias, hongos, algas y protozoos. También se suele encontrar algunos animales superiores como gusanos, larvas de insectos y caracoles. Su misión junto con las bacterias aerobias y anaerobias es la de descomponer la materia orgánica del agua residual.

Para poder reproducirse y funcionar de manera correcta, un organismo necesita: (1) fuente de energía, (2) carbono para la síntesis de materia celular nueva, y (3) elementos inorgánicos (nutrientes) tales como nitrógeno, fosforo, azufre, potasio, calcio y magnesio.

Puede resultar necesario ajustar el pH mediante neutralización hasta un valor óptimo entre 7 y 9, debido a que el exceso de alcalinidad o de acidez perturba el proceso biológico.

La materia orgánica del líquido es adsorbida en la película biológica, en cuyas capas externas (0.1 a 0.2mm) se degrada bajo la acción de los microorganismos aerobios. Cuando los microorganismos crecen, aumentan el espesor de la película, y el oxígeno se consume antes de que pueda penetrar en todo el espesor de la película. Por lo tanto, en la proximidad de la superficie del medio se crea un ambiente anaerobio.

Conforme la película aumenta de espesor, la materia adsorbida se metaboliza antes de que pueda alcanzar los microorganismos situados cerca de la superficie del medio filtrante. La consecuencia de no disponer de una fuente orgánica externa de carbono celular es que los microorganismos situados cerca de la superficie del medio filtrante se hallan en la fase de crecimiento endógena, en la que pierden la capacidad de adherirse a la superficie del medio. En estas condiciones, el líquido arrastra la película a su paso por el medio, y se inicia el crecimiento de una nueva capa biológica. Este fenómeno de pérdida de la película biológica, conocido como arrastre, es básicamente función de la carga hidráulica y orgánica del filtro.

La carga hidráulica origina las velocidades de arrastre, y la carga orgánica influye en la velocidad de metabolismo en la capa biológica (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 460, 462).

➤ **Procesos aerobios de tratamiento de cultivo fijo (crecimiento biológico adherido)**

Los procesos de tratamiento aerobios de cultivo fijo se emplean, normalmente, para eliminar la materia orgánica que se encuentra en el agua residual. También se pueden emplear para llevar a cabo el proceso de nitrificación (conversión del nitrógeno amoniacal en nitrato). Los procesos de cultivo fijo incluyen los filtros percoladores, los filtros de pretratamiento o desbaste, los reactores biológicos rotativos de contacto (biodiscos) y los reactores de nitrificación de lecho fijo (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 459).

En los sistemas de cultivo adherido el agua residual se pone en contacto con películas microbianas adheridas a superficies. El área superficial para el crecimiento de la biopelícula se incrementa colocando un medio poroso en el reactor. El advenimiento de medios sintéticos modulares de alta porosidad y bajo peso ha permitido un arreglo vertical del medio de varios metros de altura, llamado *bio-torre*. El dispositivo más reciente se denomina discos biológicos y consiste en discos rotarios sumergido parcialmente en el agua residual. Existen también otros sistemas de cultivo adherido que pueden usarse en ciertas condiciones, tales como los filtros sumergidos (anaerobios) y lechos fluidizados.

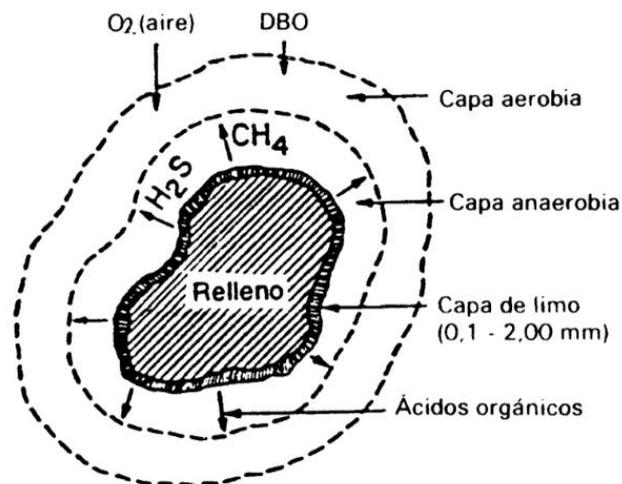
En los sistemas de filtros percoladores y bio-torres, el medio es estacionario y el agua residual pasa sobre la biopelícula en dosis intermitentes. En el sistema de discos biológicos el medio mueve la biopelícula alternativamente a través del agua y del aire. Ambos sistemas se clasifican como procesos aerobios debido a que mantienen a la biopelícula superficial en condiciones aerobias.

Los sistemas de cultivo adherido incluyen comúnmente sedimentación primaria y secundaria además del reactor biológico (Valdez y Vázquez González 2003, 3.73).

➤ Filtros percoladores

Los filtros percoladores pertenecen a este tipo de reactores de crecimiento asistido (crecimiento biológico fijo). El filtro percolador es un relleno cubierto de limo biológico a través del cual se percola el agua residual. Normalmente el agua residual se distribuye en forma de pulverización uniforme sobre el lecho de relleno mediante un distribuidor rotativo del flujo. El agua residual percola en forma descendente a través del relleno y el efluente se recoge en el fondo. La capa del limo (biofilm) que se forma junto al relleno tiene un espesor total comprendido entre 0,1 y 2,0 mm está formado de una subcapa aerobia y de otra anaerobia, tal como se presenta en la figura 7 (Ramalho 1990, 472, 473).

Figura 7: Esquema de las subcapas aerobia y anaerobia de un filtro percolador.



Fuente: (Ramalho 1990, 473)

En los filtros percoladores la materia orgánica y coloidal se separa mediante oxidación aerobia, biosorción, coagulación y descomposición anaerobia. En esencia, no existe disminución de la carga orgánica por filtración mecánica. El término «filtro percolador» resulta confuso a este respecto.

Normalmente, el espesor de la capa de limo está comprendido entre 0,1 y 2,0 mm. Existe un efecto perjudicial en la operación del filtro si dicho espesor es superior a los 2,0 mm. Puede presentarse una obstrucción del relleno, perjudicando el flujo del agua residual y la transferencia de oxígeno a los microorganismos aerobios. Las cargas hidráulicas de

operación normal son bajas, $1-10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, y no son suficientes para mantener la capa de limo limpia. De esta forma, la carga hidráulica no puede emplearse para controlar el espesor de la capa de limo. Este control se efectúa principalmente por las larvas y gusanos, que sobreviven en el limo acumulado (Ramalho 1990, 474).

1.3.5. Operaciones y Procesos unitarios en una PTAR

➤ Pretratamiento:

El pretratamiento de las aguas residuales se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares.

Como ejemplos de pretratamientos podemos citar el desbaste y dilaceración para la eliminación de sólidos gruesos y trapos, la flotación para la eliminación de grasas y aceites y el desarenado para la eliminación de la materia en suspensión gruesa que pueda causar obstrucciones en los equipos y un desgaste excesivo de los mismos.

➤ Tratamiento primario:

En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y la sedimentación. El efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO alta.

➤ Tratamiento secundario convencional:

El tratamiento secundario de las aguas residuales está principalmente encaminado a la eliminación de sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario. Se define el tratamiento secundario como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes, e incluye el tratamiento biológico con fangos activados, reactores de lecho, los sistemas de lagunaje y de sedimentación.

➤ **Tratamiento terciario**

El tratamiento terciario, al que se conoce también como «tratamiento avanzado»; viene a ser la serie de procesos destinados a conseguir una calidad del efluente superior a la del tratamiento secundario convencional. Los tipos de tratamiento terciario: (1) separación de sólidos en suspensión, (2) adsorción en carbón activo (separación de compuestos orgánicos), (3) intercambio iónico, (4) osmosis inversa, (5) electrodiálisis (6) oxidación química, (7) métodos de eliminación de nutrientes, y (8) proceso «Sonozone» para la purificación de aguas residuales. Muchos de estos procesos, actualmente no se emplean demasiado en el tratamiento de las aguas residuales, pero su empleo a mayor escala está previsto conforme las exigencias de calidad de los efluentes se hagan más estrictas en el futuro (Ramalho 1990).

1.3.6. Sistema Downflow Hanging Sponge (DHS)

Es un filtro de esponjas colgantes de flujo descendente que permite el crecimiento de la biomasa adherido a este medio filtrante, las cuales degradan los contaminantes orgánicos y patógenos de los efluentes de aguas residuales domésticas provenientes de un tratamiento primario. (R. E. Yaya Beas, L. S. Chumpitaz Feria, Audrey Marc, R. Rojas Tamos 2012).

La última entrada a la familia de reactores de biopelícula no sumergidos es el Down flow Hanging Sponge (DHS). El sistema fue desarrollado por Harada y su grupo de investigación en la Universidad Tecnológica de Nagaoka, Japón, para el tratamiento de las aguas residuales en países en desarrollo (Tembo 2014).

A medida que las aguas residuales gotean hacia abajo a través de las esponjas, los microorganismos toman nutrientes de las aguas residuales. No se usa ningún dispositivo mecánico de aire en el sistema DHS. Como las esponjas en el reactor DHS no se encuentran sumergidos y flotan libremente en el aire, el oxígeno se disuelve en las aguas residuales mientras fluye. Este fenómeno repetido mantiene la concentración de oxígeno disuelto (OD) en las aguas residuales a un nivel que excede la necesidad de microorganismos que residen en los sedimentos del DHS (Tandukar, y otros 2006).

Posee una gran superficie y es donde se produce el crecimiento microbiano en condiciones no sumergidas. Las aguas residuales se suministran en el extremo superior de cada módulo, y gotea hacia el extremo más bajo del módulo (Tembo 2014).

El sistema fue conocido como reactor DHS, principalmente sobre el uso de esponja de poliuretano como medio de cultivo y soporte para los microorganismos, proporcionando un tiempo de residencia celular más largo y al mismo tiempo mejorando la difusión de aire en las aguas residuales reduciendo la necesidad de aireación forzada externa a diferencia de la mayoría de los sistemas de tratamiento aeróbico existentes. La esponja tiene un índice de vacío alto, lo que proporciona un excelente medio para el crecimiento y adhesión de la biomasa activa. (Saad El-Tabl, Abed Wahaab y Mohamed Younes 2013).

➤ **Tipos**

En búsqueda de mejorar la eficiencia, con el paso de los años sufrieron modificaciones desarrollándose varios tipos de reactores:

Reactor de “Primera Generación G1” (Cube type)

Conocido como reactor tipo cubo, la investigación se desarrolló entre los años 1995 y 1997, dónde el material filtrante consistía en cientos de cubos de esponja colgantes conectados en serie.

Reactor de “Segunda Generación G2” (Curtain type)

Conocido como reactor tipo cortina, la investigación se desarrolló entre los años 1997 y 2001, dónde el material filtrante consistía en cientos de prismas triangular de esponja pegados a placas y colocadas paralelamente dejando un espacio.

Reactor de “Tercera Generación G3” (Trickling filter type)

Conocido como reactor tipo filtro percolador, la investigación se desarrolló entre los años 2001 y 2003, dónde el material filtrante consistía en cientos de cilindros de esponja cubiertos con soporte cilíndrica para evitar la deformación de estas por compresión.

Reactor de “Cuarta Generación G4” (Arrayed sponge type)

Conocido como reactor tipo esponjas ordenadas, la investigación se desarrolló entre los años 2004 y 2005, tomando como referencia la investigación de la tercera generación; dónde el material filtrante consistía en cientos de tiras largas tubulares de esponja apiladas con orden especial.

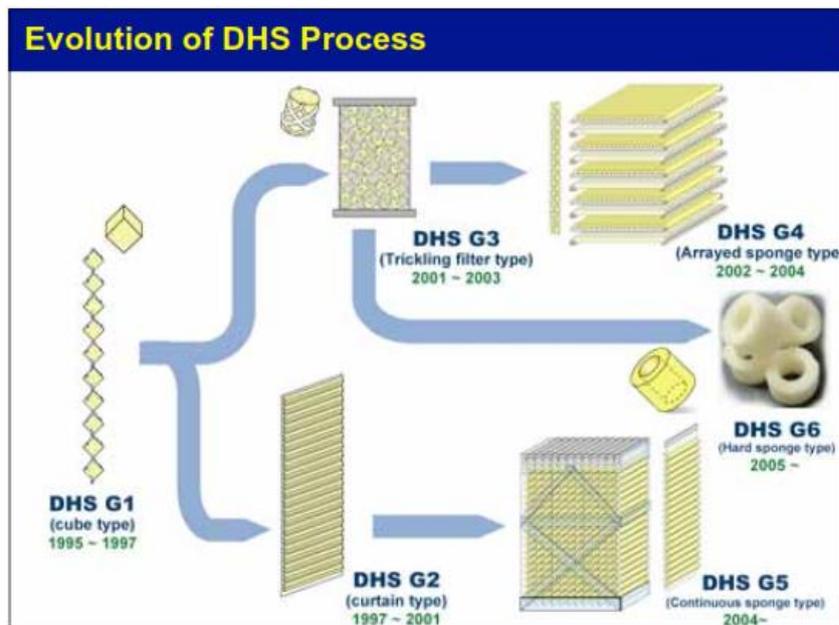
Reactor de “Quinta Generación G5” (Continuous sponge type)

Conocido como reactor tipo esponjas continuas, la investigación se investigó a partir del año 2004, dónde el material filtrante es la misma que de la segunda generación, con la única diferencia de que las placas son colocadas paralelamente sin dejar espacios entre sí.

Reactor de “Sexta Generación G6” (Hard sponge type)

Conocido como reactor tipo esponjas endurecida, la investigación se desarrolló a partir del año 2005, tomando como referencia la investigación de la tercera generación; dónde el material filtrante consistía en cientos de cilindros huecos de esponja endurecidos con resina epóxica para evitar la deformación de estas por compresión.

Figura 8: Evolución del proceso del DHS



Fuente: (Harada 2002)

1.3.7. DHS como unidad de tratamiento independiente

Las características más importantes del medio de soporte son su área superficial específica y la porosidad; la primera es la medida del espacio en donde puede crecer la biopelícula y la segunda es una medida de los vacíos a través de los cuales puede pasar el agua residual y el aire para la ventilación de los gases producidos, describe (Valdez y Vázquez González 2003).

➤ Papel de las esponjas

Conocido también como espuma de poliuretano (espuma PU), es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas. Se forma básicamente por la reacción química de dos compuestos, un polioliol y un isocianato, aunque su formulación necesita y admite múltiples variantes y aditivos. Dicha reacción libera dióxido de carbono, gas que va formando las burbujas. Considerando que los cauchos de poliuretano sólidos son productos especiales y las espumas de poliuretano son ampliamente utilizadas.

Existen variedades dentro del mercado, cuya diferencia en la misma marca es la densidad y el color. Como protagonista en el presente estudio tenemos a la esponja de la marca Zebra de números 200, 300, 400 y 500.

Tabla 4: Tipos de esponja de poliuretano

Marca	Número	Densidad (kg/m ³)	Color
Zebra	200	16	Anaranjado con lila
Zebra	300	18	Amarillo con lila
Zebra	400	20	Celeste con lila
Zebra	500	23	Oro con lila

Fuente: *Propio de la investigación*

➤ Proceso biológico en el DHS

Debido a su porosidad que presenta la esponja, los microorganismos se alojarán dentro de ella y durante su permanencia degradará a la materia orgánica contenida en el agua residual.

Por esta razón se denominan reactores de crecimiento biológico fijo. El mantenimiento de la subcapa aerobia más espesa es gracias al oxígeno disuelto suministrado en el agua residual.

El proceso biológico aerobio que tiene lugar en la subcapa aerobia es típico. El sustrato se oxida parcialmente para proporcionar la energía necesaria al proceso biológico. Otra parte del sustrato se utiliza para sintetizar nuevo material de constitución del sedimento.

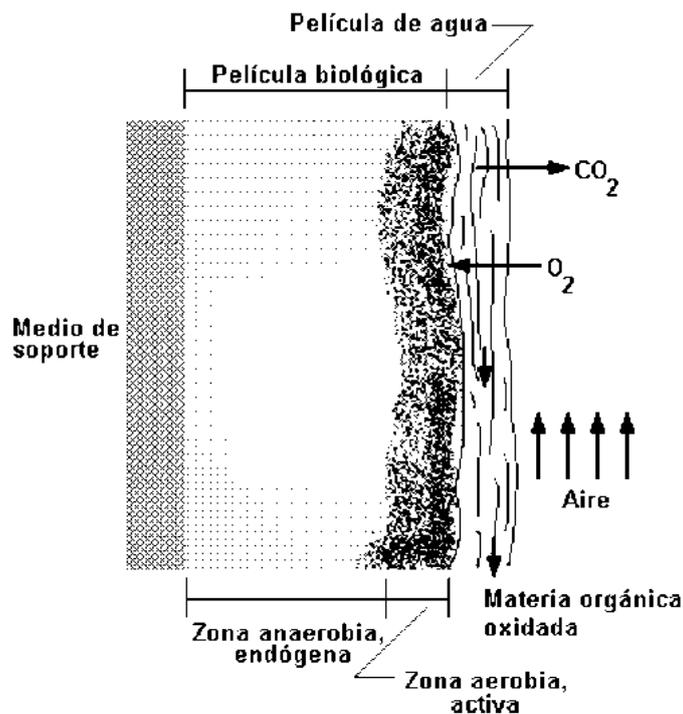
El oxígeno necesario para las reacciones aerobias de la superficie de la biopelícula proviene del agua residual y del aire introducido en los huecos del medio. Los desechos producidos durante el proceso metabólico se difunden hacia el exterior de los huecos y son transportados por las corrientes de agua y aire existentes.

En la subcapa anaerobia, la degradación tiene lugar con formación de ácidos orgánicos, CH_4 y H_2S . En este medio filtrante la materia orgánica y coloidal se separa mediante oxidación aerobia, biosorción, coagulación y descomposición anaerobia.

El crecimiento de la biopelícula sólo puede ser en una dirección, es decir, hacia el lado opuesto al medio de soporte. Conforme la película se hace más gruesa se desarrollan gradientes de concentración de oxígeno y sustrato. Eventualmente en la interfase medio – biopelícula ocurrirán simultáneamente el metabolismo anaerobio y endógeno.

La adherencia se debilita y la fuerza cortante ejercida por el agua residual que fluye sobre la película termina por hacerla caer y deslavarla. Este proceso es función de las tasas de carga hidráulica y orgánica. La biopelícula se restablece prontamente en los lugares donde se ha desprendido.

Figura 9: Biología del sistema de cultivo adherido



Fuente: (Valdez y Vázquez González 2003, 3.74)

Las interfases biomasa - agua - aire propician que los medios filtrantes sean extremadamente sensibles a las variaciones de temperatura. La calidad del efluente muestra variaciones estacionales drásticas debido principalmente a los cambios de temperatura del aire. Las temperaturas relativas del agua residual y del aire también determinan la dirección del flujo de aire a través del medio. El agua fría absorbe calor del aire, y éste al enfriarse cae al fondo del filtro junto con el agua. Por el contrario, el agua tibia calienta el aire provocando que éste se eleve desde el drenaje hacia arriba, a través del medio. Cuando se tienen diferenciales de temperatura menores a aproximadamente 3 a 4°C, existe poco movimiento del aire y las condiciones estables evitan una buena ventilación. Las temperaturas extremadamente frías congelan y destruyen la biopelícula (Valdez y Vázquez González 2003).

➤ Comparación de costes

Debido a los retos en el sector de agua y saneamiento propuestos por los Gobiernos en Latinoamérica, el hecho de que sea fácil para el reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) competir económicamente con los demás filtros percoladores en el intervalo de rendimientos

elevados de la disminución de contaminantes puede resultar un factor importante a favor la utilización del reactor Downflow Hanging Sponge (DHS) en el tratamiento de las aguas residuales.

Algunas de las ventajas del Downflow Hanging Sponge (DHS) sobre las demás tecnologías son: No requiere de energía para la aireación, la operación es sencilla, responden lentamente y se recuperan rápidamente de los cambios bruscos de la DBO y no requiere grandes áreas de terreno para su implementación, económicamente al alcance de la población rural.

En general, la problemática del acceso a servicios de agua y saneamiento en el sector rural está asociada a una escasa cobertura y bajos estándares de calidad del servicio. En el ámbito rural, se cobra por el servicio una baja cuota familiar y hay un alto índice de morosidad que dificulta el adecuado mantenimiento de los servicios. Estos problemas generan impacto directo en la calidad de vida de la población rural: enfermedades infecciosas y parasitarias, la propagación de vectores y la demanda de tiempo para el abastecimiento de agua.

➤ **Factores que inciden en la eficiencia de purificación**

Los factores que inciden en la eficiencia de purificación pueden ser clasificados en dos grupos:

1. Factores o parámetros básicos.
2. Factores o parámetros derivados.

Factores o parámetros básicos: Entre los factores o parámetros básicos más importantes pueden distinguirse:

- a. Tiempo de retención.
- b. Concentración de biomasa.
- c. Temperatura.
- d. Concentración de contaminantes.

Factores o parámetros derivados:

- a. Carga volumétrica.
- b. Edad del lodo.

1.3.8. Legislación

➤ **Ley marco de la gestión y prestación de servicios de saneamiento (LMGPSS)**

El 29 de diciembre del 2016 se aprueba la presente Ley mediante el Decreto Legislativo N°1280, cuyo objeto es:

Establecer las normas que rigen la prestación de los servicios de saneamiento a nivel nacional, en los ámbitos urbano y rural, con la finalidad de lograr el acceso universal, el aseguramiento de la calidad y la prestación eficiente y sostenible de los mismos, promoviendo la protección ambiental y la inclusión social, en beneficio de la población.

Establecer medidas orientadas a la gestión eficiente de los prestadores de los servicios de saneamiento, con la finalidad de beneficiar a la población, con énfasis en su constitución, funcionamiento, desempeño, regulación y control, que sean autorizadas acordes con lo establecido en la presente Ley.

Establecer los roles y funciones de las entidades de la administración pública con competencias reconocidas por el ordenamiento legal en materia de prestación de los servicios de saneamiento.

Así mismo, menciona en el Capítulo II, Consideraciones para la gestión ambiental y gestión del riesgo de desastres, Artículo 26.- Gestión ambiental, que:

26.1. Los prestadores de servicios de saneamiento implementan tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas residuales, a fin de cumplir con los Límites Máximos Permisibles - LMP y Estándares de Calidad Ambiental - ECA aplicables, acorde a ley, evitando la contaminación de las fuentes receptoras de agua y promoviendo su reúso.

26.2. Los prestadores de servicios de saneamiento están facultados para brindar a terceros, con la correspondiente contraprestación, las siguientes actividades:

1. Comercializar el agua residual tratada, residuos sólidos y subproductos generados en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano y tratamiento de aguas residuales, con fines de reúso.
2. Brindar el servicio de tratamiento de aguas residuales, para fines de reúso.
3. Comercializar el agua residual sin tratamiento, para fines de reúso, a condición de que los terceros realicen las inversiones y asuman los costos de operación y mantenimiento para su tratamiento y reúso.

La aplicación de lo dispuesto en el presente numeral se efectúa en concordancia con lo establecido en el reglamento y la normativa aplicable.

Luego, el 26 de junio del 2017 se publica el Decreto Supremo N° 019-2017-Vivienda que aprueba el Reglamento de la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, cuyo fin es brindar un soporte legal para lograr que todas las peruanas y peruanos accedan a servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de calidad.

➤ **Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR**

El Protocolo de Monitoreo establece procedimientos y metodologías que deben cumplirse en la ejecución de los programas de monitoreo. Su aplicación contribuye al cumplimiento de las normas ambientales y la protección de los ecosistemas acuáticos. aprobado mediante Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda el 24 de octubre de 2013. La aplicación de los procedimientos establecidos representa asimismo una herramienta de evaluación, fiscalización y mejora de las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes. A través de la aplicación de este instrumento se contribuye además a realizar una verificación del funcionamiento de una PTAR.

➤ **Estándares de calidad ambiental (ECA)**

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (Ley N° 28611 2005).

El 07 de junio del 2017 mediante Decreto Supremo N°004-2017-MINAM se aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

El objeto de la norma es compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente decreto supremo y el anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

➤ **Límite Máximo Permisible**

Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio (Decreto Legislativo N° 1055 2008).

El 17 de marzo del 2010 mediante el Decreto Supremo N.° 003-2010-MINAM se aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua

Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) que son aplicables en el ámbito nacional y establece las definiciones de los términos, el cumplimiento de los límites máximos permisibles, el programa de monitoreo, resultados de monitoreo, fiscalización y sanción.

Tabla 5: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, El Peruano Pág. 415675 Normas Legales

Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

1.4. Definición de términos

- **Absorción:** Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión (Dirección Nacional de Saneamiento 2006).

- **Adsorción:** Fenómeno fisicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido (Dirección Nacional de Saneamiento 2006).

- **Aguas residuales domésticas:** Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (Dirección Nacional de Saneamiento 2006).

- ***Aguas residuales municipales:*** Son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (Dirección Nacional de Saneamiento 2006).

- ***Aguas subterráneas:*** Agua localizada en el subsuelo y que generalmente requiere de excavación para su extracción (Dirección Nacional de Saneamiento 2006).

- ***Biosorción:*** Es el proceso de captación de metales que lleva a cabo una biomasa completa (viva o muerta), a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico.

- ***Carbonatos:*** Compuestos que contienen el ion carbonato CO_3^{-2} y se derivan del ácido carbónico H_2CO_3 que se forma al disolver dióxido de carbono CO_2 en agua.

- ***Coagulación:*** Proceso mediante el cual se desestabiliza o anula la carga eléctrica de las partículas presentes en una suspensión, mediante la acción de una sustancia coagulante para su posterior aglomeración (Dirección Nacional de Saneamiento 2006).

- ***Desnitrificación:*** Proceso biológico mediante el cual el nitrato se convierte en nitrógeno gas y en otros productos gaseosos (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 431).

- ***Desnitrificación anóxica:*** Es el proceso por el cual el nitrógeno de los nitratos se transforma, biológicamente, en nitrógeno gas en ausencia de oxígeno. Este proceso también se conoce con el nombre de desnitrificación anaerobia (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 430).

- **Eutrofización:** Consiste en un proceso de evolución natural en el tiempo, en el que el agua se enriquece de oxígeno, provocando un aumento de plantas acuáticas, la transformación en zona pantanosa y, en última instancia, transformación en terreno seco (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 1375).

- **Materia orgánica biodegradable:** Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 73).

- **Nitrificación:** Es el proceso biológico mediante el cual el amoníaco se transforma, primero en nitrito y posteriormente en nitrato (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 431).
- **Oxígeno disuelto:** Concentración de oxígeno solubilizado en un líquido (Dirección Nacional de Saneamiento 2006).

- **Porosidad:** Cualidad de un material permeable, es decir, debe contener espacios vacíos o poros que le permitan absorber fluidos.

- **Proceso aerobio:** Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en presencia de oxígeno (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 430).

- **Proceso anaerobio:** Procesos de tratamiento biológico que se dan en ausencia de oxígeno (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 430).

- **Proceso de lagunaje:** Los sistemas de lagunaje se pueden clasificar, en relación con la presencia de oxígeno, en aerobios, de maduración, facultativos y anaerobios (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 494).

- **Prototipo (planta piloto):** Planta de tratamiento a escala, utilizada para determinación de constantes cinéticas y parámetros de diseño del proceso (Dirección Nacional de Saneamiento 2006).

- **Reactor:** Los recipientes, tanques y depósitos en los que tienen lugar las reacciones químicas y biológicas suelen recibir el nombre de reactores (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 197).

- **Úrea:** Sustancia tóxica de origen orgánico, producto de la degradación de sustancias nitrogenadas en el organismo de mamíferos, que se expulsan a través de la orina y del sudor.

1.5. Realidad problemática

El tratamiento de las aguas residuales en el ámbito rural de la sierra de Ancash es en su mayoría mediante la combinación de tanque sépticos y pozos de absorción o campos de percolación (zanjas de infiltración); o simplemente el efluente es vertido a un cuerpo receptor (rio, lago, canal de regadío, etc.) ocasionando malestar en la población que hace uso de estas aguas. Muchos de los problemas presentes en este tipo de tratamiento se deben a que no se tiene en cuenta una disposición adecuada del efluente procedente del tanque séptico.

Como claro ejemplo de lo anteriormente mencionado tenemos que, el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado de Marián vierte sus aguas a un canal cercano, que a su vez es empleado por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Marián (EPS Chavin S.A.) para depositar las aguas de rebose provenientes del tratamiento, estas aguas son conducidas hasta el Rio Paria. Durante su recorrido, se percibe la emanación de olores producto del vertimiento y la contaminación por parte de la población aledaña, restringiendo el uso de estas aguas a la población del Barrio de Antaoco. Cabe mencionar que años atrás, el agua del canal tenía uso doméstico como lavado de ropa, riego agrícola y hasta consumo humano.

La cobertura de saneamiento según ámbito geográfico del año 2016, solo el 45.7% de la población rural de Ancash tiene acceso a los servicios de saneamiento (ENAPRES 2016). En cuanto a infraestructura, el 22% se encuentra en estado de colapso, el 49.7% en estado regular y el 28.3% se encuentra en estado bueno así lo detalló (SABA–COSUDE 2017) en el foro avances y desafíos del saneamiento rural en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos del Perú. Motivo por el cual, es necesario desarrollar investigaciones de post tratamiento acorde a la realidad de la zona facilitando el diseño e instalación a un costo menor frente a otras alternativas y que, además, logren cumplir con las normas peruanas vigentes.

1.6. Formulación y planteamiento del problema

Y es en el marco de realizar nuevas investigaciones en el tratamiento de aguas residuales domésticas, que se propone realizar la evaluación del sistema DHS tipo cortina (G2) como tratamiento secundario al efluente de un tanque séptico; generando la siguiente interrogante:

¿Cuál será la eficiencia del reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina en el tratamiento de las aguas residuales domésticas provenientes de un tanque séptico en la localidad de Marián?

1.7. Justificación

El crecimiento poblacional genera un incremento en la generación de aguas residuales domésticas, agregado a ello, la escases del recurso hídrico a causa de los diferentes tipos de contaminación y unidos a otros aspectos, hacen necesaria la búsqueda de nuevas tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional. Esto con el fin de reusar las aguas residuales para ciertas actividades como el riego agrícola o el uso en la industria.

El estudio y evaluación del reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina en el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de un tratamiento primario, permitirá desarrollar nuevos y adecuados métodos que beneficiarán a la población de zonas rurales, como en la localidad de Marián, por la facilidad de instalación y el bajo costo frente a otras alternativas.

1.7.1. Social

La disposición de las aguas residuales en la sierra de Ancash como la localidad de Marian, por lo general, se realizan mediante el uso de un tanque séptico y pozos de absorción como postratamiento. Existen casos en los que no se cuenta con el tratamiento secundario, generando un foco infeccioso por la inadecuada gestión del agua residual. Es por ello, que se hace necesario dar un tratamiento complementario al efluente de estos tanques sépticos; con el simple propósito de reducir los riesgos a la salud pública.

1.7.2. Económico

La implementación del sistema Downflow Hanging Sponge tipo cortina, a la par de poder mejorar el aspecto social, podrá beneficiar en el aspecto económico a la población de la localidad de Marián; pues, al disminuir los contaminantes en el ambiente se podrá reducir los posibles riesgos en la salud pública y sus consecuencias. Cabe señalar, que la construcción o implementación de los reactores DHS son considerablemente más económicos que los tratamientos convencionales.

1.7.3. Ambiental

La implementación del sistema Downflow Hanging Sponge tipo cortina como un tratamiento secundario además de no generar un gran impacto ambiental en el lugar a construirse, contribuye con mejorar la calidad de las aguas residuales provenientes de un tanque séptico para posteriormente ser vertidas a un cuerpo receptor de ser el caso. Es preciso señalar, que las aguas residuales provenientes de los tanques sépticos no poseen las adecuadas cualidades fisicoquímicas ni biológicas para ser descargados directamente en un cuerpo receptor de agua.

1.8. Objetivos

1.8.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia del reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina en el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de un tanque séptico en la localidad de Marián, Sierra de Ancash.

1.8.2. Objetivos específicos

- Implementar el reactor DHS tipo cortina a escala piloto como tratamiento secundario del tanque séptico de la localidad de Marián.
- Monitorear los parámetros: Temperatura, pH, Sólidos Totales en Suspensión, Aceites y Grasas, DBO₅, DQO, Coliformes Termotolerantes, N-Amoniacal y Nitratos en el afluente y efluente del reactor DHS tipo cortina.
- Determinar la eficiencia del reactor DHS tipo cortina en el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes del tanque séptico mediante la comparación de resultados obtenidos en los monitoreos.
- Contrastar los resultados con los valores de los ‘Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales’ y ‘Estándares de Calidad Ambiental’ establecidos por la legislación vigente.

1.9. Hipótesis

Hi: El reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina como tratamiento secundario de las aguas residuales de un tanque séptico en la localidad de Marián; logra una buena eficiencia en la degradación de los parámetros en estudio.

Ho: El reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina como tratamiento secundario de las aguas residuales de un tanque séptico en la localidad de Marián; no logra la degradación de los parámetros en estudio.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Metodología

La presente investigación corresponde a un nivel de investigación descriptivo, de tipo aplicado y prospectivo, pues registramos datos primarios en base a la observación y análisis de muestras siguiendo un orden cronológico establecido acorde a la evolución del reactor. Con el fin de dar realce al reactor estudiado como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas.

El método empleado para el presente estudio es el inductivo, puesto que, a partir de las observaciones sistemáticas de la realidad descubrimos una generalización. Comenzamos con el análisis de casos particulares (monitoreo de parámetros) cuyos resultados son tomados para realizar conclusiones de carácter general (eficiencia del reactor DHS tipo cortina).

2.2. Tipo de estudio

2.2.1. Según propósito o aplicación

Aplicada: al evaluar el reactor DHS tipo cortina se determinaron nuevas características y rasgos en el proceso de remoción de contaminantes biológicos y fisicoquímicos. Ofreciendo una oportunidad significativa para su difusión como tratamiento secundario en futuros diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tecnológica: Los resultados de la investigación con el reactor DHS tipo cortina en la localidad de Marián permitirá el desarrollo de nuevos procesos, de manera que se podrá realizar la implementación de este tipo de reactor en zonas rurales por su facilidad de instalación y de tener costos menores frente a otras alternativas.

2.2.2. Según naturaleza, profundidad y/o alcance

Descriptiva: Durante el proceso de investigación se recolectaron y monitorearon datos cuantitativos importantes (concentración de contaminantes del agua residual) tomados del reactor en estudio.

2.2.3. En relación con la cronología de los hechos

Prospectiva: Pues los datos son recolectados a medida que van sucediendo, teniendo una tendencia lineal y unidireccional (inicio – fin).

2.3. Diseño

La investigación al tener un enfoque cuantitativo, pues se registran o recopilan datos primarios cronológicamente (variable independiente) mediante instrumentos de laboratorio. Teniendo que el diseño de la investigación es pre experimental ya que se sometió al reactor DHS tipo cortina a las aguas residuales domésticas con el fin de evaluar los posteriores resultados (variable dependiente).

Y tenemos:

Grupo	Asignación	Pretest	Tratamiento	Post test
G	no R	O ₁	X	O ₂

Dónde:

G : Muestra (*Aguas residuales domésticas provenientes de un tanque séptico*)

No R : No Aleatorización (R del inglés random, “azar”)

O_{1,2} : Observación, medida registrada en el pretest o en el post test. (Variable dependiente)
(*Eficiencia del reactor DHS*)

X : Tratamiento, estímulo o condición experimental (presencia de algún nivel o modalidad de la variable independiente). (*Aguas residuales en el reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina*)

2.4. Variables

Para la evaluación del reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina en el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de un tanque séptico en la localidad de Marián,

Sierra de Ancash; se clasifican y se operacionalizan las siguientes variables con sus respectivos indicadores, y es como sigue:

Tabla 6: Clasificación de variables

VARIABLE	CLASIFICACIÓN SEGÚN		
	Naturaleza	Escala de medición	Relación entre variables
Independiente: Reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina como tratamiento de aguas residuales domésticas.	Cualitativa Nominal Cuantitativa Continua	Forma Magnitud	Directa: A mayor tiempo de contacto con el reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina se incrementará la eficiencia de depuración de contaminantes.
Dependiente: Eficiencia del reactor DHS tipo cortina en el tratamiento de aguas residuales domésticas.	Cuantitativa Continua	Magnitud	

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 7: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL ASPECTOS/DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDADES	MEDICIÓN
Independiente: Reactor DHS tipo cortina como tratamiento de aguas residuales domésticas.	Consta de un filtro de esponjas colgantes de flujo descendente.	Reactor que posee la forma de una cortina de esponjas que permite eliminar contaminantes orgánicos y microbiológicos presentes en el efluente de un tanque séptico.	Temperatura	°C	Equipo multiparamétrico
			pH	Unid. pH	Equipo multiparamétrico
			Sólidos Totales en Suspensión	mg/l	Laboratorio: APHA 2540 D
			Aceites y Grasas	mg/l	Laboratorio: APHA 5520 B
			DBO ₅	mg/l	Laboratorio: APHA 5210 B
			DQO	mg/l	Laboratorio: Oxidación ácido cromosulfúrico
			Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	Laboratorio: APHA 9221 C
			N-Amoniacal	mg/l NH ₄ -N	Laboratorio: Azul Indofenol
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Laboratorio: Nitrospectral			
Dependiente: Eficiencia del reactor DHS tipo cortina en el tratamiento de aguas residuales domésticas.	Es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.	Capacidad de eliminar los contaminantes orgánicos y microbiológicos presentes en el efluente de un tanque séptico.	Diseño del material filtrante	Formas geométricas	Propio de la investigación
			Caudal	l/s	Método volumétrico
			Tiempo de retención hidráulica	s	Determinación en gabinete
			Porosidad del material filtrante	%	Determinación de porosidad en laboratorio

2.6. Población, muestra y muestreo

2.6.1. Población

La población asumida será el efluente del Tanque Séptico de la localidad de Marián. Cuyo caudal promedio es 0.52 l/s.

2.6.2. Muestra

En la investigación, la muestra viene a ser de conveniencia, no se trata de una muestra extraída por un método de aleatoria bien definido. La muestra de la investigación pertenece al caudal de operación del reactor DHS tipo cortina. Cuyo caudal promedio es 0.00351 l/s.

2.6.3. Muestreo

El tipo de muestra a usar es **No Probabilística o Dirigida**, dado que la elección de muestras no depende de la probabilidad o aleatoriedad, sino del proceso de toma de decisiones de los investigadores, es decir por conveniencia; asumiendo que las muestras seleccionadas contienen las mismas características que se desean investigar en la población.

Tabla 8: Diseño y caracterización de la muestra.

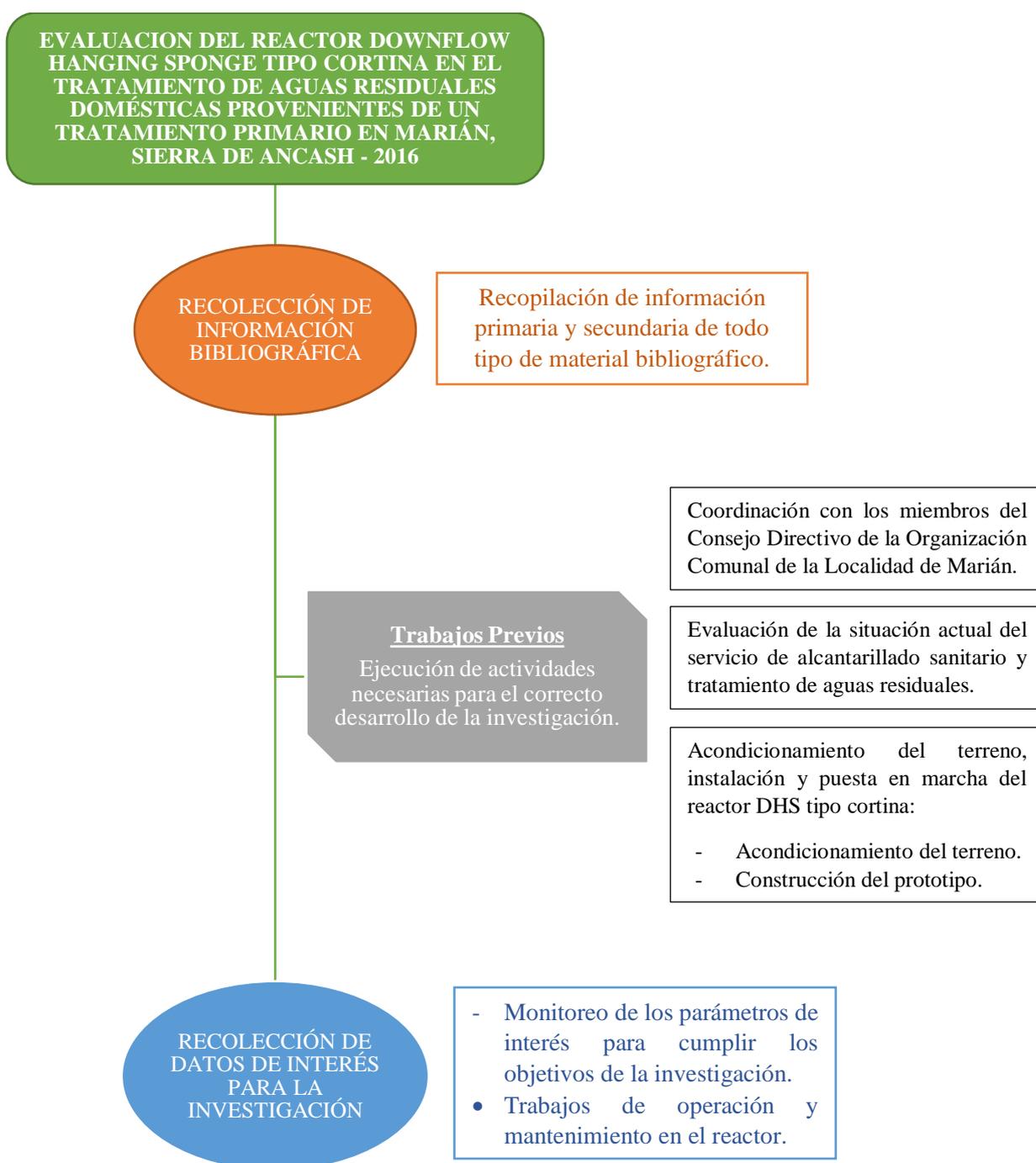
OBJETIVO	DISEÑO
Evaluar la eficiencia del reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina en el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de un tanque séptico en la localidad de Marián, Sierra de Ancash.	Se realizó un experimento durante un determinado tiempo, en el cual se analiza la calidad del agua residual doméstica proveniente de un tanque séptico sin modificar las condiciones ambientales, esto será antes y después del tratamiento mediante el reactor DHS tipo cortina.
Al final del experimento se realiza la comparación de los resultados de la calidad del efluente del reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina con los 'Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales' y los 'Estándares de Calidad Ambiental' establecidos por la legislación vigente.	

Fuente: (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio 2014).

2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos para la investigación se puede resumir de la siguiente manera:

Figura 10: Mapa conceptual del proceso de recolección de datos.



2.7.1. Recolección de información bibliográfica

En esta etapa constantemente se recopiló información primaria y secundaria de todo tipo de material bibliográfico, electrónico, revistas, etc., relacionado al tema como son los antecedentes y metodologías desarrolladas, juntamente con las consultas realizadas a especialistas.

2.7.2. Trabajos previos

➤ Coordinación correspondiente con los miembros del Consejo Directivo de la Organización Comunal de la localidad de Marián

Con la finalidad de que nos faciliten el uso de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marián nos contactamos con los miembros de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento del Centro Poblado de Marián, formalmente constituida y reconocida mediante resolución de alcaldía. En una reunión se les dio a conocer los detalles de la investigación y solicitamos la autorización para desarrollar trabajos de investigación y tesis en la planta, al cual accedieron, permitiendo el acceso a los 260m² de área correspondiente a la planta por un plazo de dos años a partir de la firma del acta de autorización.



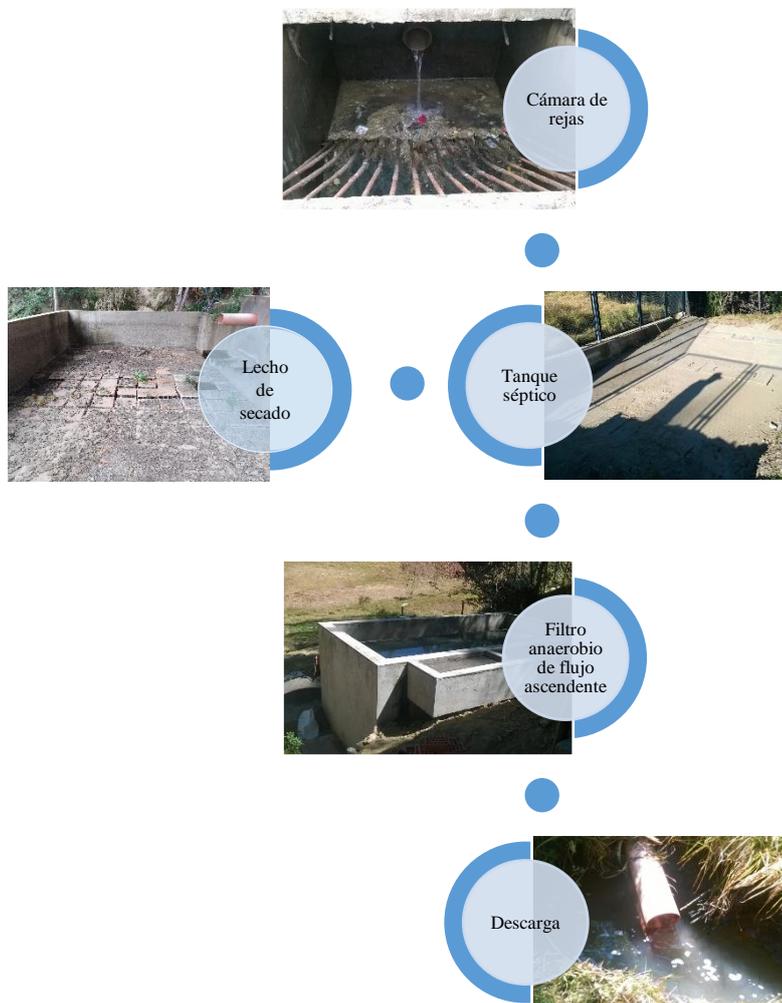
Fotografía N° 1: Reunión con los miembros de la JASS del C.P. Marián

➤ **Evaluación de la situación actual del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marián**

La localidad de Marián cuenta con un servicio de alcantarillado sanitario desde el año 2012. No existe actividad industrial en esta localidad, entendiéndose que el agua residual colectada es doméstica. Así mismo, cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que recibe un caudal promedio de 0.52 l/s.

La planta de tratamiento de aguas residuales consta de una cámara de rejas de limpieza manual, con espaciamiento entre barras de 50 mm; seguido de un tanque séptico de doble compartimiento haciendo un volumen total aproximado de 70m³ detallado en el expediente técnico de la (Municipalidad Distrital de Independencia 2011). Como tratamiento secundario del efluente se tiene un filtro anaerobio de flujo ascendente compuesto por gravas de diámetro 2” y un lecho de secado para la deshidratación del lodo estabilizado proveniente del tanque séptico.

Figura 11: Tren de procesos en la PTAR C.P. Marián



No cuenta con un tratamiento terciario, el efluente del filtro anaerobio de flujo ascendente es vertido a un canal cercano el cual, también, es empleado por la EPS Chavín para depositar el rebose de la planta de tratamiento de agua potable Marián.

La población aledaña hace uso de estas aguas, por desconocimiento de la existencia de vertido del efluente de un agua residual y efectos en la salud. Generalmente, comprende el uso del agua para lavado de ropa, lavado de carros, riego de plantas y aseo personal.

El clima es templado de montaña tropical, soleado y seco durante el día y frío durante la noche, con temperatura media de 14.5°C. Las precipitaciones son superiores a 100 mm/mes, pero menores a 1000 mm/mes durante la temporada de lluvias que comprende de diciembre a marzo.

Tabla 9: Parámetros climáticos promedio

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temp. máx. (°C)	21.9	21.7	21.2	21.6	22.5	22.5	22.8	23.6	23.5	23.1	22.7	21.7
Temp. media (°C)	14.7	14.9	14.8	14.8	14.5	13.6	13.4	14.0	14.6	15.1	14.7	14.5
Temp. mín. (°C)	7.5	8.0	8.4	7.9	6.5	4.7	4	4.3	5.7	7.1	6.7	7.4
Precipitación (mm)	119	143	166	108	27	4	4	3	22	77	70	125

Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

➤ **Acondicionamiento del terreno, instalación y puesta en marcha del reactor DHS tipo cortina**

Acondicionamiento del terreno:

En vista de que la Planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marián no cuenta con un cerco perimétrico, por razones de seguridad, se construyó un módulo de 11.25 m² y 2.15 m. de altura, de material noble con un techo compuesto de listones de madera y placa ondulada de fibrocemento, dejando espacios entre estas placas y el muro de ladrillos para la ventilación de la caseta.



Fotografía N° 2: Caseta de protección

Se conectó una tubería de PVC Ø2" en la tubería del efluente del tanque séptico hacia el filtro percolador mediante una silla tee para alcantarillado; además, se instaló una válvula de control del mismo diámetro en esta línea. Todo esto, con el fin de captar el caudal necesario para el sedimentador piloto.

Para las condiciones necesarias de mantenimiento de esta línea, se adaptó una tubería de purga mediante una tee Ø 2" al ingreso de la caseta, de manera que se pueda realizar la limpieza de la línea con la presión ejercida por el agua.



Fotografía N° 3: Tubería de purga al ingreso de la caseta

Debido a la calidad del efluente del tanque séptico, se optó por la construcción de un sedimentador primario piloto para ello se adecuó un recipiente de plástico de dimensiones de 78 cm de largo, 31 cm de ancho y 35 cm de alto y se añadió dos placas de anjeo plástico de 16x14 cm. como baffles o paneles sedimentadores del sedimentador.



Fotografía N° 4: Paneles del sedimentador primario piloto

Además de lo mencionado, se instaló una válvula $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " para purga de lodos y una tubería de rebose $\text{Ø } 2$ " para condiciones de operación y mantenimiento del sedimentador primario piloto. Para la conducción del efluente se hacia el reactor DHS tipo cortina se instaló una tubería PVC $\text{Ø } \frac{3}{4}$ " con su respectiva reducción a $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " al ingreso del sistema del reactor.



Fotografía N° 5: Sedimentador primario piloto

Construcción del prototipo:

Medio filtrante

Se consideró utilizar esponjas de poliuretano tomando en cuenta los antecedentes y por las facilidades de acceso en el mercado. Nos encontramos con variedades, por lo que optamos en realizar ensayos de porosidad en laboratorio. Como resultado, se escogió la esponja número 500 por ser el tipo que tiene la mayor capacidad de absorción.



Fotografía N° 6: Esponja número 500

Reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina

Se moldearon 46 unidades de esponjas en forma de prisma triangular con medidas de 3.54 cm de base, 1.77 cm de altura y 50 cm de longitud. Las que fueron pegadas a ambas caras de una placa acrílica de 56 cm de ancho y 106 cm de alto, dejando espacio de 1 cm entre esponjas.



Fotografía N° 7: Armado del reactor DHS tipo cortina

Se construyó una estructura de protección con material acrílico y perfiles en forma de “L” sujetos con tornillos, dando la forma de una caja de dimensiones de 11 cm de ancho, 56 cm de longitud y 110 cm de alto. En los laterales se consideró la colocación de un perfil en forma de “U” para facilitar el deslizamiento y ubicación del medio filtrante.



Fotografía N° 8: Caja de protección

Para la distribución de caudal se utilizó dos mangueras automáticas de $\varnothing 1/4''$ con orificios de $\varnothing 1$ mm. cada 3 cm. haciendo un total de 34 orificios; posteriormente fueron sujetas y colocadas sobre la caja de protección acrílica.



Fotografía N° 9: Sistema de distribución de caudal

Por acción de la gravedad, el efluente fue recolectado mediante una tubería de $\varnothing 3''$ cortada por la mitad y transportado a un sedimentador secundario que facilitará la evaluación de generación de lodos luego del tratamiento del reactor DHS tipo cortina.



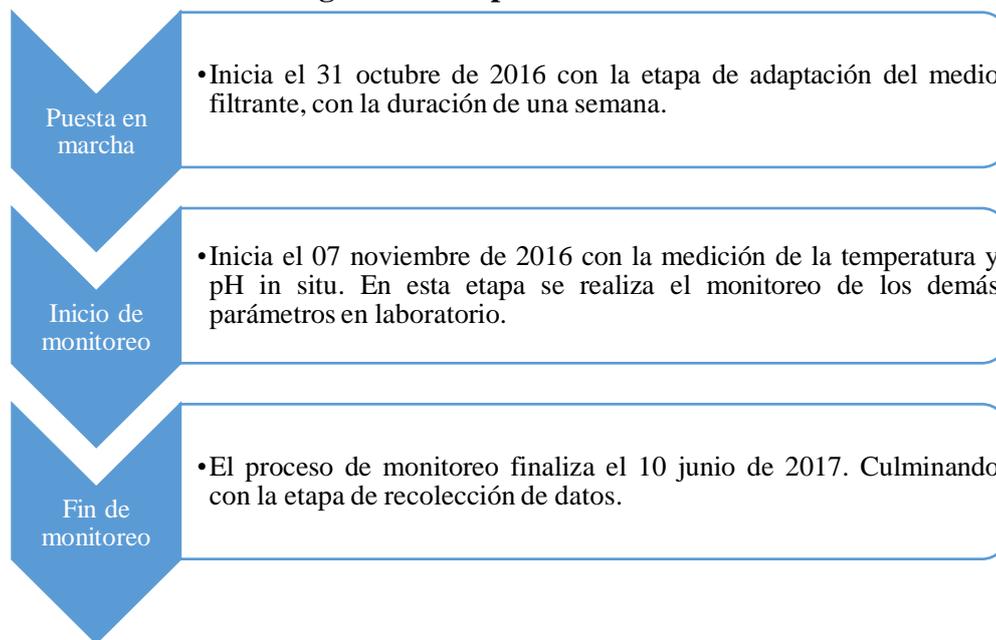
Fotografía N° 10: Recolección del efluente

2.7.3. Recolección de datos de interés para la investigación

➤ Duración del monitoreo

El proyecto de investigación en su etapa de recopilación de datos del reactor DHS tipo cortina tuvo una duración de 32 semanas, incluyendo una etapa de puesta en marcha o adaptación del medio filtrante.

Figura 12: Etapas del monitoreo



➤ Puntos de muestreo

Se estableció puntos fijos en las que se sacó muestras para el análisis de datos, A y E.

A: afluente del reactor DHS

E: efluente del reactor DHS

Además, se realizaron monitoreos de las aguas residuales al ingreso de la PTAR y en el efluente del tanque séptico.

Figura 13: Puntos de muestreo



➤ **Monitoreo y toma de muestras**

Se consideró evaluar el comportamiento del reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina mediante el análisis de los parámetros establecidos en los ‘Límites Máximos Permisibles’ con Decreto Supremo N°003-2019-MINAM, tales como: Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH, Sólidos Totales en Suspensión y temperatura.

La temperatura y el pH se monitoreó todos los días entre 7:00 y 17:00 horas esperando contar con datos de temperatura baja y alta, y la variación de pH en función a esta. Para el registro de estos dos parámetros se utilizó el multiparámetro HANNA INSTRUMENTS previamente calibrado.



Fotografía N° 11: Monitoreo de pH y temperatura

Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Totales en Suspensión fueron analizados por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de ciencias del ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo con la finalidad de cumplir los tres requisitos esenciales de medición: confiabilidad, validez y objetividad.



Fotografía N° 12: Toma de muestras para laboratorio

➤ **Trabajos de operación y mantenimiento en el reactor DHS tipo cortina**

Durante la etapa de operación del reactor DHS tipo cortina y la recolección de datos se realizó una etapa de mantenimiento paralelo a la investigación. Pues al ser un prototipo, no se exime que sufra de problemas en su operación como todo sistema de tratamiento de aguas residuales. Con el fin de no alterar el correcto funcionamiento del reactor se hicieron trabajos de limpieza principalmente en el sistema de distribución del efluente, pues debido a la gran cantidad de sólidos en el agua residual se presentaban problemas de obstrucción en los orificios de la manguera Ø ¼".



Fotografía N° 13: Problemas de obstrucción en el sistema de distribución del caudal

2.8. Métodos de análisis de datos (análisis estadístico de la información)

El diseño estadístico está en función a los resultados obtenidos en la fase de recolección de datos, que a su vez demuestran la eficiencia del tratamiento de aguas residuales con el DHS tipo cortina. Los datos obtenidos de cada parámetro se tabularon y graficaron para realizar las interpretaciones y conclusiones referidas al proceso de tratamiento.

2.8.1. Elección de la prueba estadística

Para poder contrastar la hipótesis, se utilizará la prueba estadística T-student; el cual sigue una distribución con n-1 grados de libertad.

Dónde: n, tamaño de la muestra.

2.8.2. Planteamiento de la hipótesis

$H_0 \leq 85\%$ Hipótesis nula (pretendemos demostrar que la eficiencia alcanzada por el sistema DHS G2 es mayor al 85%).

$H_1 > 85\%$ Hipótesis alterna

La hipótesis que se acepta cuando se rechaza H_0 es la hipótesis alterna H_1 . Es decir, si se acepta H_0 se rechaza H_1 y al contrario

2.8.3. Decisión estadística

Si $t_{\text{student}} \leq t_{\alpha}$, H_0 es aceptada

Si $t_{\text{student}} > t_{\alpha}$, H_0 es rechazada

Típicamente se suele tomar niveles de significancia fijos de 0.05 ó 0.01, evidentemente interesa que dicho nivel de significancia sea lo más pequeño posible.

Por ello, se evaluó la probabilidad de haber cometido error para definir el nivel de significación α (p-valor), sabiendo que:

Si p-valor $> t_{\text{student } c}$, H_0 es rechazada

Si p-valor $\leq t_{\text{student } c}$, H_0 es aceptada

Un ensayo de una hipótesis estadística nunca es infalible, en el sentido de que siempre existe una probabilidad de cometer un error en las conclusiones del contraste. Este error es básicamente debido a la limitación de información intrínseca de la muestra. Diferenciando entre dos tipos posibles errores:

Si se rechaza la hipótesis H_0 cuando es verdadera se dice que se comete error de tipo I.

Si se acepta la hipótesis H_0 cuando es falsa se dice que se comete un error de tipo II.

En cualquiera de los dos casos se comete un error al tomar la decisión equivocada. Estos dos tipos errores se resume como sigue:

	Ho verdadera	Ho falsa
Se acepta Ho	Decisión correcta	Error tipo II
Se rechaza Ho	Error tipo I	Decisión correcta

2.9. Ámbito de estudio

2.9.1. Ubicación política

Región : Ancash
 Provincia : Huaraz
 Distrito : Independencia
 Centro poblado: Pedro Pablo Atusparia de Marián
 Distancia : 3.2 Km (Huaraz – C.P. Marián)

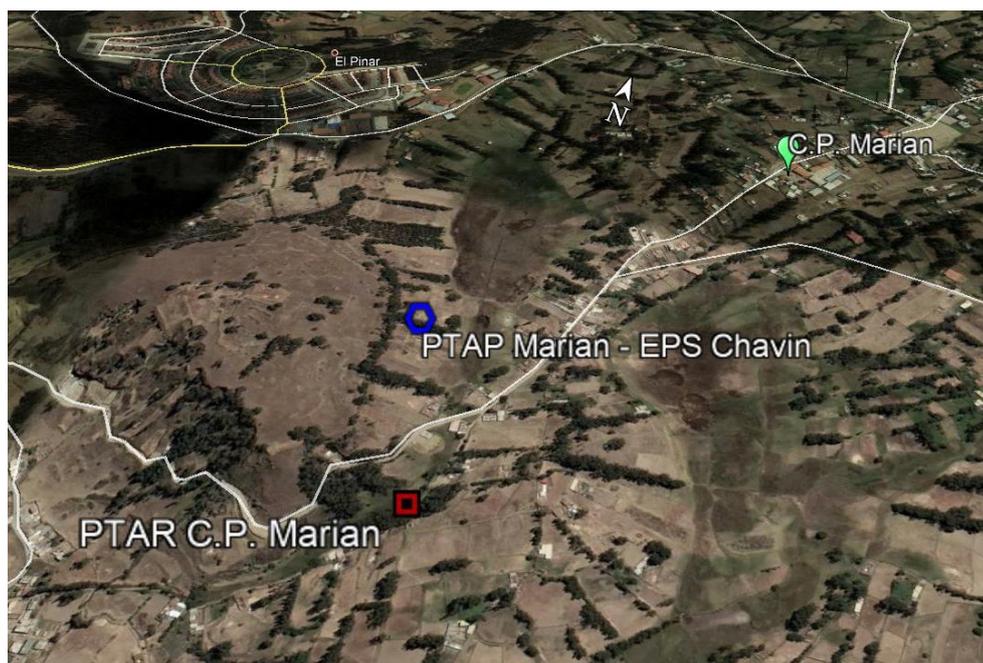
2.9.2. Ubicación hidrográfica

Vertiente : Océano Pacífico
 Cuenca : Río Santa

2.9.3. Localización geográfica

Altitud : 3,289 m.s.n.m.
 Latitud : 8°47,500 N
 Longitud : 225,250 E

Figura 14: Ubicación de la PTAR C.P. Marián



Fuente: Tomado de Google Earth, 2018.

2.9.4. Descripción

El Centro Poblado Pedro Pablo Atusparia de Marián, más conocido como Centro Poblado de Marián cuenta con una gran variedad de recursos. La principal actividad económica es la agricultura, pues agrupa a la mayor parte de la población económicamente activa. Muy asociada a la agricultura se encuentra la ganadería extensiva en los pastos naturales de las punas, con cría de vacunos, ovinos y, en menor porcentaje, auquénidos como llamas y alpacas. No existe actividad industrial.

2.9.5. Planta de tratamiento de aguas residuales del C.P. Marián como ámbito de estudio

Se encuentra ubicado a 3,289msnm, latitud 8°947,500N y longitud 225,250E en el Centro Poblado de Marián. Diseñado para tratar las aguas residuales provenientes de 1120 habitantes y viene operando desde el año 2012. Actualmente el caudal de aporte promedio es 0.52 l/s.

Pretratamiento: Cámara de rejas

Como unidad de pretratamiento se tiene una cámara de rejas de limpieza manual, destinado a separar los sólidos mayores o flotantes, sólidos inorgánicos y cantidades excesivas de grasas del afluente.



Fotografía N° 14: Cámara de rejas – PTAR C.P. Marián

Tratamiento primario: Tanque séptico

El tratamiento primario se realiza a través de un tanque séptico donde se lleva el proceso de sedimentación de sólidos. Los lodos sedimentados están en contacto con las aguas negras que entran al tanque, mientras que los sólidos orgánicos se descomponen por acción bacteriana anaerobia.



Fotografía N° 15: Tanque séptico – PTAR C.P. Marián

Disposición de lodos: Lecho de secado

El lodo líquido generado en el tanque séptico es evacuado a un lecho de secado, se estabiliza adicionando cal y se deja secar hasta que se deshidrate completamente. Son especialmente empleados en las plantas pequeñas debido a su sencillez de su operación y mantenimiento.



Fotografía N° 16: Lecho de secado de lodos – PTAR C.P. Marián

Tratamiento secundario: Filtro anaerobio de flujo ascendente

El efluente del tanque séptico es tratado mediante un filtro de flujo ascendente, compuesto por una columna rellena de grava de diámetro 2” que se utiliza para el tratamiento de la materia orgánica carbonosa contenida en el agua residual. El agua a tratar fluye en sentido ascendente, entrando en contacto con el medio sobre el que se desarrolla la biopelícula y fijan las bacterias anaerobias.



Fotografía N° 17: Filtro anaerobio de flujo ascendente – PTAR C.P. Marián

Tratamiento terciario

La planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado de Marián no cuenta con un tratamiento terciario.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

III: RESULTADOS

3.1. Condición ambiental de la localidad de Marián

3.1.1. Temperatura ambiental

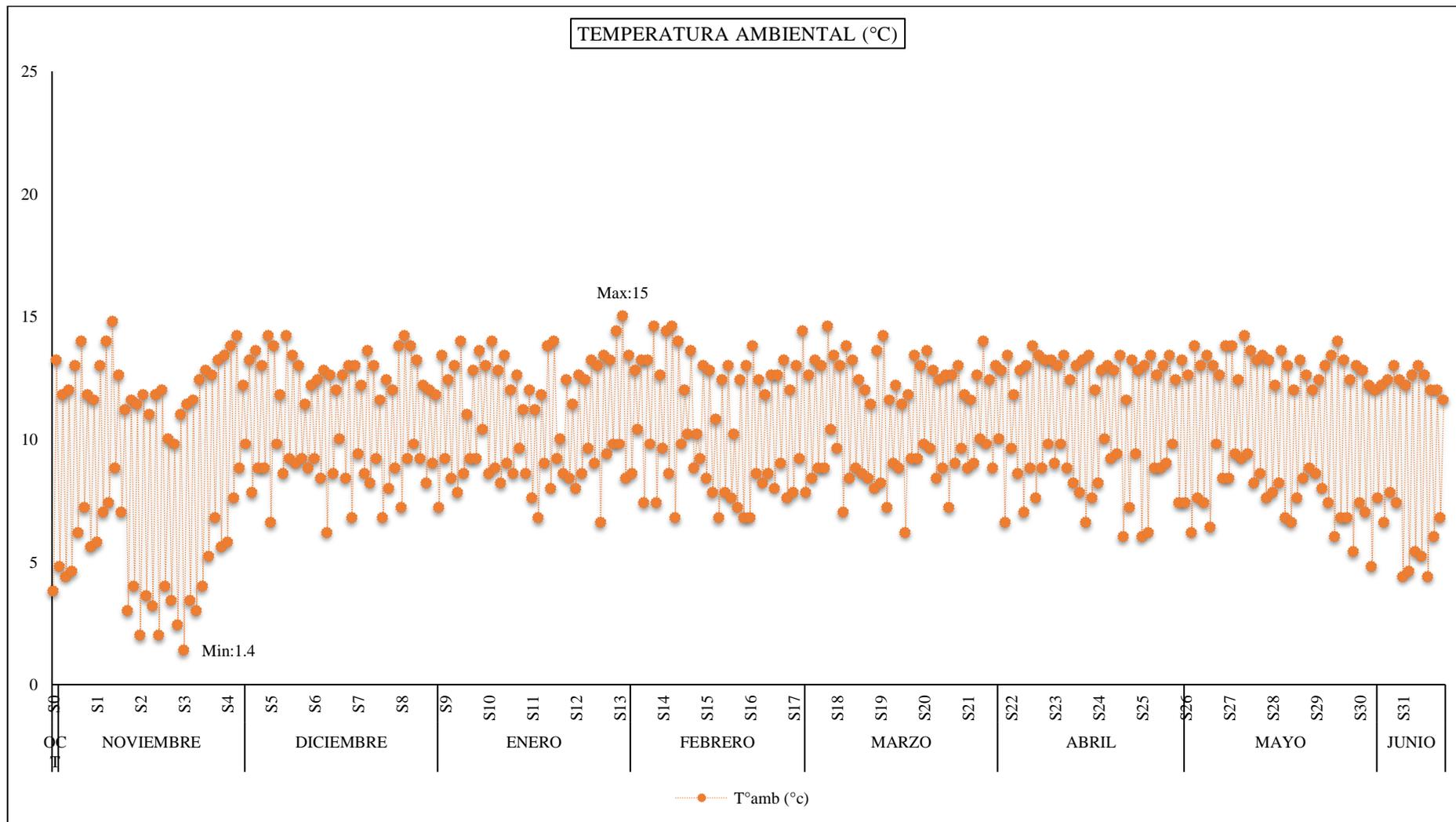
En el Gráfico 1 se observa la variación de temperatura del medio ambiente por día, se tiene un registro en horas de la mañana y otra en horas de la tarde. La temperatura máxima se registró en la semana 13 con 15°C y la temperatura mínima en la semana 3 con 1.4°C.

Tabla 10: Variación de temperatura ambiental promedio

TEMPERATURA (°C)		
MES	N° SEMANA	AMBIENTE
OCT	S0	8.86
NOV	S1	9.40
	S2	7.00
	S3	8.34
	S4	10.83
DIC	S5	10.79
	S6	10.43
	S7	10.54
	S8	10.74
ENE	S9	10.90
	S10	10.67
	S11	10.16
	S12	10.94
	S13	11.19
FEB	S14	11.06
	S15	9.79
	S16	10.37
	S17	11.10
MAR	S18	10.59
	S19	10.39
	S20	10.80
	S21	10.91
ABRIL	S22	10.81
	S23	10.59
	S24	10.64
	S25	10.50
MAYO	S26	10.39
	S27	11.04
	S28	10.20
	S29	10.03
JUNIO	S30	9.69
	S31	8.77

Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

Gráfico 1: Variación de temperatura ambiental en la localidad



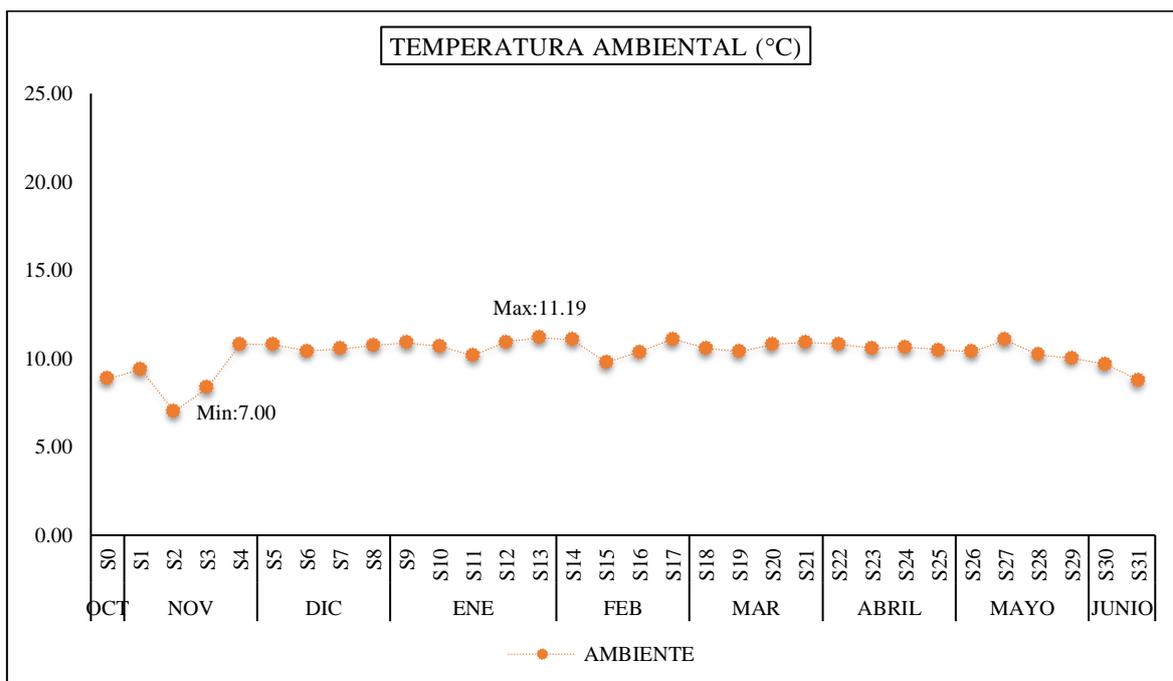
Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

Tabla 11: Variación de temperatura ambiental promedio

TEMPERATURA (°C)		
MES	N° SEMANA	AMBIENTE
OCT	S0	8.86
NOV	S1	9.40
	S2	7.00
	S3	8.34
	S4	10.83
DIC	S5	10.79
	S6	10.43
	S7	10.54
	S8	10.74
ENE	S9	10.90
	S10	10.67
	S11	10.16
	S12	10.94
	S13	11.19
FEB	S14	11.06
	S15	9.79
	S16	10.37
	S17	11.10
MAR	S18	10.59
	S19	10.39
	S20	10.80
	S21	10.91
ABRIL	S22	10.81
	S23	10.59
	S24	10.64
	S25	10.50
MAYO	S26	10.39
	S27	11.04
	S28	10.20
	S29	10.03
JUNIO	S30	9.69
	S31	8.77

Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

Gráfico 2: Variación de temperatura ambiental promedio



Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

En el Gráfico 2 se observa la variación de temperatura ambiental promedio, indicando la temperatura máxima en la semana 13 con 11.19°C y la temperatura mínima en la semana 2 con 7.00°C.

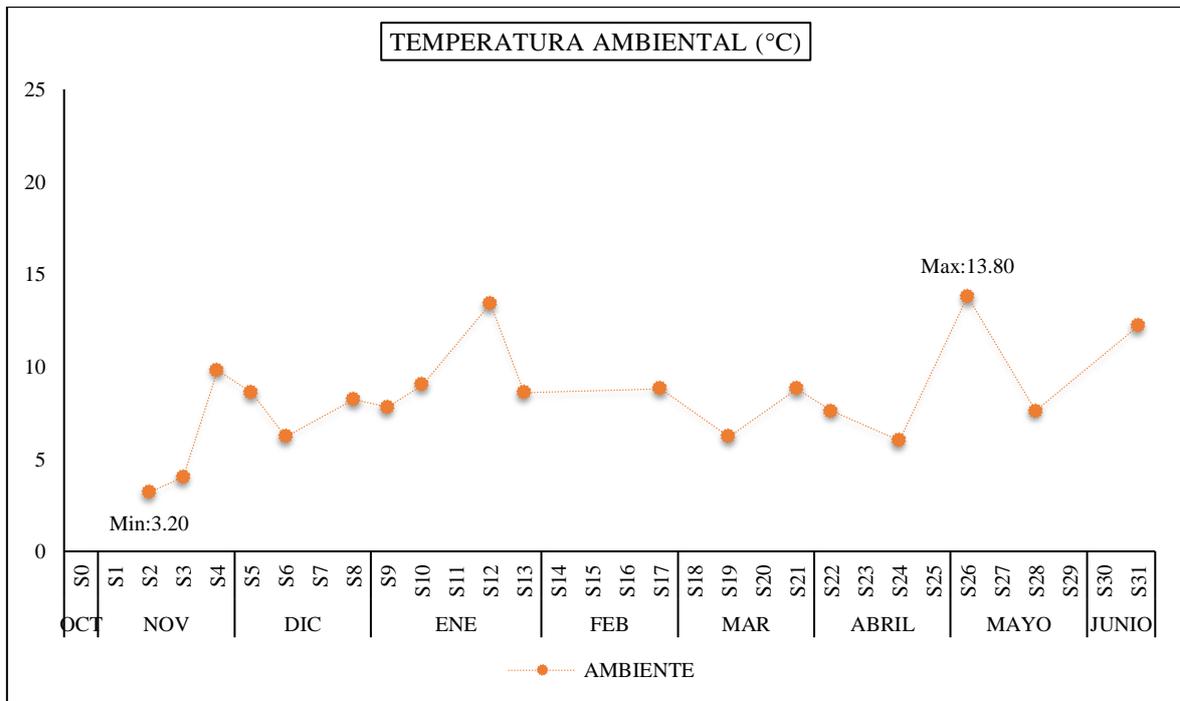
Tabla 12: Variación de temperatura ambiental durante el muestreo

TEMPERATURA (°C)		
MES	N° SEMANA	AMBIENTE
NOV	S2	3.20
	S3	4.00
	S4	9.80
DIC	S5	8.60
	S6	6.20
	S8	8.20
ENE	S9	7.80
	S10	9.00
	S12	13.40
	S13	8.60
FEB	S17	8.80
MAR	S19	6.20
	S21	8.80

ABRIL	S22	7.60
	S24	6.00
MAYO	S26	13.80
	S28	7.60
JUNIO	S31	12.20

Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

Gráfico 3: Variación de temperatura ambiental durante el muestreo



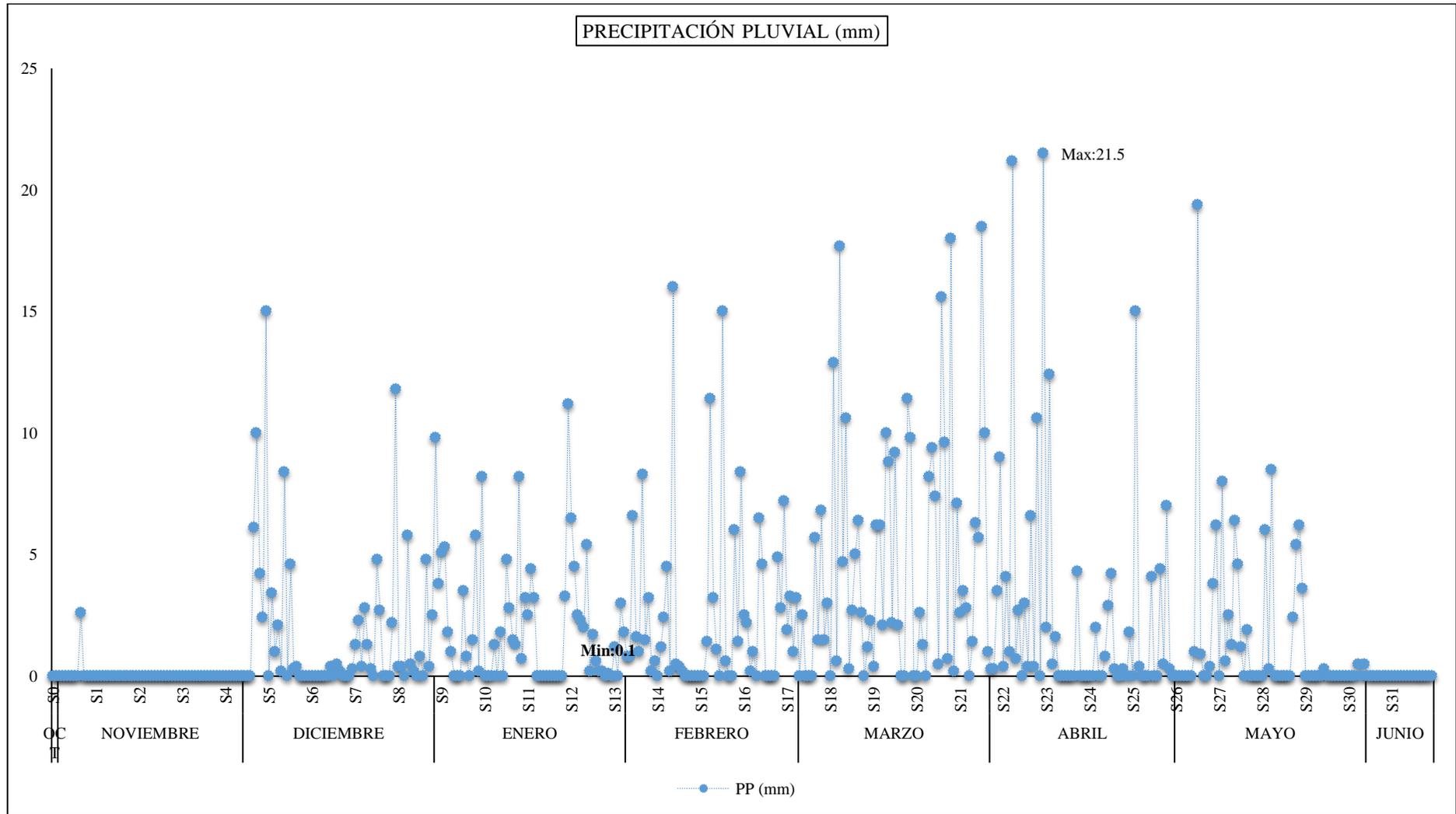
Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

En el Gráfico 3 se observa la variación de temperatura ambiental durante la toma de muestra, indicando la temperatura máxima en la semana 26 con 13.80°C y la temperatura mínima en la semana 2 con 3.2°C.

3.1.2. Precipitación pluvial

En el Gráfico 4 se observa la variación de precipitación pluvial por día, se tiene un registro en horas de la mañana y otra en horas de la tarde. La precipitación máxima se registró en la semana 22 con 21.5mm/h y la precipitación mínima en la semana 12 con 0.1mm/h.

Gráfico 4: Variación de precipitación pluvial en la localidad



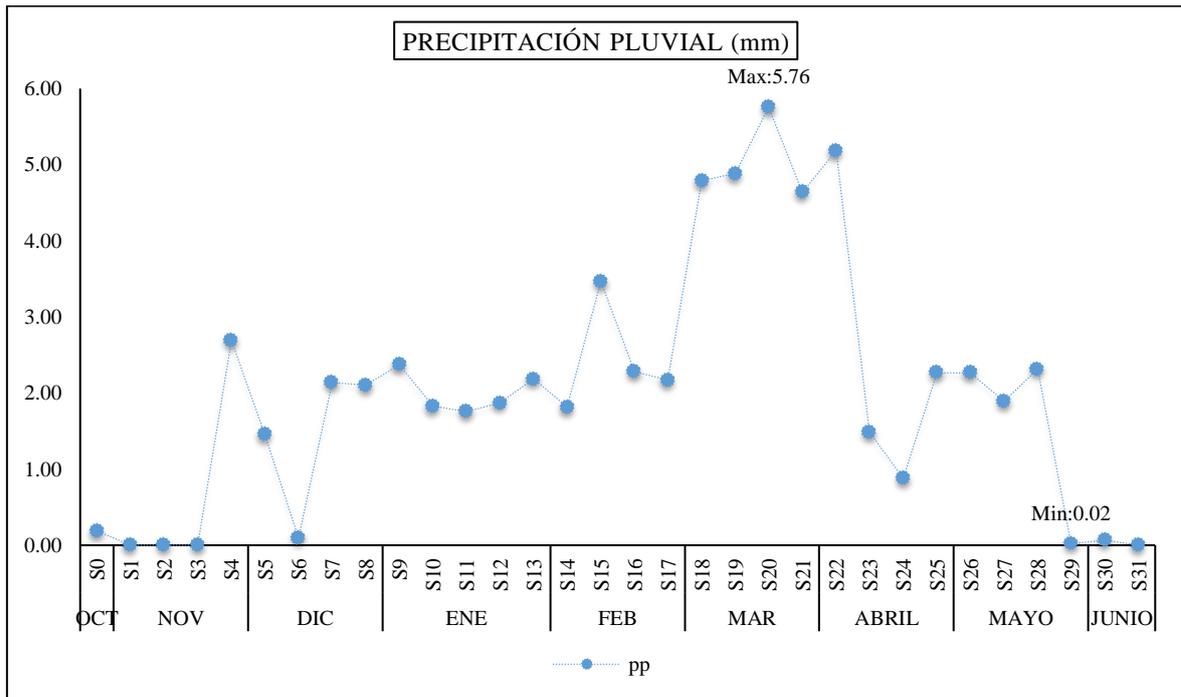
Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

Tabla 13: Variación de precipitación pluvial promedio

PRECIPITACIÓN (mm)		
MES	Nº SEMANA	PP
OCT	S0	0.19
NOV	S1	0.00
	S2	0.00
	S3	0.00
	S4	2.69
DIC	S5	1.46
	S6	0.10
	S7	2.14
	S8	2.10
ENE	S9	2.37
	S10	1.83
	S11	1.76
	S12	1.87
	S13	2.19
FEB	S14	1.81
	S15	3.46
	S16	2.28
	S17	2.17
MAR	S18	4.79
	S19	4.89
	S20	5.76
	S21	4.64
ABRIL	S22	5.19
	S23	1.49
	S24	0.88
	S25	2.26
MAYO	S26	2.26
	S27	1.89
	S28	2.31
	S29	0.02
JUNIO	S30	0.07
	S31	0.00

Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

Gráfico 5: Variación de temperatura ambiental promedio



Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

En el Gráfico 5 se observa la precipitación pluvial promedio, indicando la precipitación pluvial máxima en la semana 20 con 5.76 mm/h y la precipitación pluvial mínima en la semana 29 con 0.02 mm/h.

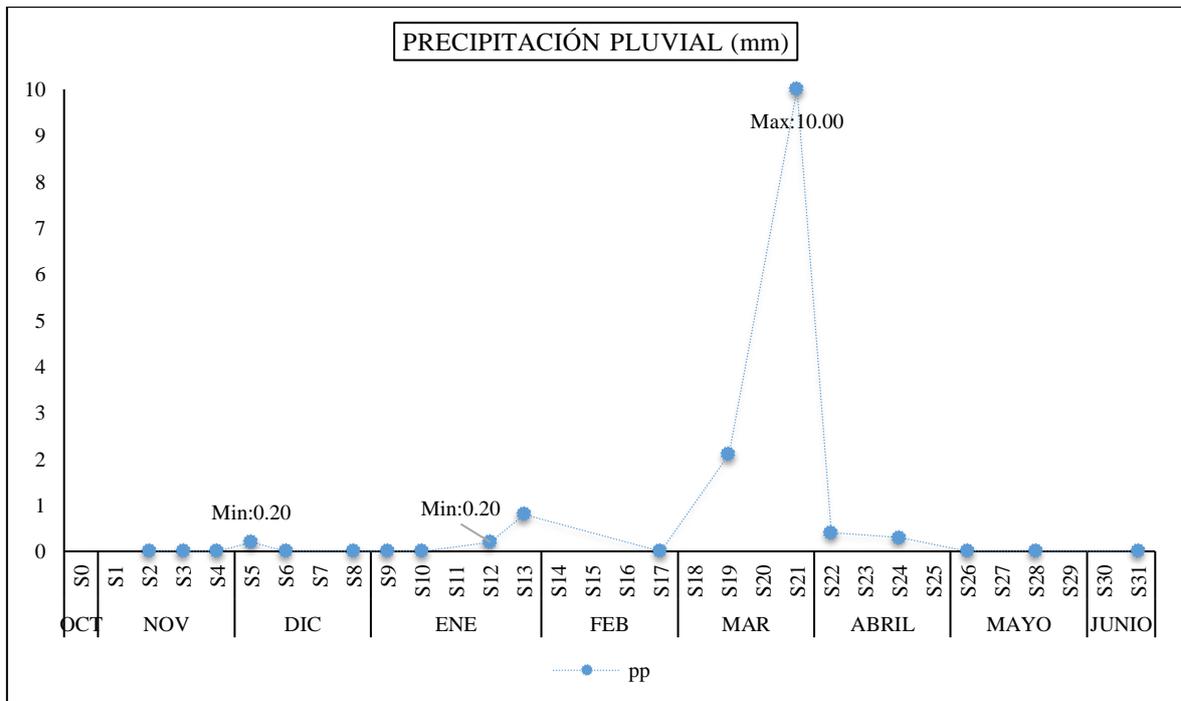
Tabla 14: Variación de precipitación pluvial durante el muestreo

PRECIPITACIÓN (mm)		
MES	N° SEMANA	PP
NOV	S2	0.00
	S3	0.00
	S4	0.00
DIC	S5	0.20
	S6	0.00
	S8	0.00
ENE	S9	0.00
	S10	0.00
	S12	0.20
	S13	0.80
FEB	S17	0.00
MAR	S19	2.10
	S21	10.00

ABRIL	S22	0.40
	S24	0.30
MAYO	S26	0.00
	S28	0.00
JUNIO	S31	0.00

Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

Gráfico 6: Variación de precipitación pluvial durante el muestreo



Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

En el Gráfico 6 se observa la variación de precipitación pluvial durante la toma de muestra, indicando la precipitación pluvial máxima en la semana 21 con 10.00mm/h y la precipitación mínima en las semanas 5 y 12 con 0.2mm/h.

3.2. Estado de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marián

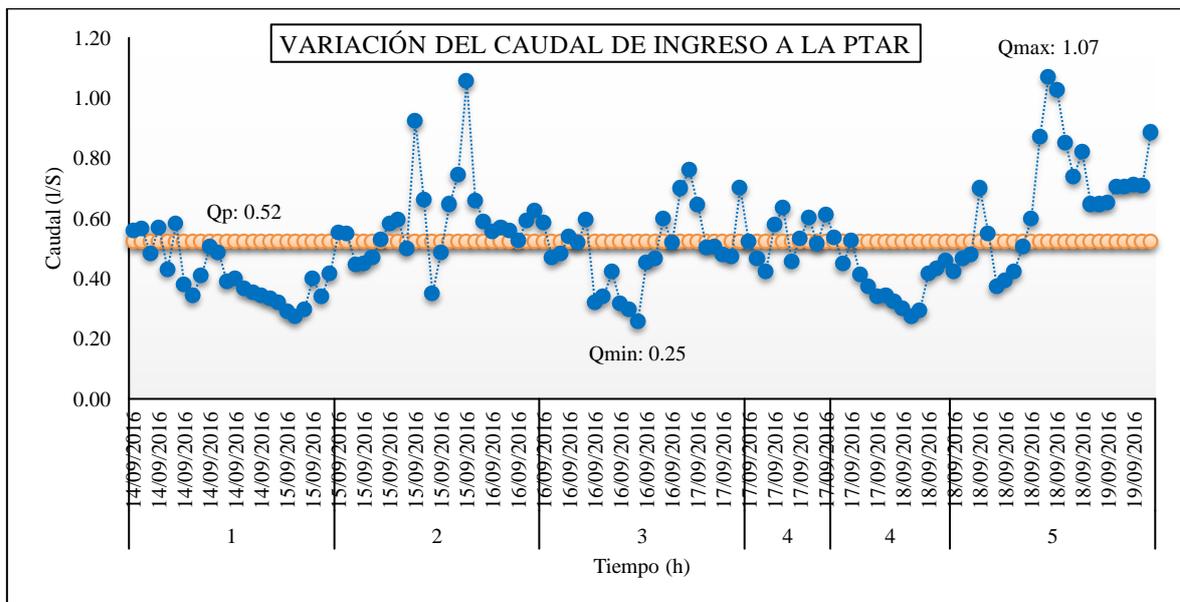
3.2.1. Caudal de operación

Tabla 15: Variación de caudal de ingreso a la PTAR

CAUDAL (l/s)	
Día 01	0.41
Día 02	0.59
Día 03	0.50
Día 04	0.45
Día 05	0.66
Qmax (l/s)	1.07
Qp (l/s)	0.52
Qmin (l/s)	0.25
Qmax: Caudal máximo. Qp: Caudal promedio. Qmin: Caudal mínimo.	

En la tabla 15, se registra que el caudal promedio al ingreso de la PTAR es 0.52 l/s, el caudal máximo 1.07 l/s y un caudal mínimo de 0.25 l/s. Resultado obtenido de la medición del caudal por cada hora, durante cinco días consecutivos (Ver Anexo 1).

Gráfico 7: Variación de caudal de ingreso a la PTAR



El Gráfico 7 indica que el aporte de caudal a la PTAR se incrementa en la mañana entre 10.00 am a 1.00 pm, periodo en que la población tiende a hacer uso del agua en las actividades domésticas, generalmente en la cocina y lavado de ropa.

Se observa que el caudal máximo fue registrado el día 5 y el caudal mínimo el día 03. De la variación de caudal durante los cinco días, determinamos que el caudal promedio de ingreso a la PTAR es de 0.52 l/s.

3.2.2. Eficiencia de tratamiento

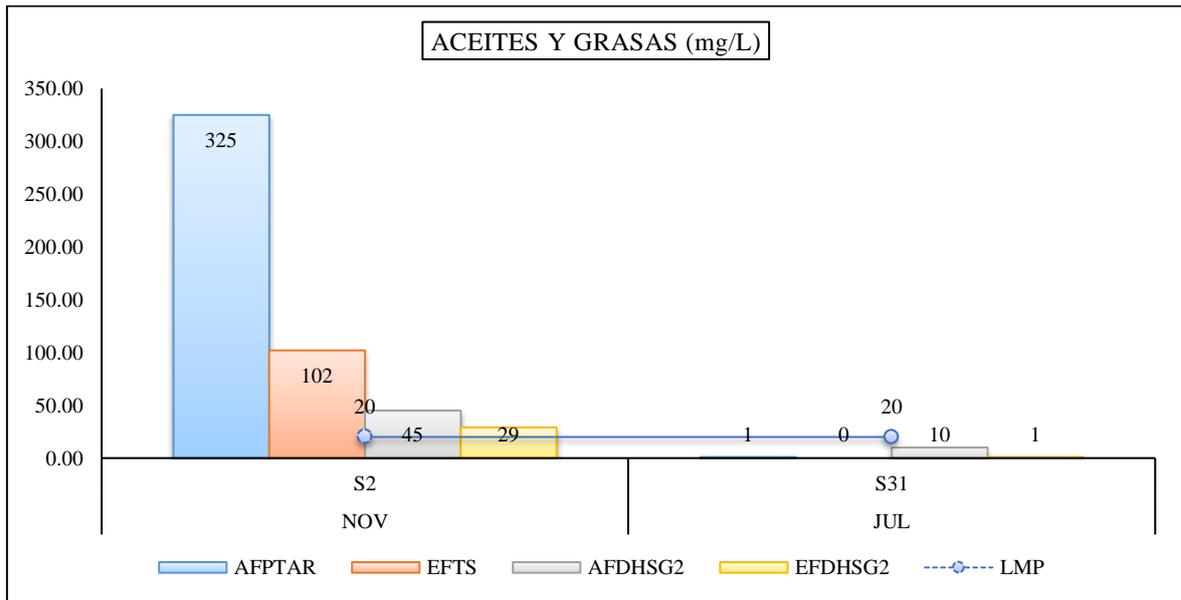
➤ Parámetros fisicoquímicos

Aceites y grasas

Tabla 16: Variación de concentración de aceites y grasas

ACEITES Y GRASAS (mg/L)							REMOCIÓN (%)		
MES	N° SEMANA	AFPTAR	EFTS	AFDHSG2	EFDHSG2	LMP	TS	TS+SP	TS+SP+DHS2
		Punto P	Punto T	Punto A	Punto E		P - T	P - A	P - E
NOV	S2	325	102	45	29	20	68.6%	86.2%	91.1%
JUL	S31	<1	-	10	<1	20	-	-900.0%	0.0%
EFICIENCIA							68.6%	406.9%	45.5%
AFPTAR: Afluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales. EFTS: Efluente del Tanque séptico. AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina. EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina. LMP: Límite máximo permisible. TS: Tanque séptico. SP: Sedimentador piloto. DHS2: Reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina. -: No se registraron datos. <1: Indeterminado. En la presente investigación, se evalúa con el dato menos desfavorable. *Signo negativo antecediendo al número, indica incremento de concentración.									

Gráfico 8: Variación de concentración de aceites y grasas

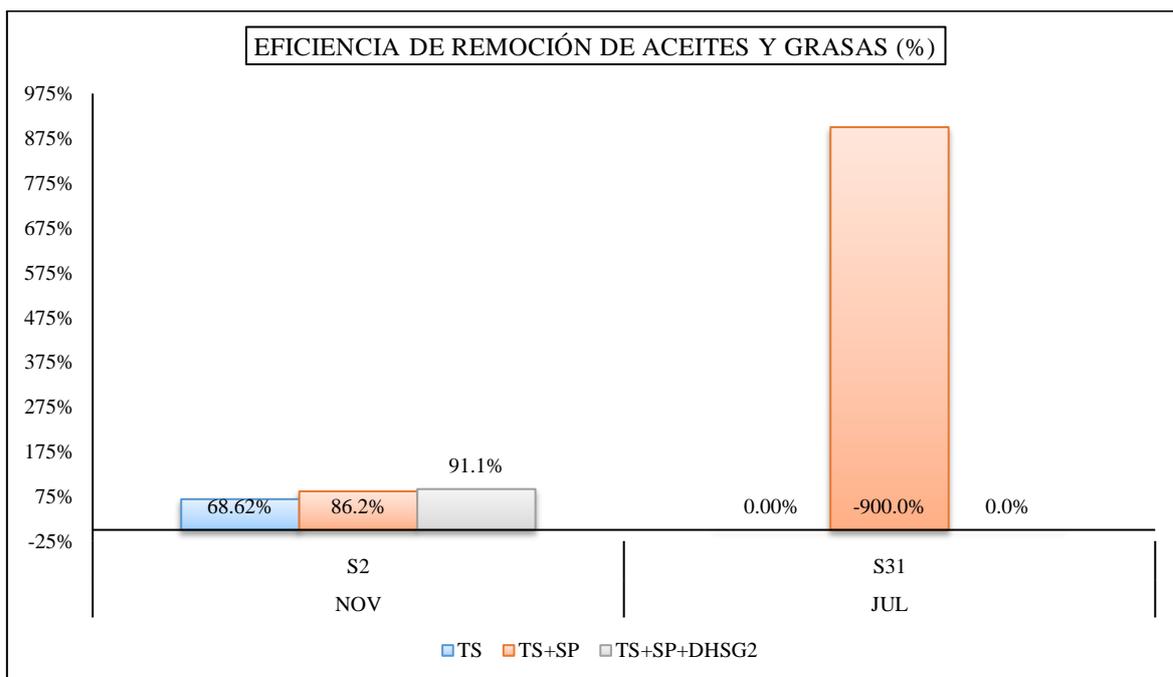


En la tabla 16 y el Gráfico 8; se observa que en la semana 2, la concentración de aceites y grasas en el afluente de la PTAR es de 325 mg/L, en el efluente del tanque séptico 102 mg/L, en el afluente del DHSG2 es 45 mg/L y en el efluente del DHSG2 29 mg/L.

Luego de 29 semanas de estudio la concentración de aceites y grasas en el afluente del DHSG2 es 10 mg/L, mientras que en el afluente de la PTAR y efluente del DHSG2 el resultado fue menor al Límite de detección durante el análisis de laboratorio.

Se observa que en la semana 2, el resultado del efluente del tanque séptico no cumplía con los Límites máximos permisibles, superando en 82 mg/L de más.

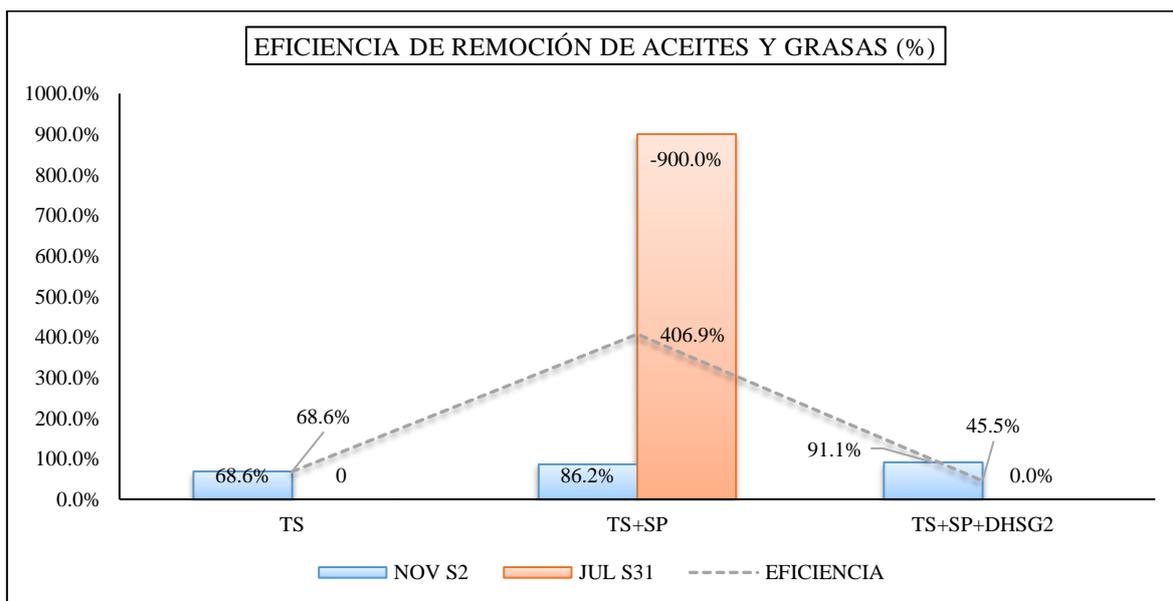
Gráfico 9: Eficiencia de remoción de aceites y grasas



Del Gráfico 9, se observa que en la semana 2, la remoción de aceites y grasas en el tanque séptico es 68.62%. El tanque séptico más el sedimentador piloto remueve 86.2% de la concentración de aceites y grasas. La remoción del tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 es de 91.1%.

En la semana 31, se observa que la concentración de aceites y grasas en el tanque séptico más el sedimentador piloto se incrementa en un 900%, y la remoción en el tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 fue indeterminado.

Gráfico 10: Eficiencia de remoción de aceites y grasas



El Gráfico 10 muestra la eficiencia de remoción de aceites y grasas por unidad de tratamiento en la PTAR. El tanque séptico remueve un 68.62%, mientras que en la combinación del tanque séptico más el sedimentador piloto se observa la disminución de la remoción a un 406.9%. Finalmente, la remoción del tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHS2 es de 45.5%.

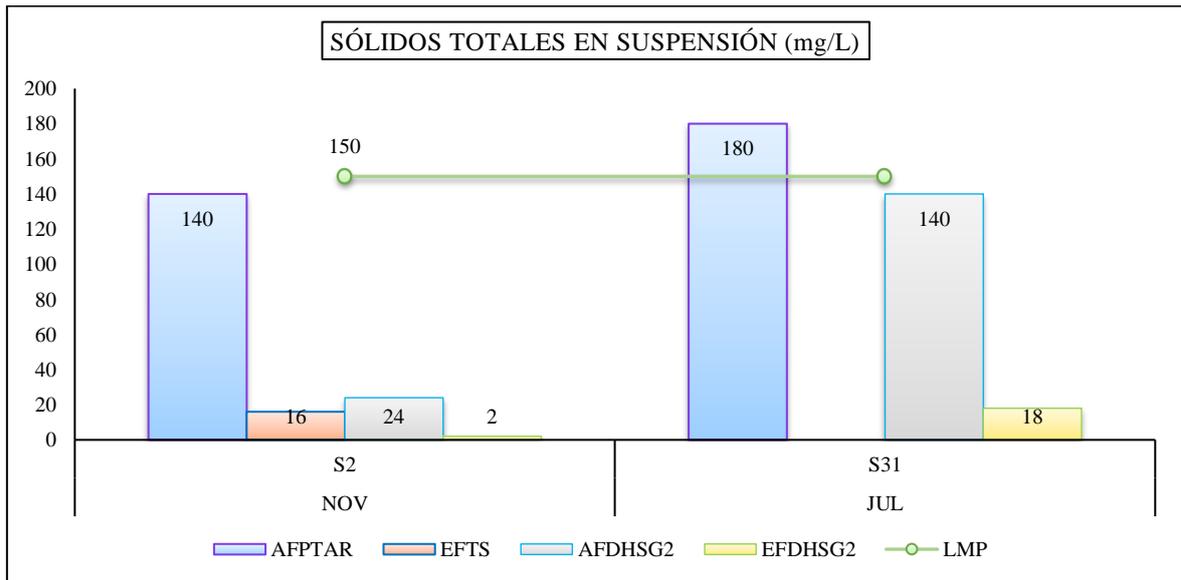
Sólidos totales en suspensión

Tabla 17: Variación de concentración de sólidos totales en suspensión

SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/L)							REMOCIÓN (%)		
MES	N° SEMANA	AFPTAR	EFTS	AFDHS2	EFDHS2	LMP	TS	TS+SP	TS+SP+DHS2
		Punto P	Punto T	Punto A	Punto E		P - T	P - A	P - E
NOV	S2	140	16	24	2	150	88.6%	82.9%	98.6%
JUL	S31	180	-	140	18	150	-	22.2%	90.0%
EFICIENCIA							88.6%	52.5%	94.3%

AFPTAR: Afluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales.
 EFTS: Efluente del Tanque séptico.
 AFDHS2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
 EFDHS2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
 LMP: Límite máximo permisible.
 TS: Tanque séptico.
 SP: Sedimentador piloto.
 DHS2: Reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina.
 - : No se registraron datos.

Gráfico 11: Variación de concentración de sólidos totales en suspensión

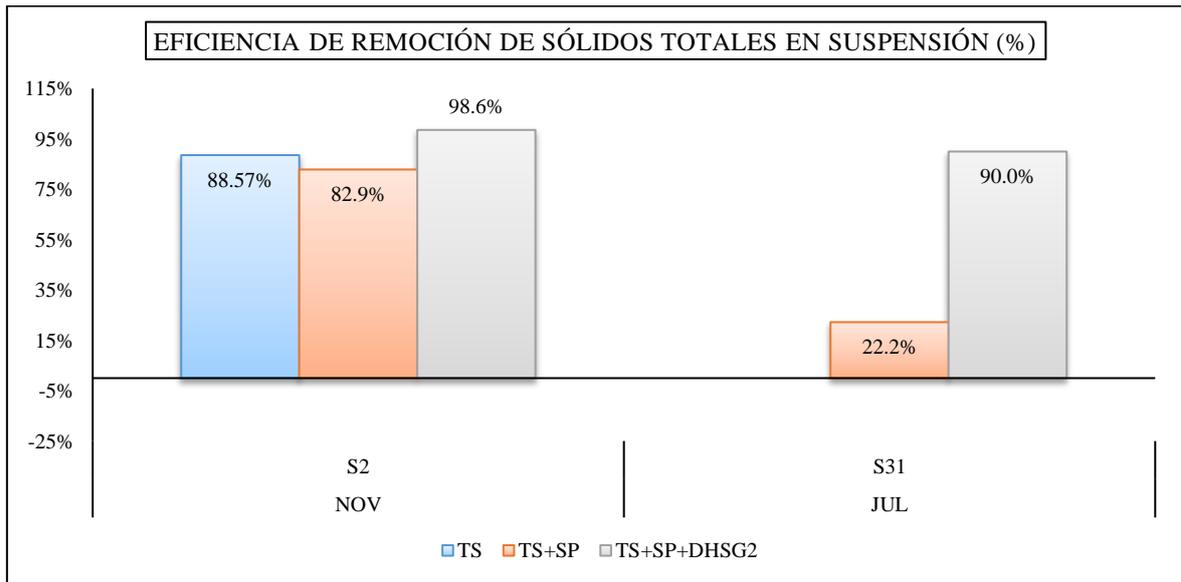


En la tabla 17 y el Gráfico 11; se observa que en la semana 2, la concentración de sólidos totales en suspensión en el afluente de la PTAR es de 140 mg/L, en el efluente del tanque séptico 16 mg/L, en el afluente del DHSG2 es 24 mg/L y en el efluente del DHSG2 es 2 mg/L.

Luego de 29 semanas de estudio la concentración de sólidos totales en suspensión, en el afluente de la PTAR es 180mg/L, en el afluente del DHSG2 es 140 mg/L y en el efluente de del DHSG2 es 18 mg/L.

Se observa que en la semana 31, el resultado del afluente de la PTAR no cumplía con los Límites máximos permisibles, superando en 30 mg/L de más.

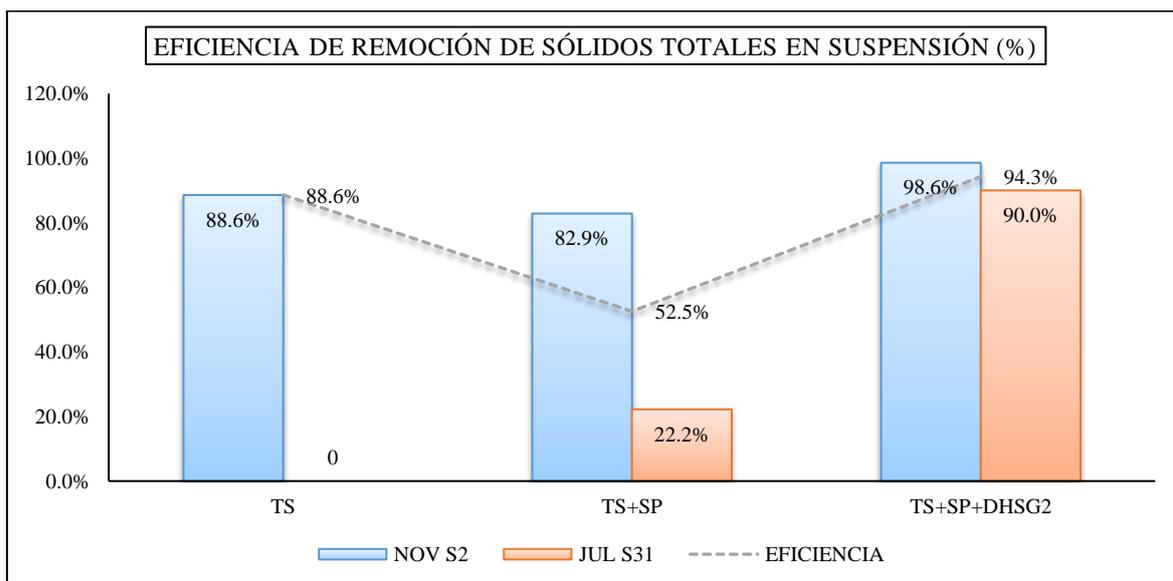
Gráfico 12: Eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión



Del Gráfico 12, se observa que en la semana 2, la remoción de sólidos totales en suspensión en el tanque séptico es 88.57%. El tanque séptico más el sedimentador piloto remueve 82.9% de la concentración de sólidos totales en suspensión. La remoción en el tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 es de 98.6%.

En la semana 31, se observa que la concentración de sólidos totales en suspensión en el tanque séptico más el sedimentador piloto es 22.2%, y la remoción en el tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 fue 90.0%.

Gráfico 13: Eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión



El Gráfico 13 muestra la eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión por unidad de tratamiento en la PTAR. El tanque séptico remueve un 88.6%, mientras que en la combinación del tanque séptico más el sedimentador piloto se observa la disminución de la remoción a un 52.5%. Finalmente, la remoción del tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHS2 es de 94.3%.

➤ **Indicadores de contaminación bioquímica**

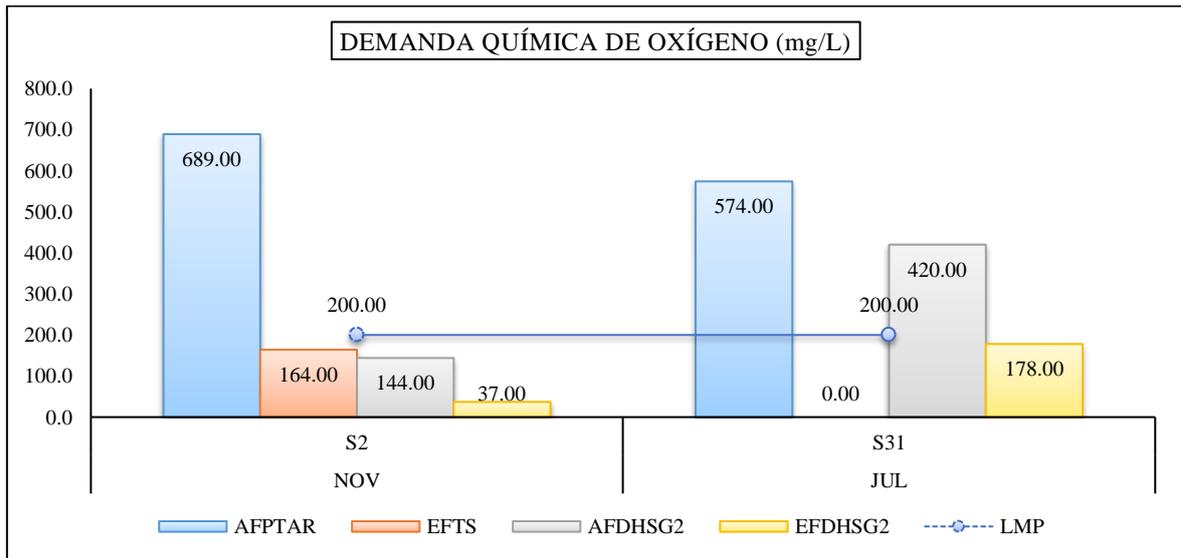
Demanda química de oxígeno

Tabla 18: Variación de concentración de demanda química de oxígeno

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)							REMOCIÓN (%)		
MES	N° SEMANA	AFPTAR	EFTS	AFDHS2	EFDHS2	LMP	TS	TS+SP	TS+SP+DHS2
		Punto P	Punto T	Punto A	Punto E		P - T	P - A	P - E
NOV	S2	689.00	164.00	144.00	37.00	200.00	76.2%	79.1%	94.6%
JUL	S31	574.00	-	420.00	178.00	200.00	-	26.8%	69.0%
EFICIENCIA							76.2%	53.0%	81.8%

AFPTAR: Afluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales.
 EFTS: Efluente del Tanque séptico.
 AFDHS2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
 EFDHS2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
 LMP: Límite máximo permisible.
 TS: Tanque séptico.
 SP: Sedimentador piloto.
 DHS2: Reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina.
 - : No se registraron datos.

Gráfico 14: Variación de concentración de demanda química de oxígeno

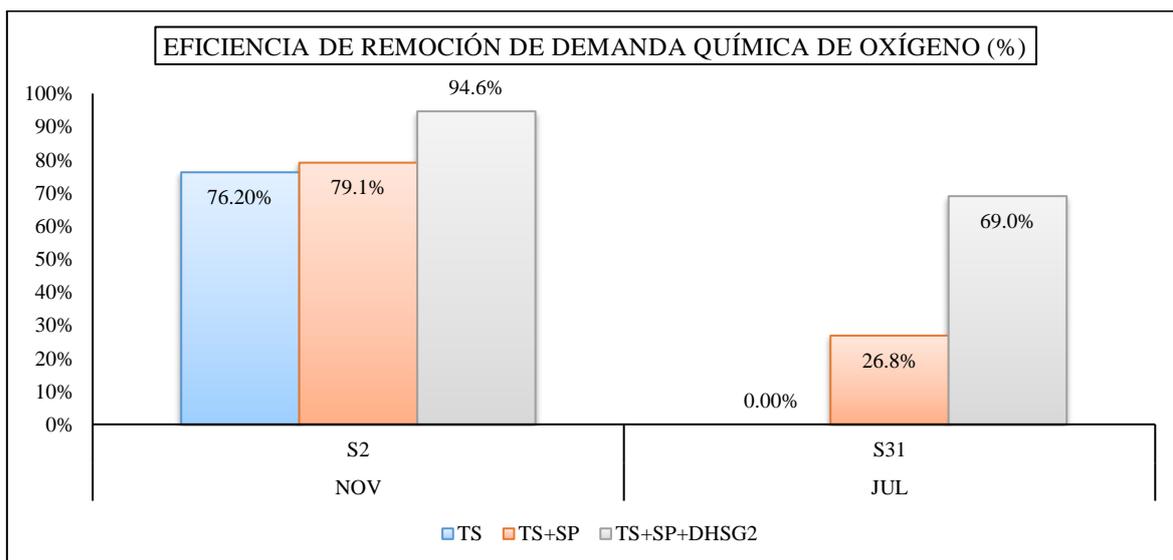


En la tabla 18 y el Gráfico 14; se observa que en la semana 2, la concentración de la demanda química de oxígeno en el afluente de la PTAR es de 689 mg/L, en el efluente del tanque séptico 164 mg/L, en el afluente del DHSG2 es 144 mg/L y en el efluente del DHSG2 37 mg/L.

Luego de 29 semanas de estudio la concentración de demanda química de oxígeno en el afluente de la PTAR es 574 mg/L, en el afluente del DHSG2 es 420 mg/L y en el efluente del DHSG2 es 178 mg/L.

Se observa que en la semana 2, el resultado del efluente del tanque séptico cumple con los Límites máximos permisibles.

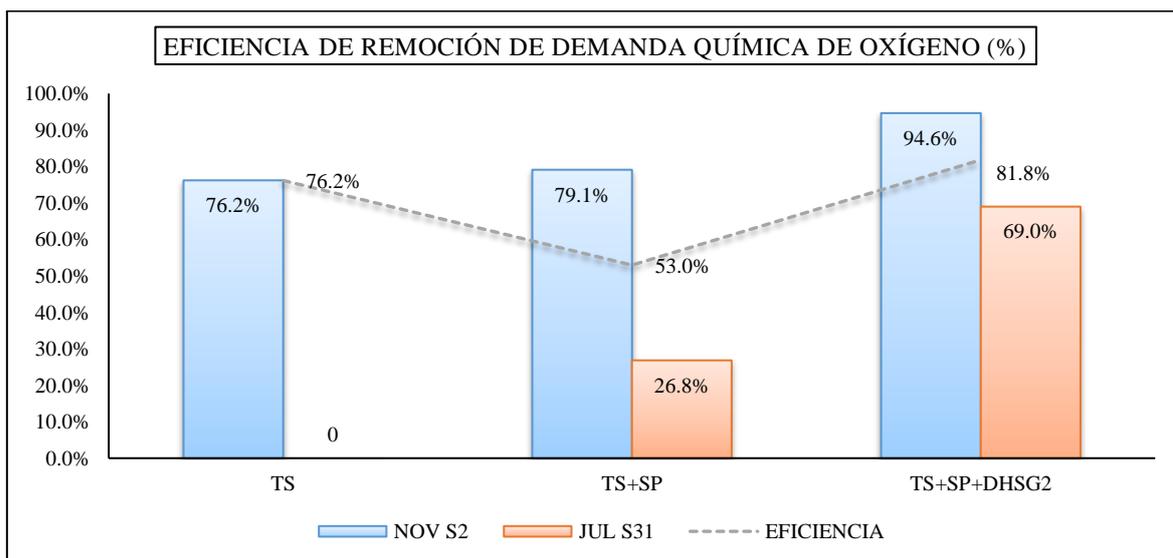
Gráfico 15: Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno



Del Gráfico 15, se observa que en la semana 2, la remoción de la demanda química de oxígeno en el tanque séptico es 76.20%. El tanque séptico más el sedimentador piloto remueve 79.1% de la concentración de demanda química de oxígeno. La remoción en el tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 es de 94.6%.

En la semana 31, se observa que la concentración de demanda química de oxígeno en el tanque séptico más el sedimentador piloto es 26.8%, y la remoción en el tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 fue 69.0%.

Gráfico 16: Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno



El Gráfico 16 muestra la eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno por unidad de tratamiento en la PTAR. El tanque séptico remueve un 76.2%, mientras que en la combinación del tanque séptico más el sedimentador piloto se observa la disminución de la remoción a un 53.0%. Finalmente, la remoción del tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHS2 es de 81.8%.

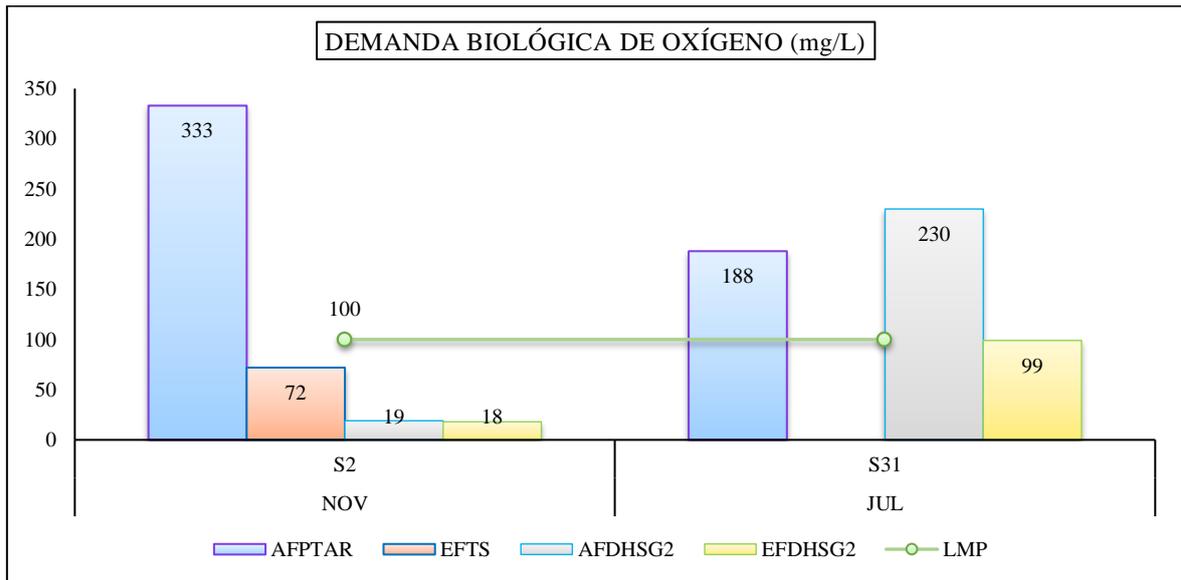
Demanda bioquímica de oxígeno

Tabla 19: Variación de concentración de demanda bioquímica de oxígeno

		DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					REMOCIÓN (%)		
MES	N° SEMANA	AFPTAR	EFTS	AFDHS2	EFDHS2	LMP	TS	TS+SP	TS+SP+DHS2
		Punto P	Punto T	Punto A	Punto E		P - T	P - A	P - E
NOV	S2	333	72	19	18	100	78.4%	94.3%	94.6%
JUL	S31	188	-	230	99	100	-	-22.3%	47.3%
EFICIENCIA							78.4%	36.0%	71.0%

AFPTAR: Afluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales.
 EFTS: Efluente del Tanque séptico.
 AFDHS2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
 EFDHS2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
 LMP: Límite máximo permisible.
 TS: Tanque séptico.
 SP: Sedimentador piloto.
 DHS2: Reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina.
 - : No se registraron datos.
 *Signo negativo antecediendo al número, indica incremento de concentración.

Gráfico 17: Variación de concentración de demanda bioquímica de oxígeno

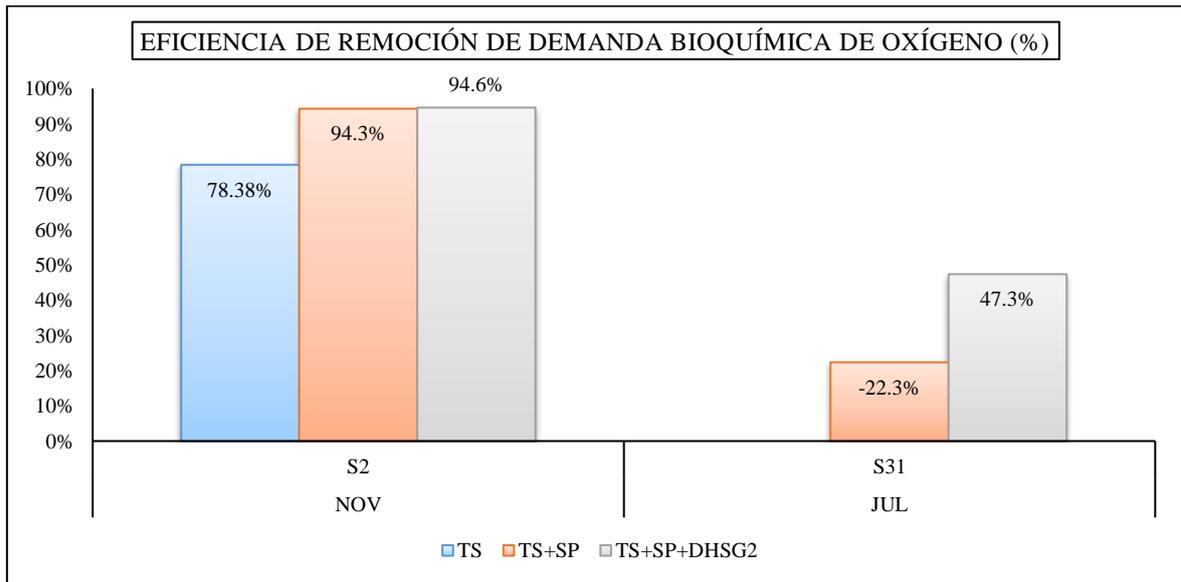


En la tabla 19 y el Gráfico 17; se observa que en la semana 2, la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en el afluente de la PTAR es de 333 mg/L, en el efluente del tanque séptico 72 mg/L, en el afluente del DHSG2 es 19 mg/L y en el efluente del DHSG2 18 mg/L.

Luego de 29 semanas de estudio la concentración de demanda bioquímica de oxígeno en el afluente de la PTAR es 333mg/L, en el afluente del DHSG2 es 230 mg/L y en el efluente del DHSG2 es 99 mg/L.

Se observa que en la semana 2, el resultado del efluente del tanque séptico cumple con los Límites máximos permisibles.

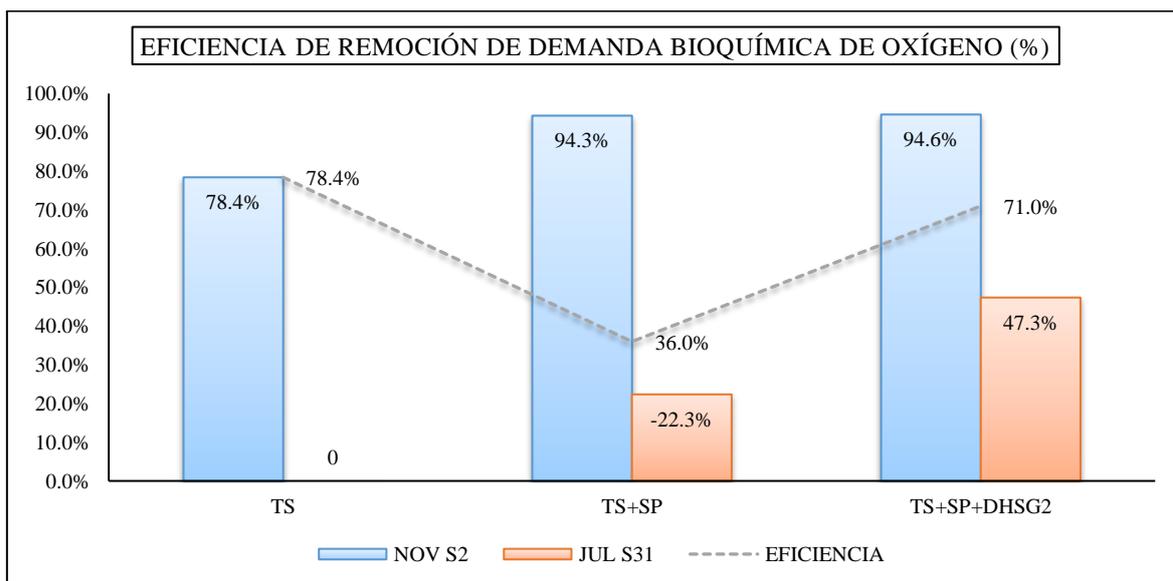
Gráfico 18: Eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno



Del Gráfico 18, se observa que en la semana 2, la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno en el tanque séptico es 78.38%. El tanque séptico más el sedimentador piloto remueve 94.3% de la concentración de demanda bioquímica de oxígeno. La remoción en el tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 es de 94.6%.

En la semana 31, se observa que la concentración de demanda bioquímica de oxígeno en el tanque séptico más el sedimentador piloto se incrementa en un 22.3%, y la remoción en el tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 fue 47.3%.

Gráfico 19: Eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno



El Gráfico 19 muestra la eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno por unidad de tratamiento en la PTAR. El tanque séptico remueve un 78.4%, mientras que en la combinación del tanque séptico más el sedimentador piloto se observa la disminución de la remoción a un 36.0%. Finalmente, la remoción del tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHS2 es de 71.0%.

➤ **Indicadores de contaminación microbiológica**

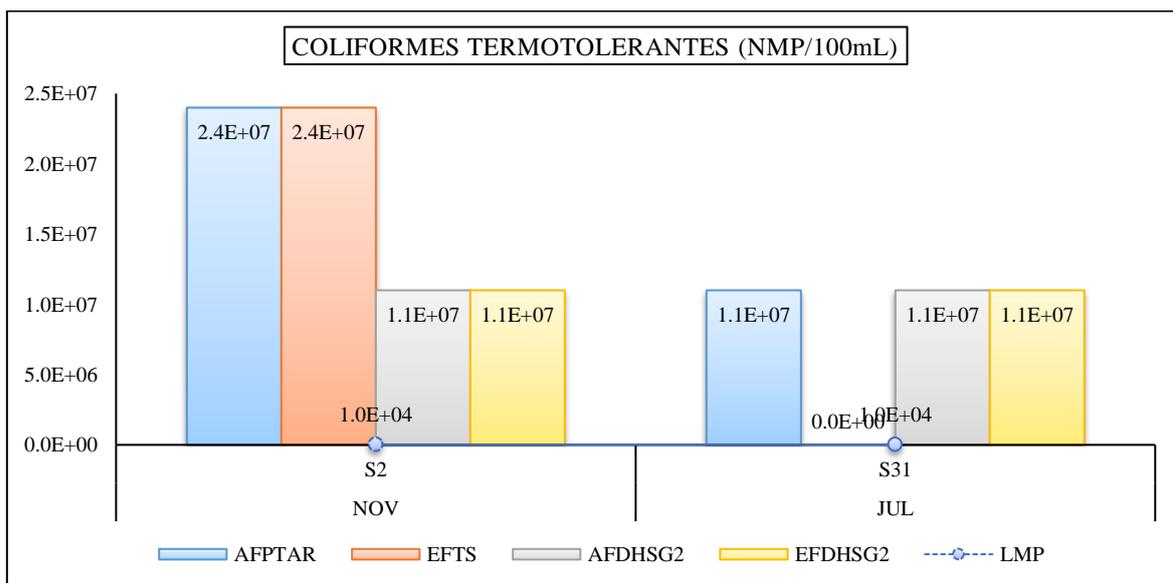
Coliformes termotolerantes

Tabla 20: Variación de concentración de coliformes termotolerantes

COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100mL)							REMOCIÓN (%)		
MES	N° SEMANA	AFPTAR	EFTS	AFDHS2	EFDHS2	LMP	TS	TS+SP	TS+SP+DHS2
		Punto P	Punto T	Punto A	Punto E		P - T	P - A	P - E
NOV	S2	2.4E+07	2.4E+07	1.1E+07	1.1E+07	1.0E+04	0.0%	54.2%	54.2%
JUL	S31	1.1E+07	-	1.1E+07	1.1E+07	1.0E+04	-	0.0%	0.0%
EFICIENCIA							0.0%	27.1%	27.1%

AFPTAR: Afluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales.
 EFTS: Efluente del Tanque séptico.
 AFDHS2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
 EFDHS2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
 LMP: Límite máximo permisible.
 TS: Tanque séptico.
 SP: Sedimentador piloto.
 DHS2: Reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina.
 -: No se registraron datos.

Gráfico 20: Variación de concentración de coliformes termotolerantes

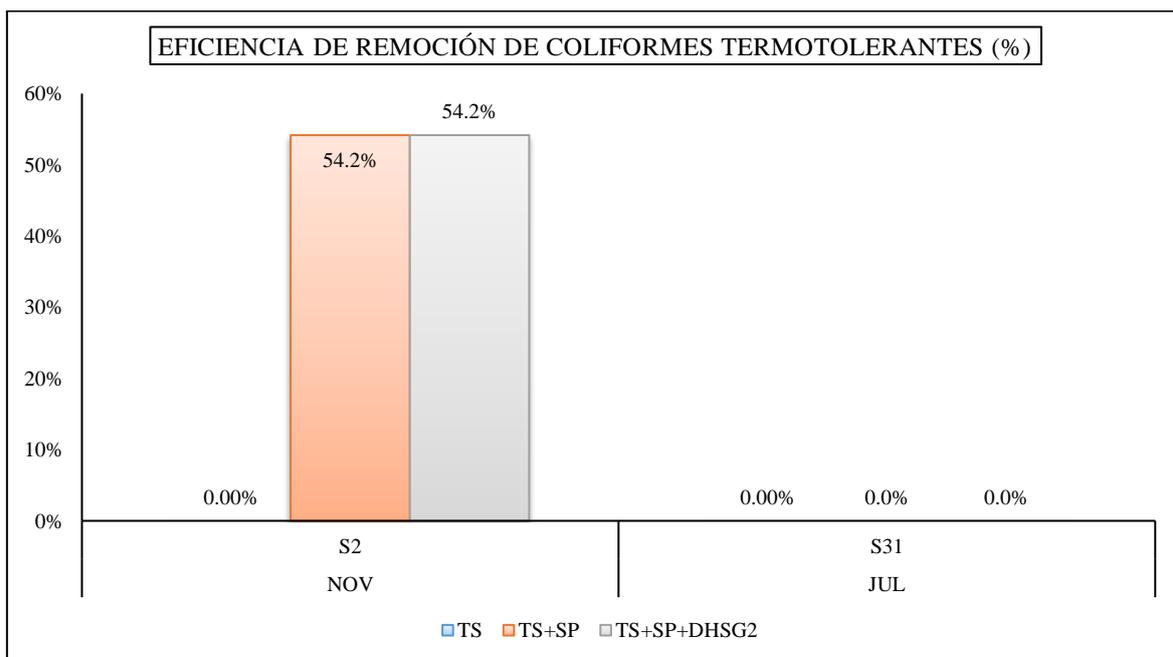


En la tabla 20 y el Gráfico 20; se observa que en la semana 2, la concentración de coliformes termotolerantes en el afluente y efluente de la PTAR es de 2.4×10^7 NMP/100mL, en el afluente y efluente del DHSG2 es 1.1×10^7 NMP/100mL.

Luego de 29 semanas de estudio la concentración de coliformes termotolerantes, en el afluente de la PTAR, afluente del DHSG2 y en el efluente de del DHSG2 es 1.1×10^7 NMP/100mL.

Se observa que en la semana 2, el resultado del efluente de la PTAR no cumplía con los límites máximos permisibles.

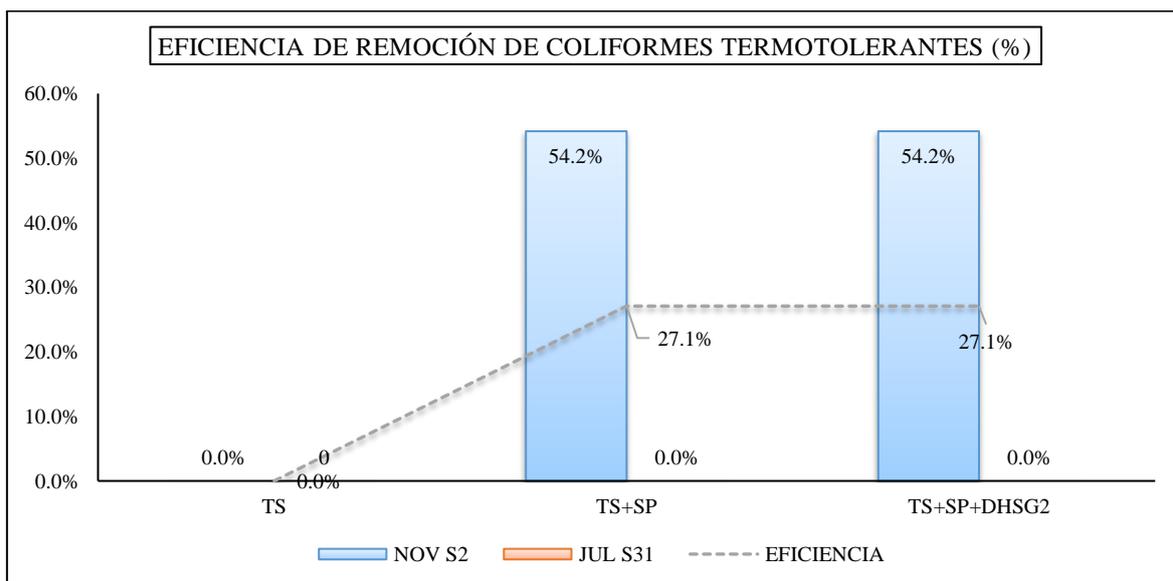
Gráfico 21: Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes



Del Gráfico 21, se observa que en la semana 2, la remoción de coliformes termotolerantes en el tanque séptico es nula. El tanque séptico más el sedimentador piloto remueve 54.2% de la concentración de coliformes termotolerantes. La remoción en el tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 es de 54.2%.

En la semana 31, se observa que en ninguna de las unidades hubo remoción de coliformes termotolerantes.

Gráfico 22: Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes



El Gráfico 22 muestra la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes por unidad de tratamiento en la PTAR. El tanque séptico no remueve, mientras que en la combinación del tanque séptico más el sedimentador piloto se observa la remoción en un 27.1%. Finalmente, la remoción del tanque séptico más el sedimentador piloto más el DHSG2 es de 27.1%.

3.3. Comportamiento del sistema Downflow Hanging Sponge (DHS)

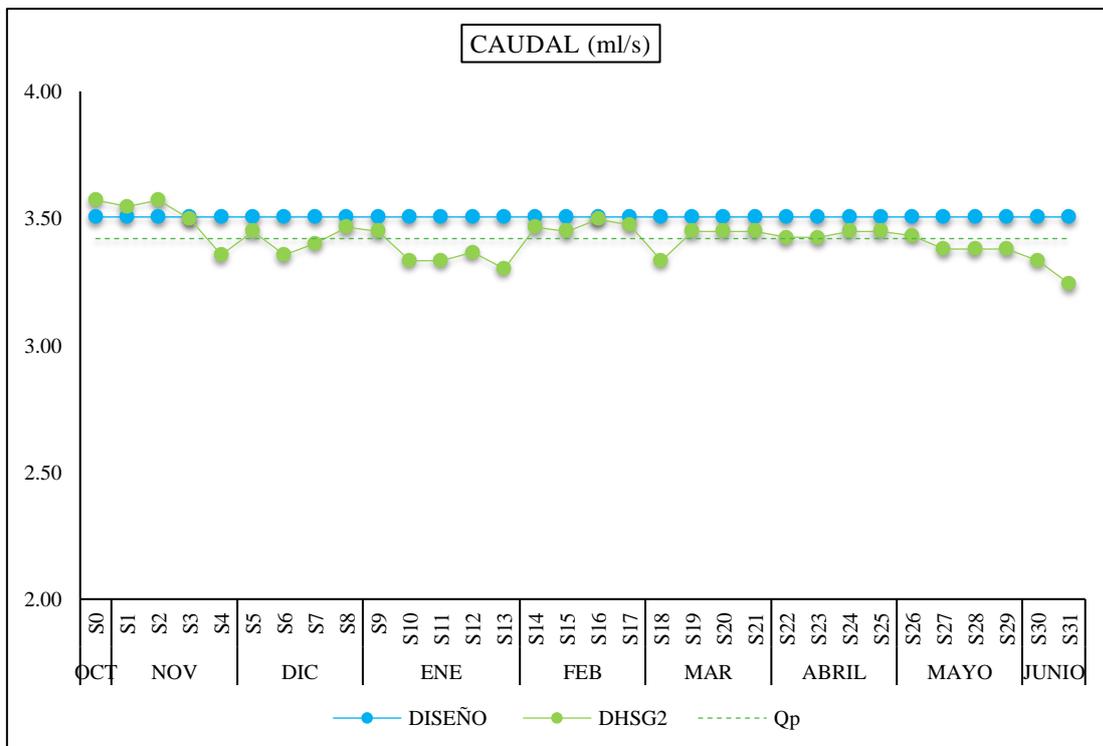
3.3.1. Caudal de operación

Tabla 21: Variación de caudal

VARIACIÓN DE CAUDAL (ml/s)			
MES	N° SEMANA	DISEÑO	DHSG2
OCT	S0	3.51	3.57
NOV	S1	3.51	3.55
	S2	3.51	3.57
	S3	3.51	3.50
	S4	3.51	3.36
DIC	S5	3.51	3.45
	S6	3.51	3.36
	S7	3.51	3.40
	S8	3.51	3.47
ENE	S9	3.51	3.45
	S10	3.51	3.33
	S11	3.51	3.33
	S12	3.51	3.37
	S13	3.51	3.30

FEB	S14	3.51	3.47
	S15	3.51	3.45
	S16	3.51	3.50
	S17	3.51	3.47
MAR	S18	3.51	3.33
	S19	3.51	3.45
	S20	3.51	3.45
	S21	3.51	3.45
ABRIL	S22	3.51	3.42
	S23	3.51	3.42
	S24	3.51	3.45
	S25	3.51	3.45
MAYO	S26	3.51	3.43
	S27	3.51	3.38
	S28	3.51	3.38
	S29	3.51	3.38
JUNIO	S30	3.51	3.33
	S31	3.51	3.24
Caudal promedio:			3.42
DHSG2: Reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina.			

Gráfico 23: Variación de caudal



En la tabla 21, se observa que el caudal de diseño del reactor DHS G2 es 3.51 l/s, valor determinado en función al tamaño del reactor y características de la esponja (Ver Anexo 2) y caudal de operación del DHS G2 registrado en campo varía entre semanas, haciendo un

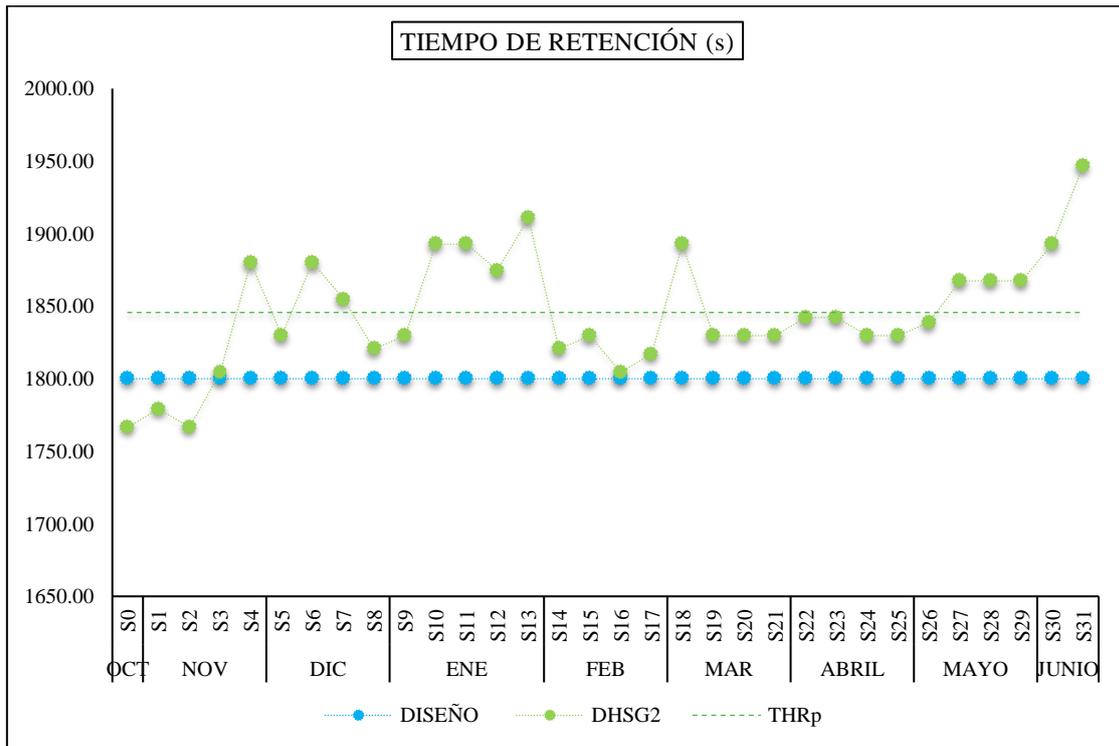
caudal promedio de 3.42 l/s como se observa en el Grafico 23. Durante las tres primeras semanas se mantenía ligeramente por encima del caudal de diseño, debido a que esta semana se encontraba en etapa de prueba y adaptación del reactor.

3.3.2. Tiempo de retención hidráulico de operación

Tabla 22: Variación de tiempo de retención

TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO (s)			
MES	N° SEMANA	DISEÑO	DHSG2
OCT	S0	1800.00	1766.60
NOV	S1	1800.00	1779.21
	S2	1800.00	1766.60
	S3	1800.00	1804.45
	S4	1800.00	1880.16
DIC	S5	1800.00	1829.69
	S6	1800.00	1880.16
	S7	1800.00	1854.93
	S8	1800.00	1820.67
ENE	S9	1800.00	1829.69
	S10	1800.00	1892.78
	S11	1800.00	1892.78
	S12	1800.00	1874.75
	S13	1800.00	1910.81
FEB	S14	1800.00	1820.67
	S15	1800.00	1829.69
	S16	1800.00	1804.45
	S17	1800.00	1817.07
MAR	S18	1800.00	1892.78
	S19	1800.00	1829.69
	S20	1800.00	1829.69
	S21	1800.00	1829.69
ABRIL	S22	1800.00	1842.31
	S23	1800.00	1842.31
	S24	1800.00	1829.69
	S25	1800.00	1829.69
MAYO	S26	1800.00	1838.70
	S27	1800.00	1867.54
	S28	1800.00	1867.54
	S29	1800.00	1867.54
JUNIO	S30	1800.00	1892.78
	S31	1800.00	1946.86
Tiempo de retención:			1845.69
DHSG2: Reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina.			

Gráfico 24: Tiempo de retención hidráulico

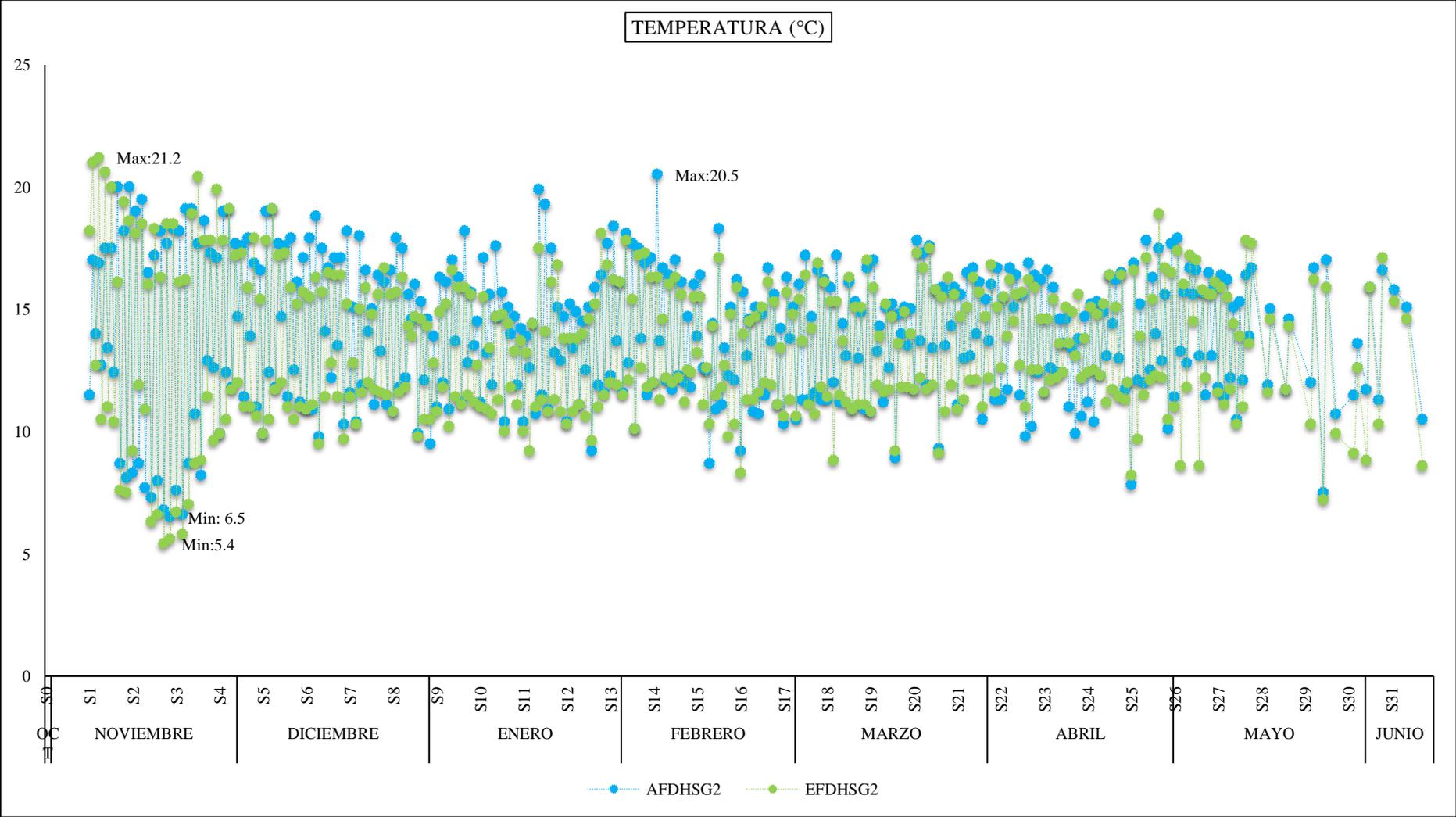


En la tabla 22, se observa que el tiempo de retención de diseño del reactor DHS G2 es 1800 s, valor asumido en función al tamaño del reactor requerido (Ver Anexo 3) y tiempo de retención hidráulico de operación del DHS G2 determinado en campo varía entre semanas, haciendo un tiempo de retención hidráulico promedio de 1845.69 s como se observa en el Gráfico 24.

3.3.3. Parámetros de control

➤ **Temperatura**

Gráfico 25: Variación de temperatura en el reactor



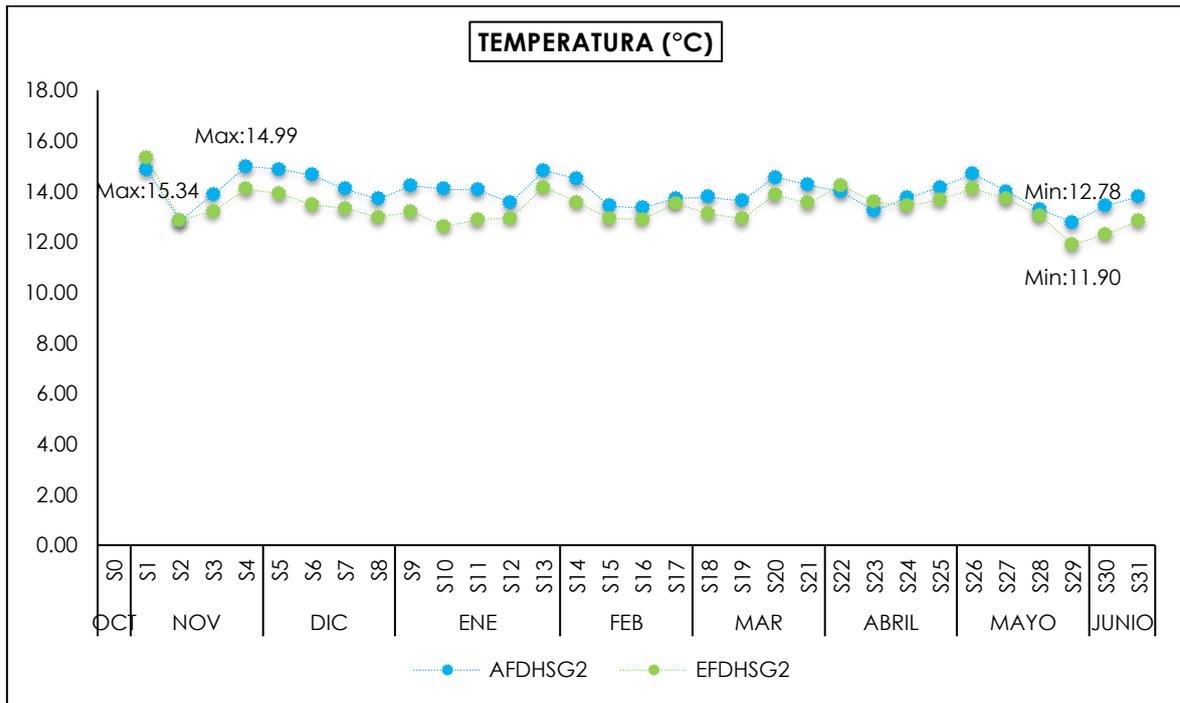
En el Gráfico 25 se observa la variación de temperatura por día, se tiene un registro en horas de la mañana y otra en horas de la tarde. La temperatura máxima en el afluente del DHS G2 se registró en la semana 14 con 20.5°C y la temperatura mínima en la semana 2 con 6.5°C; mientras en el efluente, se registra la temperatura máxima en la semana 1 con 21.2°C y la temperatura mínima en la semana 2 con 5.4°C.

Tabla 23: Variación de temperatura promedio

TEMPERATURA (°C)			
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2
OCT	S0	-	-
NOV	S1	14.85	15.34
	S2	12.84	12.86
	S3	13.89	13.22
	S4	14.99	14.09
DIC	S5	14.89	13.91
	S6	14.64	13.49
	S7	14.09	13.32
	S8	13.69	12.97
ENE	S9	14.23	13.20
	S10	14.09	12.61
	S11	14.07	12.88
	S12	13.56	12.94
	S13	14.83	14.16
FEB	S14	14.50	13.58
	S15	13.42	12.92
	S16	13.34	12.90
	S17	13.73	13.52
MAR	S18	13.78	13.13
	S19	13.63	12.93
	S20	14.56	13.86
	S21	14.26	13.54
ABRIL	S22	13.98	14.24
	S23	13.24	13.59
	S24	13.76	13.41
	S25	14.17	13.69
MAYO	S26	14.70	14.10
	S27	14.00	13.71
	S28	13.30	13.05
	S29	12.78	11.90
JUNIO	S30	13.43	12.30
	S31	13.80	12.83

AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
- : No se registraron datos

Gráfico 26: Variación de temperatura promedio



En el Gráfico 26 se observa la variación de temperatura promedio, indicando la temperatura máxima en el afluente del DHS G2 en la semana 4 con 14.99°C y la temperatura mínima en la semana 29 con 12.29°C; mientras en el efluente, se registra la temperatura máxima en la semana 1 con 15.34°C y la temperatura mínima en la semana 29 con 11.90°C.

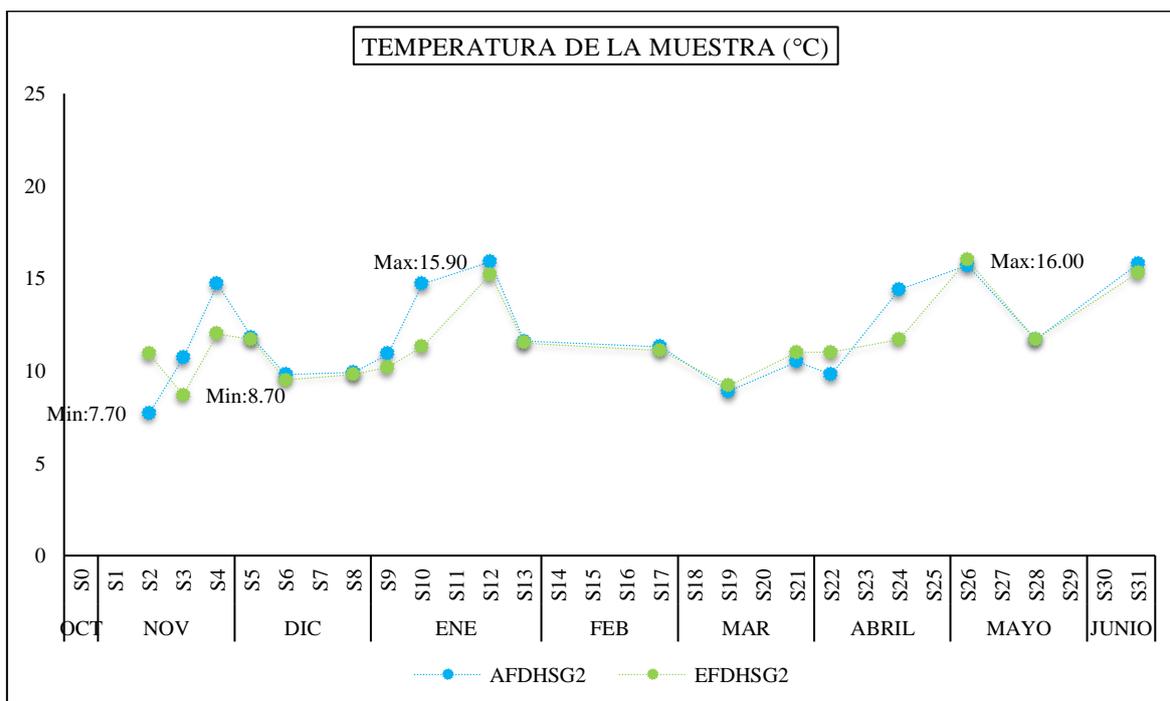
Tabla 24: Variación de temperatura en la muestra

TEMPERATURA (°C)			
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2
NOV	S2	7.70	10.90
	S3	10.70	8.70
	S4	14.70	12.00
DIC	S5	11.80	11.70
	S6	9.80	9.50
	S8	9.90	9.80
ENE	S9	10.90	10.20
	S10	14.70	11.30
	S12	15.90	15.20
	S13	11.60	11.50
FEB	S17	11.30	11.10
MAR	S19	8.90	9.20
	S21	10.50	11.00

ABRIL	S22	9.80	11.00
	S24	14.40	11.70
MAYO	S26	15.70	16.00
	S28	11.70	11.70
JUNIO	S31	15.80	15.30

AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.

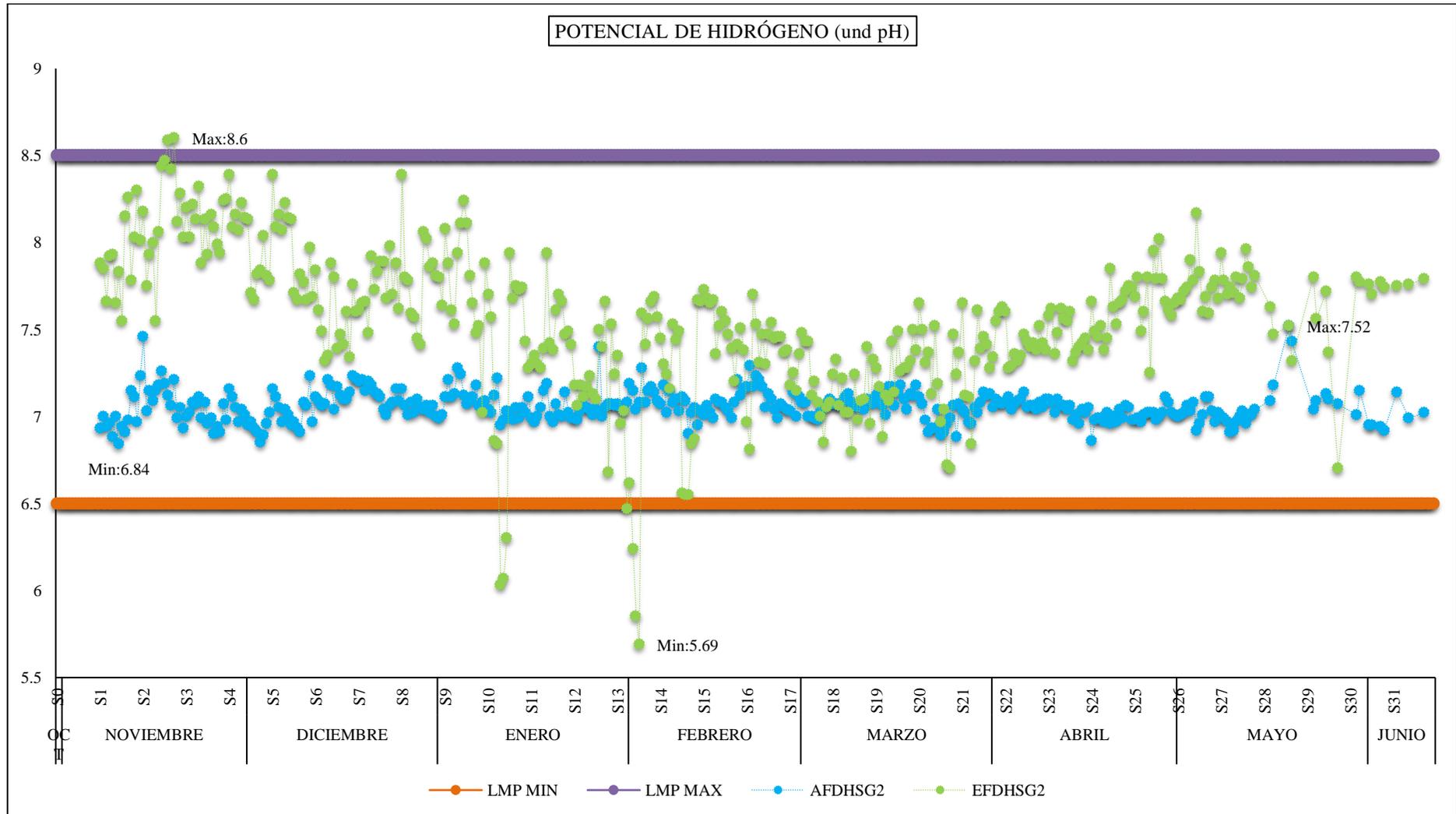
Gráfico 27: Variación de temperatura en la muestra



En el Gráfico 27 se observa la variación de temperatura durante la toma de muestra, indicando la temperatura máxima en el afluente del DHS G2 en la semana 26 con 16°C y la temperatura mínima en la semana 2 con 7.70°C; mientras en el efluente, se registra la temperatura máxima en la semana 12 con 15.90°C y la temperatura mínima en la semana 3 con 8.70°C.

➤ **Potencial de hidrógeno**

Gráfico 28: Variación de potencial hidrógeno en el reactor



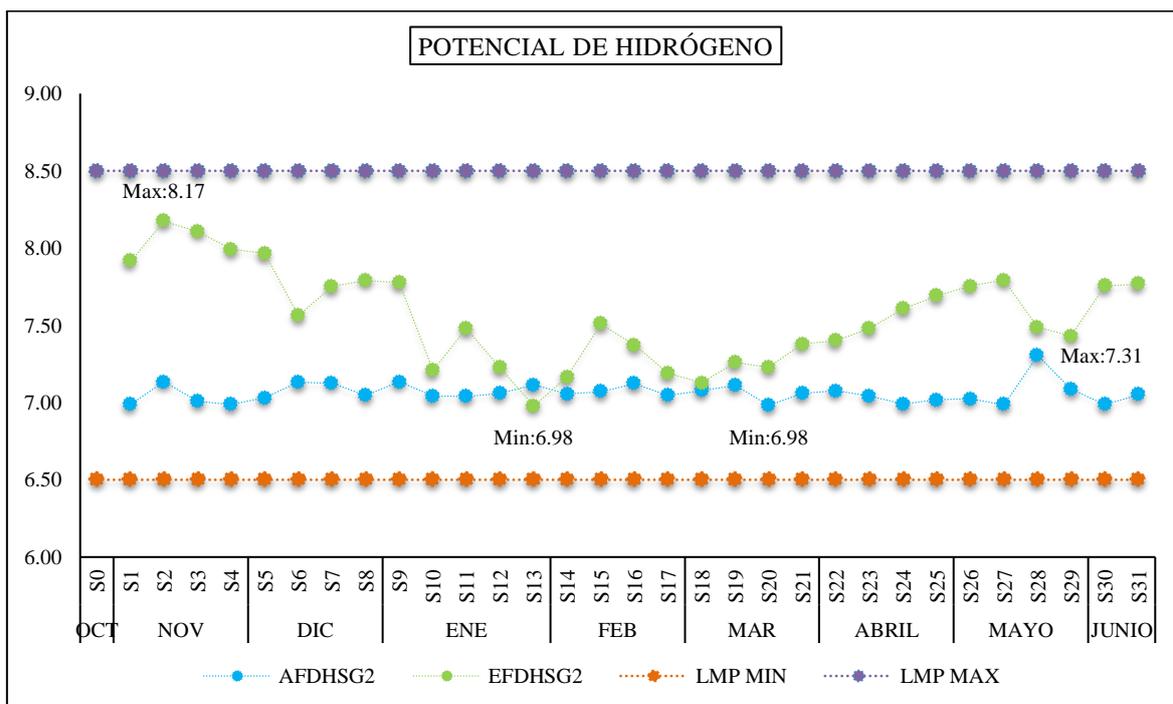
En el Gráfico 28 se observa la variación de pH por día, se tiene un registro en horas de la mañana y otra en horas de la tarde. El pH máximo en el afluente del DHS G2 se registró en la semana 28 con 7.52 y el pH mínimo en la semana 1 con 6.84; mientras en el efluente, se registra el pH máximo en la semana 2 con 8.6 y pH mínimo en la semana 13 con 5.69.

Tabla 25: Variación de potencial hidrógeno promedio

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (und.Ph)			
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2
OCT	S0	-	-
NOV	S1	6.99	7.91
	S2	7.13	8.17
	S3	7.01	8.11
	S4	6.99	7.99
DIC	S5	7.03	7.97
	S6	7.13	7.56
	S7	7.13	7.75
	S8	7.05	7.79
ENE	S9	7.13	7.78
	S10	7.04	7.21
	S11	7.04	7.48
	S12	7.06	7.23
	S13	7.11	6.98
FEB	S14	7.06	7.17
	S15	7.07	7.51
	S16	7.12	7.37
	S17	7.05	7.19
MAR	S18	7.08	7.13
	S19	7.11	7.26
	S20	6.98	7.23
	S21	7.06	7.38
ABRIL	S22	7.08	7.40
	S23	7.04	7.48
	S24	6.99	7.61
	S25	7.02	7.69
MAYO	S26	7.02	7.76
	S27	6.98	7.79
	S28	7.31	7.49
	S29	7.09	7.43
JUNIO	S30	6.99	7.76
	S31	7.05	7.77

AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
- : No se registraron datos

Gráfico 29: Variación de potencial hidrógeno promedio



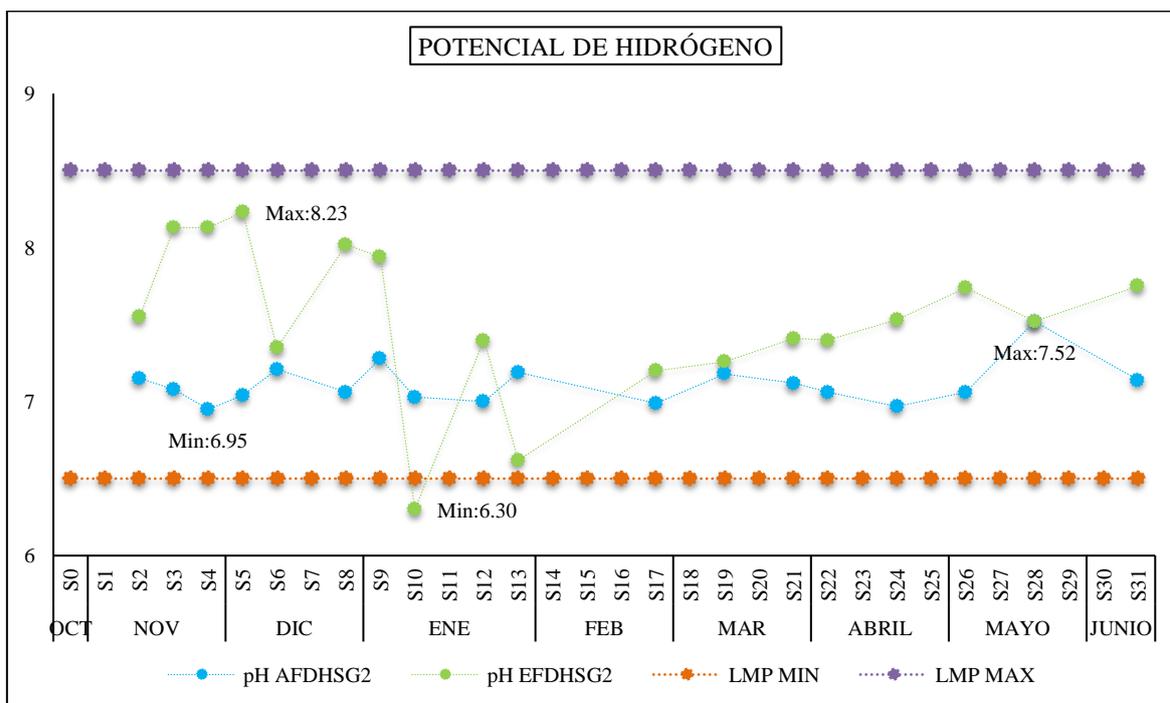
En el Gráfico 29 se observa la variación de pH promedio, indicando el pH máximo en el afluente del DHS G2 en la semana 2 con 8.17 y el pH mínimo en las semanas 20 y 27 con 6.98; mientras en el efluente, se registra el pH máximo en la semana 28 con 7.31 y el pH mínimo en la semana 13 con 6.98.

Tabla 26: Variación de potencial hidrógeno en la muestra

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (und.Ph)			
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2
NOV	S2	7.15	7.55
	S3	7.08	8.13
	S4	6.95	8.13
DIC	S5	7.04	8.23
	S6	7.21	7.35
	S8	7.06	8.02
ENE	S9	7.28	7.94
	S10	7.03	6.30
	S12	7.00	7.40
	S13	7.19	6.62
FEB	S17	6.99	7.20
MAR	S19	7.18	7.26
	S21	7.12	7.41

ABRIL	S22	7.06	7.40
	S24	6.97	7.53
MAYO	S26	7.06	7.74
	S28	7.52	7.52
JUNIO	S31	7.14	7.75
AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina. EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.			

Gráfico 30: Variación de potencial hidrógeno en la muestra



En el Gráfico 30 se observa la variación de pH durante la toma de muestra, indicando el pH máximo en el afluente del DHS G2 en la semana 28 con 7.52 y el pH mínimo en la semana 4 con 6.95; mientras en el efluente, se registra pH máximo en la semana 6 con 8.23 y el pH mínimo en la semana 10 con 6.30.

3.3.4. Parámetros fisicoquímicos

➤ Aceites y grasas

Tabla 27: Variación de concentración de aceites y grasas en el reactor

ACEITES Y GRASAS (mg/L)				REMOCIÓN (%)
MES	Nº SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2	
NOV	S2	45	29	91.7%
	S3	-	<1	87.5%
	S4	-	<1	96.5%
DIC	S5	<1	<1	98.2%
	S6	-	<1	88.2%
	S8	<1*	<1	8.3%
ENE	S9	<1	<1	-
	S10	-	<1	58.3%
	S12	-	<1	82.1%
	S13	<1	<1	
FEB	S17	<1	<1	93.8%
MAR	S19	<1*	<1	20.0%
	S21	<1*	<1	85.2%
ABRIL	S22	<1	<1	98.5%
	S24	<1*	<1	80.9%
MAYO	S26	<1	<1	20.8%
	S28	-	<1	25.0%
JUNIO	S31	10	<1	87.1%

AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
- : No se registraron datos
<1: Indeterminado. En la presente investigación, se evalúa con el dato menos desfavorable.
*: Tomados de (Pacush Borja y Arias Huerta 2018)

En la tabla 27 y el Gráfico 31; se observa en el afluente del reactor que en la semana 2, la concentración de aceites y grasas es 45mg/L, entre la semana 3 y 30 se mantiene constante con una concentración menor a 1mg/L, y en la semana 31 se registra 10 mg/L.

En el efluente del reactor, en la semana 2 se registra 29 mg/L; desde la semana 3, durante el periodo de estudio, se mantiene constante con una concentración menor a 1 mg/L.

Los resultados del efluente se encuentran dentro de los 20mg/L, dato restrictivo por el límite máximo permisible.

Gráfico 31: Variación de concentración de aceites y grasas

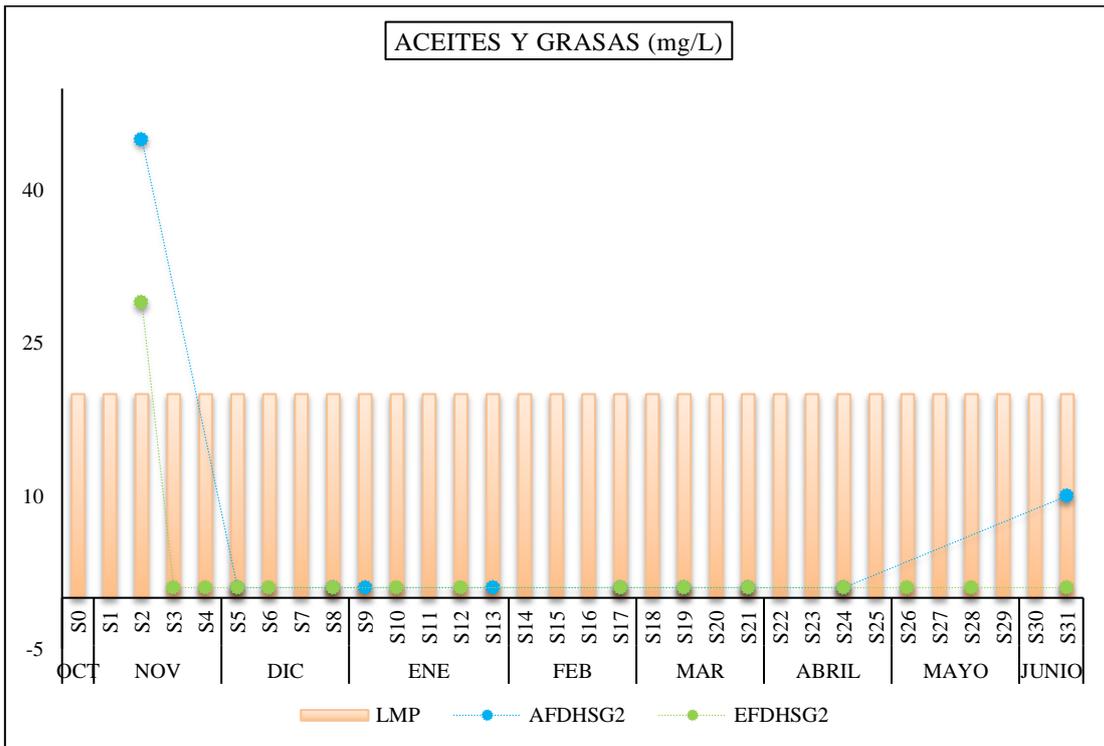
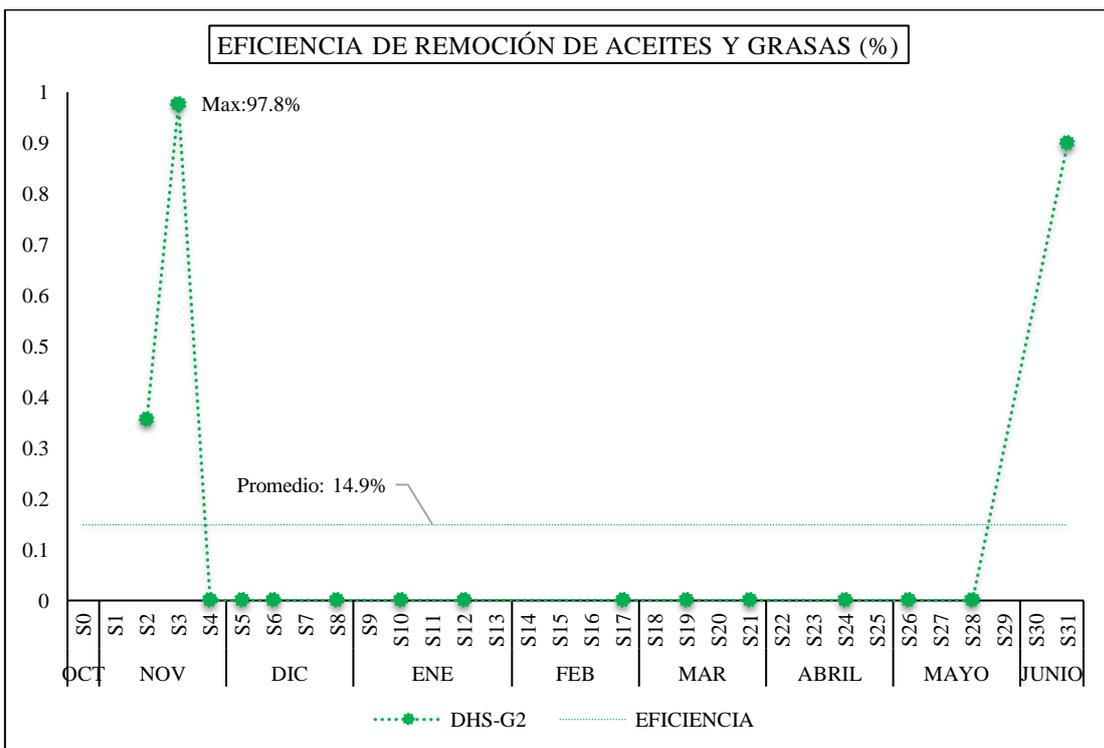


Gráfico 32: Eficiencia de remoción de aceites y grasas



El Gráfico 32 muestra la eficiencia de remoción de aceites y grasas del reactor, hasta la semana 2 se remueve un 36.6%, en la semana 4 un 97.8% valor máximo durante el estudio y a partir de la semana 4 hasta la semana 30 no presenta remoción. Mientras que la semana 31 se remueve un 90.0%.

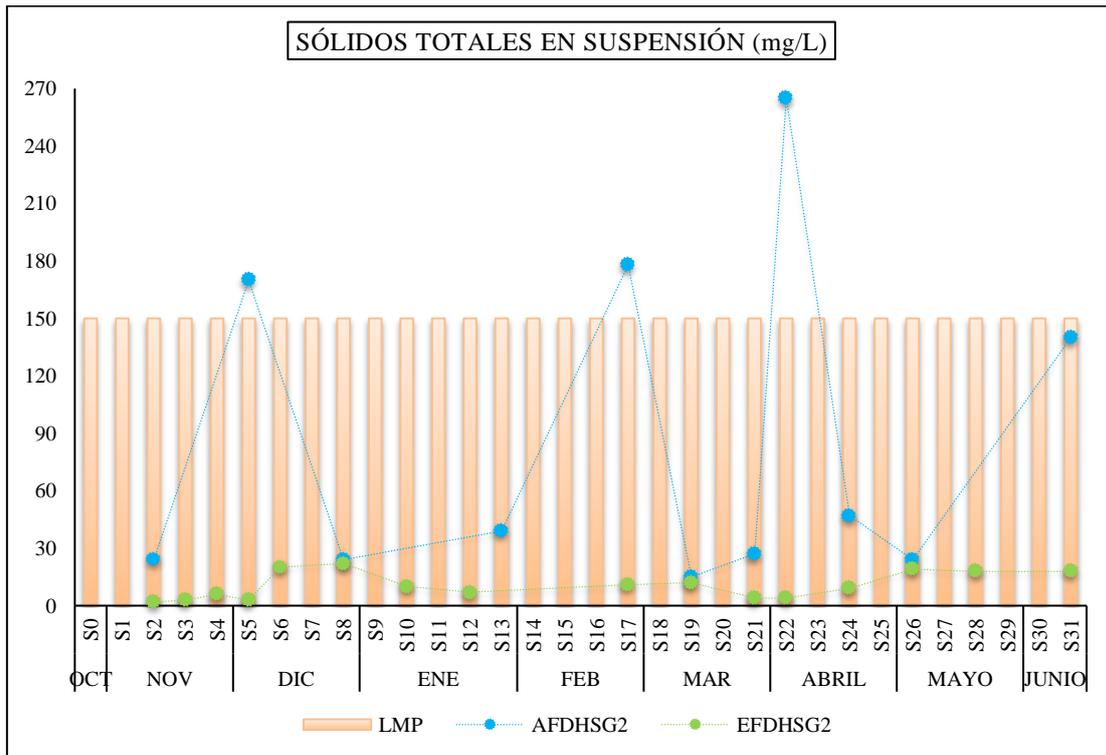
➤ **Sólidos totales en suspensión**

Tabla 28: Variación de concentración de sólidos totales en suspensión en el reactor

SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/L)				REMOCIÓN (%)
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2	
NOV	S2	24	2	91.7%
	S3	-	3	87.5%
	S4	-	6	96.5%
DIC	S5	170	3	98.2%
	S6	-	20	88.2%
	S8	24*	22	8.3%
ENE	S9	DA	-	-
	S10	-	10	58.3%
	S12	-	7	82.1%
	S13	39	-	
FEB	S17	178	11	93.8%
MAR	S19	15*	12	20.0%
	S21	27*	4	85.2%
ABRIL	S22	265	4	98.5%
	S24	47*	9	80.9%
MAYO	S26	24	19	20.8%
	S28	-	18	25.0%
JUNIO	S31	140	18	87.1%

AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
- : No se registraron datos
DA: Dato atípico.
*: Tomados de (Pacush Borja y Arias Huerta 2018)

Gráfico 33: Variación de concentración de sólidos totales en suspensión

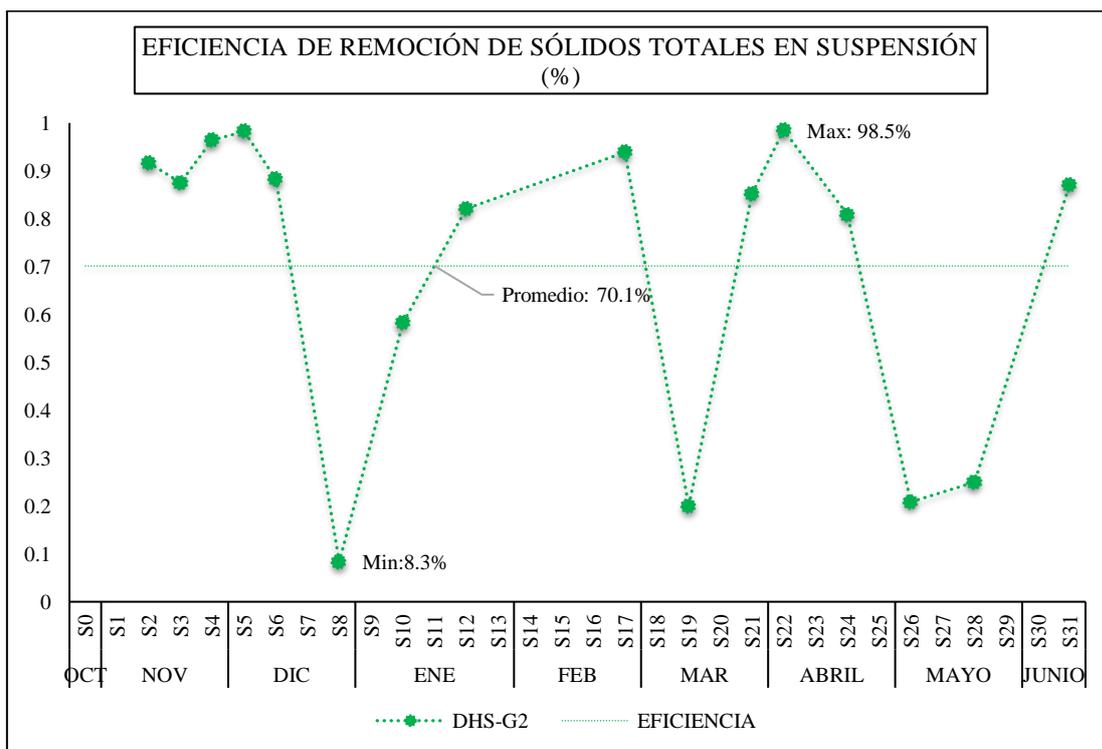


En la tabla 28 y el Gráfico 33; se observa en el afluente del reactor la concentración de sólidos totales en suspensión varía de semana a semana registrando en la semana 22 la concentración más alta con 265 mg/L, en las semanas 5, 17 y 31 concentraciones de 170mg/L, 178mg/L y 140mg/L respectivamente. En las semanas restantes variaron desde 15mg/L hasta 47mg/L.

Mientras en el efluente del reactor, hasta la semana 5 se observa concentraciones entre 2mg/L y 6mg/L; a partir de la semana 6 hasta el 8 se registra concentraciones altas entre 20mg/L y 22mg/L. Desde la semana 9 hasta el 31 se mantiene entre 4 mg/L y 19mg/L.

Los resultados del efluente se encuentran dentro de los 150mg/L, dato restrictivo por el límite máximo permisible.

Gráfico 34: Eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión



El Gráfico 34 muestra la eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión del reactor, hasta la semana 6 se remueve entre 87.5% y 98.2%, en la semana 8 decae removiendo solo el 8.3% registrándose como el valor mínimo durante el tiempo de estudio. Luego se incrementa removiéndose en la semana 10, 12 y 17 el 58.3%, 82.1 y 93.1% respectivamente. Entre las semanas 26 y 25 se observa de 80.9% hasta 98.5% presentando la remoción más alta durante el estudio. Observamos también, el bajo porcentaje de remoción de 20.0%, 20.8% y 25.0% en la semana 19, 26 y 28. Y a partir de la semana 28 observamos nuevamente un incremento en la eficiencia.

3.3.5. Indicadores de contaminación bioquímica

➤ Demanda bioquímica de oxígeno

Tabla 29: Variación de concentración de demanda bioquímica de oxígeno

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)				REMOCIÓN (%)
MES	Nº SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2	
NOV	S2	19	18	5.3%
	S3	-	14	26.3%

	S4	-	88	39.7%
DIC	S5	146	33	77.4%
	S6	-	29	80.1%
	S8	52*	26	50.0%
ENE	S9	74	-	-
	S10	-	27	63.5%
	S12	-	25	64.8%
	S13	71	-	-
FEB	S17	79	14	82.3%
MAR	S19	49*	20	59.2%
	S21	44*	17	61.4%
ABRIL	S22	51	17	66.7%
	S24	85*	42	50.6%
MAYO	S26	105	72	31.4%
	S28	-	25	76.2%
JUNIO	S31	230	99	57.0%
AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina. EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina. - : No se registraron datos *: Tomados de (Pacush Borja y Arias Huerta 2018)				

En la tabla 29 y el Gráfico 35; se observa que inicialmente hasta la semana 5, las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno, entre el afluente y el efluente del reactor son similares.

En el afluente del reactor, entre la semana 6 y 26, la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno oscila entre 52mg/L y 105mg/L, y en la semana 31 se eleva a 230 mg/L.

En el efluente del reactor, a partir de la semana 5 hasta la semana 23 se mantiene constante oscilando entre 14mg/L y 33 mg/L, y desde la semana 24 se observa picos de 72mg/L y 99mg/L. Los resultados se encuentran dentro de los 100mg/L, dato restrictivo por el límite máximo permisible.

Gráfico 35: Variación de concentración de demanda bioquímica de oxígeno

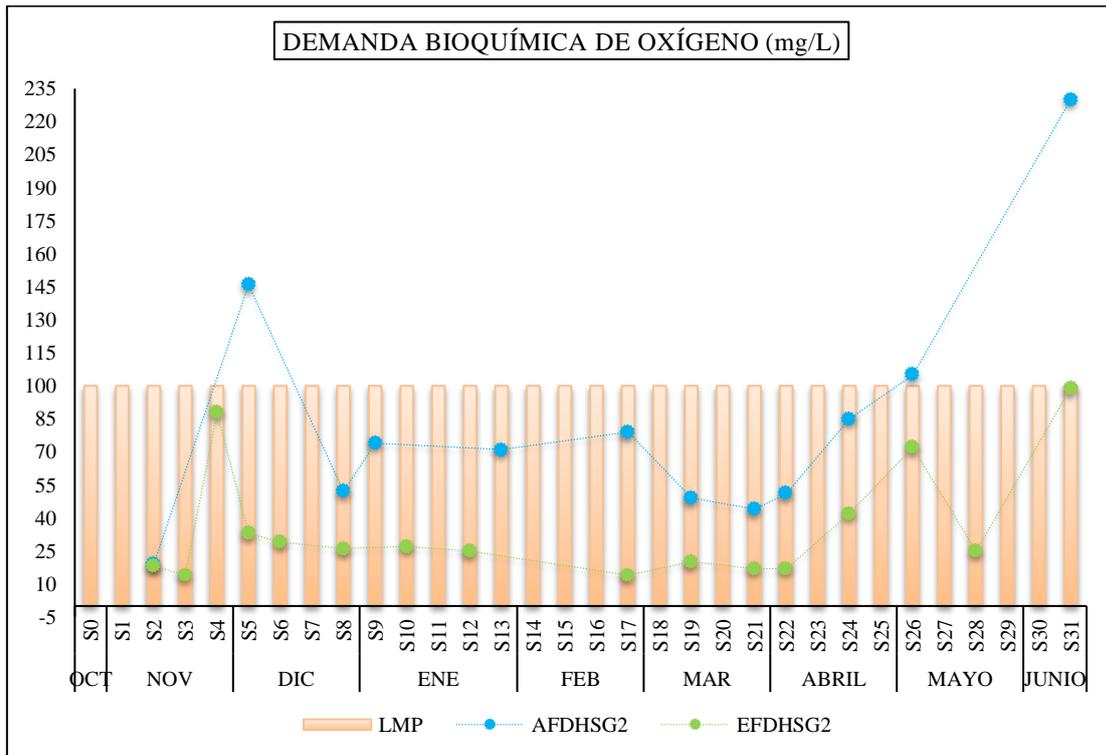
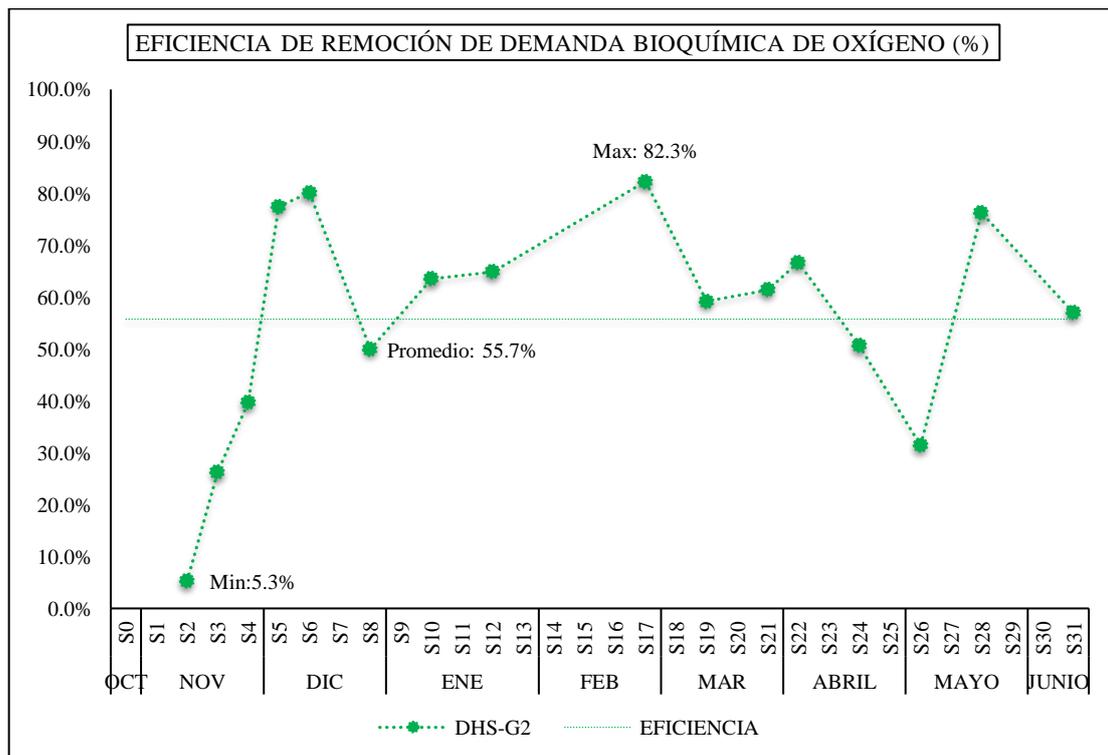


Gráfico 36: Eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno



El Gráfico 36 muestra la eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno del reactor, en la semana 2 remueve el 5.39%, en la semana 3 un 26.3%, va incrementando progresivamente hasta remover un 83.2% como máximo en la semana 17. Luego, empieza descender hasta remover un 31.4% en la semana 26. Y a partir de la semana 27 observamos nuevamente un incremento en la eficiencia.

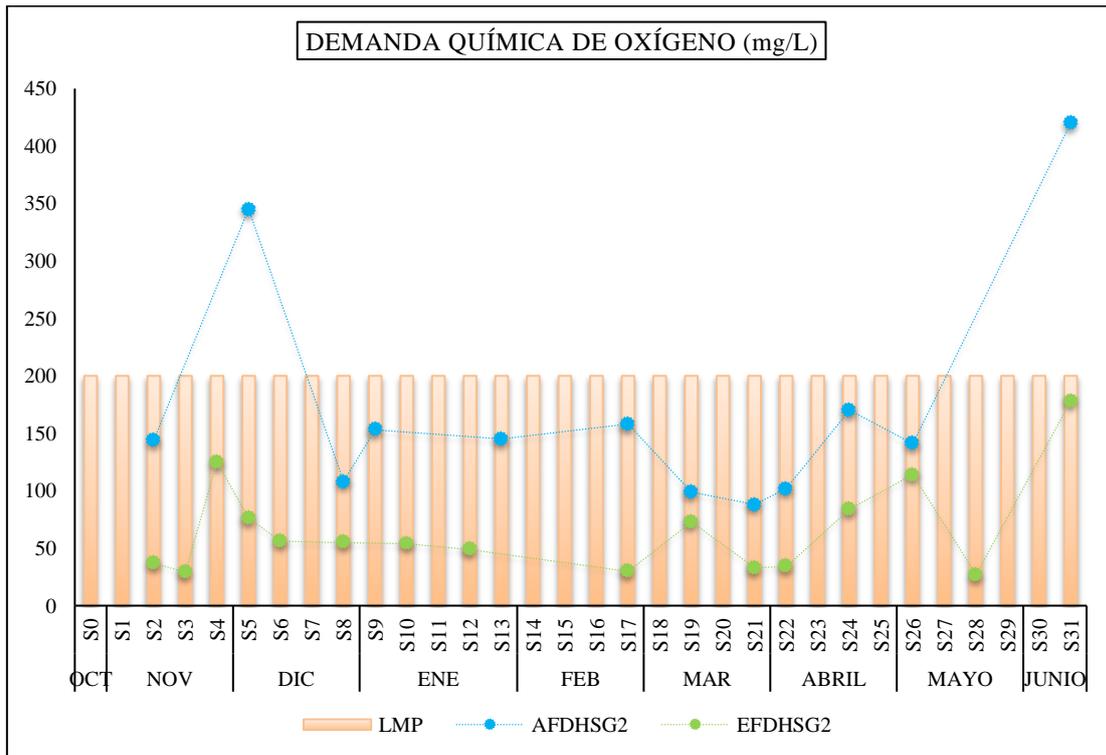
➤ **Demanda química de oxígeno**

Tabla 30: Variación de concentración de demanda química de oxígeno

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)				REMOCIÓN (%)
MES	Nº SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2	
NOV	S2	144	37	74.3%
	S3	-	29	79.9%
	S4	-	125	63.8%
DIC	S5	345	76	78.0%
	S6	-	56	83.8%
	S8	108*	55	49.1%
ENE	S9	153	-	-
	S10	-	54	64.7%
	S12	-	49	66.2%
	S13	145	-	-
FEB	S17	158	30	81.0%
MAR	S19	99*	73	26.3%
	S21	88*	33	62.5%
ABRIL	S22	102	34	66.7%
	S24	170*	84	50.6%
MAYO	S26	141	114	19.1%
	S28	-	27	80.9%
JUNIO	S31	420	178	57.6%

AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
- : No se registraron datos
*: Tomados de (Pacush Borja y Arias Huerta 2018)

Gráfico 37: Variación de concentración de demanda química de oxígeno

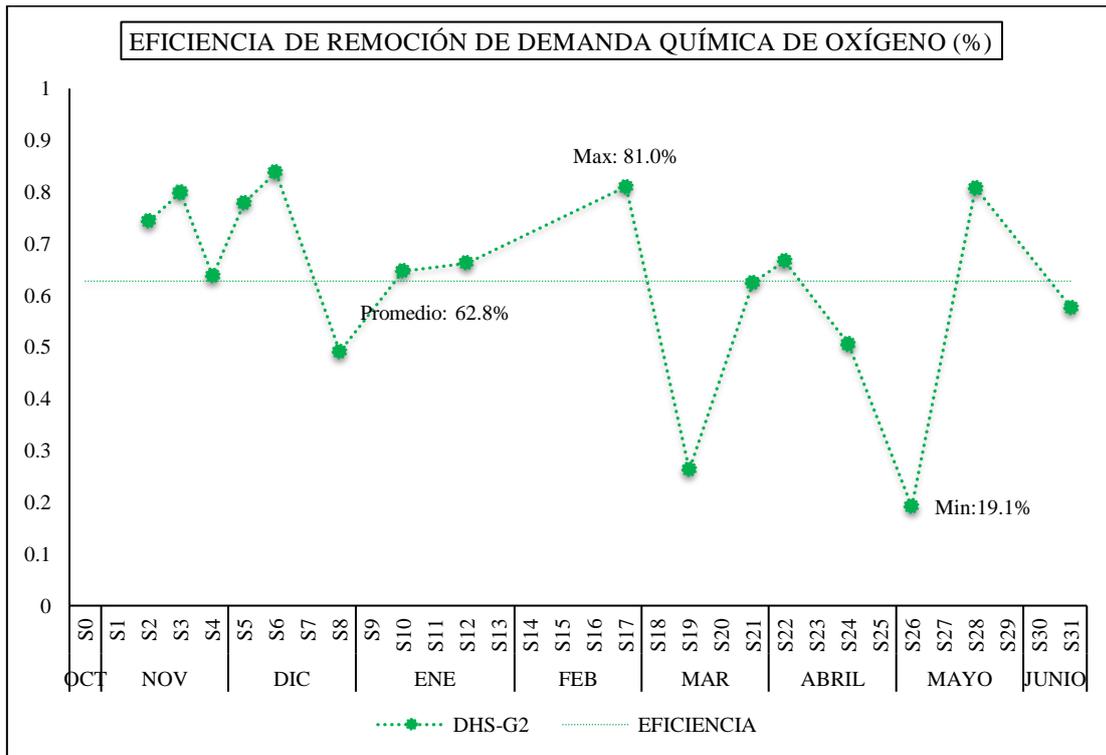


En la tabla 30 y el Gráfico 37; se observa que inicialmente hasta la semana 5, las concentraciones de demanda química de oxígeno, entre el afluente y el efluente del reactor son similares.

En el afluente del reactor, entre la semana 6 y 26, la concentración de la demanda química de oxígeno oscila entre 88mg/L y 170mg/L, y en la semana 31 se eleva a 420 mg/L.

En el efluente del reactor, a partir de la semana 5 hasta la semana 23 se mantiene constante oscilando entre 30mg/L y 73 mg/L, y desde la semana 24 se observa picos de 114mg/L y 178mg/L. Los resultados se encuentran dentro de los 200mg/L, dato restrictivo por el límite máximo permisible.

Gráfico 38: Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno



El Gráfico 38 muestra la eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno del reactor, en la semana 2 remueve el 74.3%, en la semana 3 un 79.9%, va incrementando progresivamente hasta remover un 83.8% como máximo en la semana 6. Luego, desciende a 49.1% en la semana 8 y se convierte en un punto de partida de ascenso hasta llegar a remover el 81.0% en la semana 17, nuevamente desciende a 26.3% en la semana 19 y se convierte una vez más en un punto de partida de ascenso hasta llegar a remover un 66.7% en la semana 22. Luego decae en la semana 26, registrando la remoción mínima de 19.1%. Y a partir de la semana 27 observamos nuevamente un incremento en la eficiencia.

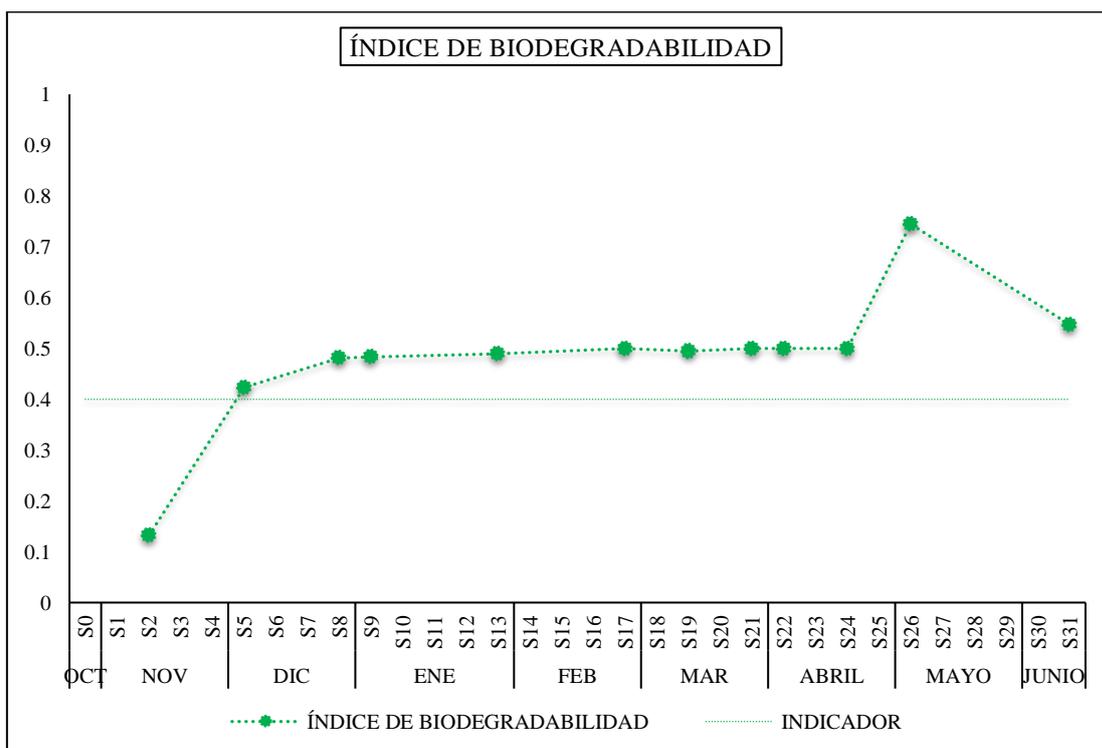
➤ **Índice de biodegradabilidad del afluente**

Tabla 31: Variación de índice de biodegradabilidad

ÍNDICE DE BIODEGRADABILIDAD		
MES	Nº SEMANA	IB
NOV	S2	0.13
DIC	S5	0.42
	S8	0.48
ENE	S9	0.48

	S13	0.49
FEB	S17	0.50
MAR	S19	0.49
	S21	0.50
ABRIL	S22	0.50
	S24	0.50
MAYO	S26	0.74
JUNIO	S31	0.55
IB: índice de biodegradabilidad.		

Gráfico 39: Variación de índice de biodegradabilidad



En la tabla 31 y el Gráfico 39; se observa que la relación DBO_5/DQO del afluente en la semana 2 es baja registrando 0.13, a partir de la semana 4 hasta se mantiene entre 0.4 y 0.54, excepto en la semana 26 alcanza 0.75 de índice de biodegradabilidad.

3.3.6. Indicadores de contaminación microbiológica

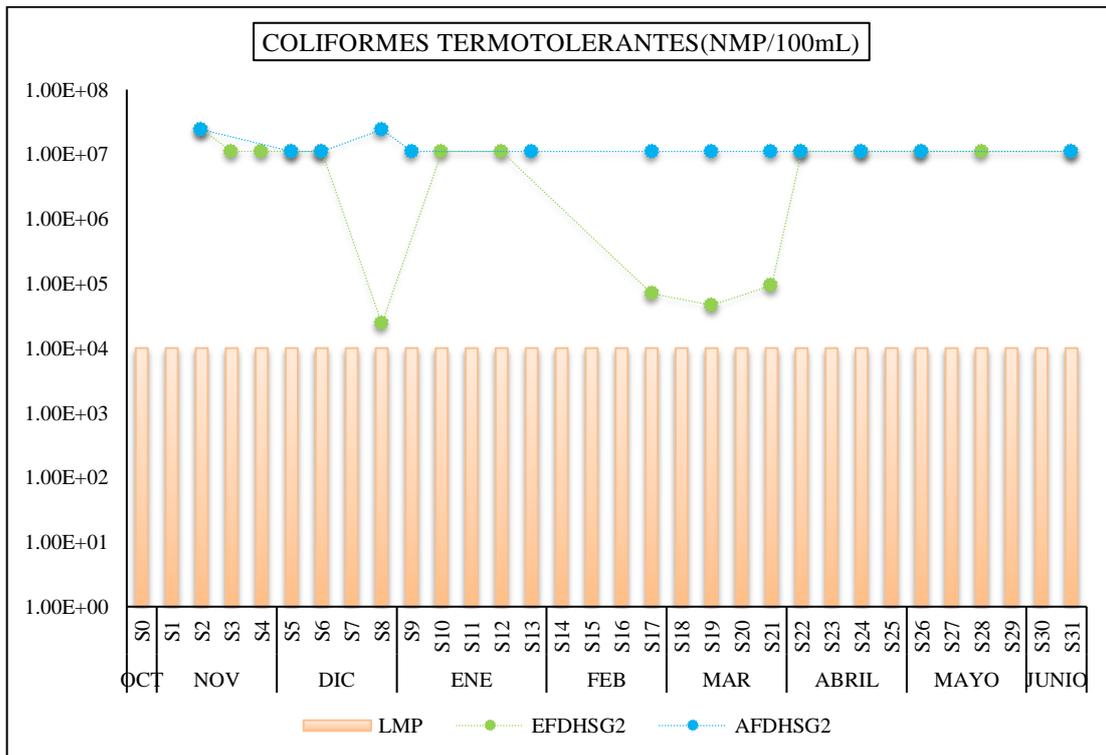
➤ Coliformes termotolerantes

Tabla 32: Variación de concentración de coliformes termotolerantes

COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100mL)				REMOCIÓN (%)
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2	
NOV	S2	2.40E+07	2.40E+07	0.0%
	S3	-	1.10E+07	54.2%
	S4	-	1.10E+07	0.0%
DIC	S5	1.10E+07	1.10E+07	0.0%
	S6	1.10E+07	1.10E+07	0.0%
	S8	2.40E+07*	2.40E+04	99.9%
ENE	S9	1.10E+07	-	-
	S10	-	1.10E+07	0.0%
	S12	-	1.10E+07	0.0%
	S13	1.10E+07	-	-
FEB	S17	1.10E+07	7.00E+04	99.4%
MAR	S19	1.10E+07*	4.60E+04	99.6%
	S21	1.10E+07*	9.30E+04	99.2%
ABRIL	S22	1.10E+07	1.10E+07	0.0%
	S24	1.10E+07*	1.10E+07	0.0%
MAYO	S26	1.10E+07	1.10E+07	0.0%
	S28	-	1.10E+07	0.0%
JUNIO	S31	1.10E+07	1.10E+07	0.0%

AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
 EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
 - : No se registraron datos
 *: Tomados de (Pacush Borja y Arias Huerta 2018)

Gráfico 40: Variación de concentración de coliformes termotolerantes



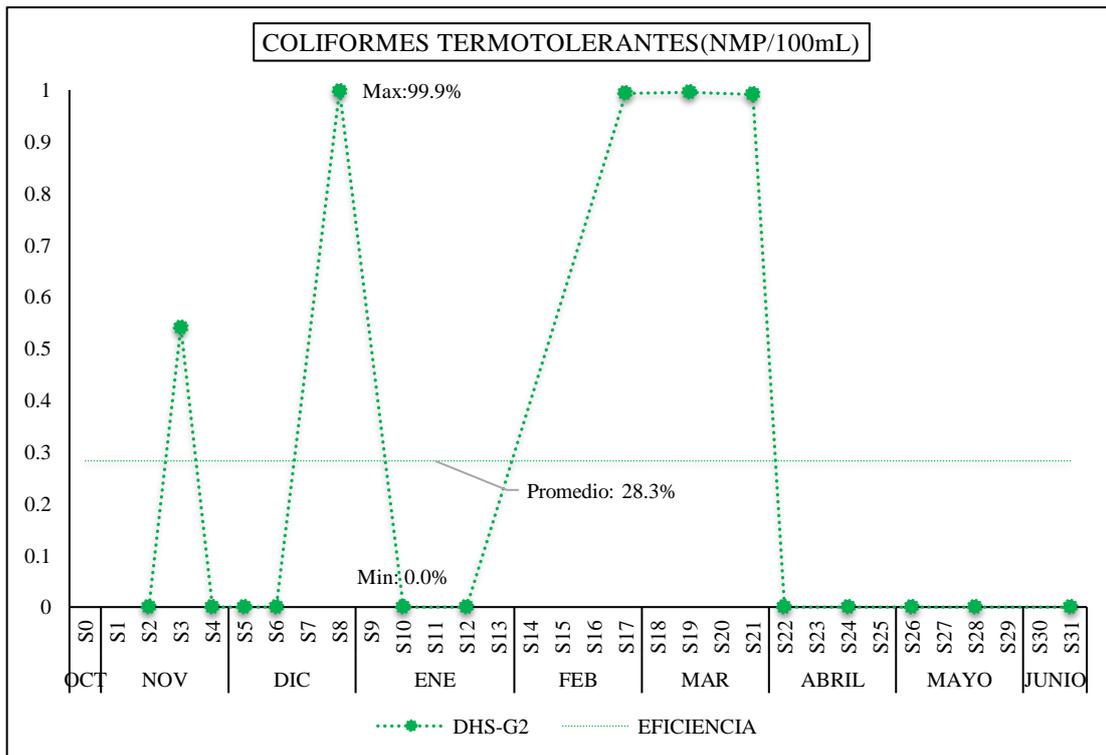
En la tabla 32 y el Gráfico 40; se observa que en las seis primeras semanas la concentración de coliformes termotolerantes, entre el afluente y el efluente del reactor, no presenta variación notoria.

En el afluente del reactor, la concentración de coliformes termotolerantes se mantiene constante durante el periodo de inspección con $1.10E+07$ NMP/100mL, excepto en la semana 2 y 8 presenta $2.40E+07$ NMP/100mL.

En el efluente del reactor, en la semana 6 observamos que la presencia de coliformes termotolerantes baja hasta $2.40E+04$ NMP/100mL, en la semana 10 sube a $1.10E+07$ NMP/100mL, en la semana 21 vuelve a disminuir presentando concentraciones entre $4.60E+04$ NMP/100mL y $9.30E+04$ NMP/100mL. Y a partir de la semana 22 se mantiene constante con $1.10E+07$ NMP/100mL.

Los resultados se encuentran por encima de $1.0E+04$ NMP/100mL, dato restrictivo por el límite máximo permisible.

Gráfico 41: Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes



El Gráfico 41 muestra la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes del reactor, hasta la semana 2 no se observa remoción, en la semana 3 remueve un 54.2%. Luego en la semana 8 llega a remover el 99.9%, y en las semanas 17 al 21 remueve entre 99.2% al 99.6%. Durante las semanas restantes no se observa remoción de coliformes termotolerantes.

3.3.7. Nutrientes

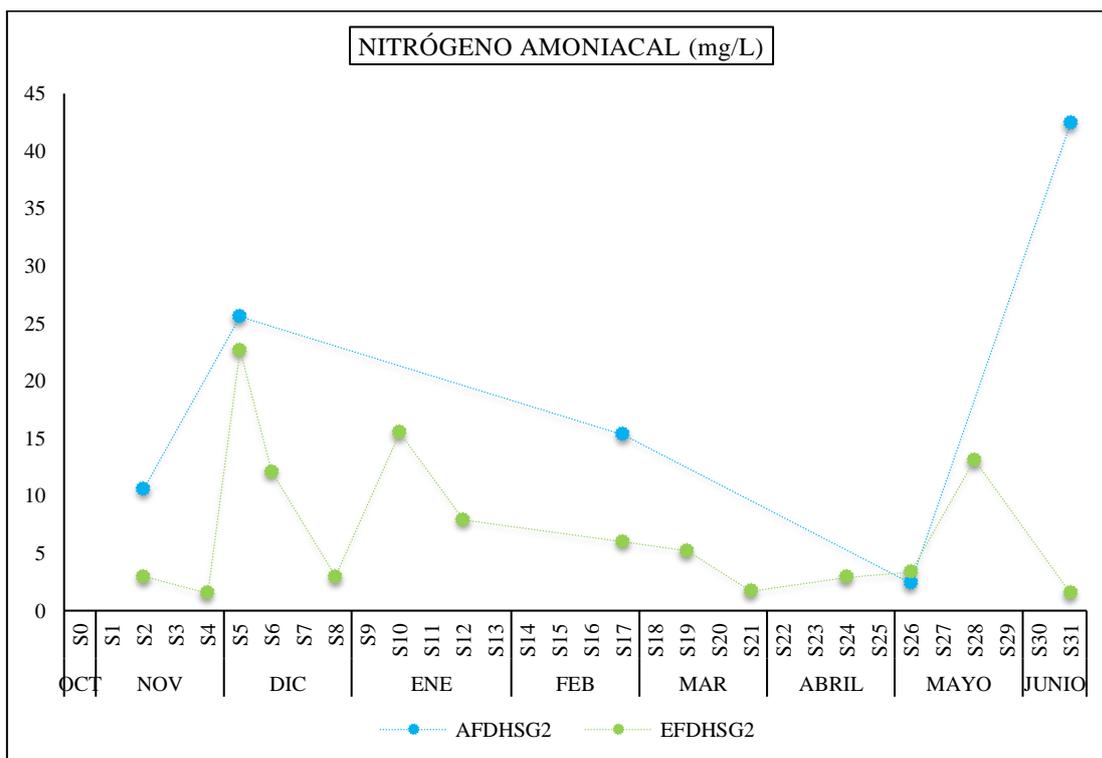
➤ Nitrógeno amoniacal

Tabla 33: Variación de concentración de nitrógeno amoniacal

MES	N° SEMANA	NITRÓGENO AMONICAL (mg/L)		REMOCIÓN (%)
		AFDHSG2	EFDHSG2	
NOV	S2	10.6	2.96	72.1%
	S3		DA	-
	S4		1.51	94.1%
DIC	S5	25.6	22.7	11.3%
	S6		12.1	52.7%
	S8		2.97	88.4%
ENE	S10		15.5	39.5%
	S12		7.9	48.4%
FEB	S17	15.3	6	60.8%
MAR	S19		5.2	66.0%
	S21		1.7	88.9%
ABRIL	S24		2.89	-20.9%
MAYO	S26	2.39	3.36	-40.6%
	S28		13.1	-448.1%
JUNIO	S31	42.4	1.5	96.5%

AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
- : No se registraron datos
DA: Dato atípico.
*Signo negativo antecediendo al número, indica incremento de concentración.

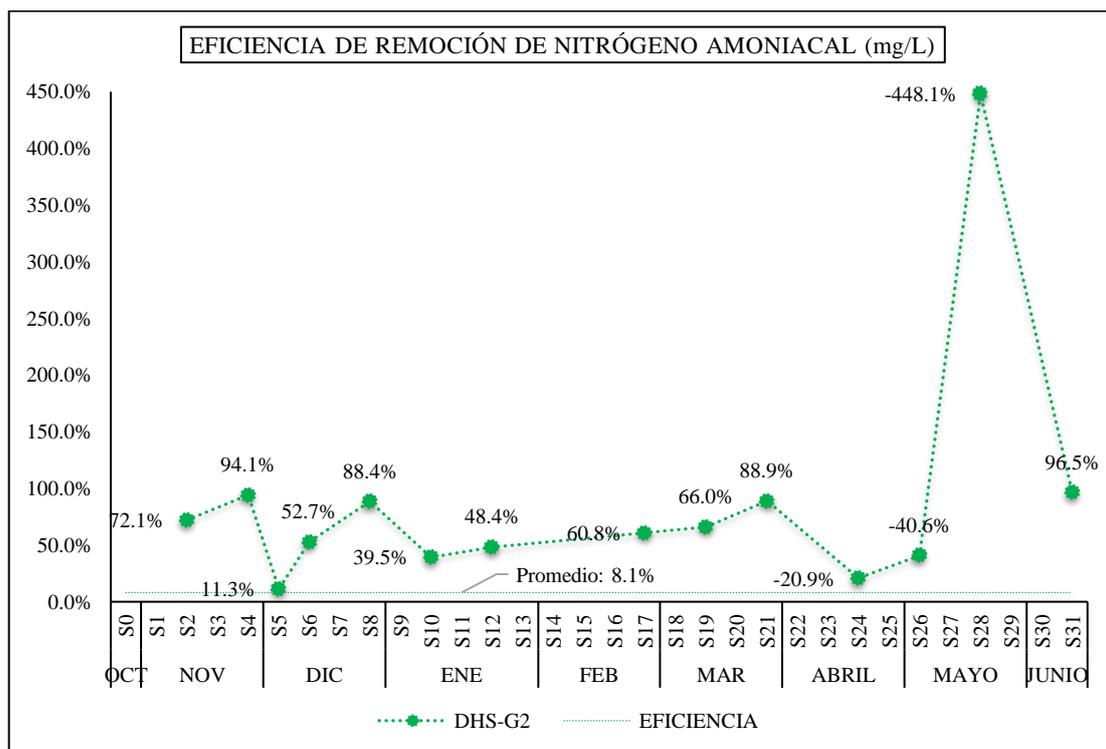
Gráfico 42: Variación de concentración de nitrógeno amoniacal



En la tabla 33 y el Gráfico 42; se observa que, en el afluente del reactor, la concentración de nitrógeno amoniacal es 10.6 mg/L, en la semana 5 llega a 25.6 mg/L y empieza a decrecer mostrando que en la semana 17 es 15.3 mg/L y en la semana 26 disminuye hasta 3.36 mg/L. Luego a la semana 31 se incrementa llegando hasta 42.4 mg/L.

En el efluente, durante las 31 semanas observamos variaciones de 1.5 mg/L hasta 7.9mg/L, y picos altos en la semana 5 con 22.7mg/L, semana 6 con 12.1 mg/L, semana 10 con 15.5mg/L y semana 28 con 13.1mg/L.

Gráfico 43: Eficiencia de remoción de nitrógeno amoniacal



El Gráfico 43 muestra la eficiencia de remoción de nitrógeno amoniacal del reactor, hasta la semana 21 presenta porcentajes de remoción desde 11.3% en la semana 5 hasta 94.1% en la semana 4. Luego en la semana 29 se llega a remover un 96.5% de nitrógeno amoniacal. Sin embargo, en la semana 24 observamos la producción del nitrógeno amoniacal en un 20.9% hasta 448.1% en la semana 28.

➤ **Nitrato**

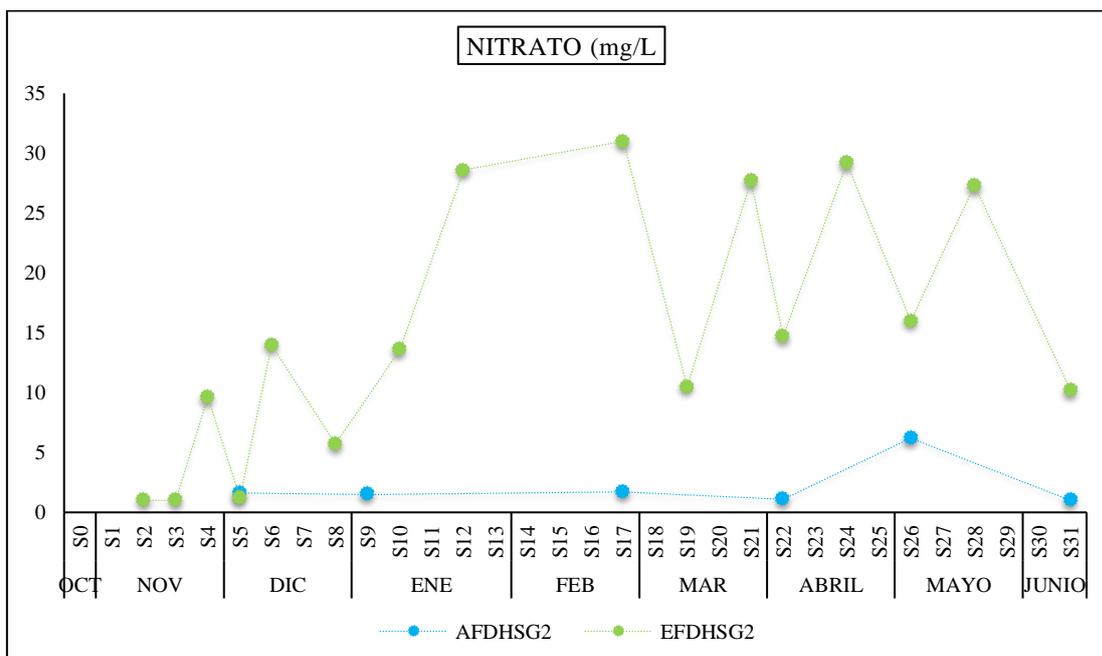
Tabla 34: Variación de concentración de nitrato

MES	N° SEMANA	NITRATO (mg/L)		REMOCIÓN (%)
		AFDHSG2	EFDHSG2	
NOV	S2	-	<1	37.5%
	S3	-	<1	37.5%
	S4	-	9.63	-501.9%
DIC	S5	1.6	1.2	25.0%
	S6	-	14.0	-775.0%
	S8	-	5.7	-280.0%
ENE	S9	1.5	-	-
	S10	-	13.6	-806.7%
	S12	-	28.6	-1806.7%

FEB	S17	1.7	31.0	-1723..5%
MAR	S19	-	10.5	-517.6%
	S21	-	27.7	-2418.2%
ABRIL	S22	1.1	14.7	-1236.4%
	S24	-	29.2	-2554.5%
MAYO	S26	6.2	16.0	-158.1%
	S28	-	27.3	-340.3%
JUNIO	S31	<1	10.2	-920.0%

AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina.
EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina.
- : No se registraron datos
<1: Indeterminado. En la presente investigación, se evalúa con el dato menos desfavorable.
*Signo negativo antecediendo al número, indica incremento de concentración.

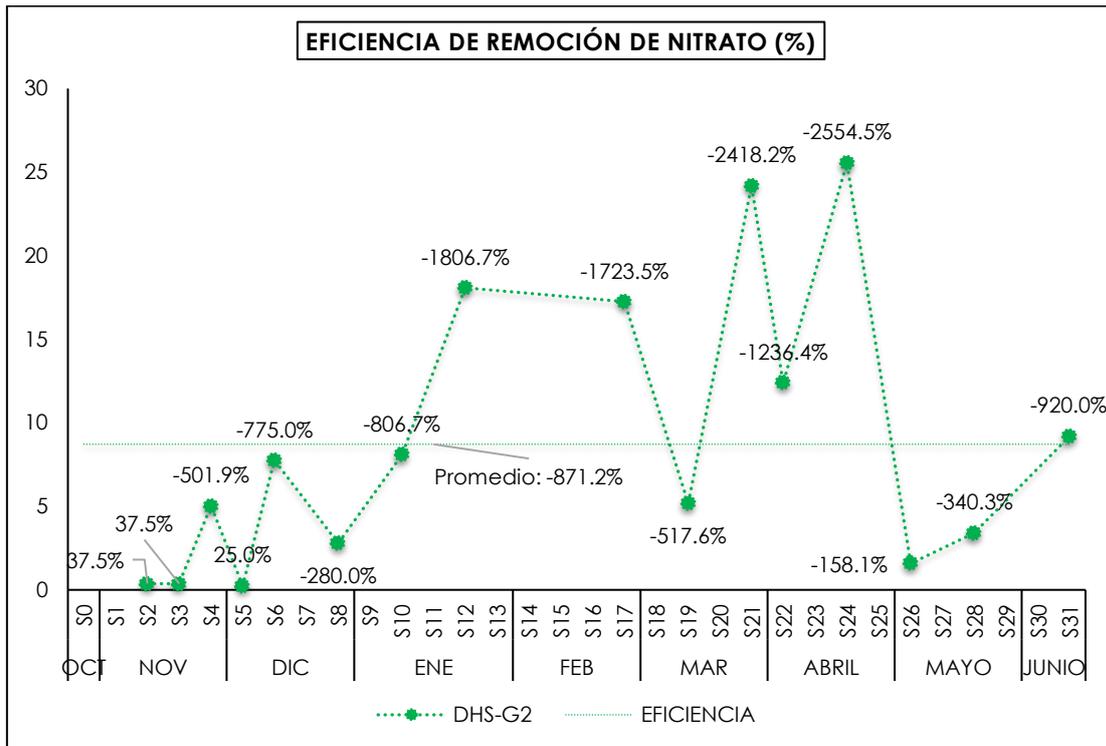
Gráfico 44: Variación de concentración de nitrato



En la Tabla 34 y el Gráfico 44; se observa que, en el afluente del reactor, la concentración de nitrato oscila entre 1 mg/L y 1.7mg/L, llegando hasta 6.2 mg/L en la semana 26.

En el efluente, se observa que a partir de la quinta semana empieza a incrementar la concentración de nitrato, desde 5.7 mg/L llegando a 31 mg/L en la semana 17.

Gráfico 45: Eficiencia de remoción de nitrato



El Gráfico 45 muestra la eficiencia de remoción de nitrato del reactor, hasta la semana 3 presenta porcentajes de remoción desde 37.5%. En la semana 4 empieza a producirse nitratos quintuplicando su valor, llegando a la semana 24 con 2554.5%. Luego en la semana 26 decae produciendo el 158.1% y a la semana 31 llega a 920.0% de producción de nitratos.

3.3.8. Otros parámetros

➤ **Olor**

Tabla 35: Variación de olor

COLOR (Intensidad)			
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2
OCT	S0	+++	+
NOV	S1	+++	+
	S2	+++	+
	S3	+++	+
	S4	+++	+
DIC	S5	+++	+
	S6	+++	+
	S7	+++	+

	S8	+++	+
ENE	S9	+++	+
	S10	+++	+
	S11	+++	+
	S12	+++	+
	S13	+++	+
FEB	S14	+++	+
	S15	+++	+
	S16	+++	+
	S17	+++	+
MAR	S18	+++	+
	S19	+++	+
	S20	+++	+
	S21	+++	+
ABRIL	S22	+++	+
	S23	+++	+
	S24	+++	+
	S25	+++	+
MAYO	S26	+++	+
	S27	+++	+
	S28	+++	+
	S29	+++	+
JUNIO	S30	+++	+
	S31	+++	+
AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina. EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina. - : No se registraron datos. +++: Percepción de intensidad de olor alta. +: Percepción de intensidad de olor mínimo.			

En la tabla 35 observamos que, durante el tiempo de estudio, en el afluente, el olor fue perceptible con una intensidad alta; mientras que en el efluente presentó un olor mínimo perceptible.

➤ **Color**



Fotografía N° 18: Variación de color en el reactor

Fuente: Tesistas. Capturado el 09.11.16

En la Fotografía N°18 se observa la variación del color en el reactor en la semana 1, de izquierda a derecha, el primer vaso de precipitado corresponde a afluente, el segundo vaso de precipitado corresponde al efluente y finalmente el tercer vaso de precipitado contiene agua destilada.

El afluente presenta una coloración más intensa que el efluente y esta a su vez presenta una coloración media en comparación con el agua destilada.



Fotografía N° 19: Variación de color en el reactor

Fuente: Tesistas. Capturado el 11.03.17

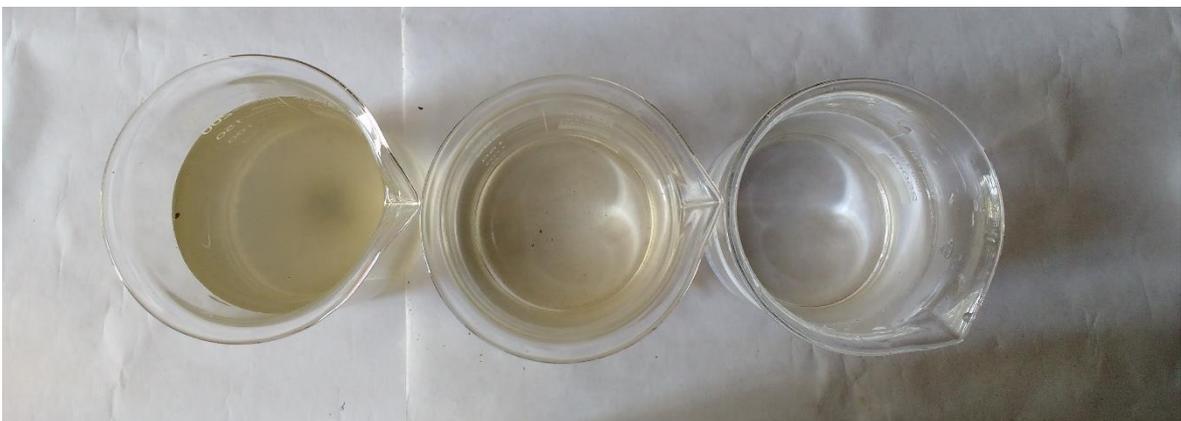
En la Fotografía N°19 se observa la variación del color en el reactor en la semana 18, de izquierda a derecha, el primer vaso de precipitado corresponde a afluente y el segundo vaso de precipitado corresponde al efluente. El afluente presenta una coloración más intensa.



Fotografía N° 20: Variación de color en el reactor

Fuente: Tesistas. Capturado el 08.04.17

En la Fotografía N°20 se observa la variación del color en el reactor en la semana 22, de izquierda a derecha, el primer vaso de precipitado corresponde a efluente y el segundo vaso de precipitado corresponde al afluente. El afluente presenta una coloración más intensa.



Fotografía N° 21: Variación de color en el reactor

Fuente: Tesistas. Capturado el 05.06.17

En la Fotografía N°21 se observa la variación del color en el reactor en la semana 31, de izquierda a derecha, el primer vaso de precipitado corresponde a afluente, el segundo vaso de precipitado corresponde al efluente y finalmente el tercer vaso de precipitado contiene agua destilada.

El afluente presenta una coloración más intensa que el efluente y esta a su vez presenta una coloración media en comparación con el agua destilada.

➤ **Huevos de helmintos**

Tabla 36: Variación de concentración de huevos de helmintos

HUEVOS DE HELMINTOS (Huevos/L)			
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2
MAR	S21	-	Ausencia
JUNIO	S31	-	Ausencia
AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina. EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina. - : No se registraron datos.			

En la tabla 36; se observa que, en el efluente del reactor a partir de la semana 21 no hubo presencia de huevos de helmintos.

3.3.9. Eficiencia del tratamiento

Tabla 37: Eficiencia del tratamiento

EFICIENCIA DE TRATAMIENTO						
MES	N° SEMANA	AyG	CF	DQO	DBO ₅	STS
NOV	S2	35.6%	0.0%	74.3%	5.3%	91.7%
	S3	97.8%	54.2%	79.9%	26.3%	87.5%
	S4	0.0%	0.0%	63.8%	39.7%	96.5%
DIC	S5	0.0%	0.0%	78.0%	77.4%	98.2%
	S6	0.0%	0.0%	83.8%	80.1%	88.2%
	S8	0.0%	99.9%	49.1%	50.0%	8.3%
ENE	S10	0.0%	0.0%	64.7%	63.5%	58.3%
	S12	0.0%	0.0%	66.2%	64.8%	82.1%
FEB	S17	0.0%	99.4%	81.0%	82.3%	93.8%
MAR	S19	0.0%	99.6%	26.3%	59.2%	20.0%

	S21	0.0%	99.2%	62.5%	61.4%	85.2%
ABRIL	S22	-	0.0%	66.7%	66.7%	98.5%
	S24	0.0%	0.0%	50.6%	50.6%	80.9%
MAYO	S26	0.0%	0.0%	19.1%	31.4%	20.8%
	S28	0.0%	0.0%	80.9%	76.2%	25.0%
JUNIO	S31	90.0%	0.0%	57.6%	57.0%	87.1%

Tabla 38: Análisis estadístico de la eficiencia de tratamiento

MEDIDAS DE DISTRIBUCIÓN						
MEDIDA		AyG	CT	DQO	DBO5	STS
	N	15.0	16.0	16.0	16.0	16.0
TENDENCIA CENTRAL	Mo	0.000	0.000	-	-	-
	Me	0.0%	0.0%	65.5%	60.3%	86.2%
	X	14.9%	28.3%	62.8%	55.7%	70.1%
VARIABILIDAD	Max	97.8%	99.9%	83.8%	82.3%	98.5%
	Min	0.0%	0.0%	19.1%	5.3%	8.3%
	R	0.98	1.00	0.65	0.77	0.90
	S	0.33	0.45	0.19	0.21	0.32
	S ²	0.11	0.20	0.04	0.05	0.10
	CV	2.23%	2.78%	1.18%	1.33%	2.02%
POLÍGONOS DE FRECUENCIA	As	2.133	1.048	-1.173	-0.930	-1.054
		Distribución asimétrica positiva	Distribución asimétrica positiva	Distribución asimétrica negativa	Distribución asimétrica negativa	Distribución asimétrica negativa
	Cu	3.294	-0.911	0.945	0.602	-0.632
		Distribución leptocúrtica	Distribución platicúrtica	Distribución platicúrtica	Distribución platicúrtica	Distribución platicúrtica
N: Tamaño de muestra		Max: Valor máximo		S ² : Varianza		
Mo: Moda		Min: Valor mínimo		CV: Coeficiente de variabilidad		
Me: Mediana		R: Rango		As: Coeficiente de asimetría		
X: Media muestral		S: Desviación estándar		Cu: Coeficiente de curtosis		
- : No se registraron datos.						

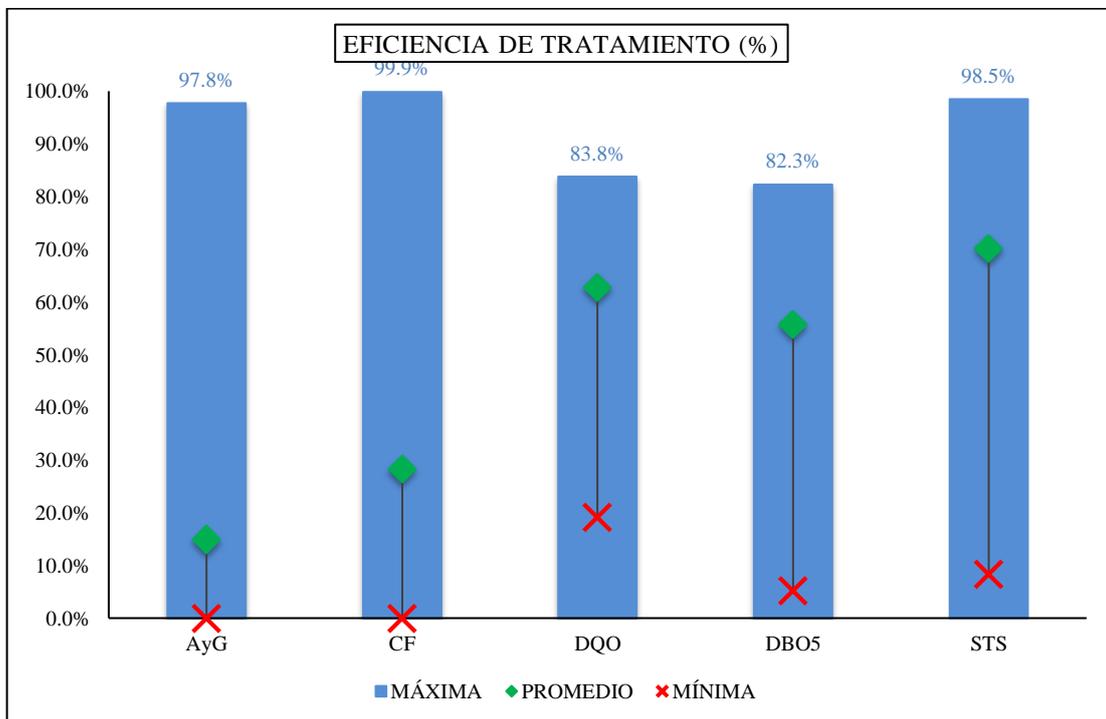
Tabla 39: Contraste de la hipótesis

CONTRASTE DE HIPÓTESIS					
Párametro	AyG	CT	DQO	DBO5	STS
Ho: $\mu <$	85%	85%	85%	85%	85%
H1: $\mu \geq$	85%	85%	85%	85%	85%
Grado de libertad	14.0	15.0	15.0	15.0	15.0
α	0.100	0.200	0.200	0.200	0.100
t student α	1.345	0.866	0.866	0.866	1.341
t student c	1.48	1.34	-0.26	-0.51	1.67
P-valor	Acepta Ho	Acepta Ho	Rechaza Ho	Rechaza Ho	Acepta Ho
Contraste	Rechaza Ho	Rechaza Ho	Acepta Ho	Acepta Ho	Rechaza Ho
Tipo de error	Decisión correcta				
Ho: Hipótesis nula H1: Hipótesis alterna α : Nivel de significancia					

La hipótesis que planteamos fue, que mediante el uso del reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina como tratamiento secundario de las aguas residuales de un tanque séptico en la localidad de Marián; logra una buena eficiencia en la degradación de los parámetros en estudio, alcanzando porcentajes de remoción superiores al 85%.

Al realizar el contraste, observamos que para un nivel de significancia de 0.100 rechazamos la hipótesis deseada para el parámetro de aceites y grasas y sólidos totales en suspensión. Para un nivel de significancia de 0.200 rechazamos la hipótesis deseada para el parámetro de coliformes termotolerantes y aceptamos para los parámetros demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno.

Gráfico 46: Eficiencia de tratamiento



En el Gráfico 46, observamos que la eficiencia de remoción de aceites y grasas alcanza el 97.8%, de coliformes termotolerantes el 99.9%, de demanda química de oxígeno el 83.8%, de demanda biológica de oxígeno el 82.3% y de sólidos totales en suspensión el 98.5%.

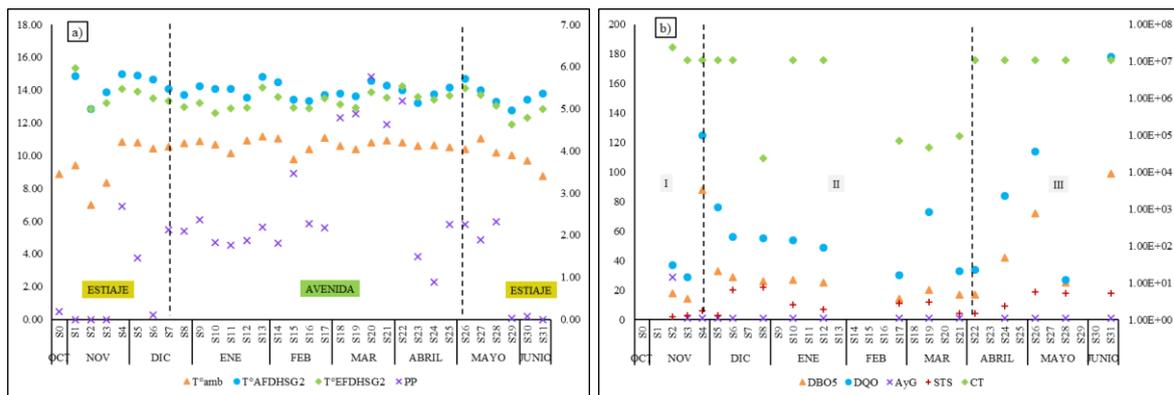
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

IV: DISCUSIÓN

Para el monitoreo del sistema DHS G2 se estableció dos temporadas del año tal como se observa en a) temporada de estiaje y avenida para la sierra de Ancash. Iniciándose a finales del mes de octubre del 2016, cuatro semanas después se presenciaron precipitaciones pluviales e iniciando la temporada de avenida en la semana 7 con mayor frecuencia hasta la semana 26; y a partir de la semana 27 nuevamente iniciamos la temporada de avenida (SENAMHI, 2018), se continuó monitoreando hasta la semana 31, cinco semanas más durante la temporada de estiaje.

La temperatura ambiental disminuye en la temporada de estiajes e incrementa en la temporada de avenida. Sucede lo mismo con la temperatura de afluente y efluente del sistema DHS G2, con la diferencia de que los datos del afluente del sistema DHS G2 se incrementaron un promedio de 3.5°C producto de las actividades domésticas de la población del Centro Poblado de Marián y de la actividad microbiana en los colectores y el proceso de tratamiento en el tanque séptico. Mientras tanto, en el efluente del sistema DHS G2 la temperatura disminuyó en un promedio de 0.7°C en comparación con el afluente del mismo, debido a que la mayor parte del área superficial del reactor se encontraba en contacto con el medio ambiente. A este suceso se le atribuye la presencia de olor con alta intensidad en el afluente y con poca o mínima intensidad en el efluente, puesto que a mayor temperatura la descomposición es más rápida y el oxígeno es menos soluble (Valdez y Vázquez González 2003) y (Metcalf & Eddy, INC. 1995).

Gráfico 47: Comportamiento del sistema DHS G2 a) Condiciones ambientales durante el estudio b) Variación de concentración de contaminantes en el efluente.



Para la detección de olor durante el estudio, el método usado fue sensorial a través de nuestros sentidos de olfato, obteniendo la sensación de agrado o desagrado con relación al mal olor característico de un agua residual.

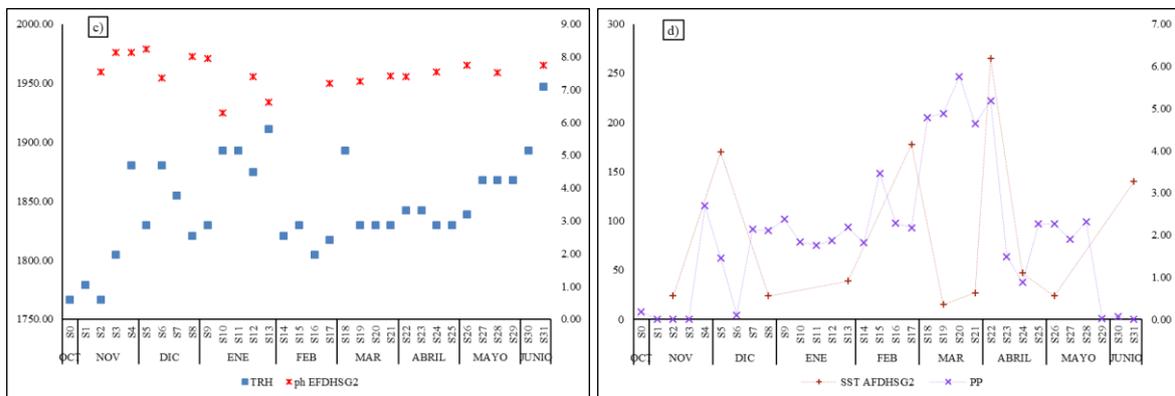
La presencia de olor en el agua residual fue producto de los gases liberados durante los procesos de descomposición de la materia orgánica, por lo general el agua residual reciente tiene un olor desagradable, pero resulta más tolerable que el agua residual séptica. Sucede debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse de los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios (Metcalf & Eddy, INC. 1995). Tal es así que, el afluente del reactor por proceder de un tanque séptico presentó alta intensidad de olor, mientras que en el efluente se presenció baja intensidad de olor indicando que en el reactor no hubo proceso de reducción de sulfato a sulfito debido a que una de las características de DHS G2 es atrapar la mayor cantidad posible de O_2 a través de los espacios entre placas, el cual evita el crecimiento de microorganismos anaerobios.

Con los resultados obtenidos, se identificó tres periodos de estudio y evaluación del sistema DHS G2 en función a la variación de degradación de contaminantes en el mismo, considerándose así las cuatro primeras semanas como periodo de arranque (I), entre la semana 4 y la semana 22 periodo de monitoreo (II) y desde la semana 23 hasta la semana 31 periodo de monitoreo (III). En b) se presenta las variaciones de las concentraciones de Demanda bioquímica de oxígenos, Demanda química de oxígeno, Aceites y grasas, Solidos totales en suspensión y Coliformes termotolerantes presentes en el efluente del sistema DHS G2; durante el periodo I observamos que las concentraciones de los contaminantes presenta desviaciones grandes entre sí, hasta alcanzar estabilidad en el periodo II, y en el periodo III observamos que los resultados nuevamente presentaron desviaciones altas (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio 2014). Tal es así, que en el periodo II se registraron las eficiencias máximas alcanzadas por e DHS G2.

M. Tandukar esquematizó su prototipo con dimensiones de la cortina 0.75m de largo x 2m de alto (2 und) para un TRH de 4h (Tandukar, Machdar, y otros 2006), se tomó como referencia para determinar el caudal de diseño en función a las nuevas dimensiones y

características del medio filtrante, finalmente se obtuvo 3.51 ml/s como caudal de diseño constante para un TRH de 1800 s (Ver Anexo 2). Durante el estudio operó con un TRH entre 1766.60 s y 1946.86 s, con una variación mínima; sin embargo, según c) a medida que el TRH aumenta el pH disminuye y cuando el TRH disminuye el pH aumenta, suceso que indica la mayor actividad microbiana en TRH altos, llegando hasta la fase acidogénica con tendencia a desarrollar microorganismos formadoras de metano. El pH no debe bajar de 6.2 puesto que este punto marca el límite de la actividad de las bacterias formadoras de metano (Metcalf & Eddy, INC. 1995).

Gráfico 48: Comportamiento del sistema DHS G2 c) Variación de pH en función al tiempo de retención hidráulico (TRH) d) Variación de concentración de Sólidos totales en suspensión (STS) en el afluente en función a la precipitación pluvial (pp).



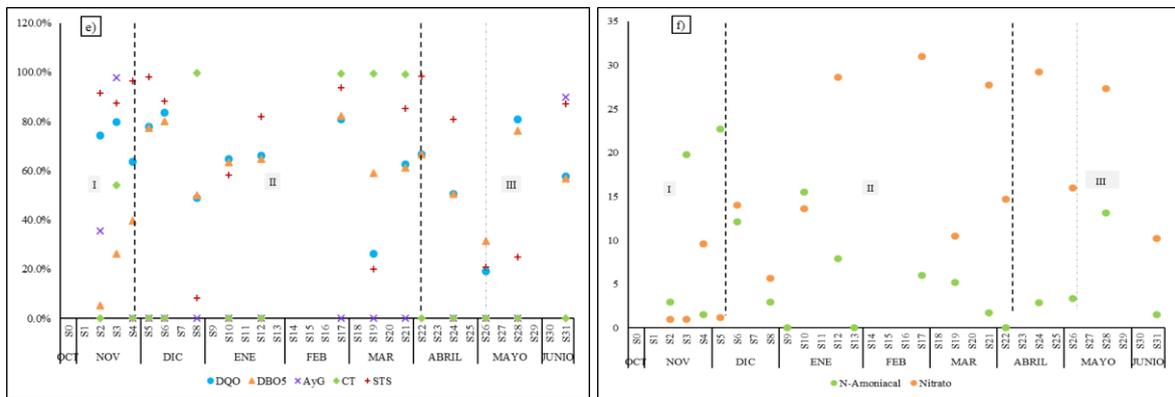
La variación de Sólidos totales en suspensión en el afluente del sistema DHS G2 presentó una relación directa con la precipitación pluvial. De acuerdo a d) cuando se registra precipitaciones pluviales altas en la localidad, el agua residual que ingresa al rector presenta Sólidos totales en suspensión altas y viceversa. La presencia de altas concentraciones de STS en el afluente es generada por la disminución de TRH en el Tanque séptico debido al incremento del caudal de ingreso el cual no permite la sedimentación correcta.

El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse en condiciones más próximas a las anaerobias, el color cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro (Metcalf & Eddy, INC. 1995). Durante el proceso de

tratamiento de agua empieza a disminuir gradualmente, los resultados indican que en la semana 1 el afluente presenta una coloración homogénea marrón en la que alcanzamos a observar partículas suspendida y en el efluente disminuye su intensidad presentando una coloración marrón clara en la que se observa escasamente partículas disueltas. En la semana 22, en el efluente incrementó el color y por otro lado el afluente presentó la concentración más elevada de Sólidos totales en suspensión, pese a que la remoción de ésta fue alta, aun se evidenció mediante el color; debido a que el color suele estar asociado a las sustancias orgánicas presentes, y a que estas pueden degradarse fácilmente tanto por procesos físicos como biológicos. Observamos también, que en la semana 31, disminuye la intensificación del color en el efluente.

Las mediciones de color se realizaron organolépticamente usando la visión en consecuencia la determinación dependió de la composición espectral de la luz natural con la que se iluminaba la caseta y la capacidad del objeto para absorber, reflejar, reflejar o emitir estas ondas electromagnéticas.

Gráfico 49: Comportamiento del sistema DHS G2 e) Eficiencia de remoción. f) Compuestos nitrogenados.



Específicamente la eliminación del nitrógeno es el de nitrificación – desnitrificación. Así mismo, el nitrógeno como proteína del agua residual dan lugar a problemas esenciales en los cauces de los ríos receptores. La alta concentración de nutrientes en el agua crea condiciones especiales favorables para el desarrollo de las plantas verdes (Metcalf & Eddy, INC. 1995)

y (Ramalho 1990). En f) las concentraciones de N-amoniaco son menores a los Nitratos, evidenciando el desarrollo del proceso de nitrificación; resaltamos también el incremento de la concentración de Nitratos a partir de la semana 4, que según (Metcalf & Eddy, INC. 1995, 97) es donde empieza a producirse nitratos debido a que el ion amonio NH_4^+ se oxida a nitrito por presencia de microorganismos *Nitrosomonas* de acuerdo con la ecuación $2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+$ y luego los nitritos se oxidan a nitratos por presencia de microorganismos *Nitrobacter* $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$.

Los porcentajes de remoción del sistema DHS G2 durante el estudio fueron en el periodo (II) como se detalla en e), se alcanza la máxima eficiencia de remoción de Aceites y grasas en el periodo de arranque, en el periodo II no hubo remoción puesto que en el efluente no se evidenció su presencia, y en el periodo III alcanza a remover un 90%.

La eficiencia de remoción de la Demanda química de oxígeno alcanza el 83.8% y la Demanda bioquímica de oxígeno el 82.3%, durante el periodo II. Es preciso mencionar que la actividad microbiana más alta y constante fue en esta temporada, ya que la determinación de Demanda bioquímica de oxígeno implica conocer el oxígeno consumido por las bacterias en un intervalo de tiempo y existe una relación cuantitativa entre el oxígeno consumido y la concentración del material orgánico (Menéndez Gutiérrez y Pérez Olmo 2007) y (Metcalf & Eddy, INC. 1995).

En el periodo II, se llega a remover los Coliformes Termotolerantes hasta un 99.9% con una reducción de 3 logaritmos, desde 7 a 4. Este indicador de la presencia potencial de organismos patógenos descrito así por (Ramalho 1990), nos indica también la probabilidad de existencia de otros microorganismos patógenos tales como las que puede causar tifoidea, disentería, diarrea, cólera etc.

Posteriormente, comprobamos la hipótesis estadísticamente. Al no estudiarse la población entera, nunca podremos estar completamente seguros de si la hipótesis realizada es verdadera o falsa. Es decir, siempre existe la probabilidad de llegar a una conclusión

equivocada. Debe quedar en claro que el rechazo de una hipótesis implica que la evidencia de la muestra la refuta, donde existe una probabilidad muy pequeña de que, siendo la hipótesis verdadera, se haya obtenido una muestra como la estudiada. Por otro lado, una hipótesis se aceptará cuando la muestra no proporcione evidencias suficientes para refutarla, lo cual no quiere decir que la hipótesis sea verdadera (Gorgas García, Cardiel López y Zambrano Calvo 2011). Rechazamos nuestra hipótesis, asignando como hipótesis nula $H_0 \leq 85\%$ ya que pretendemos demostrar que la eficiencia alcanzada por el sistema DHS G2 es mayor al 85%. Por otra parte, la hipótesis que se acepta cuando se rechaza H_0 es la hipótesis alterna H_1 . Es decir, si se acepta H_0 se acepta H_1 y al contrario. Todos los posibles valores del estadístico que llevan a rechazar H_0 constituyen la región crítica del contraste. Por el contrario, todos los valores que llevan a una aceptación de H_0 determinan la región de aceptación.

Buscamos comprobar que la eficiencia de remoción del sistema DHS G2 es mayor a 85%; por tanto, definimos un contraste unilateral, o un ensayo de una cola. En este caso, el área de la única región crítica ha de coincidir con el nivel de significación (Gorgas García, Cardiel López y Zambrano Calvo 2011).

Contamos con una muestra pequeña por tanto el contraste de hipótesis se realizó definiendo un estadístico t, el cual sigue una distribución t de student con n-1 grados de libertad, donde H_0 es aceptada si $t_{\text{student}} < t_{\alpha}$ y rechazada si $t_{\text{student}} > t_{\alpha}$. Para un nivel de significancia de 0.100 rechazamos la hipótesis deseada para el parámetro de Aceites y grasas y Sólidos totales en suspensión. Para un nivel de significancia de 0.200 rechazamos la hipótesis deseada para el parámetro de Coliformes termotolerantes y aceptamos para los parámetros Demanda química de oxígeno y Demanda bioquímica de oxígeno.

Típicamente se suele tomar niveles de significancia fijos de 0.05 ó 0.01, evidentemente interesa que dicho nivel de significancia sea lo más pequeño posible. Tras el contraste de hipótesis, se evaluó la probabilidad de haber cometido error para definir el nivel de significación α , sabiendo que se acepta cuando $p\text{-valor} > t_{\text{student } c}$ y rechazada si $p\text{-valor} < t_{\text{student}}$. Para un nivel de significancia de 0.100 aceptamos el p-valor para el parámetro de

Aceites y grasas y Sólidos totales en suspensión. Para un nivel de significancia de 0.200 aceptamos el p-valor para el parámetro de Coliformes termotolerantes y rechazamos para los parámetros Demanda química de oxígeno y Demanda bioquímica de oxígeno.

Por tanto, validamos los resultados del contraste de hipótesis evidenciando que se tomó la decisión correcta y no se cometió error de ningún tipo (Gorgas García, Cardiel López y Zambrano Calvo 2011) y (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio 2014).

Finalmente, la hipótesis planteada fue aceptada para los parámetros aceites y grasas, coliformes termotolerantes y sólidos totales en suspensión, y rechazada para demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno.

Así mismo, en el efluente se encontró índices de biodegradabilidad mayores a 0.4, con la cual nos asegura que el efluente es biodegradable pudiéndose usar para su tratamiento un sistema biológico como el sistema DHS G2.

Entre la semana 23 al 26, en el periodo III; la eficiencia de remoción empieza a disminuir como se indica en e), al observar este suceso en la semana 26 se realizó una limpieza del sistema removiendo los sólidos impregnados sobre las esponjas. Y en la semana 22 empezó a aumentar su eficiencia motivo por el cual se monitoreó hasta la semana 31 con la finalidad de observar la tendencia de la eficiencia de remoción, resultados que nos conlleva a deducir que el periodo promedio de limpieza del reactor es cada 18 semanas.

El efluente del DHS G2 no ocasionará daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente puesto que cumple con los Límites máximos permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales establecidos en la norma vigente (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM 2010), considerando que para la eliminación total de los coliformes termotolerantes se tendrá que implementar un sistema de desinfección posterior. Así mismo, puede ser vertido a un sistema de alcantarillado sanitario, ya que no causará daños inmediatos o progresivos a las instalaciones, infraestructura

sanitaria debido a que cumple con los Valores Máximos Admisibles (Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA 2009).

Sin embargo, no puede ser destinado inmediatamente para riego de vegetales ni vertido a un río debido a que las concentraciones del efluente superan los Estándares de calidad establecidos por la norma vigente (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM 2017).

Tabla 40: Evaluación del efluente del sistema DHS G2 con las normas vigentes

MES	N° SEMANA	EFLUENTE DEL REACTOR DHS G2 (EFDHSG2)								
		AyG (mg/L)	CF (NMP/100ml)	DQO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	pH (und.pH)	STS (mg/L)	T (°C)	Nit (mg/L)	Huevos de Helmintos (huevos/l)
NOV	S2	29	2.40E+07	37	18	8.17	2	12.86	1.00	-
	S3	1	1.10E+07	29	14	8.11	3	13.22	1.00	-
	S4	1	1.10E+07	125	88	7.99	6	14.09	9.63	-
DIC	S5	1	1.10E+07	76	33	7.97	3	13.91	1.20	-
	S6	1	1.10E+07	56	29	7.56	20	13.49	14.00	-
	S8	1	2.40E+04	55	26	7.79	22	12.97	5.70	-
ENE	S10	1	1.10E+07	54	27	7.21	10	12.61	13.60	-
	S12	1	1.10E+07	49	25	7.23	7	12.94	28.60	-
FEB	S17	1	7.00E+04	30	14	7.19	11	13.52	31.00	-
MAR	S19	1	4.60E+04	73	20	7.26	12	12.93	10.50	-
	S21	1	9.30E+04	33	17	7.38	4	13.54	27.70	Ausencia
ABRIL	S24	1	1.10E+07	84	42	7.61	9	13.41	29.20	-
MAYO	S26	1	1.10E+07	114	72	7.76	19	14.10	16.00	-
	S28	1	1.10E+07	27	25	7.49	18	13.05	27.30	-
JUNIO	S31	10	1.10E+07	178	99	7.77	18	12.83	10.20	Ausencia
VMA		100	NA	1000	500	6 - 9	500	< 35	NA	NA
LMP		20	1.00E+04	200	100	6.5 - 8.5	150	< 35	NA	NA
ECA Categoría 03, D1		5	1.00E+03*	40.00	15.00	6.5 - 8.5	NA	Δ3	100.00	1
ECA Categoría 04, E2		5	2.00E+03	NA	10.00	6.5 - 9	≤ 100	Δ3	13.00	

VMA: Valores máximos admisibles.

LMP: Límites máximos permisibles

ECA: Estándares de calidad ambiental. D1: Riego para vegetales. E2: Rios (costa y sierra)

* : Para riego de vegetales restringidos.

- : No se registraron datos.

NA: No aplica para la norma vigente.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Para temperaturas entre 12.29°C y 14.99 °C, el sistema DHS G2 resultó ser más eficiente al tratar agua residual provenientes de un tanque séptico, removiendo sólidos totales en suspensión alcanzando el 98.5% y nitrógeno amoniacal el 94.1%; y menos eficiente al remover la demanda bioquímica de oxígeno, ver Tabla 41. Comparación que se realizó con estudios desarrollados con efluentes de UASB a 25°C de temperatura (Machdar, y otros 2000) y (Chong, y otros 2012). Sin embargo, los resultados de la combinación de UASB

más DHS G1 son mayores, llegando a remover hasta el 100% considerando temperaturas promedio de 18.5°C y 25°C.

Tabla 41: Estudios internacionales recientes sobre DHS como post tratamiento de afluentes de UASB

Ref. ^a	T°C	DHS			CONCENTRACIÓN DEL EFLUENTE (mg/L) [Eficiencia de remoción (%)]			
		Q (L)	TRH (h)	Gen. ^d	DBO	STS	CF	NH ₄ -N
[1]	7 - 30	1.215 ^s	0.5-2.5	1 ^{er}	3.8		6.50E+2 [2.57]	5 [71-100]
[2]	25	1.215 ^p	1.3	1 ^{er}	2 [99]	0 [100]		7 [75]
[3]	25	51 ^p	2	2 ^{do}	4 [97]	28 [79]		20 [52]
		51 ^s			10 [94]	46 [63]		15 [61]
[4]	25	51 ^s	2	2 ^{do}	8 [95]			12 [70]
		51 ^p	2		4 [97]	28 [79]		20 [50]
[5]	25	51 ^s	2	2 ^{do}	8 [95]	43 [70]		12 [70]
		51 ^s	1.3		9 [94]	40 [77]		10 [73]
[6]	20 - 25	375	2	4 ^{to}	9 [96]	17 [93]	1.90E+4 [3.45]	18 [28]
[7]	9 - 32	480	2.5	4 ^{to}	17 [94]	18 [95]	3.80E+4 [4]	9 [60]
[8]	12.29-14.99	295.49	0.5	2 ^{do}	14[82.3]	4[98.5]	2.4E+4[99.9]	1.54[94.1]

a Referencias: [1] Agrawal et al., 1997a,b; [2] Machdar et al. (1997); [3] Machdar et al. (2000); [4] Uemura et al. (2002); [5] Tandukar et al. (2006a); [6] Tandukar et al. (2005, 2006b); [7] Tandukar et al. (2007); [8] Elaboración propia: postratamiento de afluente de Tanque Séptico.

b Todas las concentraciones se dan en mg/L, excepto CF (en org / 100 mL); las eficiencias de remoción promedio se dan en porcentaje, excepto CF (en unidades de registro).

c Capacidad. Superíndice s: DHS fluido en serie; superíndice p: DHS fluido en paralelo.

d Generación DHS. 1er: primera generación; 2do: segunda generación

En la tabla 42, contrastamos los resultados con los estudios desarrollados a nivel nacional en la región costa a temperaturas de 15.5°C y 29.6°C. Donde, las remociones de sólidos totales en suspensión, coliformes termotolerantes y aceites y grasas fueron más eficientes en comparación con todos los estudios mencionados. La remoción de los coliformes termotolerantes llegan a disminuir en menos 3 logaritmos, superando a los demás estudios puesto que tres de ellos alcanzan a remover solo en menos 2 logaritmos. Así mismo, se observó que la eficiencia de remoción de los indicadores biológicos DBO₅ y DQO están dentro del rango de los resultados obtenidos por los investigadores (Rojas Ramos y Visurraga Mariño 2012), (Amancio Castro y Castillo Vidal 2012), (Ossio Tarnawiecki y Acuña Tapia 2013), (Quiroz Mantari y Ferro Chiara 2015), (Perez Lazo y Soberon Broncano 2015), (Ricce Del Rio 2017), (Príncipe Vega 2018), puesto que la actividad microbiana disminuye en relación directa con la temperatura (Metcalf & Eddy, INC. 1995).

Tabla 42: Estudios nacionales recientes sobre DHS como post tratamiento de afluente de UASB

Ref. ^a	DHS			EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)												
	Q (L)	TRH (h)	Gen. ^c	T°af	T°ef	Ph af	Ph ef	DBO	DQO	STS	AyG	CF	CT	E. Coli	Salmonella	Log
[1]	8.11	4	1 ^{er}	18.97	18.23	7.4	8.06	41.02	59.08	69.36	-	-	99.75	-	-	-2 Log
		2		-	18.33	-	7.95	49.93	55.91	ND	-	-	96.41	-	-	-
	16.21	4	21.72	21.45	7.39	7.6	97.31	65.63	85.86	-	-	96.96	-	-	-	
		2	-	21.43	-	7.64	92.1	68.3	ND	-	-	98.83	-	-	-	
[2]	86.4	1.25	Bloques prismáticos	19.82-22.42	19.16-22.97	6.96-7.03	6.20-7.81	84.93	63.87	-	-	92.78	-	-	-2 Log	
[3]	61.9-64.8	1.5	1 ^{er}	18-28	18-28	6.50-8.26	6.61-8.22	94	84	11	-	99.96	-	-	-4 Log	
[4]	64.8	1.5	1 ^{er}	24.5-32.5	24-29.6	6.88-7.51	6.26-7.63	99.49	97	-	-	-	-	[99.974]	[99.718]	-3 Log
	86.4	1.15		20.0-26.6	19-22	6.64-7.50	6.42-7.33	89.52	95.47	-	-	-	-	99.641	99.9421	-3 Log
	108	0.9		17.1-21.6	16.9-21.1	6.8-7.6	6.6-7.4	99.71	87.93	-	-	-	-	99.849	99.527	-3 Log
	129.6	0.75		16.5-19.3	15.5-18.9	6.18-7.15	5.41-7.21	92.4	88.7	-	-	-	-	99.92	99.875	-3 Log
[5]	86.4	1.25	Bloques prismáticos	19.82-22.42	19.16-22.97	6.96-7.03	6.20-7.81	86.36	73.684	90.89	-	-	99.97	95.35	100	-2 Log
[6]	87.5-65.50	1.53-1.9	1 ^{er}	22.82	22.19	7.44	7.25	-	89	70.19	-	-	-	99.99	99.99	-
[7]	518.4 ^m	1.5h	1 ^{er}	24.67	23.41	7.05	7.3	80.09	87.36	83.5	91.67	55	99.46	-	-	-3 Log
	691.2 ⁿ		1 ^{er}	19.31	18.83	6.98	7.46	73.81	84.85	-	-	55	-	-	-	
[8]	295.49	0.50	2 ^{do}	12.29-14.99	11.90-15.34	6.95-7.52	6.30-8.23	82.3	83.8	98.5	97.8	-	99.9	-	-	-3 Log

a Referencias: [1] Rojas et al., 2012; [2] Amancio et al. (2012); [3] Ossio et al. (2013); [4] Quiroz et al. (2015); [5] Perez et al. (2015); [6] Rocky, C. (2017); [7] Vega, P. (2018); [8] Elaboración propia: postratamiento de afluente de Tanque Séptico.

b DHS con recirculación. Superíndice m: caudal 50% de + 50% de efluente; superíndice n: caudal 100% de efluente.

c Generación DHS. 1er: primera generación; 2do: segunda generación.

d - : Datos no registrados.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Mediante el uso del reactor Downflow Hanging Sponge tipo cortina se mejoró la capacidad de degradación de las aguas residuales domesticas provenientes del tanque séptico de la localidad de Marian, alcanzando eficiencias de remoción de contaminantes mayores al 80%.
2. Se ha operado el reactor DHS G2 con las temperaturas del agua residual siguientes: en el afluente, con un máximo de 14.99 °C (semana 4) y mínima de 12.29 °C (semana 29); en el efluente, un máximo de 15.34 °C (semana 1) y un mínimo de 11.90 °C (semana 29). En caso de el pH se tuvo los siguientes registros: en el afluente un máximo de 7.52 (semana 28) y mínimo de 6.95 (semana 4); mientras que, en el efluente, se tuvo máximo de 8.23 (semana 6) y un mínimo de 6.30 (semana 10).
3. Tras analizar los parámetros fisicoquímicos e indicador de contaminación fecal; se llegó a remover la concentración de aceites y grasas en 97.8%, sólidos totales en suspensión en 98.5% y coliformes termotolerantes en un 99.9%.
4. Según el análisis de los indicadores de contaminación bioquímica, se obtuvo porcentajes de eficiencia en la remoción de: demanda química de oxígeno en 83.8% y de demanda bioquímica de oxígeno en 82.3%.
5. En consideración con las normas vigentes tenemos que, el efluente del DHS G2 cumple con los 'Límites máximos permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales', considerando que para la eliminación total de los coliformes termotolerantes se tendrá que implementar un sistema de desinfección posterior. Sin embargo, este efluente no puede ser destinado inmediatamente para riego

de vegetales ni vertido a un río debido a que las concentraciones del efluente superan los ‘Estándares de calidad ambiental’.

Recomendaciones

1. Como una recomendación técnica, se deberá de tener en consideración la calidad del afluente al reactor DHS G2; pues un inadecuado proceso de operación y mantenimiento del tanque séptico puede generar altas concentraciones de sólidos totales en suspensión y esto generar problemas de operación en el reactor.
2. Se deja abierta la investigación, recomendando la continuidad del estudio de indicadores de contaminación bioquímica de acuerdo con la altura del reactor en búsqueda de la mejor relación que maximice la eficiencia de remoción dentro del nuevo paradigma de la Planta Procesadora de Aguas Residuales (PPAR).
3. Se propone evaluar el efecto de la variación de otros parámetros operacionales como el área específica del medio filtrante, con la finalidad de operar en forma sustentable y tener un manejo adecuado de los productos recuperados.
4. Se plantea realizar el estudio de la generación y disposición de lodos en el efluente del sistema DHS G2 tomando en cuenta la economía circular.
5. Con el propósito de mejorar los resultados obtenidos respecto al DBO₅ y DQO, se recomienda realizar una recirculación al efluente del reactor DHS G2, generando un aumento en el tiempo de retención de las aguas residuales. Para la eliminación de coliformes fecales, se tendrá que adicionar un tratamiento de desinfección con cloro. Así mismo, para la disminución de nitratos, se recomienda un tratamiento adicional con carbón activado granular o en polvo, ablandamiento con cal u optar por la desnitrificación biológica (aguas superficiales) e intercambio iónico (aguas subterráneas) que se da en los cuerpos receptores.

**CAPÍTULO VI: REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias Bibliográficas

- Amancio Castro, Diana Lucia, y Harold Steven Castillo Vidal. *Estudio del sistema Downflow Hanging Sponge (DHS) tipo bloques prismáticos en el tratamiento del efluente en un reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente*. Lima, 2012.
- Chong, Siewhui, Tushar Kanti Sen, Ahmet Kayaalp, y Ha Ming Ang. «*The performance enhancements of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors for domestic sludge treatment.*» *Water research*, 2012: 3434-3470.
- *Decreto Legislativo N° 1055*. Lima: El Peruano , 2008.
- Dirección Nacional de Saneamiento. «Obras de Saneamiento.» En *Reglamento Nacional de Edificaciones*, de MVCS. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006.
- Gorgas García, Francisco Javier, Nicolás Cardiel López, y Jaime Zambrano Calvo. *Estadística básica para estudiantes de ciencias*. Madrid: Universidad Complutense, 2011.
- Harada, Hideki. *India-Japan internacional collaboration for an innovative sewage treatment technology with cost-effective and minimum-energy requirement*. Karnal, India, 2002.
- Hernández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado, y María del Pilar Baptista Lucio. *Metodología de la investigación*. México D. F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.
- *Ley N° 1280*. Lima: El Peruano, 2016.
- *Ley N° 28611* . Lima: El Peruano, 2005.

- Machdar, I., Y. Sekiguchi, H. Sumino, H. Ohashi, y H. Harada. *Combination of a UASB reactor and a curtain type DHS (downflow hanging sponge) reactor as a cost-effective sewage treatment system for developing countries*. IWA Publishing, 2000.
- Mahmoud, Mohamed, Ahmed Tawfik, y Fatma El-Gohary. *Use of down-flow hanging sponge (DHS) reactor as a promising post-treatment system for municipal wastewater*. El Cairo, Egipto, 2011.
- Menéndez Gutiérrez, Carlos, y Jesús M. Pérez Olmo. *Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales*. La Habana: Universitaria, 2007.
- Metcalf & Eddy, INC. *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A., 1995.
- Municipalidad Distrital de Independencia. *E.T.: Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario de Marian*. Independencia, 2011.
- *Normas Legales*. «Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.» 07 de Junio de 2017: 10-19.
- *Normas Legales*. «Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.» 22 de Mayo de 2009.
- *Normas Legales*. «Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.» 17 de Marzo de 2010: 415675-415676.
- Organización Mundial de la Salud. «Hojas de información microbiológica.» *Guías para la calidad del agua potable*, 2008: 233.
- Ossio Tarnawiecki, Veronica Sara, y Jorge Enrique Acuña Tapia. *Eficiencia del sistema de esponjas colgantes DHS de primera generación en el tratamiento del efluente del reactor UASB*. Lima, 2013.
- Pacush Borja, Franco G., y Gyver J. Arias Huerta. *Determinación de la Efectividad del Sistema D.H.S. de Cuarta Generación como Tratamiento Secundario del Efluente de Tanque Séptico para disminuir la DBO5, SST Y CF en la localidad de Marian – Independencia – Huaraz, 2016*. Huaraz, 2018.

- Perez Lazo, Deisy Juliana, y Carlos Enrique Soberon Broncano. *Remoción de microorganismos patógenos en un reactor de esponjas colgantes de flujo descendente tipo cortina (Reactor)*. Lima, 2015.
- Príncipe Vega, Pedro Angel. *Remoción de carga orgánica y coliformes termotolerantes mediante un reactor downflow hanging sponge (DHS) con una tasa de recirculación constante del 50%*. Lima, 2018.
- Quiroz Mantari, Miguel Antonio, y Luis Alberto Ferro Chiara. *Eficiencia de la remoción de microorganismos patógenos (Escherichia Coli y Salmonella) respecto a la variación de tiempo de retención en el sistema DHS (Downflow Hanging Sponge) de primera generación con recirculación*. Lima, 2015.
- R. E. Yaya Beas, L. S. Chumpitaz Feria, Audrey Marc, R. Rojas Tamos. « *Remoción de contaminantes en un Downflow Haging Sponge (DHS) para el efluente de un reactor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*.» *AMBIENTAL*, 2012: 26-29.
- Ramalho, Rubens Sette. *Tratamiento de aguas residuales*. Quebec, Canadá: Reverté, S. A., 1990.
- Ricce Del Rio, César Martín Rocky. *Análisis del reactor downflow hanging sponge (DHS) tipo cubo, para remoción de Shigella, Salmonella y E. Coli, en función de la variación de la tasa de recirculación a la salida del RAMFLAA*. LIMA, 2017.
- Rojas Ramos, Rafael Francois, y Luis Angel Visurraga Mariño. *Tratamiento de aguas residuales con tecnología D. H. S. a escala piloto*. Lima, 2012.
- Romero Rojas, Jairo Alberto. *Tratamiento de aguas residuales*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.
- Saad El-Tabl, Abdou, Rifaat Abed Wahaab, y Sara Mohamed Younes. *Downflow Hanging Sponge (DHS) Reactor as a Novel Post Treatment System for Municipal Wastewater*. El Cairo, Egipto, 2013.
- SABA–COSUDE. «SUNASS.» *SUNASS*. 11 de Julio de 2017. <http://www.sunass.gob.pe/Eventos2017/11julio/5cquintana.pdf> (último acceso: 11 de Diciembre de 2017).

- SENAMHI. «Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional.» *Ultimos datos*. Independencia, Huaraz, 15 de Septiembre de 2018.
- Tandukar, Madan. *Development of self-sustainable sewage treatment system consisting of UASB and DHS (down-flow hanging sponge) reactors for developing countries*. Nagaoka, 2006.
- Tandukar, Madan, Izarul Machdar, Shigeki Uemura, Akiyoshi Ohashi, y Hideki Harada. *Potential of a Combination of UASB and DHS Reactor as a Novel Sewage Treatment System for Developing Countries: Long-Term Evaluation*. Nagaoka City, Niigata, Japan, 2006.
- Tembo, Ellis Lloyd Andrew. *Comparison of Down-Flow Hanging Sponge and Woven Fiber Membrane Systems for Treatment of Polluted Canal Water*. Thailand, 2014.
- Valdez, Enrique César, y Alba B. Vázquez González. *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*. México: Fundación ICA, A.C., 2003.

ANEXOS

ANEXO 1: CAUDAL DE INGRESO A LA PTAR

Tabla 43: Variación de caudal de ingreso de la PTAR

Dia	Fecha	Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)						Q (l/s)
				N° Aforo					Tp(s)	
				01	02	03	04	05		
1	14/09/2016	7:00 a. m.	4.00	6.80	7.00	7.60	7.20	7.20	7.16	0.56
	14/09/2016	8:00 a. m.	4.00	7.10	7.10	7.00	7.10	7.10	7.08	0.56
	14/09/2016	9:00 a. m.	4.00	8.50	8.10	7.70	8.50	8.50	8.26	0.48
	14/09/2016	10:00 a. m.	4.00	6.70	7.30	7.00	6.90	7.30	7.04	0.57
	14/09/2016	11:00 a. m.	4.00	9.20	9.30	9.20	9.30	9.50	9.30	0.43
	14/09/2016	12:00 p. m.	4.00	7.20	6.80	6.50	7.10	6.80	6.88	0.58
	14/09/2016	1:00 p. m.	4.00	10.30	10.20	10.70	10.50	10.70	10.48	0.38
	14/09/2016	2:00 p. m.	4.00	12.00	11.90	11.70	11.50	11.30	11.68	0.34
	14/09/2016	3:00 p. m.	4.00	9.70	9.90	9.60	9.90	9.70	9.76	0.41
	14/09/2016	4:00 p. m.	4.00	8.00	8.30	8.00	7.90	7.40	7.92	0.51
	14/09/2016	5:00 p. m.	4.00	8.10	8.10	8.20	8.40	8.20	8.20	0.49
	14/09/2016	6:00 p. m.	4.00	10.60	9.90	10.60	10.30	10.20	10.32	0.39
	14/09/2016	7:00 p. m.	4.00	9.90	9.99	10.10	10.15	9.85	10.00	0.40
	14/09/2016	8:00 p. m.	4.00	10.89	10.90	11.15	11.16	10.50	10.92	0.37
	14/09/2016	9:00 p. m.	4.00	11.20	11.40	11.10	11.40	11.30	11.28	0.35
	14/09/2016	10:00 p. m.	4.00	11.77	11.11	12.40	11.74	11.23	11.65	0.34
	14/09/2016	11:00 p. m.	4.00	11.83	12.20	11.88	11.99	12.25	12.03	0.33
	15/09/2016	12:00 a. m.	4.00	12.60	12.50	13.10	12.22	12.37	12.56	0.32
	15/09/2016	1:00 a. m.	4.00	14.70	13.21	13.50	13.99	13.58	13.80	0.29
	15/09/2016	2:00 a. m.	4.00	15.20	14.76	14.38	14.50	14.71	14.71	0.27
	15/09/2016	3:00 a. m.	4.00	13.48	13.60	13.14	13.50	13.58	13.46	0.30
	15/09/2016	4:00 a. m.	4.00	9.59	10.50	9.85	9.92	10.17	10.01	0.40
15/09/2016	5:00 a. m.	4.00	12.11	11.40	11.47	11.64	12.48	11.82	0.34	
15/09/2016	6:00 a. m.	4.00	9.56	9.22	9.83	9.26	10.15	9.60	0.42	
2	15/09/2016	7:00 a. m.	4.00	7.18	7.28	7.23	7.30	7.15	7.23	0.55
	15/09/2016	8:00 a. m.	4.00	7.25	7.10	7.80	7.11	7.15	7.28	0.55
	15/09/2016	9:00 a. m.	4.00	9.07	8.90	9.02	9.04	8.95	9.00	0.44
	15/09/2016	10:00 a. m.	4.00	8.96	8.45	9.02	9.05	9.16	8.93	0.45
	15/09/2016	11:00 a. m.	4.00	8.12	8.46	8.95	8.98	8.02	8.51	0.47
	15/09/2016	12:00 p. m.	4.00	7.95	7.56	7.48	7.46	7.45	7.58	0.53
	15/09/2016	1:00 p. m.	4.00	7.01	6.89	6.98	7.14	6.28	6.86	0.58
	15/09/2016	2:00 p. m.	4.00	6.71	6.76	6.74	6.78	6.63	6.72	0.59
	15/09/2016	3:00 p. m.	4.00	8.30	8.03	7.89	7.90	8.03	8.03	0.50
	15/09/2016	4:00 p. m.	4.00	4.25	4.11	4.33	4.54	4.40	4.33	0.92
	15/09/2016	5:00 p. m.	4.00	6.04	5.83	5.86	6.39	6.11	6.05	0.66
	15/09/2016	6:00 p. m.	4.00	11.85	11.53	11.19	11.59	11.12	11.46	0.35
	15/09/2016	7:00 p. m.	4.00	9.92	7.98	7.77	7.77	7.58	8.20	0.49
	15/09/2016	8:00 p. m.	4.00	6.03	6.59	6.20	6.03	6.11	6.19	0.65
	15/09/2016	9:00 p. m.	4.00	5.48	4.96	5.16	5.75	5.47	5.36	0.75
15/09/2016	10:00 p. m.	4.00	3.65	3.96	3.80	3.84	3.66	3.78	1.06	

	15/09/2016	11:00 p. m.	4.00	6.30	5.88	6.14	6.30	5.82	6.09	0.66
	16/09/2016	12:00 a. m.	4.00	6.71	6.99	6.64	6.89	6.71	6.79	0.59
	16/09/2016	1:00 a. m.	4.00	7.44	7.13	7.36	7.18	6.84	7.19	0.56
	16/09/2016	2:00 a. m.	4.00	7.22	6.81	6.95	7.02	7.15	7.03	0.57
	16/09/2016	3:00 a. m.	4.00	7.09	7.29	7.41	6.92	7.00	7.14	0.56
	16/09/2016	4:00 a. m.	4.00	7.32	7.85	7.64	7.80	7.53	7.63	0.52
	16/09/2016	5:00 a. m.	4.00	6.74	6.95	6.46	6.57	6.94	6.73	0.59
	16/09/2016	6:00 a. m.	4.00	6.45	6.21	6.38	6.31	6.63	6.40	0.63
3	16/09/2016	7:00 a. m.	4.00	7.11	7.05	6.81	6.74	6.50	6.84	0.58
	16/09/2016	8:00 a. m.	4.00	8.79	8.48	8.25	8.35	8.68	8.51	0.47
	16/09/2016	9:00 a. m.	4.00	8.67	8.07	8.30	8.18	8.24	8.29	0.48
	16/09/2016	10:00 a. m.	4.00	7.92	7.12	7.10	7.22	7.64	7.40	0.54
	16/09/2016	11:00 a. m.	4.00	7.62	7.67	7.90	7.95	7.42	7.71	0.52
	16/09/2016	12:00 a. m.	4.00	6.81	6.71	6.54	6.92	6.57	6.71	0.60
	16/09/2016	1:00 p. m.	4.00	12.62	12.52	12.28	12.57	12.41	12.48	0.32
	16/09/2016	2:00 p. m.	4.00	11.81	11.90	11.70	11.92	11.68	11.80	0.34
	16/09/2016	3:00 p. m.	4.00	9.68	9.81	9.82	9.18	9.00	9.50	0.42
	16/09/2016	4:00 p. m.	4.00	12.53	12.43	12.81	12.98	12.50	12.65	0.32
	16/09/2016	5:00 p. m.	4.00	13.33	13.57	13.37	13.48	13.51	13.45	0.30
	16/09/2016	6:00 p. m.	4.00	15.63	15.54	15.66	15.68	15.93	15.69	0.25
	16/09/2016	7:00 p. m.	4.00	8.90	8.61	8.83	8.93	8.89	8.83	0.45
	16/09/2016	8:00 p. m.	4.00	8.60	8.53	8.49	8.70	8.60	8.58	0.47
	16/09/2016	9:00 p. m.	4.00	6.70	6.79	6.49	6.70	6.68	6.67	0.60
	16/09/2016	10:00 p. m.	4.00	7.90	7.80	7.40	7.80	7.70	7.72	0.52
	16/09/2016	11:00 p. m.	4.00	6.30	5.20	5.50	6.20	5.40	5.72	0.70
	17/09/2016	12:00 a. m.	4.00	4.90	5.35	5.35	5.40	5.30	5.26	0.76
	17/09/2016	1:00 a. m.	4.00	5.80	6.00	6.20	6.40	6.60	6.20	0.65
	17/09/2016	2:00 a. m.	4.00	6.90	7.80	8.10	8.40	8.60	7.96	0.50
17/09/2016	3:00 a. m.	4.00	7.80	8.10	7.10	8.20	8.30	7.90	0.51	
17/09/2016	4:00 a. m.	4.00	8.40	8.40	8.20	8.30	8.40	8.34	0.48	
17/09/2016	5:00 a. m.	4.00	7.80	8.50	8.80	8.60	8.50	8.44	0.47	
17/09/2016	6:00 a. m.	4.00	5.50	5.70	5.90	5.70	5.70	5.70	0.70	
4	17/09/2016	7:00 a. m.	4.00	7.36	7.86	7.81	7.69	7.70	7.68	0.52
	17/09/2016	8:00 a. m.	4.00	8.25	8.77	8.86	8.60	8.54	8.60	0.46
	17/09/2016	9:00 a. m.	4.00	9.41	9.59	9.39	9.44	9.40	9.45	0.42
	17/09/2016	10:00 a. m.	4.00	7.01	6.70	6.98	6.94	7.00	6.93	0.58
	17/09/2016	11:00 a. m.	4.00	6.07	6.30	6.05	6.52	6.58	6.30	0.63
	17/09/2016	12:00 p. m.	4.00	8.57	9.37	8.58	8.55	8.62	8.74	0.46
	17/09/2016	1:00 p. m.	4.00	7.98	7.27	7.60	7.30	7.49	7.53	0.53
	17/09/2016	2:00 p. m.	4.00	5.89	6.86	6.97	6.78	6.74	6.65	0.60
	17/09/2016	3:00 p. m.	4.00	7.49	8.31	7.76	7.55	7.68	7.76	0.52
	17/09/2016	4:00 p. m.	4.00	6.61	6.54	6.90	6.33	6.35	6.55	0.61
4	17/09/2016	5:00 p. m.	4.00	7.73	6.37	7.69	7.74	7.67	7.44	0.54
	17/09/2016	6:00 p. m.	4.00	8.59	9.05	9.08	9.05	8.90	8.93	0.45
	17/09/2016	7:00 p. m.	4.00	7.81	7.55	7.59	7.53	7.56	7.61	0.53
	17/09/2016	8:00 p. m.	4.00	9.55	10.07	9.53	9.72	9.83	9.74	0.41
	17/09/2016	9:00 p. m.	4.00	10.87	10.83	10.61	10.75	10.73	10.76	0.37
	17/09/2016	10:00 p. m.	4.00	11.73	11.78	11.67	11.69	11.71	11.72	0.34
17/09/2016	11:00 p. m.	4.00	11.74	11.67	11.73	11.69	11.73	11.71	0.34	

	18/09/2016	12:00 a. m.	4.00	12.37	12.43	12.33	12.40	12.43	12.39	0.32
	18/09/2016	1:00 a. m.	4.00	13.23	13.27	13.18	13.24	13.28	13.24	0.30
	18/09/2016	2:00 a. m.	4.00	14.51	14.50	14.61	14.57	14.49	14.54	0.28
	18/09/2016	3:00 a. m.	4.00	13.63	13.70	13.55	13.60	13.69	13.63	0.29
	18/09/2016	4:00 a. m.	4.00	9.57	10.08	9.55	9.58	9.52	9.66	0.41
	18/09/2016	5:00 a. m.	4.00	9.22	9.13	9.17	9.27	9.19	9.20	0.43
	18/09/2016	6:00 a. m.	4.00	8.53	9.01	8.73	8.57	8.63	8.69	0.46
5	18/09/2016	7:00 a. m.	4.00	9.44	9.42	9.53	9.24	9.58	9.44	0.42
	18/09/2016	8:00 a. m.	4.00	8.89	8.68	8.39	8.51	8.40	8.57	0.47
	18/09/2016	9:00 a. m.	4.00	8.33	8.55	8.42	8.07	8.27	8.33	0.48
	18/09/2016	10:00 a. m.	4.00	5.51	5.56	5.88	5.89	5.76	5.72	0.70
	18/09/2016	11:00 a. m.	4.00	7.16	7.16	7.41	7.49	7.13	7.27	0.55
	18/09/2016	12:00 p. m.	4.00	10.56	10.80	10.73	10.82	10.88	10.76	0.37
	18/09/2016	1:00 p. m.	4.00	10.10	10.03	10.25	10.30	10.30	10.20	0.39
	18/09/2016	2:00 p. m.	4.00	9.35	9.49	9.75	9.59	9.29	9.49	0.42
	18/09/2016	3:00 p. m.	4.00	8.50	7.80	7.10	7.90	8.10	7.88	0.51
	18/09/2016	4:00 p. m.	4.00	7.10	6.60	6.30	6.80	6.70	6.70	0.60
	18/09/2016	5:00 p. m.	4.00	4.30	4.00	5.20	4.88	4.60	4.60	0.87
	18/09/2016	6:00 p. m.	4.00	3.55	4.35	3.51	3.20	4.10	3.74	1.07
	18/09/2016	7:00 p. m.	4.00	3.60	4.10	3.80	3.78	4.20	3.90	1.03
	18/09/2016	8:00 p. m.	4.00	4.90	4.59	4.89	4.68	4.40	4.69	0.85
	18/09/2016	9:00 p. m.	4.00	4.89	4.80	5.87	5.90	5.60	5.41	0.74
	18/09/2016	10:00 p. m.	4.00	4.60	5.01	4.89	5.09	4.79	4.88	0.82
	18/09/2016	11:00 p. m.	4.00	6.40	6.00	6.10	6.30	6.10	6.18	0.65
	19/09/2016	12:00 a. m.	4.00	6.30	6.40	6.10	6.00	6.10	6.18	0.65
	19/09/2016	1:00 a. m.	4.00	6.10	6.30	6.20	6.10	6.10	6.16	0.65
	19/09/2016	2:00 a. m.	4.00	6.20	6.20	5.40	5.40	5.20	5.68	0.70
	19/09/2016	3:00 a. m.	4.00	5.60	6.10	6.20	5.10	5.40	5.68	0.70
19/09/2016	4:00 a. m.	4.00	5.20	5.10	6.30	6.10	5.40	5.62	0.71	
19/09/2016	5:00 a. m.	4.00	5.80	6.00	5.50	5.60	5.40	5.66	0.71	
19/09/2016	6:00 a. m.	4.00	4.40	4.50	4.50	4.70	4.50	4.52	0.88	

ANEXO 2: CAUDAL DE INGRESO AL REACTOR DHS G2

A. ENSAYO DE POROSIDAD DEL MATERIAL FILTRANTE (ESPONJA)

i. Determinación de volumen

$$V_{esp} = L \cdot A \cdot H$$

V_{esp} : Volumen de esponja (cm³)
 L: Largo (cm)
 A: Ancho (cm)
 H: Alto (cm)

ii. Cálculo de densidad

$$D = \frac{M}{V_{esp}}$$

D: Densidad (g/cm³)
 M: Masa (g)
 V_{esp} : Volumen de esponja (cm³)

Tipo de esponja	Densidad comercial (kg/m ³)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Volumen de esponja (cm ³)	Masa (g)	Densidad (g/cm ³)
#200	16	5.00	5.00	1.30	32.50	0.54	0.017
#300	18	4.50	4.50	5.00	101.25	2.19	0.022
#400	20	3.50	3.50	5.00	61.25	2.91	0.048
#500	23	3.50	3.50	5.00	61.25	1.50	0.025

iii. Determinación de volumen de espacios vacíos

$$V_{ev} = V_i - V_f$$

V_{ev} : Volumen de espacios vacíos (ml)
 V_i : Volumen inicial (ml)
 V_f : Volumen final (ml)

Tipo de esponja	Agua		Volumen de espacios vacíos (ml)	
	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)		
#200	300.00	275.00	25.00	26.33
	300.00	274.00	26.00	
	300.00	272.00	28.00	
#300	300.00	233.00	67.00	66.00
	300.00	231.00	69.00	
	300.00	238.00	62.00	
#400	300.00	242.00	58.00	57.67
	300.00	245.00	55.00	
	300.00	240.00	60.00	
#500	300.00	241.00	59.00	58.00
	300.00	244.00	56.00	
	300.00	241.00	59.00	

iii. Cálculo de densidad aparente

$$Da = \frac{V_{ev}}{V_{esp}}$$

- Da: Densidad aparente (g/cm³)
 V_{ev}: Volumen de espacios vacíos (g)
 V_{esp}: Volumen de esponja (cm³)

Tipo de esponja	Volumen de espacios vacíos (g)*	Volumen de esponja (cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)
#200	26.33	32.50	0.81
#300	66.00	101.25	0.65
#400	57.67	61.25	0.94
#500	58.00	61.25	0.95

*: Densidad del agua es 1 g/cm³. Por equivalencia 1ml = 1g = 1cm³.

iv. Cálculo de porosidad v selección de la esponja

$$\%P = \left(1 - \frac{D}{Da}\right) \cdot 100$$

- Porosidad (%P):
 %P: (%)
 D: Densidad (g/cm³)
 Da: Densidad aparente (g/cm³)

Tipo de esponja	Densidad (g/cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad (%)
#200	0.02	0.81	0.98
#300	0.02	0.65	0.97
#400	0.05	0.94	0.95
#500	0.02	0.95	0.97

B. DETERMINACIÓN DE CAUDAL

i. Volumen de esponja

$$V_r = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h \cdot l$$

- V_r: Volumen real de esponja (cm³)
 b: Base (cm)
 h: Alto (cm)
 Longitud
 l: (cm)

ii. Volumen útil de esponja

$$V_u = \%V_m \cdot V_r$$

- V_u: Volumen útil de esponja (cm³)
 %V_m: Porcentaje de volumen mojado de esponja (%)
 V_r: Volumen real de esponja (cm³)

Esponja	Base (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Volumen real de esponja (cm ³)	Volumen mojado de esponja (%)	Volumen útil de esponja (cm ³)
#500	3.54	1.77	50.00	156.45	0.90	140.80

iii. Volumen útil total de esponja

$$V_{ut} = N \cdot V_u \cdot \%P$$

- V_{ut} : Volumen útil total de esponja (cm³)
 N : Cantidad de prismas triangulares de esponja
 Porosidad
 $\%P$: (%)

iv. Caudal de diseño

$$V_{ut} = N \cdot V_u \cdot \%P$$

- Q_d : Caudal de diseño
 V_{ut} : Volumen útil total de esponja (cm³)
 TRH : Tiempo de retención hidráulico (s)

Esponjas	Cantidad	Volumen útil de esponja (cm ³)	Porosidad (%)	Volumen útil total de esponja (ml)*	TRH (s)**	Qd (ml/s)
#500	46.00	140.80	0.97	6309.27	1800.00	3.51

*: Densidad del agua es 1 g/cm³. Por equivalencia 1ml = 1g = 1cm³.

** : TRH teórico, (M. Tandukar, M. Izarul, S. Uemura, A. Ohashi, H. Harada 2006).

v. Distribución de caudal

$$n = \frac{l}{\theta}$$

- n : Número de orificios
 l : longitud (cm)
 θ : Diámetro húmedo por gota

vi. Caudal unitario

$$n = \frac{l}{\theta}$$

- Q_g : caudal del orificio (ml/s)
 Q_d : caudal de diseño (ml/s)
 $2n$: Número de orificios

Longitud (cm)	Diámetro húmedo por gota (cm)	n	Qg (ml/s)
50.00	3.00	17.00	0.10

C. DISEÑO DEL REACTOR DHS G2.

i. Dimensiones de la placa:

Largo

$$L_p = l + e_l$$

- L_p : Longitud de la placa (cm)
 l : Longitud (cm)
 e_l : Espacio en los laterales (cm)

Alto

$$Hp = b \cdot N + \left(\frac{N}{2} - 1\right) \cdot ee + 2el$$

- Hp: Altura de la placa (cm)
 b: Base (cm)
 N: Cantidad de prismas triangulares de esponja
 ee: Espacio entre esponjas (cm)
 el: Espacio en los laterales (cm)

Base (cm)	Longitud (cm)	Cantidad	Espacio en los laterales (cm)	Espacio entre esponjas (cm)	Longitud de la placa (cm)	Altura de la placa (cm)
3.54	50.00	46.00	3.00	1.00	56.00	106.00

ii. Dimensiones de la estructura de protección:

Largo

$$Le = lp + 2 \cdot ep$$

- Le: Longitud de la estructura de protección (cm)
 Lp: Longitud de la placa (cm)
 ep: Espesor del perfil U

Ancho

$$Ae = e + 2 \cdot (b + E)$$

- Ae: Ancho de la estructura de protección (cm)
 e: Espesor de la placa (cm)
 b: Base (cm)
 E: Espacio libre (cm)

Largo

$$He = e + 2 \cdot (b + E)$$

- He: Altura de la estructura de protección (cm)
 e: Espesor de la placa (cm)
 b: Base (cm)
 E: Espacio libre (cm)

Espesor de la placa (cm)	Espacio libre (cm)	Altura del perfil en U (cm)	Longitud de la estructura (cm)	Ancho de la estructura (cm)	Altura de la estructura (cm)
0.70	3.50	0.50	57.00	15.00	110.00

D. DIAGNÓSTICO DE LA PTAR**Tabla 44: Variación de caudal del reactor DHS G2**

VARIACIÓN DE CAUDAL (ml/s)						
MES	N° SEMANA	DISEÑO	V (ml)	T(s)	DHSG2	Qp
OCT	S0	3.51	500.00	140	3.57	3.42
NOV	S1	3.51	500.00	141	3.55	3.42
	S2	3.51	500.00	140	3.57	3.42
	S3	3.51	500.00	143	3.50	3.42
	S4	3.51	500.00	149	3.36	3.42
DIC	S5	3.51	500.00	145	3.45	3.42
	S6	3.51	500.00	149	3.36	3.42
	S7	3.51	500.00	147	3.40	3.42
	S8	3.51	350.00	101	3.47	3.42
ENE	S9	3.51	100.00	29	3.45	3.42
	S10	3.51	100.00	30	3.33	3.42
	S11	3.51	100.00	30	3.33	3.42
	S12	3.51	350.00	106	3.30	3.42
	S13	3.51	350.00	100	3.50	3.42
FEB	S14	3.51	350.00	101	3.47	3.42
	S15	3.51	100.00	29	3.45	3.42
	S16	3.51	500.00	143	3.50	3.42
	S17	3.51	500.00	144	3.47	3.42
MAR	S18	3.51	100.00	30	3.33	3.42
	S19	3.51	100.00	29	3.45	3.42
	S20	3.51	100.00	29	3.45	3.42
	S21	3.51	500.00	145	3.45	3.42
ABRIL	S22	3.51	500.00	146	3.42	3.42
	S23	3.51	500.00	146	3.42	3.42
	S24	3.51	500.00	145	3.45	3.42
	S25	3.51	100.00	29	3.45	3.42
MAYO	S26	3.51	350.00	102	3.43	3.42
	S27	3.51	500.00	148	3.38	3.42
	S28	3.51	500.00	148	3.38	3.42
	S29	3.51	500.00	148	3.38	3.42
JUNIO	S30	3.51	350.00	105	3.33	3.42
	S31	3.51	350.00	108	3.24	3.42

ANEXO 3: TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO EN EL REACTOR DHS G2

Tabla 45: Variación de tiempo de retención hidráulico en el reactor DHS G2

TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO (s)						
MES	N° SEMANA	DISEÑO	Qop (ml/s)	Vut (ml)	DHSG2	THR _p
OCT	S0	1800.00	3.57	6309.27	1766.60	1843.43
NOV	S1	1800.00	3.55	6309.27	1779.21	1843.43
	S2	1800.00	3.57	6309.27	1766.60	1843.43
	S3	1800.00	3.50	6309.27	1804.45	1843.43
	S4	1800.00	3.36	6309.27	1880.16	1843.43
DIC	S5	1800.00	3.45	6309.27	1829.69	1843.43
	S6	1800.00	3.36	6309.27	1880.16	1843.43
	S7	1800.00	3.40	6309.27	1854.93	1843.43
	S8	1800.00	3.47	6309.27	1820.67	1843.43
ENE	S9	1800.00	3.45	6309.27	1829.69	1843.43
	S10	1800.00	3.33	6309.27	1892.78	1843.43
	S11	1800.00	3.33	6309.27	1892.78	1843.43
	S12	1800.00	3.30	6309.27	1910.81	1843.43
	S13	1800.00	3.50	6309.27	1802.65	1843.43
FEB	S14	1800.00	3.47	6309.27	1820.67	1843.43
	S15	1800.00	3.45	6309.27	1829.69	1843.43
	S16	1800.00	3.50	6309.27	1804.45	1843.43
	S17	1800.00	3.47	6309.27	1817.07	1843.43
MAR	S18	1800.00	3.33	6309.27	1892.78	1843.43
	S19	1800.00	3.45	6309.27	1829.69	1843.43
	S20	1800.00	3.45	6309.27	1829.69	1843.43
	S21	1800.00	3.45	6309.27	1829.69	1843.43
ABRIL	S22	1800.00	3.42	6309.27	1842.31	1843.43
	S23	1800.00	3.42	6309.27	1842.31	1843.43
	S24	1800.00	3.45	6309.27	1829.69	1843.43
	S25	1800.00	3.45	6309.27	1829.69	1843.43
MAYO	S26	1800.00	3.43	6309.27	1838.70	1843.43
	S27	1800.00	3.38	6309.27	1867.54	1843.43
	S28	1800.00	3.38	6309.27	1867.54	1843.43
	S29	1800.00	3.38	6309.27	1867.54	1843.43
JUNIO	S30	1800.00	3.33	6309.27	1892.78	1843.43
	S31	1800.00	3.24	6309.27	1946.86	1843.43

ANEXO 4: OTROS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL EFLUENTE DEL REACTOR DHS G2

a) Fósforo

Tabla 46: Concentración de Fósforo

FÓSFORO (mg/L)			
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2
ABRIL	S22	-	0.79
AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina. EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina. - : No se registraron datos.			

En la tabla 46; se observa que, en el efluente del reactor en la semana 22 la concentración de Fósforo es 0.79 mg/L.

b) Sulfatos

Tabla 47: Concentración de Sulfatos

Sulfatos (mg/L)			
MES	N° SEMANA	AFDHSG2	EFDHSG2
ABRIL	S22	-	<25
AFDHSG2: Afluente del reactor DHS tipo cortina. EFDHSG2: Efluente del reactor DHS tipo cortina. - : No se registraron datos. <25: Indeterminado. En la presente investigación, se evalúa con el dato menos desfavorable.			

En la tabla 47; se observa que, en el efluente del reactor en la semana 22 la concentración de sulfatos es menor a 25 mg/L.

ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 22: Condiciones actuales de la cámara de rejas. PTAR C.P. Marián



Fotografía N° 23: Condiciones de operación del tanque séptico. PTAR C.P. Marián



Fotografía N° 24: Construcción de la caseta en la PTAR C.P. Marián



Fotografía N° 25: Construcción del sedimentador primario piloto.



Fotografía N° 26: Ensayos de laboratorio para determinar la porosidad de esponjas



Fotografía N° 27: Ensayo de laboratorio para determinar la porosidad de esponjas



Fotografía N° 28: Proceso de fabricación del prototipo DHS



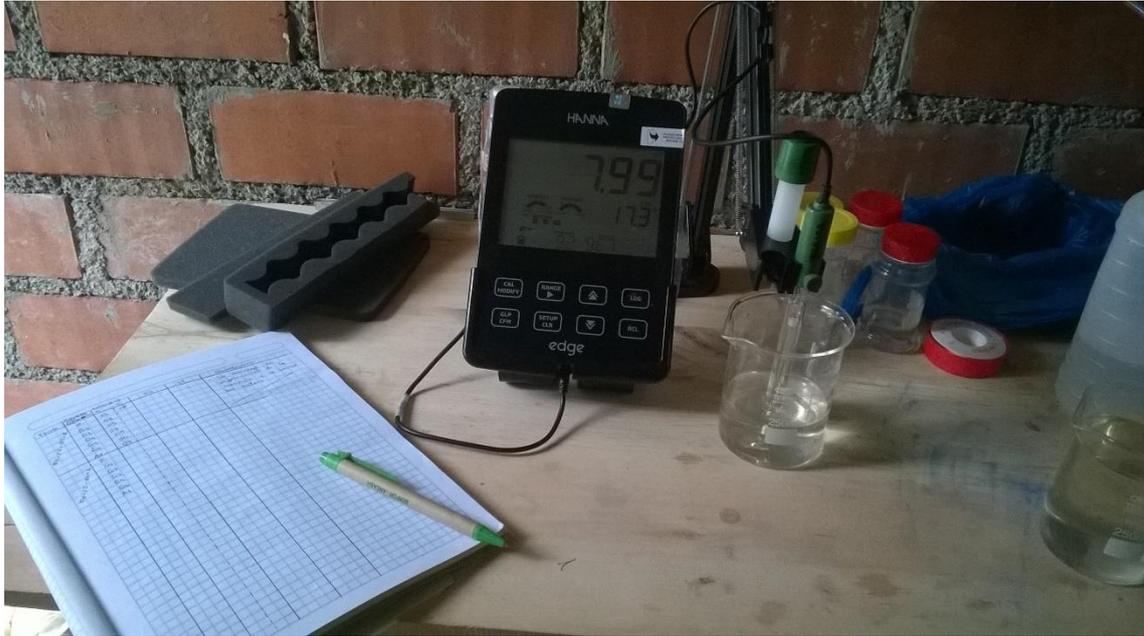
Fotografía N° 29: Prototipo de reactor DHS tipo cortina



Fotografía N° 30: Puesta en marcha del prototipo



Fotografía N° 31: Puesta en marcha del prototipo



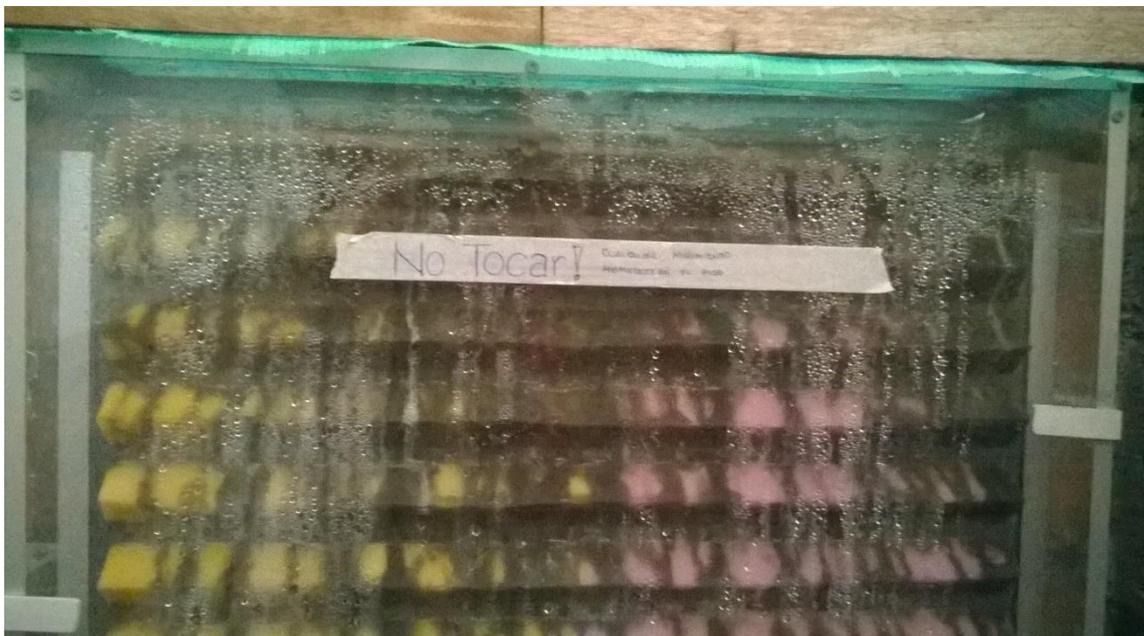
Fotografía N° 32: Proceso de medición de pH y temperatura



Fotografía N° 33: Muestreo para análisis en laboratorio



Fotografía N° 34: Proceso inicial del tratamiento



Fotografía N° 35: Proceso inicial del tratamiento



Fotografía N° 36: Proceso intermedio del tratamiento



Fotografía N° 37: Proceso intermedio del tratamiento



Fotografía N° 38: Proceso final del tratamiento



Fotografía N° 39: Proceso final del tratamiento



Fotografía N° 40: Presencia de larvas en el prototipo



Fotografía N° 41: Presencia de larvas en el prototipo



Fotografía N° 42: Formación de biopelícula al interior de las tuberías.



Fotografía N° 43: Limpieza en el sistema de distribución del caudal

ANEXO 6: FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES A NIVEL LOCAL



Fotografía N° 44: Exposición sobre el desarrollo del proyecto DHS ante los miembros de la JASS del Centro Poblado de Marian.



Fotografía N° 45: Participantes de la investigación aplicada y miembros de la JASS del Centro Poblado de Marian.

ANEXO 7: AUTORIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

- RESOLUCIÓN DE ALCALDÍA N°0482-2016-MDI
- ACTA DE AUTORIZACIÓN
- ACTA DE CAPACITACIÓN Y ENTREGA DE CASETA



Municipalidad Distrital de Independencia

Huaraz - Ancash



RESOLUCIÓN DE ALCALDÍA N° 0482 -2016-MD

Independencia,

25 AGO. 2016

VISTO, el Expediente Administrativo N° 07228-2016: Reconocimiento y Registro del Consejo Directivo de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) del Centro Poblado de Marián, y;

CONSIDERANDO:

Que, a mérito de lo previsto en el Artículo 194° de la Constitución Política del Perú, concordante con los Artículos I y II del Título Preliminar de la Ley Orgánica de Municipalidades - Ley N° 27972, la Municipalidad Distrital de Independencia goza de autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia;

Que, con Expediente Administrativo N° 07228-2016, de fecha 02MAY.2016, la Junta Directiva de la JASS del Centro Poblado de Marián, solicita el reconocimiento y registro de la Junta Directiva de dicha organización, adjuntando para tal efecto los requisitos establecidos por ley;

Que, con Informe N° 154-2016-MDI/GSPGA/SGGA/ASB/THG, de fecha 30MAY.2016, la Jefe del Área de Saneamiento Básico informa que la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento del Centro Poblado de Marián, ha cumplido con presentar la documentación de los requisitos establecidos por las normas pertinentes y por consiguiente dicha Junta debe ser reconocida por la Municipalidad Distrital de Independencia;

Que, con Informe N° 133-2016-MDI/GM/UPC/MRV, el Jefe de la Unidad de Participación Vecinal ha dado la conformidad a la Solicitud de Reconocimiento y Registro de la Junta Directiva de la JASS del Centro Poblado de Marián, toda vez que se ha cumplido con los Requisitos que se encuentran señalados en el Artículo 6° de la Ordenanza Municipal N° 011-2009-MDI/A;

Que, el Artículo 112° de la Ley Orgánica de Municipalidades - Ley N° 27972 prescribe que *“Los gobiernos locales promueven la participación vecinal en la formulación, debate y concertación de sus planes de desarrollo, presupuesto y gestión. Para tal fin deberá garantizarse el acceso de todos los vecinos a la información”*. El Artículo 117° de la misma Ley prescribe que *“Los vecinos tienen el derecho de coparticipar, a través de sus representantes, en Comités de Gestión establecidos por Resolución Municipal para la ejecución de obras y gestiones de desarrollo económico (...)”*;

Que, el D.S. N° 023-2005-VIVIENDA - Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, en su Artículo 169° Incisos a), c) y d) prescribe que corresponde a las Municipalidades Distritales en el ámbito rural y pequeñas ciudades y de modo supletorio a las Municipalidades Provinciales: a) *Planificar y promover el desarrollo de los servicios de saneamiento en el ámbito de su Jurisdicción en concordancia con las políticas sectoriales emitidas por el ente rector;* c) *Reconocer y Registrar a las organizaciones comunales para la administración de los servicios de saneamiento,* y d) *Promover la formación de las organizaciones comunales para la administración de los servicios de saneamiento;*

RESOLUCIÓN DE ALCALDÍA N° 0482 -2016-MDI

Que, según la definición contenida en el Numeral 20) del Artículo 4° del TUO del Reglamento, Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA modificado por el D.S. N° 031-2008-VIVIENDA de la Ley N° 26338 - Ley General de Servicios de Saneamiento, **“Las Organizaciones Comunes pueden ser: Las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento, Asociación, Comité u otra forma de organización, elegidas voluntariamente por la comunidad, constituidas con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento en uno o más centros poblados del ámbito rural”;**

Que, el Numeral 4.2 del Artículo 80° de la Ley Orgánica de Municipalidades – Ley N° 27972 establece que son funciones específicas compartidas de las Municipalidades Distritales en materia de Saneamiento, Salubridad y Salud, **“promover los servicios de saneamiento rural”;**

Que, con Ordenanza Municipal N° 011-2009-MDI/A, esta Municipalidad ha Aprobado el Reglamento para el Reconocimiento y Registro de las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento, estableciendo los requisitos a presentar por estas organizaciones, para su reconocimiento y registro por parte de la Municipalidad;

Que, mediante Informe Legal N° 308-2016-MDI/GAJ/ECMC, de fecha 05AGO.2016, el Gerente de Asesoría Jurídica ha emitido opinión favorable para el reconocimiento de la JASS del Centro Poblado de Marián;

Estando a lo expuesto, de conformidad con los Artículos 20° Inciso 6) y 43° de la Ley Orgánica de Municipalidades – Ley N° 27972, con las visas de Secretaría General, Asesoría Jurídica, Administración y Finanzas, y la Gerencia Municipal;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- RECONOCER oficialmente a los miembros del Consejo Directivo de **“Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) del Centro Poblado de Marián, Distrito de Independencia – Huaraz – Ancash”**, que se encargará de la administración y gestión de los servicios de saneamiento, de acuerdo a lo dispuesto en la Ordenanza Municipal N° 011-2009-MDI. Los miembros del Consejo Directivo ejercerán el cargo por el período de dos (02) años, conforme se señala en los Estatutos, con excepción del cargo de Fiscal, que es por el período de tres (03) años, quedando así integrado: -----

NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CARGO
FÉLIX AQUILES JAMANCA MÉNDEZ	31626239	PRESIDENTE
MARIANO HUERTA LUCERO	31613623	SECRETARIO
PABLO SÁNCHEZ DÍAZ	31672076	TESORERO
MAGDALENA VIRGINIA COCHACHIN EVARISTO	44579267	VOCAL 1
MARGARITA ASTOYAURI LUCANA	43009858	VOCAL 2
HUGO ANIANO JACHILLA DIBUCHO	31607010	FISCAL

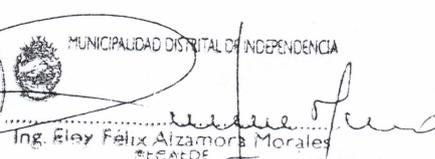
ARTÍCULO 2°.- DEJAR sin efecto la Resolución de Alcaldía N° 0682-2014-MDI/A, de fecha 09SEPT.2014.

ARTÍCULO 3°.- ENCARGAR a la Unidad de Participación Vecinal la inscripción de la JASS en el Libro de Registro de Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento, así como prestar el apoyo orientación para su funcionamiento.

Regístrese, Cúmplase y Archívese.

EFAM/fgm.

Página 2 de 2

 
MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE INDEPENDENCIA
HUARAZ
Ing. Félix Alzamora Morales
SECRETARÍA GENERAL

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

ACTA DE AUTORIZACIÓN

El que suscribe, la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento (JASS) del Centro Poblado de Marian representado por Sr. FÉLIX AQUILES JAMANCA MENDEZ en calidad de Presidente del Concejo Directivo, con DNI N° 31626239 domiciliado en el Centro Poblado de Marian **presta su conformidad y autoriza** a los egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo - Huaraz:

APELLIDOS Y NOMBRES	DNI
ARIAS HUERTA GYVER JHOEL	73503793
AQUIÑO MARILUZ JUAN CARLOS	46682569
CASTILLEJO LOPEZ WILBER AUGUSTO	70879579
GARAY SÁNCHEZ ALINA AZUCENA	47378856
JULCA HUANSHA YOSIN EFRAIN	45902806
LEON JULCA GIANFRANCO SVEN	46734580
LLANTOY CIRIACO MICHAEL JUSTO	46053807
PACUSH BORJA FRANCO	46331664
RODRÍGUEZ TRUJILLO LESLY DIOSHelyn NIMYA	70495599
SÁNCHEZ RONDAN JARBER ANGEL	42881342
TARAZONA HERRERA TANIA GRACE	70499166
VALLADARES ARAUJO ROSA MILAGROS	47290692

Y a quienes ellos designen, para poder desarrollar trabajos de investigación y tesis en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Centro Poblado de Marian con un total de Área de 260 m² aproximadamente, por un plazo dos (02) años que comenzará a regir a partir de la firma de este Acta.

Asimismo, deja constancia y acepta en forma irrevocable, que le han sido explicados y conoce los motivos y los resultados esperados.

Certifica con su firma que ha leído y comprendido la presente autorización, prestado su consentimiento.

Marian, 26 de julio del 2016



Presidente - JASS C. P. Marian

ACTA DE CAPACITACIÓN Y ENTREGA DE CASETA

En la localidad de Marian, siendo las 16 hrs del día 18 de noviembre del 2017, se reunieron los tesisistas de la escuela profesional de Ingeniera Sanitaria de la universidad nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y los miembros del Consejo Directivo de la JASS de la Marian, con la finalidad de hacer entrega la estructura de caseta construido por los tesisistas en la PTAR de esta localidad, el cual fue construido con la finalidad de desarrollar investigaciones referido al tratamiento de aguas residuales. Los trabajos se desarrollaron con la autorización de la JASS en el año 2016, con el compromiso de impartir capacitaciones en temas referidos a la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales.

El día de hoy en cumplimiento con los compromisos hechos, los tesisistas realizaron actividades y capacitación en temas de: 1) Funciones de la JASS y formalización, 2) Diagnostico de las unidades de la PTAR y resultados obtenidos de las investigaciones, 3) Operación y mantenimiento de la PTAR, 4) Trabajos realizados, 5) Entrega de caseta y agradecimiento.

Siendo las 5:30 pm del mismo día y no habiendo otros temas a tratar, firman los presentes.

Yvelop
31669976
PRESIDENTE

X *Valma Reyes*
31654825
SECRETARIO

[Signature]
FISCAL
31603213

ANEXO 8: INFORMES DE ENSAYO DE LABORATORIO – PTAR MARIÁN

- INFORME DE ENSAYO AG160847
- INFORME DE ENSAYO AG160848
- INFORME DE ENSAYO AG160850
- INFORME DE ENSAYO AG170584

INFORME DE ENSAYO AG160847

CLIENTE Razón Social : GARAY SANCHEZ ALINA
 Dirección : Av. Independencia N° 2003, Urb. El Milagro
 Atención : Garay Sanchez Alina

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160620

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 16/Noviembre/2016
 Fecha de análisis : 16 de Noviembre al 23 de Noviembre/2016
 Cotización N° : CO160837

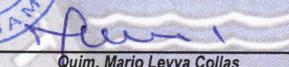
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	CR - 01
					Fecha de muestreo ¹	16/11/2016
					Hora de muestreo ¹	10:40
					Código del Laboratorio	AG160987
FQ	ANÁLISIS FISIQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		325
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		140
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO ₂ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		10.600
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.050
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		333
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		689
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		24000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012




 Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 23 de Noviembre de 2016

INFORME DE ENSAYO AG160848

CLIENTE Razón Social : GARAY SANCHEZ ALINA
 Dirección : Av. Independencia N° 2003, Urb. El Milagro
 Atención : Garay Sanchez Alina

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160620

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 16/Noviembre/2016
 Fecha de análisis : 16 de Noviembre al 23 de Noviembre/2016
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	TS - 01
					Fecha de muestreo ¹	16/11/2016
					Hora de muestreo ¹	11:14
					Código del Laboratorio	AG160988
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		102
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		16
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₃ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		19.800
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ -	Reacción Griess (*)	0.007		0.020
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		72
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		164
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		2400000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 23 de Noviembre de 2016



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG160850

CLIENTE Razón Social : GARAY SANCHEZ ALINA
 Dirección : Av. Independencia N° 2003, Urb. El Milagro
 Atención : Garay Sanchez Alina

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160620

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 16/Noviembre/2016
 Fecha de análisis : 16 de Noviembre al 23 de Noviembre/2016
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	CCR - 01
					Fecha de muestreo ¹	16/11/2016
					Hora de muestreo ¹	11:27
					Código del laboratorio	AG160990
FQ	ANÁLISIS FISIQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		50
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		15
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0.010		0.890
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.014
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		11
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		30
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		2400000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 23 de Noviembre de 2016



Mario Leyva Collas
 Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG170584

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Tania Tarazona Herrera

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170364

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 05/Junio/2017
 Fecha de análisis : 05 de Junio al 12 de Junio/2017
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	CR - 02
					Fecha de muestreo ¹	05/06/2017
					Hora de muestreo ¹	13:10
					Código del Laboratorio	AG170715
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		180
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO ₄ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		38.200
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		188
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		574
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 12 de Junio de 2017

ANEXO 9: INFORMES DE ENSAYO DE LABORATORIO – AFLUENTE REACTOR DHS

- INFORME DE ENSAYO AG160849
- INFORME DE ENSAYO AG160922
- INFORME DE ENSAYO AG170007
- INFORME DE ENSAYO AG170093
- INFORME DE ENSAYO AG170253
- INFORME DE ENSAYO AG170583

INFORME DE ENSAYO AG160849

CLIENTE Razón Social : GARAY SANCHEZ ALINA
 Dirección : Av. Independencia N° 2003, Urb. El Milagro
 Atención : Garay Sanchez Alina

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160620

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 16/Noviembre/2016
 Fecha de análisis : 16 de Noviembre al 23 de Noviembre/2016
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	AFR - 01
					Fecha de muestreo ¹	16/11/2016
					Hora de muestreo ¹	11:36
					Código del Laboratorio	AG160989
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		45
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		24
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0.010		19.200
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.018
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		19
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		144
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		24000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 23 de Noviembre de 2016



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG160922

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Tania Tarazona Herrera

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160660

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 07/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 07 de Diciembre al 15 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	MC - 01
					Fecha de muestreo ¹	07/12/2016
					Hora de muestreo ¹	14:00
					Código del Laboratorio	AG161062
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		170
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0.010		25.600
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		1.6
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		146
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		345
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 15 de Diciembre de 2016

INFORME DE ENSAYO AG170007

CLIENTE Razón Social : FRANCO PACUSH BORJA
 Dirección : Jr. Espinar N° 138 - Marcará
 Atención : Franco Pacush Borja

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian - Loc. Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170007

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 04/Enero/2017
 Fecha de análisis : 04 de Enero al 11 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160857

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	MC - 02
					Fecha de muestreo ¹	04/01/2017
					Hora de muestreo ¹	10:30
					Código del Laboratorio	AG170007
FQ	ANÁLISIS FISIQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		12
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		1.5
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.034
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		74
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		153
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformos fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 11 de Enero de 2017



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG170093

CLIENTE Razón Social : GARAY SANCHEZ ALINA
 Dirección : Av. Independencia N° 2003, Urb. El Milagro
 Atención : Garay Sanchez Alina

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170077

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 01/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 01 de Febrero al 08 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	MC-04
					Fecha de muestreo	01/02/2017
					Hora de muestreo	16:40
					Código del Laboratorio	AG170160
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		39
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₃ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		25.700
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		0.194
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		71
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		145
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

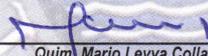
(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 08 de Febrero de 2017




 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG170253

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Gianfranco Sven León Julca

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170166

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 03 de Marzo al 10 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160837

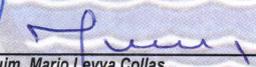
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	Código del laboratorio
					G2 - EF - 09	MC - 05
					Fecha de muestreo ¹	03/03/2017
					Hora de muestreo ¹	15:00
					Código del laboratorio	AG170329
						AG170330
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1	< 1	< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1	11	178
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO ₂ -N	Azul Indofenol (*)	0.010	6.000	15.300
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0	31.0	1.7
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1	14	79
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25	30	158
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2	70000	1100000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012




 Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 10 de Marzo de 2017

INFORME DE ENSAYO AG170583

CLIENTE	Razón Social	: GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
	Dirección	: Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
	Atención	: Tania Tarazona Herrera
MUESTRA	Producto declarado	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Poblado de Marian
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170364
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 05/Junio/2017
	Fecha de análisis	: 05 de Junio al 12 de Junio/2017
	Cotización N°	: CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	TS - 02
					Fecha de muestreo ¹	05/06/2017
					Hora de muestreo ¹	12:50
					Código del Laboratorio	AG170714
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		10
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		140
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₄ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		42.400
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		230
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		420
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 12 de Junio de 2017



Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

ANEXO 10: INFORMES DE ENSAYO DE LABORATORIO – EFLUENTE REACTOR DHS

- INFORME DE ENSAYO AG160852
- INFORME DE ENSAYO AG160872
- INFORME DE ENSAYO AG160888
- INFORME DE ENSAYO AG160919
- INFORME DE ENSAYO AG160935
- INFORME DE ENSAYO AG160962
- INFORME DE ENSAYO AG170031
- INFORME DE ENSAYO AG170087
- INFORME DE ENSAYO AG170253
- INFORME DE ENSAYO AG170312
- INFORME DE ENSAYO AG170352
- INFORME DE ENSAYO AG170414
- INFORME DE ENSAYO AG170464
- INFORME DE ENSAYO AG170550
- INFORME DE ENSAYO AG170585

INFORME DE ENSAYO AG160852

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Tania Tarazona Herrera
MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160621
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 16/Noviembre/2016
 Fecha de análisis : 16 de Noviembre al 23 de Noviembre/2016
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF - 01
					Fecha de muestreo ¹	16/11/2016
					Hora de muestreo ¹	12:35
					Código del Laboratorio	AG160992
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		29
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		2
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₂ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		2.960
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		18
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		37
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		24000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 23 de Noviembre de 2016



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG160872

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Tania Tarazona Herrera
MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160630
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 24/Noviembre/2016
 Fecha de análisis : 24 de Noviembre al 01 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160837

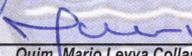
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF-02
					Fecha de muestreo ¹	24/11/2016
					Hora de muestreo ¹	10:41
					Código del Laboratorio	AG161012
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		3
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₂ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		19.800
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		14
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		29
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012




 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 01 de Diciembre de 2016

INFORME DE ENSAYO AG160888

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Tania Tarazona Herrera

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160642

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 01/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 01 de Diciembre al 09 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2EF-03
					Fecha de muestreo ¹	01/12/2016
					Hora de muestreo ¹	10:15
					Código del laboratorio	AG161028
FQ	ANÁLISIS FISIQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		6
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₂ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		1.510
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		9.630
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		88
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		125
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		1100000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 09 de Diciembre de 2016

INFORME DE ENSAYO AG160919

CLIENTE	Razón Social	: GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
	Dirección	: Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
	Atención	: Tania Tarazona Herrera
MUESTRA	Producto declarado	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Poblado de Marian
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC160657
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica

LABORATORIO	Fecha de recepción	: 07/diciembre/2016
	Fecha de análisis	: 07 de Diciembre al 15 de Diciembre/2016
	Cotización N°	: CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF-04
					Fecha de muestreo ¹	07/12/2016
					Hora de muestreo ¹	10:35
					Código del Laboratorio	AG161059
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		3
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₂ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		22.700
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		1.2
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		33
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		76
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 15 de Diciembre de 2016



Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG160935

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Tania Tarazona Herrera
MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160670
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 14/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 14 de Diciembre al 21 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF-05
					Fecha de muestreo ¹	14/12/2016
					Hora de muestreo ¹	10:30
					Código del laboratorio	AG161080
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		20
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO ₂ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		12.100
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		14.0
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		29
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		56
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 21 de Diciembre de 2016

INFORME DE ENSAYO AG160962

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Tania Tarazona Herrera
MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160696
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 30/Noviembre/2016
 Fecha de análisis : 30 de Noviembre al 06 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF-06
					Fecha de muestreo ¹	30/12/2016
					Hora de muestreo ¹	12:30
					Código del Laboratorio	AG161107
FQ	ANÁLISIS FISIQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		22
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0.010		2.970
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		5.7
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		26
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		55
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		24000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 06 de Enero de 2017

INFORME DE ENSAYO AG170031

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Tania Tarazona Herrera
MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170021
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12/Enero/2017
 Fecha de análisis : 12 de Enero al 19 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF-07
					Fecha de muestreo ¹	12/01/2017
					Hora de muestreo ¹	11:45
					Código del laboratorio	AG170031
FQ	ANÁLISIS FISIQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		10
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₃ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		15.500
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		13.6
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		27
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		54
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 19 de Enero de 2017

INFORME DE ENSAYO AG170087

CLIENTE **Razón Social** : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Gianfranco Sven León Julca

MUESTRA **Producto declarado** : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170071

MUESTREO **Responsable** : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO **Fecha de recepción** : 27/Enero/2017
 Fecha de análisis : 27 de Enero al 03 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF-08
					Fecha de muestreo ¹	27/01/2017
					Hora de muestreo ¹	10:30
					Código del Laboratorio	AG170131
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		7
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0.010		7.900
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃	Nitrospectral (*)	1.0		28.6
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		25
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		49
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 03 de Febrero de 2017

INFORME DE ENSAYO AG170253

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Gianfranco Sven León Julca

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170166

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 03 de Marzo al 10 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	Código del Laboratorio
					G2 - EF - 09	MC - 05
					Fecha de muestreo ¹	03/03/2017
					Hora de muestreo ¹	15:00
					Código del Laboratorio	AG170329
						AG170330
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1	< 1	< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1	11	178
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO ₂ -N	Azul Indofenol (*)	0.010	6.000	15.300
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0	31.0	1.7
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1	14	79
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25	30	158
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2	70000	1100000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 10 de Marzo de 2017

INFORME DE ENSAYO AG170312

CLIENTE	Razón Social	: GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
	Dirección	: Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
	Atención	: Gianfranco Sven León Julca
MUESTRA	Producto declarado	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Poblado de Marian
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170196
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 17/Marzo/2017
	Fecha de análisis	: 17 de Marzo al 24 de Marzo/2017
	Cotización N°	: CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2EF - 10
					Fecha de muestreo ¹	17/03/2017
					Hora de muestreo ¹	13:50
					Código del Laboratorio	AG170395
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		12
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0,010		5,200
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1,0		10,5
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		20
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		73
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		46000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Huaraz, 24 de Marzo de 2017

INFORME DE ENSAYO AG170352

CLIENTE Razón Social : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Gianfranco Sven León Julca

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170228

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 31/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 31 de Marzo al 07 de Abril/2017
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF - 11
					Fecha de muestreo ¹	31/03/2017
					Hora de muestreo ¹	11:30
					Código del Laboratorio	AG170442
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		4
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0.010		1.700
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		27.7
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		17
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		33
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		93000
AP	ANÁLISIS PARASITOLÓGICO					
AP15	Huevos de Helmintos	Huevos/l	APHA 9810B ; EPA 1623 (*)	Ausencia		Ausencia

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Mario Leyva Colías
 Quím. Mario Leyva Colías
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 07 de Abril de 2017

INFORME DE ENSAYO AG170414

CLIENTE **Razón Social** : GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
 Dirección : Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
 Atención : Gianfranco Sven León Julca

MUESTRA **Producto declarado** : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170277

MUESTREO **Responsable** : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO **Fecha de recepción** : 21/Abril/2017
 Fecha de análisis : 21 de Abril al 28 de Abril/2017
 Cotización N° : CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF - 12
					Fecha de muestreo ¹	21/04/2017
					Hora de muestreo ¹	09:54
					Código del Laboratorio	AG170536
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		9
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₂ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		2.890
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		29.2
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		42
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		84
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 28 de Abril de 2017

INFORME DE ENSAYO AG170464

CLIENTE	Razón Social	: GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
	Dirección	: Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
	Atención	: Gianfranco Sven León Julca
MUESTRA	Producto declarado	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Poblado de Marian
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170304
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 02/Mayo/2017
	Fecha de análisis	: 02 de Mayo al 09 de Mayo/2017
	Cotización N°	: CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF - 13
					Fecha de muestro ¹	02/05/2017
					Hora de muestro ¹	14:05
					Código del Laboratorio	AG170591
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		19
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0.010		3.360
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		16.0
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		72
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		114
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 09 de Mayo de 2017



Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG170550

CLIENTE	Razón Social	: GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
	Dirección	: Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
	Atención	: Gianfranco Sven León Julca
MUESTRA	Producto declarado	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Poblado de Marian
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170347
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 19/Mayo/2017
	Fecha de análisis	: 19 de Mayo al 26 de Mayo/2017
	Cotización N°	: CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G2 EF - 14
					Fecha de muestreo ¹	19/05/2017
					Hora de muestreo ¹	10:15
					Código del Laboratorio	AG170680
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		18
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0.010		13.100
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		27.3
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		25
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		27
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Mario Leyva Collas
Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Huaraz, 26 de Mayo de 2017

INFORME DE ENSAYO AG170585

CLIENTE	Razón Social	: GIANFRANCO SVEN LEÓN JULCA
	Dirección	: Jr. Carhuaz N° 246 - Independencia
	Atención	: Tania Tarazona Herrera
MUESTRA	Producto declarado	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Poblado de Marian
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170364
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 05/Junio/2017
	Fecha de análisis	: 05 de Junio al 12 de Junio/2017
	Cotización N°	: CO160837

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G-2EF-15
					Fecha de muestreo ¹	05/06/2017
					Hora de muestreo ¹	13:08
					Código del Laboratorio	AG170716
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		18
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₄ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		1.500
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		10.2
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		99
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		178
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000
AP	ANÁLISIS PARASITOLÓGICO					
AP15	Huevos de Helmintos	Huevos/l	APHA 9810B ; EPA 1623 (*)	Ausencia		Ausencia

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Huaraz, 12 de Junio de 2017



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDUN° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: LEÓN JULCA GIANFRANCO SVEN
Código de alumno: 081.0704.535 Teléfono: 942 647 194
Correo electrónico: GSVENLJ@GMAIL.COM DNI o Extranjería: 46734580

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación Trabajo académico
 Trabajo de suficiencia profesional Tesis

3. Título profesional o grado académico:

Bachiller Título Segunda especialidad
 Licenciado Magister Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

EVALUACIÓN DEL REACTOR DOWNFLOW HANGING SPONGE TIPO CORTINA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES DE UN TRATAMIENTO PRIMARIO EN MARIÁN, SIERRA DE ANCASH - 2016

5. Facultad de: CIENCIAS DEL AMBIENTE

6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERÍA SANITARIA

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: DEPAZ CELI KIKO FÉLIX Teléfono: 952 223 855
Correo electrónico: CELIUNASAM@GMAIL.COM DNI o Extranjería: 31663735

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.: 46734580

FECHA:

15	/	Feb	/	2019
----	---	-----	---	------



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDUN° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: TARAZONA HERRERA TANIA GRACE
Código de alumno: 081.0204.466 Teléfono: 957 643 396
Correo electrónico: GRATAHE@GMAIL.COM DNI o Extranjería: 70499166

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación Trabajo académico
 Trabajo de suficiencia profesional Tesis

3. Título profesional o grado académico:

Bachiller Título Segunda especialidad
 Licenciado Magister Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

EVALUACIÓN DEL REACTOR DOWNFLOW HANGING SPONGE TIPO CORTINA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES DE UN TRATAMIENTO PRIMARIO EN MARIÁN, SIERRA DE ANCASH - 2016

5. Facultad de: CIENCIAS DEL AMBIENTE

6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERÍA SANITARIA

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: DEPAZ CELI KIKO FÉLIX Teléfono: 952 223 855
Correo electrónico: CELIUNASAM@GMAIL.COM DNI o Extranjería: 31663735

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 
D.N.I.: 70499166

FECHA:

15	/	Feb	/	2019
----	---	-----	---	------