

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS
COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL
EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD
DE MARIAN – 2016”**

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

AUTORES:

Bach. ROSA MILAGROS VALLADARES ARAUJO

Bach. ALINA AZUCENA GARAY SÁNCHEZ

ASESOR:

Ing. NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA

HUARAZ – ANCASH – PERÚ

JULIO – 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS
COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL
EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD
DE MARIAN – 2016”**

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

AUTORES:

Bach. ROSA MILAGROS VALLADARES ARAUJO

Bach. ALINA AZUCENA GARAY SÁNCHEZ

ASESOR:

Ing. NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA

HUARAZ – ANCASH – PERÚ

JULIO – 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD CIENCIAS DEL AMBIENTE



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Los Miembros del Jurado Evaluador que suscriben, reunidos para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta la Bachiller: **ROSA MILAGROS VALLADARES ARAUJO**.

Tesis Titulada: **"EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD DE MARIAN - 2016"**

Y atendida a la exposición oral y oída las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

APROBADO

Con el calificativo de:

QUINCE (15)

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

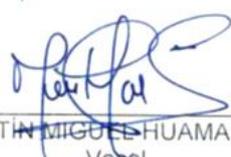
INGENIERO SANITARIO

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, 19 de JULIO del 2018.


Msc. MARIO VLADIMIRO LEYVA COLLAS
Presidente


Msc. Ing. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ
Secretaria


Ing. MARTÍN MIGUEL HUAMAN CARRANZA
Vocal


Ing. NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD CIENCIAS DEL AMBIENTE



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Los Miembros del Jurado Evaluador que suscriben, reunidos para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta la Bachiller: **ALINA AZUCENA GARAY SANCHEZ**.

Tesis Titulada: **“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD DE MARIAN - 2016”**

Y atendida a la exposición oral y oída las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

APROBADO

Con el calificativo de:

QUINCE (15)

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, 19 de JULIO del 2018.


Msc. MARIO VLADIMIR LEYVA COLLAS
Presidente


Msc. Ing. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ
Secretaria


Ing. MARTIN MIGUEL HUAMAN CARRANZA
Vocal


Ing. NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA
Asesor

DEDICATORIA

A Dios

Por su amor infinito, por guiarme, darme la sabiduría y paciencia para llegar a cumplir mis objetivos, por levantarme en los momentos más difíciles y mostrarme que todo es posible cuando uno lo desea de corazón.

A mis padres y hermanos

A mi padre que desde el cielo guía mi camino, por creer siempre en mí y enseñarme que todo sacrificio tiene su recompensa.

A mi madre por su amor incondicional y por su apoyo en todo momento para poder lograr este triunfo, por ser la mujer que me inspira a seguir adelante.

A mis hermanos por ser mi compañía, por sus palabras de aliento y motivación en todo momento.

A mis amigos

Por la amistad y por el apoyo que me brindaron en los buenos y malos momentos.

Rosa Milagros Valladares Araujo.

DEDICATORIA

A Dios

A mi padre celestial, por ser luz en vida y forjador de mi camino, y brindarme infinita fortaleza frente a los problemas.

A mis padres y hermanos

A mi padre por sus enseñanzas, por sus palabras de aliento y su excelente manera de instruirme para afrontar las verdades de esta vida.

A mi madre por brindarme su infinito amor sin esperar nada a cambio, por su apoyo incondicional, por tenerme tanta paciencia, y por enseñarme a afrontar las adversidades de la vida con mucha valentía.

A mis hermanos por estar siempre a mi lado, por traer mucha alegría a mi vida, por sus palabras de aliento.

A mis amigos

Por el apoyo que me brindaron en todo momento.

Alina Azucena Garay Sánchez.

AGRADECIMIENTO

A Dios

Por darnos la sabiduría y fortaleza.

A nuestra Alma Mater

*Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo,
por habernos brindado las oportunidades para el
desarrollo la nuestra carrera profesional.*

***A la Escuela Profesional de Ingeniería
Sanitaria***

*Agradecemos a toda la plana docente que nos
brindaron sus conocimientos y apoyo
incondicional para lograr la culminación del
proyecto de investigación.*

Al Laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM

*Por apoyar la investigación, y permitirnos lograr con
éxito el presente proyecto.*

***A la Junta Administradora de Servicios de
Saneamiento de la localidad de Marian***

*Por permitirnos y darnos la confianza de realizar esta
investigación en la Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales Domésticas.*

Al Ing. Nino Franklin Araujo Jamanca

*Asesor de nuestra tesis, por su apoyo y tiempo
brindado en el desarrollo de la tesis.*

Tesistas.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, Valladares Araujo Rosa Milagros identificada con DNI N° 47290692 y Código Universitario N° 092.0704.060, y Garay Sánchez Alina Azucena identificada con DNI N° 47378856 y Código Universitario N° 091.0704.062 egresadas 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: **“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD DE MARIAN – 2016”** presentado para la obtención del título profesional de Ingeniero Sanitario, es de nuestra autoría.

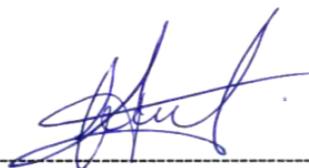
Por lo tanto, declaramos lo siguiente:

- Hemos mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo a lo establecido por las normas de elaboración de trabajo académico.
- No hemos utilizado ninguna 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, 15 de Julio del 2018



VALLADARES ARAUJO ROSA MILAGROS
Código U. N° 092.0704.060
DNI: 47290692



GARAY SANCHEZ ALINA AZUCENA
Código U. N° 091.0704.061
DNI: 47378856

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
RELACIÓN DE MAPAS.....	ix
RELACIÓN DE FIGURAS.....	x
RELACIÓN DE GRÁFICOS.....	xii
RELACIÓN DE TABLAS.....	xiii
RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS.....	xv
RELACIÓN DE PLANOS.....	xvii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA, TÉCNICA O HUMANÍSTICA.....	3
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	5
1.2.1. Internacionales.....	5
1.2.2. Nacionales.....	6
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA.....	9
1.3.1. Aguas residuales.....	9
1.3.2. Evaluación de proyectos de plantas de tratamiento de agua residual.....	22
1.3.3. Principales etapas de tratamiento de las aguas residuales doméstica.....	27
1.3.4. Espuma de poliuretano.....	45
1.3.5. Sistema DHS (Down-flow Hanging Sponge).....	46

1.3.6.	Vertido de efluente de una PTARS a aguas superficiales	51
1.4.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	52
1.5.	REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	55
1.6.	FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	55
1.6.1.	Planteamiento del problema	55
1.6.2.	Formulación del problema	56
1.7.	JUSTIFICACIÓN.....	56
1.8.	OBJETIVOS.....	58
1.8.1.	Objetivo general:	58
1.8.2.	Objetivos específicos:	58
1.9.	HIPÓTESIS	58
CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO		59
2.1.	METODOLOGÍA.....	59
2.2.	TIPO DE ESTUDIO	60
2.2.1.	Según propósito o aplicación	60
2.2.2.	Según su naturaleza, profundidad y/o alcance	60
2.2.3.	Según el tipo de ocurrencia de los hechos y registro de la información	60
2.3.	DISEÑO.....	60
2.4.	VARIABLES.....	61
2.4.1.	Variable de caracterización:	61
2.4.2.	Variable de interés:.....	61
2.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	61
2.6.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	64
2.6.1.	Población.....	64
2.6.2.	Muestra.....	64
2.6.3.	Muestreo.....	64
2.7.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	64

2.7.1.	Etapas del proceso de investigación.....	66
2.8.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	110
2.8.1.	Elección de la prueba estadística.....	110
2.8.2.	Procedimiento para aplicar la prueba T- Student.....	111
2.9.	ÁMBITO DE ESTUDIO.....	112
2.9.1.	Ubicación política.....	112
2.9.2.	Ubicación hidrográfica.....	112
2.9.3.	Localización geográfica.....	112
CAPITULO III: RESULTADOS.....		115
3.1.	RESULTADOS DEL CAUDAL DE OPERACIÓN Y TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO.....	115
3.1.1.	Caudal.....	115
3.1.2.	Tiempo de retención hidráulico (TRH).....	117
3.2.	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL.....	117
3.2.1.	pH y temperatura.....	117
3.3.	RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO 120	
3.3.1.	Concentraciones de los parámetros analizados en el afluente y efluente....	120
3.3.2.	Índice de biodegradabilidad.....	121
3.3.3.	Comportamiento del afluente y efluente.....	123
3.3.4.	Variación de los % de remoción de los parámetros analizados.....	128
3.3.5.	Eficiencia promedio del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas 133	
3.4.	CONTRASTE DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EFLUENTES DE PTARs.....	134

3.4.1. Contrastes de los resultados de los parámetros de control con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales	134
3.4.2. Contraste de parámetros analizados con respecto a los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales	137
3.5. OTROS RESULTADOS	142
3.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	144
3.6.1. Parámetros de análisis fisicoquímico	144
3.6.2. Parámetros de análisis de indicadores de contaminación bioquímica.....	146
3.6.3. Parámetros de indicadores de contaminación microbiológica	150
CAPITULO IV: DISCUSIONES	152
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	155
5.1. CONCLUSIONES	155
5.2. RECOMENDACIONES	157
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159
ANEXOS.....	164

RELACIÓN DE MAPAS

<i>Mapa 1:</i> Localización geográfica del centro poblado de Marian	113
<i>Mapa 2:</i> Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado de Marian	114

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de los sólidos presentes en aguas residuales de concentración media	15
Figura 2: Especies importantes en el proceso de depuración de aguas residuales.....	21
Figura 3: Variación horaria típica de las aguas residuales.....	25
Figura 4: Detalle del tanque séptico.....	29
Figura 5: Digestor anaerobio de fase única y baja carga.	31
Figura 6: Representación esquemática del flujo del carbono en el proceso de digestión anaerobia	34
Figura 7: Etapas de la digestión anaerobia con flujo de energía.....	35
Figura 8: Esquema de un filtro Percolador	37
Figura 9: Esquema de un filtro biológico	39
Figura 10: Representación esquemática de la sección transversal de una película biológica en un filtro percolador.	42
Figura 11: Reactor DHS-G5	48
Figura 12: Reactor DHS-G5	48
Figura 13: Comparación de las eficiencias en el tratamiento de los efluentes UASB de los diferentes modelos DHS.....	49
Figura 14: Concepto básico del sistema DHS.....	50
Figura 15: Etapas para el desarrollo de la metodología.	66
Figura 16: Ubicación de las unidades de tratamiento de las aguas residuales.....	67
Figura 17: Planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado de Marian	68
Figura 18: PTAR mediante un sistema de filtros de esponjas colgantes continuas.....	69
Figura 19: Unidad de captación	85
Figura 20: Unidad de purga	86
Figura 21: Caseta para la protección del reactor DHS-G5	87
Figura 22: Unidad de almacenamiento	88
Figura 23: Unidad de soporte.....	88
Figura 24: Unidad de rebose	89
Figura 25: Unidad de rebose	90
Figura 26: Unidad de purga	90
Figura 27: Unidad de distribución de caudal	91

Figura 28: Sistema unitario fijo de distribución de caudal	92
Figura 29: Empaquetado de las placas con prisma de espuma de poliuretano #500	93
Figura 30: Unidad de almacenamiento del agua residual tratada	95
Figura 31: Unidad de recolección del agua tratada.....	95
Figura 32: Etapas del proyecto de investigación	96
Figura 33: Puntos de monitoreo	97
Figura 34: Parámetros de diseño.....	98
Figura 35: Parámetros de control.....	98
Figura 36: Parámetros analizados en el laboratorio.....	99

RELACIÓN DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Caudal de operación del sistema DHS-G5	116
Gráfico 2: Variación del pH promedio en el afluente y efluente del sistema DHS-G5 ...	118
Gráfico 3: Variación de la temperatura en el afluente y efluente del sistema DHS-G5...	119
Gráfico 4: Variación del índice de biodegradabilidad del agua residual que ingresa al sistema DHS – G5	122
Gráfico 5: Variación de la concentración de A&G en el afluente y efluente del sistema (DHS-G5)	123
Gráfico 6: Variación de la concentración de SST en el afluente y efluente del Sistema (DHS-G5).....	124
Gráfico 7: Variación de la concentración de DBO ₅ en el afluente y efluente del Sistema (DHS – G5)	125
Gráfico 8: Variación de la concentración de SST en el afluente y efluente del Sistema DHS-G5	126
Gráfico 9: Variación de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes en el afluente y efluente del sistema DHS-G5	127
Gráfico 10: Remoción de sólidos totales en suspensión.....	129
Gráfico 11: Remoción de demanda bioquímica de oxígeno.....	130
Gráfico 12: Remoción de demanda química de oxígeno.....	131
Gráfico 13: Remoción de coliformes fecales o termotolerantes.....	132
Gráfico 14: Eficiencias promedias del sistema DHS-G5, con respecto a los parámetros analizados	133
Gráfico 15: Variación del pH promedio en el efluente del sistema DHS-G5 con respecto al LMP.....	135
Gráfico 16: Variación de la temperatura promedio en el efluente del sistema DHS-G5 con respecto al LMP	136
Gráfico 17: Variación de la concentración de A&G en el efluente con respecto al LMP	138
Gráfico 18: Variación de la concentración de SST en el efluente con respecto al LMP..	139
Gráfico 19: Variación de la concentración de DBO ₅ en el efluente con respecto al LMP	140
Gráfico 20: Variación de la concentración de DQO en el efluente con respecto al LMP	141
Gráfico 21: Variación de la concentración de CF en el efluente con respecto al LMP....	142
Gráfico 22: Variación de sólidos sedimentables	177

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1	Contaminantes importantes de interés en el tratamiento de aguas residuales	12
Tabla 2	Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residual y su fuente ...	13
Tabla 3	Compuestos olorosos asociados al agua residual bruta	16
Tabla 4	Caudales y factores de cargas típicas empleados para el proyecto y explotación de plantas de tratamiento de aguas residuales	24
Tabla 5	Características típicas del líquido de las fosas sépticas	30
Tabla 6	Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales	52
Tabla 7	Operacionalización de variables	62
Tabla 8	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
Tabla 9	Concentración de contaminantes presentes en el afluente de la cámara de rejillas ..	80
Tabla 10	Concentración de contaminantes presentes en el efluente del tanque séptico	80
Tabla 11	Concentración de contaminantes presentes en el afluente del sistema DHS-G5.	81
Tabla 12	Determinación de la densidad del material filtrante	82
Tabla 13	Determinación de la porosidad del medio filtrante.....	84
Tabla 14	Volumen total del filtro de esponjas	94
Tabla 15	Volumen total del material filtrante saturado	94
Tabla 16	Periodicidad de los parámetros analizados en el laboratorio	102
Tabla 17	Pruebas estadísticas	111
Tabla 18	Determinación del caudal promedio de operación del sistema DHS-G5	115
Tabla 19	Determinación del tiempo de retención hidráulica teórica	117
Tabla 20	Parámetros promedios de control monitoreados en el afluente y efluente	117
Tabla 21	Concentraciones de los parámetros analizados en el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas.....	120
Tabla 22	Índice de biodegradabilidad del agua residual.....	122
Tabla 23	Resumen de remociones del sistema DHS-G5	128
Tabla 24	Contraste del pH y temperatura con los LMP	134
Tabla 25	Contraste de los parámetros analizados con respecto a los LMP	137
Tabla 26	Parámetros de sólidos totales en suspensión antes y después del tratamiento .	144
Tabla 27	Prueba T Student para sólidos totales en suspensión.....	145

Tabla 28 Parámetros de demanda bioquímica de oxígeno antes y después del tratamiento	146
Tabla 29 Prueba T Student para demanda bioquímica de oxígeno.....	147
Tabla 30 Parámetros de demanda química de oxígeno antes y después del tratamiento.	148
Tabla 31 Prueba T Student para la demanda química de oxígeno.....	149
Tabla 32 Parámetros de coliformes fecales o termotolerantes antes y después del tratamiento	150
Tabla 33 Prueba T Student para coliformes fecales o termotolerantes.....	151
Tabla 34 Primer aforo del efluente del tanque séptico	165
Tabla 35 Segundo aforo del efluente del tanque séptico	166
Tabla 36 Tercer aforo del efluente del tanque séptico.....	167
Tabla 37 Cuarto aforo del efluente del tanque séptico	168
Tabla 38 Quinto aforo del efluente del tanque séptico	169
Tabla 39 Sexto aforo del efluente del tanque séptico	170
Tabla 40 Resumen de los aforos del efluente del tanque séptico	170
Tabla 41 Caudal de aforo del efluente de la unidad de almacenamiento, rebose y purga	171
Tabla 42 Monitoreo del pH y la temperatura en el afluente y efluente del sistema DHS-G5	172
Tabla 43 Sólidos sedimentables en el sistema unitario fijo de distribución de caudal	176
Tabla 44 Volumen de lodos en el sedimentador secundario	178

RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Medición del caudal de diseño	79
Fotografía 2: Variedad de esponjas zebra de acuerdo a su densidad	82
Fotografía 3: Determinación de la masa (g) de cada una de las esponjas, según referencias de mercado	82
Fotografía 4: Determinación del porcentaje de porosidad de las esponjas	83
Fotografía 5: Esponja #500 con mayor porcentaje de porosidad.....	84
Fotografía 6: pH metro edge de HANNA instruments	99
Fotografía 7: Tapado con mezcla de concreto pobre los exteriores de la caseta	103
Fotografía 8: Sedimentador primario de 85 lt de capacidad	104
Fotografía 9: Implementación con láminas de malla de plástico.....	105
Fotografía 10: Implementación con una tee de PVC de 2”	105
Fotografía 11: Implementación de un soporte fijo con ángulos de fierro para el sedimentador primario.....	106
Fotografía 12: Implementación de la válvula de bola de PVC Ø=¾”	106
Fotografía 13: Implementación de la unidad de distribución de caudal	107
Fotografía 14: Implementación de un sedimentador de mayor capacidad	108
Fotografía 15: Implementación con esponjas verdes de fregar	109
Fotografía 16: Implementación con un mallas dobles	109
Fotografía 17: Implementación con mallas de plástico	110
Fotografía 18: Comparación visual del color entre el afluente y efluente del sistema de esponjas colgantes continuas.....	143
Fotografía 19: Estado actual de la cámara de rejillas	179
Fotografía 20: Tanque séptico existente	179
Fotografía 21: Filtro biológico de flujo ascendente existente.....	180
Fotografía 22: Aforo del caudal al ingreso del tanque séptico	180
Fotografía 23: Aforo del caudal al ingreso del tanque séptico	181
Fotografía 24: Determinación del porcentaje de porosidad.....	181
Fotografía 25: Determinación del porcentaje de porosidad.....	182
Fotografía 26: Determinación del porcentaje de porosidad de la espuma de poliuretano	182
Fotografía 27: Construcción del reactor – armado de las placas de acrílico del reactor .	183
Fotografía 28: Construcción del reactor – Corte de esponjas	183

Fotografía 29: Instalación de la cachimba para la captación del afluente	184
Fotografía 30: Tuberías de rebose para el mantenimiento del sedimentador primario....	184
Fotografía 31: Instalación del sedimentador primario	185
Fotografía 32: Tubería de rebose	185
Fotografía 33: Tuberías de distribución al sistema de filtros esponjas colgantes continuas	186
Fotografía 34: Aforo del afluente del sedimentador primario	186
Fotografía 35: Aforo del afluente del sistema DHS-G5	187
Fotografía 36: Toma de muestra para el monitoreo de los parámetros de pH y temperatura	187
Fotografía 37: Toma de muestra para el análisis de parámetros de indicadores de contaminación microbiológica	188
Fotografía 38: Monitoreo de los parámetros de pH y temperatura.....	188
Fotografía 39: Monitoreo de los parámetros de pH y temperatura.....	189
Fotografía 40: Desarrollo de larvas sobre el medio	189
Fotografía 41: Desarrollo de larvas sobre el medio filtrante	190
Fotografía 42: Formación de biopelícula sobre el medio filtrante.....	190
Fotografía 43: Formación de biopelícula sobre el medio filtrante.....	191
Fotografía 44: Retención de sólidos por las esponjas de fregar.....	191
Fotografía 45: Retención de sólidos por las esponjas de fregar.....	192
Fotografía 46: Mantenimiento del sistema unitario fijo de distribución de caudal	192
Fotografía 47: Mantenimiento de la tubería de purga.....	193
Fotografía 48: Agua residual tratada almacenada en el sedimentador secundario	193
Fotografía 49: Acumulación de la biopelícula en el sedimentador secundario	194
Fotografía 50: Observación de sólidos en las muestras	194
Fotografía 51: Registro de datos posterior a la observación de sólidos en las muestras .	195
Fotografía 52: Comparación visual del color entre el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas	195
Fotografía 53: Colmatación de las mallas del sedimentador primario	196
Fotografía 54: Medición de la cantidad de lodos en el sedimentador secundario	196
Fotografía 55: Estado del filtro de esponjas colgantes continuas al finalizar la investigación	197

RELACIÓN DE PLANOS

<i>Plano 1:</i> Ubicación del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5)...	225
<i>Plano 2:</i> Plantas de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marian - (DHS-G5)	226
<i>Plano 3:</i> Esquema del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5)....	227
<i>Plano 4:</i> Sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5).....	228
<i>Plano 5:</i> Esquema del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) – Plano Sanitario.....	229

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio de investigación tiene como finalidad determinar la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) en el tratamiento del efluente del tanque séptico en la localidad de Marian, a fin de ser propuesto como una alternativa viable para el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas en zonas rurales, éste sistema consistió en un reactor de acrílico de 20.50 cm x 17.50 cm x 100 cm de alto, el cual incorpora prismas triangulares de espuma de poliuretano de 2.54 cm de lado y 15.50 cm de largo, adheridas horizontalmente por ambos lados a 05 láminas de acrílico, haciendo un volumen total del material filtrante de 11 362.78 cm³. El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) fue diseñado para tratar un caudal de 0.0018 l/s, y operar con un tiempo de retención hidráulica de 40 minutos, para su evaluación se midieron diariamente los parámetros de control (pH y temperatura) y periódicamente los parámetros de análisis fisicoquímicos (aceites y grasas, sólidos totales en suspensión), indicadores de contaminación bioquímica (demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno) e indicadores de contaminación microbiológica (coliformes fecales o termo tolerantes) a la entrada y salida del reactor a escala piloto. La investigación se realizó entre los meses de noviembre del 2016 y abril del 2017, el tratamiento se dio sin la utilización de un inóculo.

Los resultados promedios de pH en el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) fueron de 7.10 y 7.60 respectivamente, así mismo los valores de temperatura en el afluente y efluente fueron de 13.88°C y 13.25°C respectivamente, los resultados indican que la remoción promedio para los sólidos totales en suspensión (SST) fue de 85.61 %, para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) fue de 51.55%, para la demanda química de oxígeno (DQO) fue de 44.51% y para coliformes fecales o termotolerantes fue de 34.52%.

Del estudio de investigación se concluye que el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) fue muy eficiente en la remoción de sólidos totales en suspensión, eficiente en la remoción de demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno, así mismo poco eficiente en la remoción de coliformes fecales o termotolerantes.

Palabras Clave:

DHS, poliuretano, reactor, inóculo, caudal.

ABSTRACT

The purpose of this research study is to determine the efficiency of the continuous hanging sponge filter system (DHS-G5) in the treatment of septic tank effluent in Marian, in order to be proposed as a viable alternative for the treatment secondary to domestic wastewater in rural areas, this system consisted of an acrylic reactor of 20.50 cm x 17.50 cm x 100 cm high, which incorporates triangular prisms of polyurethane foam of 2.54 cm on each side and 15.50 cm in length, Adhered horizontally on both sides to 05 acrylic sheets, making a total volume of the filter material of 11 362.78 cm³. The system of filters of continuous hanging sponges (DHS-G5) was designed to treat a flow rate of 0.0018 l / s, and operate with a hydraulic retention time of 40 minutes, for its evaluation the control parameters were measured daily (pH and temperature) and periodically the parameters of physicochemical analysis (oils and fats, total suspended solids), indicators of biochemical contamination (biochemical demand of oxygen, chemical oxygen demand) and indicators of microbiological contamination (fecal or thermo tolerant coliforms) at the entrance and output of the pilot scale reactor. The investigation was carried out between the months of November 2016 and April 2017, the treatment was given without the use of an inoculum.

The average results of pH in the effluent and effluent of the continuous hanging sponge filter system (DHS-G5) were 7.10 and 7.60 respectively, as well as the temperature values in the tributary and effluent were 13.88 ° C and 13.25 ° C respectively, the results indicate that the average removal for the total suspended solids (SST) was 85.61%, for the biochemical oxygen demand (BOD5) was 51.55%, for the chemical oxygen demand (COD) was 44.51% and for fecal or thermotolerant coliforms was 34.52%.

From the research study it is concluded that the system of continuous hanging sponge filters (DHS-G5) was very efficient in the removal of total suspended solids, efficient in the removal of biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand, as well as little efficient in the removal of fecal or thermotolerant coliforms.

Keywords:

DHS, polyurethane, reactor, inoculum, flow.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de investigación se da a conocer el trabajo que se realizó durante todo el periodo de estudio para la determinación de la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) en el tratamiento de efluentes provenientes de tanques sépticos ubicados en zonas rurales, éste trabajo de investigación que se detalla a continuación aborda inicialmente los diferentes estudios realizados sobre el sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS) a escala piloto a nivel nacional como internacional, demostrando mediante éstos la efectividad del sistema en el tratamiento de efluentes de reactores UASB y efluentes de tanques séptico, posterior a ello se desarrollan definiciones y teorías confiables relacionadas con el tema las cuales nos permitieron manejar conocimientos sobre las aguas residuales, plantas de tratamiento de aguas residuales, sistema DHS (Down-flow Hanging Sponge) y vertido de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs) a cuerpos superficiales a fin de fundamentar mediante éstos el proyecto de investigación realizado.

Así mismo se describe la realidad problemática o situación actual del tratamiento de las aguas residuales domésticas mediante tanque séptico en zonas rurales, además se detallan los problemas identificados que conllevaron a la realización del estudio, la alternativa que se propuso a fin de dar solución a estos problemas y los beneficios que

se generarían a nivel social, económico y ambiental al proponer el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) como un tratamiento secundario sostenible para mejorar la calidad de efluentes de tanques sépticos. De igual forma en la presente investigación se da a conocer el objetivo general del estudio el cual fue determinar la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas en el tratamiento de efluentes de tanques sépticos y se da a conocer también la hipótesis de la investigación la cual fue validada con el análisis de los resultados obtenidos durante la etapa de evaluación del sistema.

Del mismo modo, se desarrolla detalladamente la metodología utilizada para la determinación de la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5); el tipo de estudio realizado según su propósito o aplicación, según su naturaleza, profundidad y/o alcance, y según el tipo de ocurrencia de los hechos y registro de la información; así mismo se describe el diseño y las variables de la investigación; también se presenta el cuadro de operacionalización de variables con el que se determinó el método a través del cual las variables fueron medidas o analizadas, se describe la población, muestra y muestreo de la investigación; las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados para la realización del estudio, el método de análisis de datos empleado para el procesamiento y análisis de resultados, y el ámbito de estudio el cual hace referencia al centro poblado de Marian del distrito de Independencia de la región de Áncash, así mismo se presentan los resultados los cuales son de carácter relevante y están debidamente analizados e interpretados a fin de demostrar mediante éstos la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas en la remoción de contaminantes presentes en el agua residual, finalmente se da a conocer las conclusiones a las que se llegaron posterior al estudio del sistema y las recomendaciones respectivas de la investigación realizada.

En resumen, el contenido se encuentra estructurado de la siguiente manera: el Capítulo 1 corresponde a la Introducción, el Capítulo 2 al Marco metodológico, el Capítulo 3 a los Resultados, el Capítulo 4 a las Discusiones y el Capítulo 5 a las Conclusiones y recomendaciones.

En definitiva, cabe mencionar que con el presente proyecto de investigación se pretende aportar conocimientos sobre la tecnología de filtros de esponjas colgantes continuas de generación 5 para el tratamiento de efluentes de tanques sépticos.

1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA, TÉCNICA O HUMANÍSTICA

“A NOVEL AND COST-EFFECTIVE SEWAGE TREATMENT SYSTEM CONSISTING OF UASB PRE-TREATMENT AND AEROBIC POST-TREATMENT UNITS FOR DEVELOPING COUNTRIES” (Un nuevo y rentable sistema de tratamiento de aguas residuales que consiste en UASB pre-tratamiento y unidades de post-tratamiento aeróbico para los países en desarrollo), consistió en una unidad de tratamiento anaeróbico (UASB), seguida de una unidad de postratamiento aerobio DHS (Down-flow Hanging Sponge-Cubes), como un proceso de bajo costo y fácil mantenimiento para los países en desarrollo, un experimento de más de seis meses mediante la administración de aguas residuales, el sistema propuesto logró el 94% de la eliminación de DQO total, la remoción de SS casi perfecta y la eliminación de DBO total en un HRT de 8,3 horas (7 hr en UASB y 1,3 h en unidad DHS). Además, el reactor DHS era capaz de realizar alta nitrificación (73-78%). No requiriendo ni entrada de aireación externa ni retirada del exceso de lodo. (Machdar, Harada, y otros 1997)

“INDIA JAPAN INTERNATIONAL COLLABORATION FOR AN INNOVATIVE SEWAGE TREATMENT TECHNOLOGY WITH COST-EFFECTIVE AND MINIMUM ENERGY” (Colaboración internacional India-Japón para un tratamiento innovador de las aguas residuales tecnología con requerimientos de costo-efectivo y de energía mínima), consistió en un reactor UASB y DHS Down-flow Hanging Sponge), el cual fue propuesto originalmente en 1996 por el grupo de investigación de la Universidad de Tecnología de Nagaoka – Japón, liderada por H. Harada; está a escala demostrativa, con una capacidad de tratamiento de 500 m³ por día (equivalente a 3.600 habitantes), construyéndose así, en la India bajo el plan de acción de Yamuna en 2002, y desde entonces estuvo en funcionamiento durante seis años mediante la colaboración India-Japón. El sistema combinado UASB / DHS logró 96% y 92%,

respectivamente, para la eliminación de la DBO no filtrada y la DQO no filtrada con funcionamiento continuo sin parar de 1800 días. Además, el sistema mostró un rendimiento satisfactorio en términos de patógeno y nitrificación. (Harada 2008)

“COMBINATION OF A UASB REACTOR AND A CURTAIN TYPE DHS (DOWN-FLOW HANGING SPONGE) REACTOR AS A COST-EFFECTIVE SEWAGE TREATMENT SYSTEM FOR DEVELOPING COUNTRIES” (Combinación de un reactor UASB y un reactor de tipo cortina DHS (esponja suspendida por flujo descendente) como un sistema de tratamiento de aguas residuales rentable para los países en desarrollo), considerada como la segunda generación del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto originalmente, consistió en un reactor UASB como una unidad de tratamiento previo anaeróbico y un reactor DHS de tipo cortina (Down-flow Hanging Sponge) como unidad de post – tratamiento aeróbico, instalado para el tratamiento de aguas negras. Un experimento continuo de 550 días, demostrando que el sistema combinado completo consiguió gran porcentaje de eliminación de diversos contaminantes presentes en el agua residual. (Machdar, Sekiguchi, y otros 2000)

“USE OF G3-DHS BIOREACTOR FOR SECONDARY TREATMENT OF SEPTIC TANK DESLUDGING WASTEWATER” (Uso del biorreactor G3-DHS para el tratamiento secundario de aguas residuales de un tanque séptico), cuyo objetivo principal era evaluar el rendimiento de la tercera generación del biorreactor de esponja colgante de flujo descendente (G3-DHS) en el tratamiento del efluente de un tanque séptico que trataba las aguas residuales producidas por 1 850 hogares (7 172 personas) en la aldea de Peuniti, en la ciudad de Banda Aceh, Indonesia.

El proyecto consistió en derivar las aguas residuales del tanque séptico hacia un contenedor de 2000 litros mediante el uso de una bomba peristáltica, luego de lograr la sedimentación de los sólidos en el contenedor, se distribuyó al biorreactor G3-DHS que constaba de tres segmentos con una altura total de 4 m y un diámetro de 30 cm, distribuyéndose por gravedad desde la parte superior del biorreactor G3-DHS mediante goteo a través de los módulos de esponja de 30 mm de diámetro y 30 mm de longitud, con un tiempo de retención hidráulica de 3 horas. Cabe mencionar que el biorreactor fue iniciado con un caudal de 145 l/día, sin inoculación y operado sin sustitución de medios o lavado.

El sistema propuesto logró el 58% de eliminación de DBO, un 15 a 21% de eliminación DQO, 33% de reducción de amonio y una producción de NO₂, NO₃ de 2 mgN/l, por lo que se sugirió aumentar la HRT para experimentos futuros y que estos sean monitoreados y evaluados a largo plazo. (Machdar, Muhammad, y otros 2015)

“A LOW-COST MUNICIPAL SEWAGE TREATMENT SYSTEM WITH A COMBINATION OF UASB AND THE FOURTH-GENERATION DOWN-FLOW HANGING SPONGE REACTORS” (Un sistema municipal de tratamiento de aguas residuales de bajo costo con una combinación de UASB y los reactores de esponja colgantes de "cuarta generación"), fue la evaluación del desempeño del proceso de un sistema de post-tratamiento de esponja colgante (DHS) de "cuarta generación" a escala piloto en la Universidad Tecnológica de Nagaoka en Japón, el cual fue combinado con una unidad de pre – tratamiento UASB que trata aguas residuales municipales. Después del funcionamiento exitoso de los reactores DHS de segunda y tercera generación, se desarrolló el reactor DHS de cuarta generación para superar algunas deficiencias de sus predecesores. Este reactor fue diseñado para mejorar aún más la eficiencia del tratamiento y simplificar el proceso de construcción a escala real, especialmente para la aplicación en los países en desarrollo. La configuración del reactor se modificó para mejorar la disolución del aire en el agua residual y para evitar el posible taponamiento del reactor, especialmente durante el lavado repentino del reactor UASB. (Tandukar, y otros 2005)

1.2. TRABAJOS PREVIOS

1.2.1. Internacionales

EVALUACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ORDINARIAS POR MEDIO DE UN FILTRO PERCOLADOR CON RELLENO DE ESPONJAS COLGANTES DE FLUJO DESCENDENTE (DHS) COMO POSTRATAMIENTO DE UN EFLUENTE DE SEDIMENTADOR PRIMARIO

La investigación consistió en evaluar un filtro percolador con material de relleno de espuma de poliuretano para el postratamiento de un efluente de sedimentador primario. A esta tecnología se le conoce como DHS por sus siglas en inglés para Down-flow Hanging Sponge.

El tren de tratamiento se completó con un sedimentador secundario (SS) a la salida del DHS. El sistema DHS + SS se monitoreó por más de un año (entrada al DHS y salida del SS), haciendo variar el tiempo de retención hidráulica y revisando las eficiencias de remoción de materia orgánica en términos de la DBO, DQO y los SST.

El sistema presentó su mejor desempeño para un tiempo de retención hidráulica de 2,8 horas, equivalente a una carga orgánica volumétrica de entre 0,60 a 0,80 kg DBO/m³-d. Para esa condición se cumplió con los límites de DBO y DQO del DE-33601-S-MINAE en el 100% de los casos, aunque se incumplió en un 25% del tiempo para el parámetro de SST. Se presume que el sistema presentó problemas a nivel del sedimentador secundario, generando un arrastre de lodos que afectó el resultado de SST en el efluente final. Se recomienda ampliar la escala de la prueba con el reactor DHS, usando una planta de tratamiento de escala real y mejorando sustancialmente el sistema de distribución de agua a la entrada y el sedimentador secundario. (Centeno, Hugalde y Rodríguez 2018)

1.2.2. Nacionales

“ESTUDIO DEL SISTEMA DOWN-FLOW HANGING SPONGE (DHS) TIPO BLOQUES PRISMÁTICOS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DE UN REACTOR ANAEROBIO DE MANTO DE LODOS Y FLUJO ASCENDENTE”

La presente tesis de investigación buscó realizar el estudio de un nuevo sistema de tratamiento secundario para aguas residuales domésticas. Este sistema denominado Down-flow Hanging Sponge (DHS), que significa sistema de esponjas colgantes con flujo vertical y descendiente, fue construido utilizando 19,050cm³ de esponja de poliuretano como material filtrante y distribuido equitativamente en 20 bloques prismáticos.

El sistema, diseñado a escala piloto, fue evaluado en el tratamiento del efluente de un reactor de tratamiento primario denominado Reactor Anaerobio de Manto de Lodos y Flujo Ascendente (RAMLFA). El cual, al ser anaerobio y de flujo ascendente, se complementó eficientemente con el sistema DHS, aerobio y de flujo descendente. Siendo así, la combinación de los sistemas

RAMLFA-DHS, una alternativa de bajo costo y apropiada para países en vías de desarrollo.

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 (DQOTotal); 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 y Castillo 2012)

“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ESPONJAS COLGANTES DHS DE PRIMERA GENERACION EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL REACTOR UASB”

El tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas es una tecnología eficiente, compacta, fácil de operar y de bajo costo. Sin embargo, el tratamiento anaerobio por sí sólo no puede alcanzar los estándares de calidad que nuestra legislación exige para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

En esta investigación se muestra la aplicación de una tecnología alternativa de post tratamiento o tratamiento secundario diseñada para tratar el efluente de los reactores anaerobios de manto de lodos y flujo ascendente (UASB), que tiene la ventaja de generar un gran ahorro de terreno en comparación con las lagunas

facultativas; simplificar la operación y bajar los costos de construcción en comparación con los filtros percoladores y procesos de lodos activados. Esta tecnología es conocida por sus siglas en inglés como DHS (Down-flow Hanging Sponge) o “esponjas colgantes de flujo descendente” y su principio de funcionamiento es el desarrollo de una película biológica en la superficie de las esponjas que realiza los procesos de depuración del agua residual.

La aplicación y evaluación de esta tecnología en nuestro medio a nivel experimental es el objetivo de la presente tesis de investigación. Se estudia la eficiencia del sistema DHS en el tratamiento del efluente de un reactor UASB que trata el agua residual doméstica de una población de 9 000 habitantes. El sistema DHS experimental fue diseñado para operar con un tiempo de retención hidráulico de 90 minutos y tratar un caudal de 61 l/día con un caudal de recirculación equivalente. El sistema estuvo en funcionamiento por un tiempo de 236 días. La investigación se realizó en la ciudad de Lima-Perú en la planta de tratamiento de aguas residuales del centro de investigación de tratamiento de aguas residuales y residuos peligrosos de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería.

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.

La alimentación de este sistema provino del efluente del reactor UASB que se almacenaba en un cilindro para graduar el ingreso al sistema DHS. El desagüe tratado a través de este sistema se recibía en una unidad de sedimentación diseñada a escala. Este efluente era recibido en un recipiente desde donde se bombeaba parcialmente a la zona de alimentación del sistema para que se mezcle en partes iguales con el afluente proveniente del UASB.

El monitoreo se realizó mediante un muestreo en cuatro puntos del sistema: en el punto de ingreso del efluente del UASB; en el punto de mezcla del efluente del UASB con el caudal recirculado; en la salida de la primera columna de tratamiento y en la salida del recipiente de recirculación. Se evaluó el sistema mediante el análisis de los parámetros enfocados en el estudio que consistieron en mediciones diarias de los parámetros físicos y mediciones semanales de los

parámetros químicos y bacteriológicos. 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. Los análisis de laboratorio se realizaron bajo la metodología estándar y el uso de manuales y reactivos de los equipos colorimétricos Hach. Asimismo, se usaron en el monitoreo un conductivímetro, potenciómetro, oxímetro y termómetros digitales.

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 y Acuña 2013)

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA

1.3.1. Aguas residuales

a) Concepto

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad

original siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado.

El agua residual describe el agua en la que el oxígeno se agotó completamente y se estableció la descomposición anaerobia de los sólidos, con producción de sulfuro de hidrógeno y otros gases. (Mendonca 2000)

b) Clasificación de acuerdo a su origen

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, proviene de residencias, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

Así, de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- **Domésticas:**

Son aquellas aguas utilizadas con fines higiénicos (sanitarios, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de las descargas de las instalaciones hidráulicas de la edificación y también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares. Las aguas residuales domésticas son por lo general perennes y su composición es esencialmente orgánico.

- **Industriales:**

Son residuos líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

- **Infiltración y caudal adicionales:**

Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, cajas de paso, estructuras de los pozos de registro, etc. Hay también aguas pluviales

que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenaje y colectores de aguas de lluvia.

- **Pluviales:**

Son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de estas aguas es drenada y otro escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

c) Características del agua residual doméstica

Según Mara y Cairncross (1990), cada persona genera 1.8 litros material fecal diariamente, correspondiente a 113.5 gramos de sólidos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes principalmente fósforo y potasio.

El agua residual fresca es, como su nombre lo indica, la primera fase después que los residuos sólidos son adicionados al agua, produciendo el agua residual. Contiene oxígeno no disuelto y permanece fresca durante el tiempo que exista la descomposición aerobia. (Mendonca 2000)

- **Características físicas, químicas y biológicas del agua residual**

El agua residual doméstica está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua.

Los contaminantes importantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales se presentan en la Tabla 1; las propiedades físicas y los componentes químicos y biológicos de los residuos y sus fuentes, a su vez, se presentan en el Tabla 2. (Mendonca 2000)

Tabla 1
Contaminantes importantes de interés en el tratamiento de aguas residuales

CONTAMINANTES	RAZÓN DE LA IMPORTANCIA
Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar a al desarrollo de depósitos de fango y de condición anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar en entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y de la DQO (Demanda Química de Oxígeno). Si se descargan el entorno sin tratar su estabilización biología puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
Nutrientes	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.
Contaminantes prioritarios	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguada conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los hallan presentes en el agua residual.
Metales pesados	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.

Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua de suministros como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.
--------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: (Metcalf & Eddy 1995)

Tabla 2
Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residual y su fuente

CARACTERÍSTICAS	FUENTES
PROPIEDADES FÍSICAS	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, descomposición natural de materia orgánica.
Olor	Aguas residuales descompuestas, residuos industriales.
Sólidos	Sistema doméstico de abastecimiento de agua, residuos domésticos e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Agua residual domésticas e industriales.
CONSTITUYENTES QUÍMICOS ORGÁNICOS	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Aceites y grasas	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Proteínas	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Contaminantes importantes	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Surfactantes	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Otros	Descomposición natural de materia orgánica.
CONSTITUYENTES QUÍMICOS INORGÁNICOS	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, sistema doméstico de abastecimiento de agua, infiltración de agua subterránea.

Cloruros	Aguas residuales domésticas, sistema doméstico de abastecimiento de agua, infiltración de agua subterránea.
Nitrógeno	Aguas residuales domésticas y agrícolas.
pH	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Fósforo	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales; escurrimiento comercial.
Azufre	Sistema doméstico de abastecimiento de agua, aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Gases	
Sulfuro de hidrógeno (H₂S)	Descomposición de aguas residuales domésticas.
Metano (CH₄)	Descomposición de aguas residuales domésticas.
Oxígeno (O₂)	Sistema doméstico de abastecimiento de agua, infiltración de aguas superficiales.
CONSTITUYENTES BIOLÓGICOS	
Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento de agua.
Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento de agua.
Protistas:	
Eubacteria	Aguas residuales domésticas, infiltración de aguas de superficie, plantas de tratamiento.
Archaeobacteria	Aguas residuales domésticas, infiltración de aguas de superficie, plantas de tratamiento.
Virus	Aguas residuales domésticas.

Fuente: Adoptada de (Metcalf & Eddy 1995)

- Características físicas

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad el color y la turbiedad.

Sólidos totales

Los sólidos totales se pueden clasificar en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido del líquido por un filtro. La fracción filtrable de los sólidos corresponde a sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal está compuesta por las partículas de materia de tamaños de 0.001

y 1 micrómetro. Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución en el agua. No es posible eliminar la fracción coloidal por sedimentación.

Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un contenedor en el transcurso de un periodo. Los sólidos sedimentables, expresados en unidades de ml/l, constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá mediante métodos múltiples de tratamiento de aguas residuales. (Metcalf & Eddy 1995)

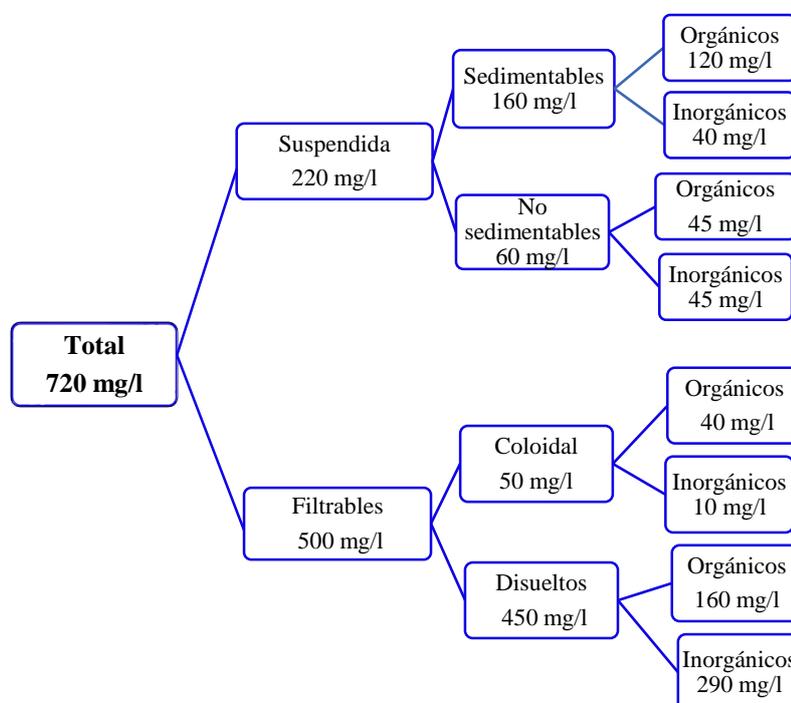


Figura 1: Clasificación de los sólidos presentes en aguas residuales de concentración media

Fuente: (Metcalf & Eddy 1995)

Olores

Los olores son debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica.

El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual

séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de los microorganismos anaerobios. (Metcalf & Eddy 1995)

Jordao y Pessos (1995) presentan los principales tipos de olores:

- Olor a moho: Razonablemente soportable; típico de agua residual fresca.
- Olor a huevo podrido: “insoportable”; típico de agua residual vieja o séptica, que ocurre debido a la formación del sulfuro de hidrógeno que proviene de la descomposición del lodo contenido en los residuos sólidos.
- Olores variados: De productos descompuestos, como repollo, legumbres, pescado; de materia fecal; de productos rancios; de acuerdo con el predominio de productos sulfurosos, nitrogenados, ácidos orgánicos, etc.

Tabla 3

Compuestos olorosos asociados al agua residual bruta

COMPUESTOS OLOROSOS	FÓRMULA QUÍMICA	CALIDAD DEL OLOR
Aminas	$\text{CH}_3\text{NH}_2, (\text{CH}_3)_3\text{H}$	A pescado
Amoníaco	NH_3	Amoniacal
Diaminas	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2,$ $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2\text{H}_2\text{S}$	Carne descompuesta
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	Huevos podridos
Mercaptos (p.e. metilo y etilo)	$\text{CH}_3\text{SH},$ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{SH}$	Coles descompuestos
Mercaptanos (p.e. butilo y crotilo)	$(\text{CH}_3)_3\text{CSH},$ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$	Mofeta
Sulfuros orgánicos	$(\text{CH}_3)_2\text{S}, (\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	Coles podridos
Eskatol	$\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$	Materia fecal

Fuente: (Metcalf & Eddy 1995)

Cuando ocurren olores diferentes y específicos, esto se debe a la presencia de residuos industriales. (Mendonca 2000)

La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. (Metcalf & Eddy 1995)

Temperatura

La temperatura de las aguas residuales es, en general, un poco superior a la temperatura de las aguas de abastecimiento, debido a la contribución de los residuos sólidos de aguas calientes. Sin embargo, puede presentar valores reales elevados, debido a la contribución de residuos líquidos industriales. Normalmente, la temperatura de las aguas residuales es superior a la del aire, excepto en los días más calientes del verano. En relación con los procesos de tratamiento, su influencia se presenta en las operaciones de naturaleza biológica, pues la velocidad de descomposición de las aguas residuales se incrementa con el aumento de la temperatura y, en las operaciones donde ocurre el fenómeno de la sedimentación, el aumento de la temperatura hace que disminuya la viscosidad, mejorando las condiciones de este fenómeno. (Mendonca 2000)

La temperatura del agua residual es un parámetro muy importante, debido a que el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría, por el aumento en las velocidades de las reacciones químicas. 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 anaerobia y de nitrificación se detienen cuando se alcanzan los 50 °C. A temperaturas de alrededor de 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacterias 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.

Color

Históricamente, para la descripción de un agua residual, se empleaba el término condición junto con la composición y la concentración. Este término se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y su olor. 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 condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. En la mayoría de los casos, el color gris, gris oscuro o negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual. (Metcalf & Eddy 1995)

El agua residual es desagradable en su apariencia y extremo peligroso, en su contenido, principalmente debido al elevado número de organismos patógenos (virus, bacterias, protozoarios, helmintos) causantes de enfermedades. (Mendonca 2000)

- Características químicas

Materia orgánica

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables (Figura 5) 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. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la

presencia, en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo y hierro. Los principales grupos de sustancias presentes en el agua residual son las proteínas (40%-60%), hidratos de carbono (25%-50%) y grasas y aceites (10%). Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. (Metcalf & Eddy 1995)

Demanda bioquímica de oxígeno

El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO. 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.

El resultado de los ensayos de la DBO se emplea 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 las 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 1995)

Demanda química de oxígeno

El ensayo de la DBO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. 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. Una vez establecida la correlación entre ambos

parámetros, pueden emplearse las medidas de la DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento.

Materia inorgánica

pH

La concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales con aguas 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 hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si esta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. (Metcalf & Eddy 1995)

- Características biológicas

La remoción de la DBO, la coagulación de sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica, es posible por la acción de una variedad de microorganismos, principalmente bacterias. Los microorganismos utilizan la materia carbonácea disuelta y en suspensión en forma coloidal, para sobrevivir en el ambiente en que se encuentran. Al consumir esta materia cuyo principal componente es el carbono, una parte de ella la convierten en tejido celular y otra parte es emitida al medio ambiente en forma de gases. Los gases producidos, en su mayor parte, pueden separarse en forma espontánea del agua tratada y el tejido celular formado, se separa también de la masa de agua por sedimentación, por lo que cuando esto ocurre se dice que la materia orgánica ha sido removida del agua tratada.

Los insectos, larvas y gusanos consumen los desechos a una alta velocidad de digestión, pero también de forma ineficiente ya que

solo extraen una parte de la energía interna potencialmente contenida en el sustrato. Los microorganismos en sus diferentes variedades y cadenas alimenticias, consumen los restos de sustrato que no es digerido por los seres de escalas superiores, a una muy baja velocidad de digestión, pero con una alta eficiencia en el aprovechamiento de la energía interna del sustrato, tal y como se muestra en la Figura 6. De los cientos de miles de especies de microorganismos que existen, algunos de ellos son de gran importancia en el proceso de depuración de aguas residuales ya que consumen el material orgánico que contamina las aguas de desecho. Los más importantes son los que se describen a continuación:

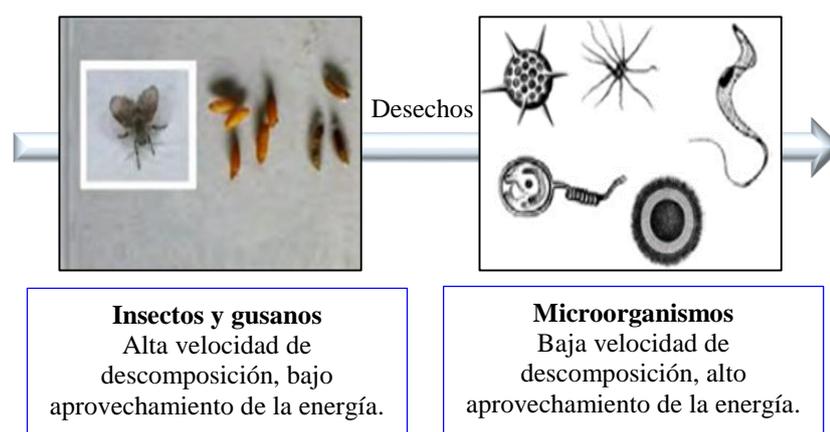


Figura 2: Especies importantes en el proceso de depuración de aguas residuales.

Fuente: Adaptado
(<http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf> s.f.)

Bacterias

La temperatura y el pH juegan un papel vital en el medio ambiente en que se encuentra la bacteria, lo cual también es sumamente importante para otras especies microscópicas. Se ha observado que la actividad de las bacterias se duplica por cada 10°C de incremento en la temperatura hasta que se alcanza un límite de temperatura en el cual la bacteria ya no sobrevive. De acuerdo al

rango de temperatura en el cual la bacteria tiene su máximo desarrollo, las bacterias pueden ser clasificada como: criofílicas, mesofílicas y termofílicas. El pH de la solución también es determinante en el desarrollo y crecimiento de los microorganismos. La mayoría de los microorganismos pueden tolerar ambientes de pH mayor a 9.5 o menor a 4.0, pero el rango óptimo de pH para que las bacterias comunes cumplan apropiadamente sus funciones es de 6.5 a 7.5. (<http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf> s.f.)

1.3.2. Evaluación de proyectos de plantas de tratamiento de agua residual

a) Estudio de caracterización del agua residual doméstica

La primera medida al comenzar el examen de datos para la elaboración del diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales se relaciona con la determinación de la cualidad y cantidad de residuos que serán encaminados a la planta de tratamiento, para que sea posible un dimensionamiento más próximo a la realidad, y no basado apenas en datos obtenido de la bibliografía.

Las características de las aguas residuales domésticas son determinadas a partir de una secuencia de procedimientos que incluye mediciones locales de caudal, colección de muestras y análisis e interpretación de los resultados obtenidos. El conjunto de esas actividades se denomina caracterización cualitativa y cuantitativa de las aguas residuales.

La composición y la concentración de los residuos domésticos dependen en gran medida de las condiciones socioeconómicas de la población, así como de la presentación del vertimiento de efluentes industriales en la red de alcantarillado. (Mendonca 2000)

- **Concentración del agua residual**

Cuanto más alta es la cantidad de materia orgánica contenida en un determinado residuo, mayor será su concentración y en consecuencia más fuerte será el agua residual.

Debido a la gran variedad de sustancias orgánicas presentes en la mayoría de las aguas residuales domésticas, es totalmente impracticable determinarlas en forma individual. Por esta razón se usa el concepto de materia orgánica, que es indicativo de la cantidad de todas las sustancias orgánicas presentes en un agua residual. Para cuantificar la masa de materia orgánica, se utilizan las pruebas de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno).

La concentración del agua residual de una población depende principalmente del consumo de agua. Es así, que en países en desarrollo el agua residual es fuerte (la DBO varía de 400 a 700 mg/l), debido a que el consumo de agua es bajo (40 a 100 l/hab.día).

Otro factor que determina la concentración del agua residual doméstica es la DBO (Cantidad de residuo orgánico) producida a diario por habitante. (Mendonca 2000)

Los contaminantes en las aguas residuales son normalmente una mezcla completa de compuestos orgánicos e inorgánicos. Por lo que es imposible obtener un análisis químico completo de cualquier tipo de agua residual, por este motivo se emplean métodos analíticos para contaminantes orgánicos cuyo parámetro es el oxígeno (DBO y DQO), y métodos analíticos para la determinación de parámetros físicos (sólidos, olor, color) y bacteriológicos (coliformes), obteniéndose a través de APHA (1995). (Mendonca 2000)

b) Evaluación y determinación de los caudales para un proyecto e Aguas Residuales

El proceso de evaluación y determinación de los caudales para un proyecto hace necesario obtener unos caudales medios basados en la población actual y las predicciones de población futura, la influencia de la infiltración y las aportaciones incontroladas.

La obtención de caudales medios futuros es un paso necesario en la determinación de la capacidad de una planta, así como para la determinación de las necesidades hidráulicas del sistema de tratamiento. (Metcalf & Eddy 1995)

Tabla 4
Caudales y factores de cargas típicas empleados para el proyecto y explotación de plantas de tratamiento de aguas residuales

FACTOR	APLICACIÓN
	Basado en el Caudal
Hora punta	Dimensionamiento de las instalaciones de bombeo y de las construcciones; dimensionamiento de rejillas. Dimensionamiento de las operaciones físicas unitarias; desarenadores, tanques de sedimentación y filtros; tanques de cloración.
Máximo diario	Dimensionamiento del bombeo de fangos.
Mayor que el máximo diario	Almacenamiento de arenas y residuos eliminados en el proceso de tamizado.
Máximo semanal	Elaboración de registro de datos e informes.
Máximo mensual	Elaboración de registro de datos e informes; dimensionamiento de los depósitos de almacenamiento de los productos químicos.
Mínimo horario	Paro de los grupos motobombas y valor inferior del intervalo de medida del caudalímetro de la planta.
Mínimo diario	Dimensionamiento de los caudales de interconexión, para evitar la deposición de sólidos; dimensionamiento de los sistemas de recirculación para filtros percoladores.
Mínimo mensual	Elección del número mínimo de unidades de proceso necesarias durante los periodos de caudales reducidos.
Basado en la carga contaminante	

Máximo diario	Dimensionamiento de las unidades de tratamiento biológico.
Mayor que el máximo diario	Dimensionamiento de los sistemas de espesamiento y deshidratación de fangos.
Basado en el caudal	Dimensionamiento de las unidades de tratamiento de fangos.
Mínimo mensual	Dimensionamiento de las instalaciones de almacenamiento de fango; dimensionamiento de las instalaciones de compostaje. Necesidad de parao del proceso.
Mínimo diario	Dimensionamiento del sistema de recirculación en filtros percoladores.

Fuente: (Metcalf & Eddy 1995)

- **Variación del caudal**

En los caudales de las aguas residuales ocurren variaciones horarias, diarias y cíclicas, de acuerdo con los usos y costumbres de la población, además de la temperatura y la precipitación atmosférica de la región. (Mendonca 2000)

La figura 3 presenta la variación horaria típica de las aguas residuales domésticas.

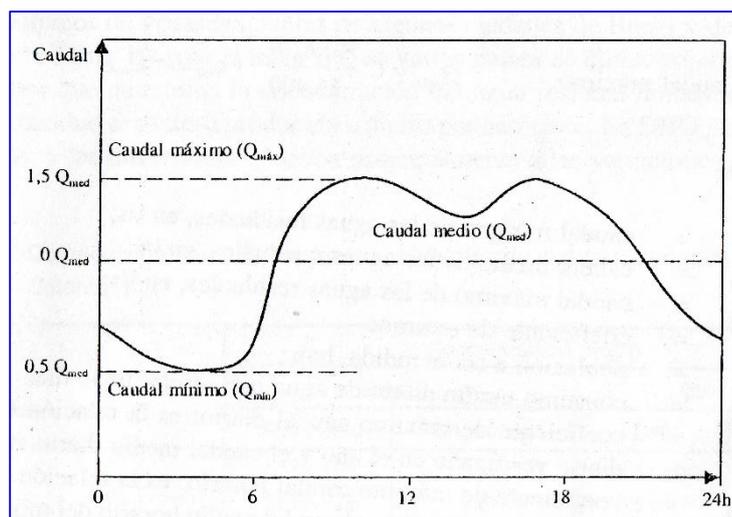


Figura 3: Variación horaria típica de las aguas residuales

Fuente: (Metcalf & Eddy 1995)

- **Caudal de diseño**

Para los diseños de los sistemas de aguas residuales es de suma importancia la estimación de los caudales mínimos, medios y máximos, los cuales son determinados mediante múltiples métodos de procesamiento de datos de campo, entre ellas podemos hacer mención del método volumétrico: (Mendonca 2000)

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

Dónde:

Q : m³/segundo, m³/día

V : m³

T : segundo, día, etc.

- **Método de Aforo**

El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua. Existen varios métodos para determinar el caudal de agua. Los más utilizados en los proyectos, en zonas rurales, son los métodos volumétricos y de velocidad-área.

El primero es utilizado para calcular caudales hasta con un máximo de 10 L/s, mientras que el segundo para caudales mayores a 10 L/s.

Método volumétrico

El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen (litros) entre el tiempo promedio (segundos), obteniéndose el caudal en L/segundo. (Agua s.f.)

- **Tiempo de retención hidráulica**

El tiempo de retención hidráulica juega un papel sumamente importante, en la remoción de sólidos y materia orgánica expresada como demanda bioquímica de oxígeno.

El tiempo en el cual percola el agua residual a través del medio filtrante, por ende, a través de la biopelícula adherida al material filtrante, contenida en ella la población microbiana encargada de degradar la materia orgánica; es decisivo para la remoción de contaminantes del agua residual a tratar, debido a que todo dependerá directamente del intervalo de tiempo, en el cual se da la adsorción de la materia orgánica del líquido, por la película biológica.

El tiempo de retención hidráulico en el reactor es de gran importancia, pues define el tiempo promedio durante el cual el sustrato orgánico está sometido a tratamiento. El TRH se calcula mediante la ecuación: (Jaramillo 2005)

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

Donde:

T = segundo, día, etc.

V = m³

Q = m³/segundo, m³/día

1.3.3. Principales etapas de tratamiento de las aguas residuales doméstica

Las principales etapas en el proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas de pequeñas comunidades son: tratamiento preliminar, tratamiento primario y tratamiento secundario.

a) El tratamiento preliminar

El tratamiento preliminar de un agua residual, se refiere a la eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares.

Ejemplo de ello, es la eliminación de componentes de gran y mediano volumen como ramas, piedras, animales muertos, plásticos, o bien problemáticos, como arenas, grasas y aceites. El tratamiento se efectúa por medio de cribas o rejillas, desarenadores, flotadores o desgrasadores. (Noyola Adalberto, Sagastume y Leonor Patricia 2013)

b) El tratamiento primario

El principal objetivo de los tratamientos primarios se centra en la eliminación de sólidos en suspensión, consiguiéndose además una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica. (Centroamérica s.f.)

Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) orgánica sedimentable presente en el agua residual. (Ambiental 2010)

- **Tanques sépticos**

- **Concepto**

Es un sistema individual para el tratamiento de aguas residuales producidas por familias que habitan en zonas poco pobladas. Este sistema puede recibir tanto el agua con los excrementos humanos como aquella proveniente de cocinas y baños (aguas residuales, más aguas servidas).

Su buen funcionamiento depende de la apropiada retención de los sólidos más pesados y de las grasas en el tanque sedimentador. (Rosales 2003)

Este tipo de tratamiento se aconseja para poblaciones que generan un volumen diario de aguas residuales menores de 20 m³.

El tanque séptico está constituido por una caja de cemento o concreto y se usa para la disposición final de aguas residuales domésticas en zonas rurales. (Caltur 2008)

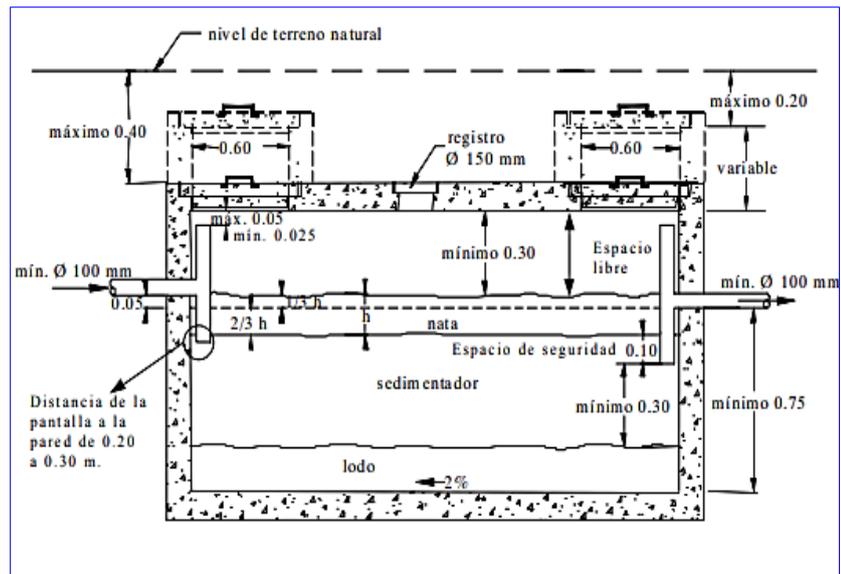


Figura 4: Detalle del tanque séptico

Fuente: (Ambiente 2003)

- **Funcionamiento**

Los desechos llegan a través de desagües a un tanque séptico estanco y herméticamente cerrado, donde son sometidos a tratamiento parcial. Tras un cierto tiempo, habitualmente de 1 a 3 días, el líquido parcialmente tratado sale del tanque séptico y se elimina, a menudo en el suelo, a través de pozos de percolación o de zanjas de infiltración. Muchos de los problemas que plantean los tanques sépticos se deben a que no se tiene suficientemente en cuenta la eliminación del efluente procedente del tanque séptico. Dentro del tanque séptico se crea una situación de estabilidad hidráulica, que permite la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. El material sedimentado forma en la parte inferior del tanque séptico una capa de lodo, que debe extraerse periódicamente.

La grasa, el aceite y otros materiales menos densos que flotan en la superficie del agua formando una capa de espuma pueden llegar a endurecerse considerablemente. El líquido pasa por el tanque séptico entre dos capas constituidas por la espuma y los lodos.

La materia orgánica contenida en las capas de lodo y espuma es descompuesta por bacterias anaerobias, y una parte considerable

de ella se convierte en agua y gases. Los lodos que ocupan la parte inferior del tanque séptico se compactan debido al peso del líquido y a los sólidos que soportan. Por ello su volumen es mucho menor que el de los sólidos contenidos en las aguas servidas no tratadas que llegan al tanque. Las burbujas de gas que suben a la superficie crean cierta perturbación en la corriente del líquido. La velocidad del proceso de digestión aumenta con la temperatura, con el máximo alrededor de los 35°C. El empleo de desinfectantes en cantidades anormalmente grandes hace que mueran las bacterias, inhibiendo así el proceso de digestión.

El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas, pero se tiene pocos datos sobre la destrucción de los agentes patógenos.

Como el efluente de los tanques sépticos es anaerobio y contiene probablemente un elevado número de agentes patógenos, que son una fuente potencial de infección, no debe usarse para regar cultivos ni descargarse canales o aguas superficiales sin permiso de la autoridad sanitaria de acuerdo al reglamento nacional vigente. (Ambiental 2010)

Tabla 5
Características típicas del líquido de las fosas sépticas

CONSTITUYENTE	CONCENTRACIÓN, mg/l	
	Intervalo	Valor Típico
Sólidos totales (ST)	5.000-100.000	40.000
Sólidos en suspensión (SS)	4.000-100.000	15.000
Sólidos en suspensión volátiles (ssv)	1.200-14.000	7.000
DBO ₅ , 20°C	2.000-30.000	6.000
Demanda química de oxígeno	5.000-80.000	30.000
Nitrógeno de Kjeldhal total (NKT como N)	100-1.600	700
Amoníaco NH ₃ , como N	100-800	400
Fósforo total, como P	50-800	250
Metales pesados ^a	100-1.000	300

^a Principalmente hierro (Fe), Cinc (Zn) y aluminio (Al)

Fuente: (Metcalf & Eddy 1995)

- Descripción del proceso

En el proceso de digestión anaerobia, la materia orgánica contenida en la mezcla de fangos primarios y biológicos se convierte biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). El proceso se lleva a cabo en un reactor completamente cerrado. Los fangos se introducen en el reactor de forma continua e intermitente, y permanecen en su interior durante periodos de tiempo variables. El fango estabilizado, que se extrae del proceso continua e intermitente, tiene un bajo contenido de materia orgánica y patógenos y no es putrescible.

Los dos tipos de digestores anaerobios más empleados son de alta y baja carga. Un tanque séptico al no calentar ni mezclar el contenido, y cuya función básica es consiste en separar los sólidos digeridos del líquido sobrenadante, es considerado como un digestor de baja carga.

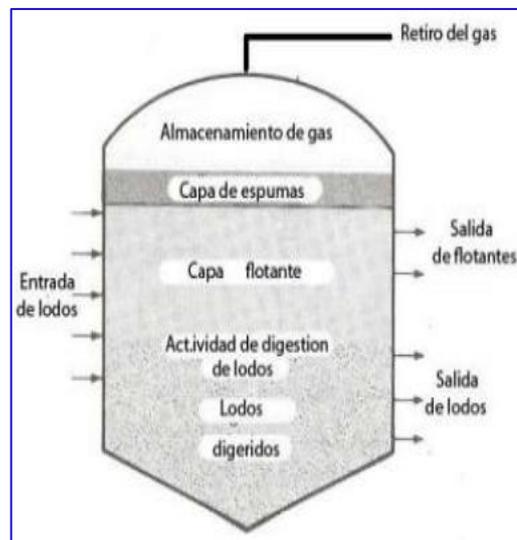


Figura 5: Digestor anaerobio de fase única y baja carga.

Fuente: (Metcalf & Eddy 1995)

- **Microbiología del proceso**

La conversión biológica de la materia orgánica de los fangos se produce en tres etapas. El primer paso del proceso es la transformación por vía enzimática (hidrólisis) de los compuestos de alto peso molecular en compuestos que puedan servir como fuentes de energía y de carbono celular. El segundo paso (acidogénesis), implica la conversión bacteriana de los compuestos producidos en la primera etapa en compuestos intermedios identificables de menor peso molecular. El tercer paso (metanogénesis), supone la conversión bacteriana de los compuestos intermedios en productos finales más simples, principalmente metano y dióxido de carbono.

En un digestor, la conversión de los fangos orgánicos y de los residuos se lleva a cabo mediante la acción conjunta de diferentes organismos anaerobios. Un grupo de microorganismos se ocupa de la hidrolización de los polímeros orgánicos y de los lípidos para formar elementos estructurales básicos como los monosacáridos, los aminoácidos y los compuestos relacionados con estos. Un segundo grupo de bacterias anaerobias fermentan los productos de la descomposición para producir ácidos orgánicos simples, de los que el que se presenta con mayor frecuencia en los digestores orgánicos es el ácido acético. Este grupo de microorganismos, que reciben el nombre de no metanogénicos, está formado por bacterias facultativas y anaerobias estrictas, aunque de forma colectiva se conocen como bacterias formadoras de ácidos. Entre las bacterias no metanogénicas que se ha podido aislar en los digestores se encuentran: *Clostridium spp*, *peptococcus anaerobus*, *bifidobacterium spp*, *desulphovibrio spp*, *corynebacterium spp*, *lactobacillus*, *actinomyces*, *staphilococcus*, y *escherivchia coli*. Otros grupos fisiológicos presentes incluyen los que producen enzimas proteolíticas, lipolíticas eurolíticas o celulíticas.

Un tercer grupo de microorganismos convierte el hidrógeno y el ácido acético, originado por las bacterias formadoras de ácidos, en gas metano y en dióxido de carbono. Las bacterias responsables de este proceso son anaerobias estrictas y se las conoce como metanogénicas o formadoras de metano. Muchos de los organismos metanogénicos identificados en los digestores anaerobios son similares a los encontrados en los estómagos de los animales rumiantes y en sedimentos orgánicos tomados de lagos y ríos. Los principales géneros de microorganismos que se han identificado incluyen los *methanobacterium*, *metanobacillus* y los *methanococcus*, *methanosarcina*. Las bacterias más importantes de este grupo, que son las que degradan el ácido acético y el ácido propiónico, tienen tasas de crecimiento muy lentas, razón por la cual se considera que su metabolismo es un factor limitante del tratamiento anaerobio de los residuos orgánicos. En la digestión anaerobia, la estabilización se alcanza cuando se produce metano y dióxido de carbono. El gas metano así producido es altamente insoluble y su desprendimiento de la solución representa la estabilización real del residuo.

Es importante notar que las bacterias generadoras de metano solo pueden emplear determinados sustratos para llevar a cabo su función. Hoy en día se sabe que las sustancias que sirven como sustrato a los organismos metanogénicos son: $\text{CO}_2 + \text{H}$, formiato, acetato, metanol, metilamina y monóxido de carbono. (Metcalf & Eddy 1995)

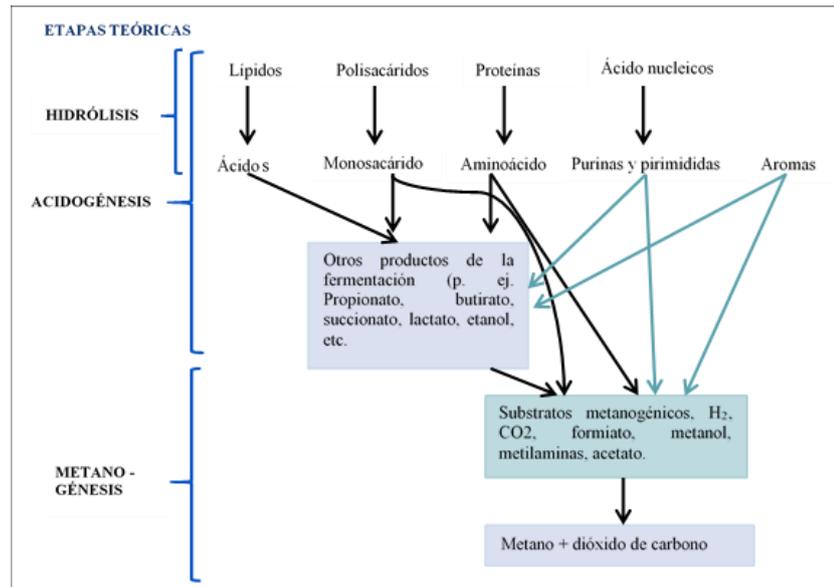


Figura 6: Representación esquemática del flujo del carbono en el proceso de digestión anaerobia

Fuente: (Metcalf & Eddy 1995)

En un digester anaerobio, las dos vías principales de producción de metano son: (1) la conversión de hidrógeno y dióxido de carbono en metano y agua y (2) la conversión de acetato en metano y dióxido de carbono. Los organismos metanogénicos y los acidogénicos comparten una relación sintrópica (mutuamente beneficiosa) en la que los metanógenos convierten en metano y dióxido de carbono los productos finales de la fermentación, tales como el hidrógeno, el formiato o el acetato. Los metanógenos son capaces de utilizar el hidrógeno producido por los microorganismos acidogénicos debido a su eficacia en la hidrogénesis. Como quiera que los organismos metanogénicos son capaces de mantener la presión parcial del H₂ a valores extremadamente bajos, el equilibrio de las reacciones de fermentación se desplaza en el sentido de la formación de productos finales más oxidados (p.e. formiato y acetato). La utilización del hidrógeno producido por los acidogénicos y otras bacterias anaerobias, por parte de los organismos metanogénicos, se conoce con el nombre de transferencia de hidrógeno entre especies. De hecho, las bacterias metanogénicas eliminan

compuestos que pueden inhibir el crecimiento de los microorganismos acidogénicos. (Metcalf & Eddy 1995)

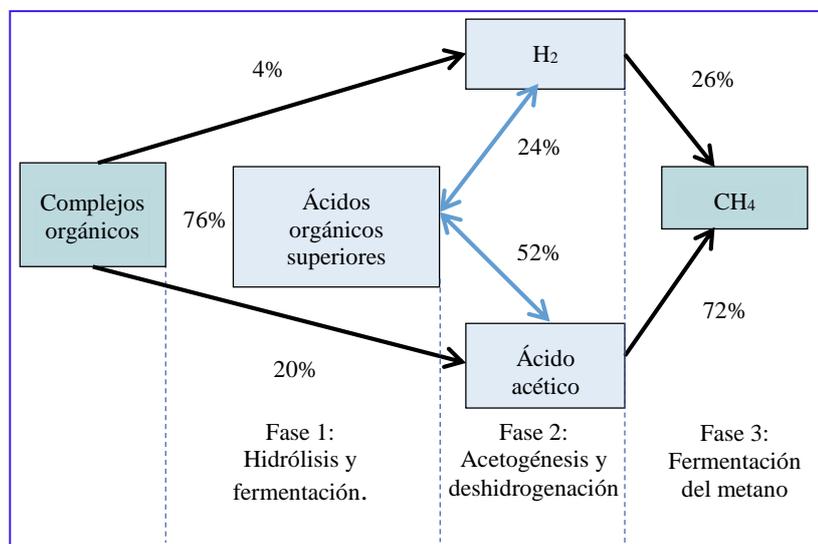


Figura 7: Etapas de la digestión anaerobia con flujo de energía

Fuente: (Metcalf & Eddy 1995)

Con objeto de mantener un sistema de tratamiento anaerobio que establezca correctamente el residuo orgánico, los microorganismos formadores de ácidos y de metano se deben encontrar en un estado de equilibrio dinámico. Para mantener dicho estado, el contenido del reactor deberá carecer de oxígeno no disuelto y estar libre de concentraciones inhibitorias de constituyentes tales como los metales pesados y los sulfuros. Además, el medio acuoso deberá presentar valores del pH situado entre 6.6 y 7.6. También deberá existir una alcalinidad suficiente para que el pH del sistema no descienda por debajo de 6.2, puesto que este punto marca el límite de actividad de las bacterias formadoras de metano. Mientras la digestión prosiga con normalidad, alcalinidad oscilará entre 1.000 y 5.000 mg/l, y la concentración de ácido volátiles será inferior a 250 mg/l. es necesario disponer de suficiente cantidad de nutrientes tales como nitrógeno o fósforo, para asegurar el crecimiento adecuado de la comunidad biológica. La temperatura también es un parámetro

ambiental importante. Los intervalos de temperatura óptimos son el mesófilico (30 a 38 °C) y el termofílico (49 a 57°C). (Metcalf & Eddy 1995)

- **Ventajas y desventajas**

- ✓ Apropriado para comunidades rurales, edificaciones, condominios, hospitales, etc.
- ✓ Su limpieza no es frecuente.
- ✓ Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- ✓ Mínimo grado de dificultad en operación y mantenimiento si se cuenta con infraestructura de remoción de lodos.
- ✓ De uso limitado para un máximo de 350 habitantes.
- ✓ También de uso limitado a la capacidad de infiltración del terreno que permita disponer adecuadamente los efluentes en el suelo.
- ✓ Requiere facilidades para la remoción de lodos. (Ambiental 2010)

c) El tratamiento secundario

Este término comúnmente se utiliza para los sistemas de tratamiento del tipo biológico en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, los cuales, en su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica, convirtiéndola en material celular, productos inorgánicos o material inerte.

La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aerobios (en presencia de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno). Dependiendo de la forma en que estén soportados los microorganismos, existen dos grandes tipos de procesos: con microorganismos en suspensión y con microorganismos fijos. (Ayala y Gonzales 2008)

- **Filtros percoladores**

- **Concepto**

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. (Ramalho 1996)

En la Figura 8 se presenta un diagrama de la sección típica de un filtro percolador.

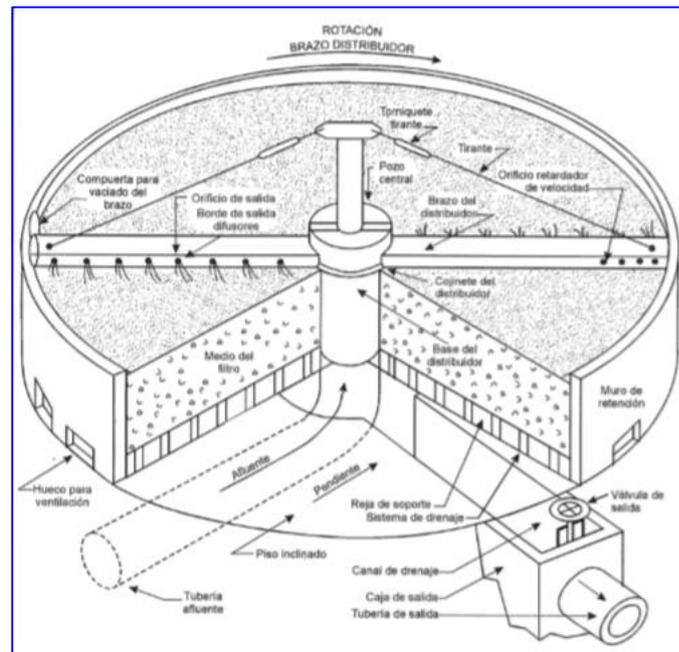


Figura 8: Esquema de un filtro Percolador

Fuente: (Romero 1999)

- **Funcionamiento**

El agua residual se distribuye (riega) por la parte superior del relleno mediante un mecanismo giratorio ó mediante boquillas fijas.

El agua residual regada sobre toda la superficie del filtro percolador, forma en su caída una fina lámina de agua sobre la

superficie del relleno, generándose una delgada capa de biomasa adherida al mismo.

La capa de biomasa producida sobre la superficie del relleno, capta de la lámina de agua la materia orgánica biodegradable que precise, para llevar a cabo los procesos biológicos de síntesis y oxidación.

El oxígeno necesario para el proceso lo obtiene la biomasa del aire que circula a través de los huecos dejados por el relleno.

El aire a través del filtro circula por corrientes de convección, basadas en la diferencia de temperatura entre el agua residual y el aire atmosférico.

La ausencia de oxígeno en el filtro, da lugar a descomposición vía anaerobia, con la consiguiente generación de malos olores y baja capacidad de tratamiento.

En la actualidad y fundamentalmente en filtros de relleno plástico de gran tamaño, se utiliza circulación forzada de aire, suministrada mediante soplantes, con lo que se obvia la problemática de bajas velocidades del aire y en consecuencia su renovación del filtro.

Los filtros están provistos de un falso fondo, que actúa como drenaje en la parte inferior para recoger el agua depurada, la biomasa desprendida y permitir el paso del aire requerido para el proceso.

A medida que la biomasa va biodegradando la materia orgánica, se van formando sucesivas capas concéntricas de microorganismos a través de los mecanismos de síntesis, de tal forma que cuando la película aumenta de espesor, la materia orgánica adsorbida es degradada antes de que pueda alcanzar los microorganismos situados en las capas más profundas, cerca de la superficie del medio filtrante. La consecuencia de no disponer de fuente de alimentación conlleva que los microorganismos autoconsumen su propio protoplasma celular, muriendo y en consecuencia perdiendo su capacidad de adherirse a la superficie del relleno, lo que da lugar a su desprendimiento y que el agua a

su paso a través del relleno arrastre la película y comienza el crecimiento de otra nueva.

El espesor de la capa activa varía entre 1 y 3 mm.

Los sólidos o biomasa desprendidos del filtro y arrastrados por el agua en su caída, precisan de la instalación de un decantador secundario para su separación del agua tratada. Estos fangos decantados son enviados a tratamiento de lodos.

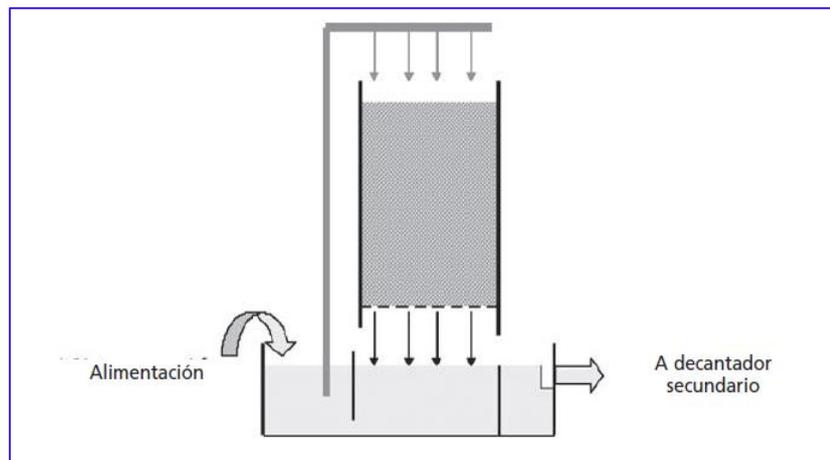


Figura 9: Esquema de un filtro biológico

Fuente: (Sastre 2005)

- **Características de los rellenos**

El relleno ideal para un proceso de este tipo, es un material que sea:

- ✓ Lo más uniforme posible, con el fin de que la distribución de agua sea homogénea en toda la unidad.
- ✓ Con una elevada superficie por unidad de volumen, lo que conlleva el soportar una elevada población de microorganismos y en consecuencia una capacidad elevada de eliminación de materia orgánica biodegradable.
- ✓ Económico.
- ✓ Duradero.
- ✓ Disponga de mucho volumen hueco, con el fin de que el aire circule con facilidad.

Las dos características más importantes que deben reunir los rellenos son:

- ✓ **Superficie específica**, que viene indicada en m^2 de superficie por m^3 de relleno. A medida que aumenta el valor de la superficie específica, se incrementa la biomasa por unidad de volumen y, en consecuencia, aumenta su capacidad de eliminación de materia orgánica biodegradable.

Para rellenos de piedra la superficie específica varía de 80-110 m^2/m^3 , dependiendo del diámetro de la piedra.

Este valor oscila entre 150 y 250 m^2/m^3 en el caso de rellenos plásticos, dependiendo de su diseño.

- ✓ **Porcentaje de huecos o espacios libres para circulación de aire y agua**, a medida que aumenta el porcentaje de huecos, mayor facilidad hay para el paso del aire a través del relleno y en consecuencia mayor cantidad de oxígeno disponible, elemento fundamental para el proceso al tratarse de un sistema de tipo aerobio.

En los rellenos de piedra este porcentaje es del 40-45% dependiendo del diámetro de la piedra, mientras que en los sintéticos varía entre el 85 y 95%.

Dentro de los filtros percoladores, pueden distinguirse dos grandes grupos en función del material de relleno utilizado:

- ✓ Relleno de piedras.
- ✓ Relleno de material plástico. (Sastre 2005)

- **Descripción del proceso**

Consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos y a través del cual percola el agua residual, fenómeno del que recibe el nombre el proceso. El medio filtrante son esponjas (poliuretano), distribuyéndose por la parte superior del filtro mediante un distribuidor de diseño variable.

Los filtros percoladores que emplean lechos de material plástico pueden tener diversas formas: (1) relleno de flujo vertical, (2) relleno de flujo transversal y (3) otras distribuciones de rellenos. Los filtros incluyen un sistema de drenaje inferior para recoger el líquido tratado y los sólidos biológicos que se hayan separado del medio. Este sistema de drenaje inferior es importante, tanto del diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales se relaciona con la determinación de la cualidad y cantidad de residuos que serán encaminados a la planta de tratamiento, para que sea posible un dimensionamiento más próximo a la realidad, y no basado apenas en datos obtenidos de la bibliografía como instalación de recogida como por su estructura discontinua a través de la cual pueda circular el aire.

El líquido recogido pasa a un tanque de sedimentación en el que se separan los sólidos del agua residual.

La materia orgánica presente en el agua residual se degrada por acción de la población de microorganismos adherida al medio. La materia orgánica del líquido es adsorbida en la película biológica, en cuyas capas externas se degrada bajo la acción de los microorganismos aerobios. Cuando los microorganismos crecen, aumenta 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.

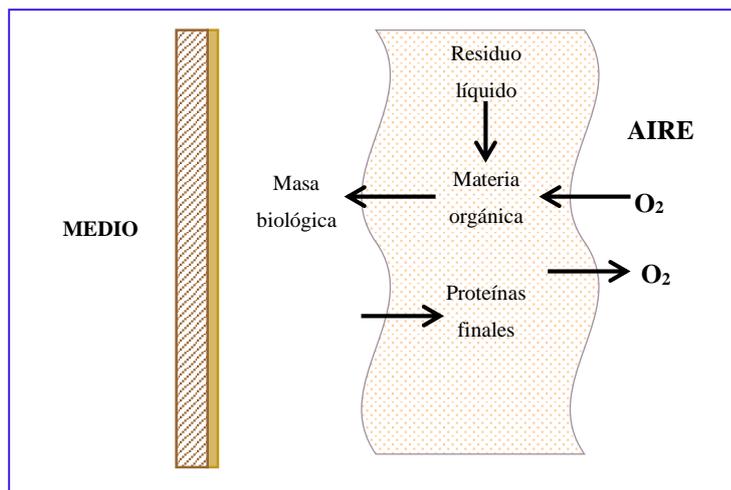


Figura 10: Representación esquemática de la sección transversal de una película biológica en un filtro percolador.

Fuente: Adaptado de (Metcalf & Eddy 1995)

Conforme la película aumenta de espesor, la materia orgánica 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 endógeno, 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, conocida 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. En los filtros percoladores se regulan la carga hidráulica del sistema para asegurar un espesor uniforme de la película biológica. (Metcalf & Eddy 1995)

- **Microbiología del proceso**

La comunidad biológica presente en un filtro está compuesta principalmente por protistas, incluyendo bacterias facultativas, aerobias y anaerobias, hongos algas y protozoos. También se suelen encontrar algunos animales superiores como gusanos, larvas de insectos y caracoles. En el filtro percolador, los organismos predominantes son las bacterias. Su misión junto con las bacterias aerobias y anaerobias, es la de descomponer la materia orgánica del agua residual. Entre las especies bacterianas habitualmente presentes están las *achromobacter*, *flavobacterium*, *pseudomonas* y *alcaligenes*.

Dentro de la capa viscosa, en la que prevalecen condiciones adversas para el crecimiento, se presentan las formas filamentosas *sphaerotilus natans* y *beggiatoa*. En las zonas más bajas del filtro se encuentran las bacterias nitrificantes, *nitrosomonas* y *nitrobacter*.

Los hongos presentes, también contribuyen a la estabilización del agua residual, pero su contribución sólo es importante a pH bajos. En ocasiones su crecimiento puede ser tan rápido que produce la obstrucción del filtro y limita la ventilación del mismo. Entre las especies que pueden presentarse en los filtros percoladores se han identificado las siguientes: *fusarium*, *mucor*, *penicillium*, *geotrichum*, *sporotrichum* y diversas levaduras. Las algas sólo pueden crecer en las capas superiores del filtro, en las zonas hasta a las que puede llegar la luz solar. Entre las especies de algas que se suelen encontrar en los filtros percoladores se puede citar la *phormidium*, *chlorella* y *ulothrix*. Por lo general, las algas no toman parte directa en la degradación de los residuos, pero añaden oxígeno al agua residual que se está filtrando durante las horas del día. Desde el punto de vista operacional las algas son un estorbo, ya que pueden originar la obstrucción de la superficie del filtro, lo que conduce a la producción de olores.

Los protozoos que se pueden encontrar en los filtros percoladores son predominantemente del grupo de las ciliadas e incluye la *vorticela*, *opercularia* y *epistylis*. Al igual que en el proceso de fangos activos, su función no es estabilizar el agua residual sino controlar la población bacteriana. Los animales superiores tales como caracoles, gusanos insectos, se alimenta de las capas biológicas del filtro, con lo que ayudan a mantener la población bacteriana en estado de gran crecimiento o de rápida utilización de alimento. Las formas de vida superiores no son tan comunes en los filtros percoladores de alta carga. La presencia de caracoles es especialmente problemática en los filtros nitrificantes, en lo que se sabe que consumen la mayor parte de las bacterias nitrificantes.

Las poblaciones individuales de las comunidades biológicas descrita anteriormente sufren variaciones a lo largo de la profundidad del filtro, en función de los cambios que se produzcan en la carga orgánica, la carga hidráulica, la composición del agua residual fluente, pH, la temperatura, la disponibilidad de aire y otros factores. (Metcalf & Eddy 1995)

- Ventajas y desventajas de un filtro percolador con material de relleno plástico

- ✓ Eliminar una mayor cantidad de DBO por unidad de volumen del medio filtrante que los rellenos de piedra, al disponer de gran superficie.
- ✓ Asegurar un funcionamiento continuo, incluso en situaciones de cargas instantáneas considerables, al disponer de un gran porcentaje de huecos y en consecuencia de las cantidades de oxígeno necesarias.
- ✓ Integrarse en un espacio de terreno reducido, al poderse construir en altura.
- ✓ Funcionar con una atención y mantenimiento mínimos.

- ✓ Como un tratamiento previo destinado a eliminar cantidades importantes de DBO en el efluente antes de su paso por los procedimientos biológicos convencionales, en aquellas aguas residuales con alta concentración de DBO.
- ✓ Para reducir la carga de DBO en plantas municipales o industriales ya existentes, y que por crecimiento de la población o de la contaminación se encuentran con cargas superiores a la diseñada.
- ✓ Como forma económica para aumentar la capacidad de una planta de tratamiento ya existente.
- ✓ Como tratamiento biológico único en la eliminación de materia orgánica biodegradable.
- ✓ Alto precio de los productos sintéticos en el mercado. (Sastre 2005)

1.3.4. Espuma de poliuretano

a) Concepto

La espuma de poliuretano es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas, conocido también por los nombres coloquiales de goma-espuma, goma-pluma, esponja, hule espuma.

El sistema de espuma de poliuretano es un material aislante formado por poliol e isocianato, que mediante reacción química entre ellos dan lugar a la espuma de poliuretano. Dicha reacción libera dióxido de carbono y gas que va formando las burbujas. El poliuretano al igual que el polivinil, son materiales ampliamente usados en la inmovilización de microorganismos gracias a su resistencia a condiciones ambientales diferentes. (Gutiérrez 2014)

b) Agentes espumantes

Los agentes espumantes son encargados de dar volumen. Estos agentes de bajo punto de ebullición se evaporan con el calor que se desprende en la reacción de formación del polímero en forma de gas, originando la expansión de la espuma.

Como agente espumante se emplea el dióxido de carbono que se origina de la reacción del isocianato con agua, éste agente espumante tiene ventaja respecto a los compuestos organofluoroclorados, porque no son inflamables ni muy tóxicos. (Perez 2002)

c) **Tipos de poliuretano**

Los poliuretanos pueden ser de dos tipos: flexibles y rígidos, dependiendo del número de grupos “-OH”, que contengan en su estructura.

- **Poliuretanos rígidos**

Los poliuretanos rígidos se obtienen cuando el diisocianato se hace reaccionar con poliglicoles.

Las espumas rígidas: son sistemas bicomponentes normalmente usados en los sistemas de aislamiento térmico y acústico, para moldeado o para protección de piezas y equipos de transporte.

- **Poliuretanos flexibles**

Los poliuretanos flexibles se consiguen utilizando trioles obtenidos a partir del glicerol y del óxido de propileno.

También se puede usar el óxido de etileno, aunque se prefiere el propileno porque le da mayor resistencia a la humedad.

- **Las espumas flexibles**

Se usan en los colchones, piezas de automóviles, aislamientos acústicos, protección de materiales para transportes, cojines, los juguetes, etc. (Perez 2002)

1.3.5. Sistema DHS (Down-flow Hanging Sponge)

a) **Concepto**

El DHS (Down-flow Hanging Sponge), es un filtro de esponjas colgantes de flujo descendente que permite el crecimiento de la biomasa adherido a este medio filtrante. (Maldonado, y otros 2012)

El concepto de DHS se basa en un filtro percolador convencional, por lo que el aire se disuelve en las aguas residuales a medida que fluye a través del reactor DHS y, por lo tanto, no hay necesidad de aireación externa. Sin embargo, a diferencia de los filtros percoladores que usan grava y arena como material filtrante, el sistema DHS emplea esponja de poliuretano como material de soporte. La esponja de poliuretano es insoluble, no biodegradable, de bajo costo y altamente estable mecánicamente. Además, el material esponjoso tiene una proporción de huecos de más del 95%, lo que proporciona un sitio excelente para el crecimiento y la unión de biomasa activa, lo que resulta en un aumento significativo del tiempo de retención de lodo (SRT). El lodo se retiene en la esponja tanto dentro como fuera de esta. La enorme cantidad de biomasa y el largo tiempo de retención de lodo (SRT) agilizan el proceso de tratamiento. Además, el método DHS proporciona un tiempo adecuado para la autodegradación de cualquier biomasa adherida, reduciendo la producción de lodo en exceso del proceso. (Ping 2010)

b) Tipo:

Sistema DHS (Down-flow Hanging Sponge) tipo generación 5

La quinta generación DHS-G5 consiste en módulos, con superficies cubiertas enteramente por láminas de esponjas por ambos lados de una superficie ondulada. Los módulos son empacados uno encima de otro, incrementando el volumen de esponjas en un 55 – 77%, reduciendo el tamaño del reactor. (Ossio y Acuña 2013)

El sistema de DHS es comparable con un sistema de lodos activados, removiendo más del 90 % de DBO_5 y más del 70 % de DQO. (Tembo 2014)

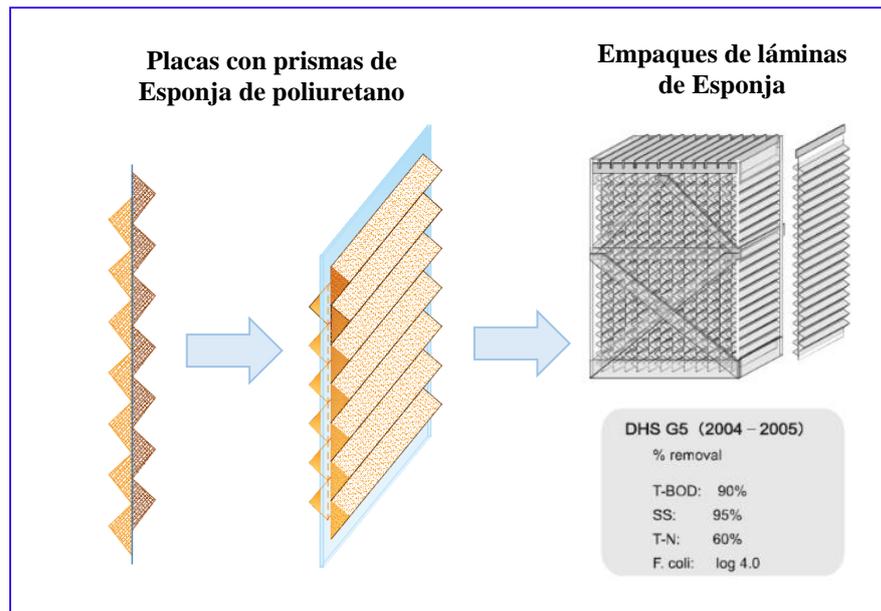


Figura 11: Reactor DHS-G5

Fuente: Adaptación de (Fang, 2010)



Figura 12: Reactor DHS-G5

Fuente: http://202.129.59.73/abroad/241104/241104_23.jpg

Process Performance of DHS variants in Nagaoka						
	 DHS G1	 DHS G2	 DHS G5	 DHS G3	 DHS G4	 DHS G6
HRT (h)	2.3	2	2.5	2.7	2	2
BOD removal(%)	97	96	95	98	96	96
COD removal(%)	94	84	90	93	91	93
SS removal(%)	98	68	95	92	93	95
NH4-N removal(%)	75	64	60	86	28	75
F. coli removal (log 10)	-	2.7	4.0	2.6	3.5	2.8
SRT (d)	-	90-100	90-125	-	100-125	~100
Sponge occupancy(%)	-	25	55-57	38	38	34

Figura 13: Comparación de las eficiencias en el tratamiento de los efluentes UASB de los diferentes modelos DHS.

Fuente: (Harada 2008)

c) Funcionamiento

Las aguas residuales penetran por gravedad en el interior del material filtrante y se transportan verticalmente a través de ésta.

En el reactor DHS la retención de biomasa se lleva a cabo de dos formas diferentes: una mediante una densa y espesa biopelícula desarrollada sobre las superficies del cubo de esponja y la otra se deposita o queda atrapada en el espacio vacío interior de los cubos de esponja. (Vigneswaran 2009)

Al diseñar el reactor, se debe proporcionar un espacio entre el material esponjoso consecutivo: el espacio funciona como una zona para el contacto directo del aire y las aguas residuales que fluyen hacia abajo del reactor, esto facilita la difusión del aire en las aguas residuales, aumentando el oxígeno disuelto en estas y reduciendo así la necesidad de cualquier dispositivo de aireación externo. También se ha demostrado que el DHS puede funcionar a un tiempo de retención hidráulico (TRH) extremadamente bajo (casi 2 horas en función del volumen de la esponja) con una buena eficiencia para la eliminación de compuestos orgánicos y la oxidación del amonio. (Ping 2010)

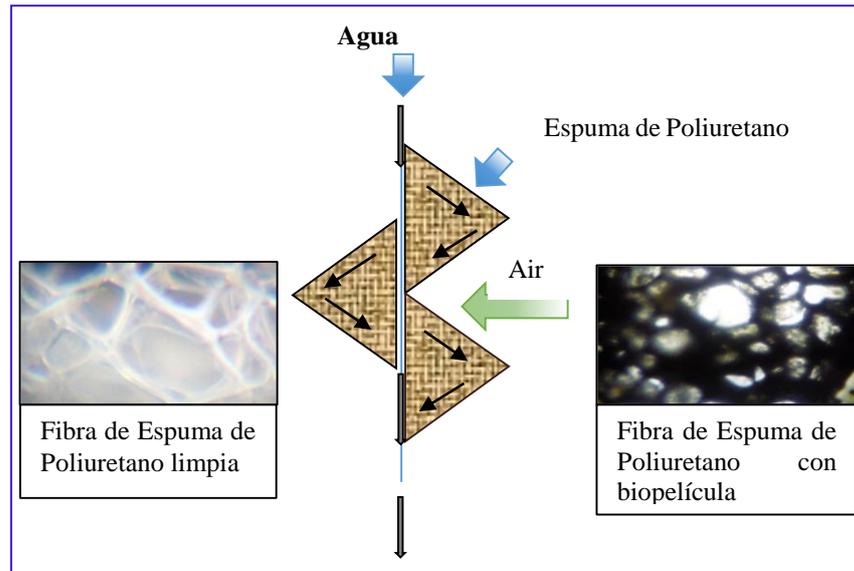


Figura 14: Concepto básico del sistema DHS

Fuente: Adaptación (Amancio y Castillo 2012) & (Ossio y Acuña 2013)

d) Ventajas y desventajas DHS (Down-flow Hanging Sponge)

Como características generales de los modelos desarrollados se observa, en lo referente al DHS, las siguientes ventajas importantes:

- ✓ El DHS requiere menos área en comparación con otros procesos convencionales.
- ✓ La puesta en marcha de DHS es sencilla: el proceso obtiene una operación de estado estable dentro de las 4-6 semanas posteriores a la puesta en marcha, debido a estas ventajas, el DHS supera el inconveniente de los procesos de post tratamiento convencionales. (Ping 2010)
- ✓ No requiere extracción de lodo en exceso. (Vigneswaran 2009)
- ✓ No necesita aireación externa, y mucho menos necesidad de energía eléctrica.
- ✓ Sin atascos, sin retrolavado, sin mantenimiento laborioso.
- ✓ Alto rendimiento en TRH equivalente al proceso de lodo activado. (Harada 2008)

1.3.6. Vertido de efluente de una PTARS a aguas superficiales

Después de ser tratada el agua residual debe ser evacuada al medio ambiente. El método más común para la evacuación de los efluentes tratados se basa en el vertido y dilución en corrientes, ríos, estuarios, etc. Para evitar impactos ambientales adversos, la calidad de los afluentes tratados y vertidos debe ser coherente con los objetivos locales en materia de calidad del agua.

Cabe mencionar que la evacuación de efluentes a cuerpos receptores de agua se lleva a cabo directamente mediante una tubería, en zonas rurales. La mezcla y la dilución del efluente se da de manera variable, dependiendo de las características del cuerpo receptor, siendo un aspecto importante en la evacuación de efluentes la capacidad de asimilación del cuerpo receptor, representado por la cantidad de materia orgánica que puede ser vertida sin comprometer los recursos de oxígeno disuelto presente en el agua. Los efectos medioambientales producidos por constituyentes tales como los sólidos en suspensión, nutrientes y componentes tóxicos son variables, debido a que estos son asimilados por el medio ambiente acuático. (Metcalf & Eddy 1995)

a) Aspectos problemáticos

La evacuación de efluentes se centra en el transporte de contaminantes en el medio ambiente y los procesos de transformación que se dan. En muchos casos es preciso llevar a cabo un riguroso análisis para asegurar que la evacuación de los efluentes se lleva a cabo dentro de un marco normativo (Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales / Decreto Supremo No. 003-2010-MINAM del Ministerio del Ambiente). Para el análisis del transporte se emplean modelos matemáticos que incluyen el uso de balance de materia, mientras que para descripción de la respuesta del sistema físico se emplean expresiones cinéticas. (Metcalf & Eddy 1995)

Tabla 6
Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
ACEITES Y GRASAS	mg/l	20
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	10000
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	100
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	200
PH	Unidad	6.5 – 8.5
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	ml/l	150
TEMPERATURA	°C	< 35

Fuente: (MINAM 2010)

1.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

a. Afluente

Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (011-2006-Vivienda 2006)

b. Agua residual doméstica

Aguas residuales de origen doméstico, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana. (011-2006-Vivienda 2006)

c. Biodegradabilidad

La biodegradabilidad es una característica de los compuestos orgánicos que tiene relación con el nivel de susceptibilidad de que éstos sean degradados por microorganismos y por lo tanto condiciona en gran medida la viabilidad de tratar biológicamente un efluente que contenga un determinado compuesto. (Cisterna y Peña s.f.)

d. Biopelícula

Una biopelícula consiste en células inmovilizadas o adheridas sobre un medio soporte, embebidas en una matriz de polímeros orgánicos de origen microbiano y con una fracción significativa de sustancias abióticas o inorgánicas. (Molina 2015)

e. Carga orgánica

Cantidad de comida por unidad de biomasa que reciben diariamente los microorganismos. (Jaramillo 2005)

f. DBO

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. (Romero 1999)

g. DHS

Siglas en inglés de Down-flow Hanging Sponge (Flujo descendente sobre esponjas colgantes). (Amancio y Castillo 2012)

h. DQO

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 1996)

i. Eficiencia de tratamiento

Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje. (011-2006-Vivienda 2006)

j. Efluente

Líquido que sale de un proceso de tratamiento. (011-2006-Vivienda 2006)

k. Límite Máximo Permisible (LMP)

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, el bienestar humano y el ambiente. (MINAM 2010)

l. Oxígeno disuelto

Gas de baja solubilidad en el agua, requerido para la vida acuática aerobia. (Romero 1999)

m. Planta piloto

Planta de tratamiento a escala, utilizada para determinación de constantes cinéticas y parámetros de diseño del proceso. (011-2006-Vivienda 2006)

n. Sólidos totales en suspensión

Son partículas sólidas pequeñas, insolubles, inmersas en un fluido en flujo turbulento que actúa sobre la partícula con fuerzas en direcciones aleatorias, que contrarrestan la fuerza de la gravedad, impidiendo así que el sólido se deposite en el fondo. (Cyclus s.f.)

o. Tanque séptico

Es la unidad fundamental del sistema de fosa séptica ya que en este se separa la parte sólida de las aguas servidas por un proceso de sedimentación simple, además se realiza en su interior lo que se conoce como proceso séptico, que es la estabilización de la materia orgánica por acción de las bacterias anaerobias, convirtiéndolos en lodos inofensivos. (Calvache, y otros 2002)

p. Tiempo de retención hidráulico

Tiempo que el agua a tratar permanece en el sistema de tratamiento. (CONAGUA 2016)

q. Tratamiento primario

En el tratamiento primario se elimina una fracción de 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. (Metcalf & Eddy 1995)

r. Tratamiento secundario convencional

El tratamiento secundario de las aguas residuales está principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables. Se define el tratamiento secundario convencional 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 fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación. (Metcalf & Eddy 1995)

1.5. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La situación actual del tratamiento de las aguas residuales domésticas juega un papel muy importante para prevenir la contaminación del ambiente y preservar la salud humana, además de suministrar un recurso susceptible de ser aprovechado en diversos usos.

Según el estudio efectuado por la SUNASS (2008), se tiene que el 70% de las aguas residuales en el Perú no tienen tratamiento alguno, asimismo, que de las 143 plantas de tratamiento de aguas residuales que existen en el Perú, solo el 14% cumplen con la normatividad vigente para el cabal funcionamiento de las mismas, las deficiencias en el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales son debido a su sobre dimensionamiento y a la selección de tecnologías no recomendadas.

En el caso de las zonas rurales la responsabilidad de la selección de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales no viene aparejada con una adecuada asesoría, requerida ante las limitaciones técnicas que con frecuencia enfrentan sus organismos operadores de agua y saneamiento.

El contacto directo e indirecto con las aguas residuales tratadas o insuficientemente tratadas representan un elevado riesgo de infección parasitaria y bacteriana afectando en la salud pública e incrementado el costo de vida de la población, de igual manera cuando las aguas residuales tratadas o insuficientemente tratadas son vertidas a los cuerpos de agua, el hábitat de la vida acuática y marina se ve afectada por la alta concentración de contaminantes presentes en el agua residual.

1.6. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.6.1. Planteamiento del problema

Gran parte de las localidades de las zonas rurales del distrito de Independencia cuentan con plantas de tratamiento para sus aguas residuales, cuyos efluentes son vertidos directamente a cursos de aguas superficiales, estos no cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), el cual aporta severamente a la

contaminación existente en los cuerpos de agua, ocasionando consecuentes problemas ambientales y de salud en la población.

Las aguas residuales domésticas son tratadas en su mayoría mediante tanques sépticos como tratamiento primario, filtros percoladores y pozos de absorción como tratamiento secundario, y hasta en algunos casos contando únicamente con tratamiento primario; estas alternativas son consideradas técnicamente viables para la disposición de desechos líquidos de tipo doméstico en lugares poco poblados, siempre y cuando el diseño, instalación, operación y mantenimiento sean las adecuadas, pero de acuerdo a la realidad estas infraestructuras sanitarias no funcionan adecuadamente, elevando así los costos de operación y mantenimiento, así mismo no son eficientes en la remoción de los contaminantes presentes en el agua residual por lo que los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales no alcanzan los estándares de calidad que la legislación vigente exige.

1.6.2. Formulación del problema

Es por ello que se propone introducir el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) como un tratamiento secundario aplicado en zonas rurales para mejorar la calidad de los efluentes de los tanques sépticos, por lo cual se formula la siguiente interrogante:

¿El Sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, es eficiente en el tratamiento del efluente del tanque séptico en la localidad de Marian?

1.7. JUSTIFICACIÓN

En la cordillera blanca de la región de Áncash gran parte de los centros poblados cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales mediante tanque séptico, de la mayoría de éstas muchas presentan múltiples falencias técnicas, debido a criterios erróneos de diseño, falta de asesoría a los organismos operadores de agua y saneamiento en temas de operación y mantenimiento, lo cual conlleva al mal funcionamiento de las unidades de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico generando efluentes con concentraciones que no se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles para vertido a cuerpos receptores, ocasionando la pérdida de sus

condiciones naturales de apariencia física, química y biológica y por ende su capacidad de sustentar el equilibrio ecológico, así mismo el vertido de estos efluentes pueden ocasionar problemas en la salud de la población, por eso resulta de gran interés mejorar la calidad del efluente de un tanque séptico mediante el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5).

La presente investigación busca determinar la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5), con la finalidad de ser propuesto como una alternativa de solución viable para el tratamiento de efluentes de tanques sépticos en zonas rurales, el cual genera beneficios a nivel social, nivel económico y nivel ambiental, los cuales se detallan a continuación:

A nivel social:

Con la presente investigación se logrará mejorar la calidad de vida de la población de los centros poblados que cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales mediante tanques sépticos, garantizando la salud pública y reduciendo el costo de vida de la población.

A nivel económico:

Por lo general las zonas rurales no cuentan con recursos económicos para solventar los altos costos de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con tecnologías convencionales por lo que no se garantiza su auto sostenibilidad a lo largo del tiempo, es por ello que el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) es una alternativa de solución viable el cual requiere de diseños sencillos para su construcción, con un bajo costo de instalación y simplicidad en cuanto a su operación y mantenimiento, alcanzando altas eficiencias de remoción permitiendo así ser reutilizado para fines de riego.

A nivel ambiental:

Con el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) se removerá los contaminantes presentes en el efluente del tanque séptico permitiendo cumplir con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, el cual al ser vertidas a cuerpos receptores no ocasionarán la pérdida de sus condiciones naturales de apariencia física, química y

biológica y por ende sustentará el equilibrio ecológico, así mismo se evitará el detrimento estético paisajístico del entorno.

1.8. OBJETIVOS

1.8.1. Objetivo general:

Determinar la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas en el tratamiento del efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

1.8.2. Objetivos específicos:

1. Determinar el caudal de operación y el tiempo de retención hidráulica para el funcionamiento del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5).
2. Monitorear los parámetros de control (pH y temperatura) en el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5).
3. Determinar el porcentaje de remoción de los parámetros: aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes fecales o termotolerantes en el tratamiento del efluente del tanque séptico.
4. Contrastar los resultados de los parámetros evaluados con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

1.9. HIPÓTESIS

El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas si es eficiente en el tratamiento del efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. METODOLOGÍA

La investigación realizada corresponde a un nivel de investigación descriptivo, de tipo prospectivo o planeado, debido a que se trabajaron con datos primarios para la determinación de la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5), es decir se tuvo un control de los sesgos de medición de la variable de estudio (Eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas).

El método utilizado para la investigación fue el método deductivo el cual se inicia con las observaciones de fenómenos generales con el propósito de señalar verdades particulares contenidas explícitamente en la situación general, es decir éste método permitió descubrir consecuencias desconocidas (Eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5)), de principios conocidos (Tratamiento de efluentes de tanques sépticos mediante sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS)).

2.2. TIPO DE ESTUDIO

2.2.1. Según propósito o aplicación

Aplicada

Se obtuvo nuevos conocimientos en base al estudio del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, logrando así determinar la eficiencia del sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS) tipo G5 en el tratamiento del efluente del tanque séptico, para su aplicación en futuros diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tecnológica:

Con el estudio de la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas se realizó actividades intelectuales y experimentales de modo sistemático con el propósito de desarrollar nuevos procesos, de tal manera que éstos permitirán implementar dicha tecnología de acuerdo a la realidad de nuestro país.

2.2.2. Según su naturaleza, profundidad y/o alcance

Descriptiva:

El presente proyecto de investigación engloba la medición y la recolección de datos cuantitativos (concentración de contaminantes presentes en el agua residual) directamente del lugar del fenómeno (sistema de filtros de esponjas colgantes continuas), para su posterior descripción.

2.2.3. Según el tipo de ocurrencia de los hechos y registro de la información

Investigación prospectiva:

El proyecto de investigación implica el registro de la información según como van ocurriendo los fenómenos, siguiendo una línea presente-futuro.

2.3. DISEÑO

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a las mediciones de las variables dependientes a través del tiempo, éstas se realizaron con la utilización de instrumentos válidos y confiables. El diseño de la investigación es pre experimental ya que se sometió al agua residual a un tratamiento mediante un sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) para evaluar su posterior resultado.

G O₁ X O₂

Dónde:

G: Efluente del tanque séptico.

O₁: Medición de los parámetros de análisis fisicoquímicos (aceites y grasas, sólidos totales en suspensión), parámetros de indicadores de contaminación bioquímica (demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno) e indicadores de contaminación microbiológica (coliformes fecales o termo tolerantes) en el afluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas.

X: Sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS G5).

O₂: Medición de los parámetros de análisis fisicoquímicos (aceites y grasas, sólidos totales en suspensión), parámetros de indicadores de contaminación bioquímica (demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno) e indicadores de contaminación microbiológica (coliformes fecales o termo tolerantes) en el efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas.

2.4. VARIABLES

2.4.1. Variable de caracterización:

- Tratamiento del efluente del tanque séptico mediante filtros de esponjas colgantes continuas (DHS -G5).

2.4.2. Variable de interés:

- Eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas.

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7
Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL ASPECTOS/ MEDICIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE DATO	MÉTODO
CARACTERIZACIÓN Tratamiento del efluente del tanque séptico mediante filtros de esponjas colgantes continuas (DHS -G5).	Procesos de tratamiento que intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. (011-2006-Vivienda 2006)	Consiste en el uso de esponjas de poliuretano como un medio de soporte y crecimiento para la biomasa que se desarrolla a partir de la circulación continua de las aguas residuales. (Ossio y Acuña 2013)	Caudal operación (DHS-G5)	l/s	Numérico continuo	Método volumétrico
			Tiempo de retención hidráulica teórico	Horas	Numérico continuo	Determinación en gabinete
			Porosidad (DHS-G5)	%	Numérico continuo	Medición en laboratorio
INTERÉS Eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas.	Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. (011-	Toma de muestras para hacer el análisis de la calidad del agua con el objetivo de conocer el funcionamiento del sistema. (Tina y Guzmán 2015)	pH	Und	Numérico discreto	Medición in situ.
			Temperatura del AA. RR	°C	Numérico discreto	Medición in situ.
			Aceites y grasas	mg/l	Numérico discreto	Método empleado para su análisis fue el APHA 5520 B (*). (*). Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.
				mg/l		Método empleado para su análisis fue el APHA 2540 D (*).

2006-Vivienda 2006)	Sólidos totales en suspensión		Numérico discreto	(*) Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.
	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l DBO ₅	Numérico discreto	Método empleado para su análisis fue el APHA 5210 B (*). (*) Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA
	Demanda química de oxígeno	mg/l DQO	Numérico discreto	Método empleado para su análisis fue el APHA 5210 B (*). (*) Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA
	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	Numérico discreto	Método empleado para su análisis fue el APHA 9221 C (*). (*) Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.

Fuente: Elaboración propia

2.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

2.6.1. Población

La población de la presente investigación estuvo conformada por el efluente del tanque séptico de la localidad de Marian con un caudal promedio igual a 0.53 l/s, el cuál fue determinado mediante 05 campañas de aforo.

2.6.2. Muestra

La muestra estuvo conformada el caudal promedio de operación igual a 0.00814 l/s para el funcionamiento del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5), a escala piloto.

2.6.3. Muestreo

El tipo de muestreo empleado fue un muestreo no probabilístico, ya que, en las muestras de este tipo la elección de los casos no depende de que todos tengan la misma posibilidad de ser elegidos, sino de la decisión del investigador o grupo de personas que recolectan los datos, es así que se decidió tomar como muestra el caudal con la cual operó el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5), a escala piloto.

2.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se tuvo en cuenta las siguientes técnicas e instrumentos:

Tabla 8

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

VARIABLES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	
VARIABLE DE CARACTERIZACIÓN:			
TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO MEDIANTE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS (DHS-G5)	Caudal	Método volumétrico	Materiales para la aplicación del método volumétrico.
	Tiempo de retención hidráulico teórico	Determinación en gabinete	Fórmula para la determinación del TRH.
	Porosidad	Medición in situ.	Se realizó en el laboratorio.
	pH	Medición in situ.	Se hizo uso del pH metro edge de HANNA instruments.
	Temperatura	Medición in situ.	Se hizo uso del pH metro edge de HANNA instruments.

VARIABLE DE INTERES:
EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS.

Aceites y grasas	Método empleado para su análisis fue el APHA 5520 B (*). (*). Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.	Instrumentos del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM.
Sólidos totales en suspensión	Método empleado para su análisis fue el APHA 2540 D (*). (*). Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.	Instrumentos del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM.
Demanda bioquímica de oxígeno.	Método empleado para su análisis fue el APHA 5210 B (*). (*). Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA	Instrumentos del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM.
Demanda química de oxígeno.	Método empleado para su análisis fue oxidación ácida cromo sulfúrico (*). (*). Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.	Instrumentos del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM.
Coliformes fecales o termotolerantes	Método empleado para su análisis fue el APHA 9221 C (*). (*). Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.	Instrumentos del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM.

Fuente: Elaboración propia

2.7.1. Etapas del proceso de investigación

Para el desarrollo de la investigación se siguió una secuencia ordenada de etapas, a continuación, se esquematiza en el siguiente gráfico:



Figura 15: Etapas para el desarrollo de la metodología.

Fuente: Elaboración propia

Etapa de diseño del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas

a) Ubicación del sistema de DHS-G5

El proyecto de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado de Marian, administrado y operado por la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento del lugar, la planta existente consta de las siguientes unidades de tratamiento: tanque séptico, filtro biológico de flujo ascendente y lecho de secado.

El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas o DHS-G5 se ubicó, implementó e instaló a 4 metros del lecho de secado y a 3 metros del filtro biológico de flujo ascendente.



Figura 16: Ubicación de las unidades de tratamiento de las aguas residuales

Fuente: Elaboración propia

b) Descripción general del sistema

El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, a escala piloto, se implementó e instaló como un tratamiento secundario para la remoción de contaminantes fisicoquímicos, bioquímicos y microbiológicos del efluente del tanque séptico.



Figura 17: Planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado de Marian

Fuente: Elaboración propia



Figura 18: PTAR mediante un sistema de filtros de esponjas colgantes continuas

Fuente: Elaboración propia

El agua residual de origen doméstico es recolectada a través del sistema de alcantarillado sanitario existente, y derivado hacia las unidades de tratamiento:

- **Tratamiento preliminar:**

Los componentes de gran y mediano volumen que estén en suspensión o flotantes en el agua residual circulante; como ramas, piedras, plásticos, trapos, papeles entre otros, son retenidos en la cámara de rejas de tipo manual, la cual posee barras de fierro corrugado de ½” de espesor con una inclinación de 45° con la horizontal, y con un espaciado de 5 cm entre éstas.

- **Tratamiento primario**

Luego de que los sólidos gruesos con dimensiones relativamente grandes fueron retenidos y posteriormente eliminados, en la cámara de rejas de tipo manual; el agua residual es derivado por gravedad, al tanque séptico existente, el cual tiene un ancho de 4.30 m, un largo de

8.10 m y una altura útil de 1.95 m, haciendo un volumen útil total de 67.92 m^3 , así mismo cuenta con dos compartimientos o cámaras donde se estabiliza hidráulicamente el agua residual, permitiendo la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. Los sólidos sedimentables que se encuentran en el agua residual cruda forman una capa de lodo en el fondo del tanque séptico, mientras las grasas, aceites y demás material ligero tienden a acumularse en la superficie, formando una capa flotante de espuma.

El agua residual doméstica pasa a través del tanque séptico entre las dos capas constituidas por la espuma y los lodos; la materia orgánica contenida en las capas es descompuesta por bacterias anaerobias, y una parte considerable de ella se convierte en agua y gases más estables como dióxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno.

El efluente del tanque séptico, el cual hace referencia a un caudal promedio $Q = 0.53 \text{ l/s}$ (Ver Tabla 40) se deriva hacia el filtro biológico de flujo ascendente existente y el lodo estabilizado al lecho de secado para su tratamiento respectivo.

- **Tratamiento secundario**

El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas en condiciones anaerobias, con tasas bajas de reducción de contaminantes (con un número elevado de agentes patógenos), por ende, debido a ello es necesario someter al efluente del tanque séptico a un tratamiento secundario, que contemple la aplicación de la tecnología de filtros de esponjas colgantes continuas y reducir la mayor concentración de contaminantes, de tal manera estabilizar la materia orgánica presente en el agua residual cruda, en condiciones aeróbicas.

Para la operación de dicha tecnología fue necesario captar un caudal del efluente del tanque séptico de 0.26 l/s , el cual fue derivado por gravedad y con un ingreso de flujo constante hacia el sedimentador primario (batea de 85 litros de capacidad) y, a partir de esta se reguló mediante dos válvulas de paso el caudal de operación de $Q = 0.00814$

l/s para el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5).

c) Materiales y equipos

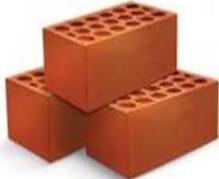
Materiales y herramientas utilizados en la construcción del sistema

• **Unidad de captación**

		
<i>26 m de tubería PVC SAP Ø=2"</i>	<i>01 cachimba PVC U 160 mm x 2" x 45°</i>	<i>01 pegamento para PVC de 04 OZ</i>
		
<i>01 codo de 2" x 90°</i>	<i>01 codo de 2" x 45°</i>	<i>01 tee de 2"</i>
		
<i>01 válvula de paso de PVC</i>	<i>02 niples PVC de 2"</i>	<i>Herramientas manuales</i>

• **Infraestructura para protección de reactores DHS-G5**

		
<i>02 m3 de arena gruesa</i>	<i>01 m3 de arena fina</i>	<i>Martillo, hoja de sierra</i>

		
<i>01 millar de ladrillos</i>	<i>cemento</i>	<i>04 fierros de construcción de 5/8"</i>
		
<i>05 tejas de eternit de fibrocemento de 1.10mx1.82m</i>	<i>03 Listones de madera de 2.5"x2.5" y 05 listones de madera de 2"x2"</i>	<i>Tirafones para eternit de fibrocemento</i>
		
<i>Alambre N° 16</i>	<i>01 puerta de fierro galvanizado</i>	<i>Herramientas manuales</i>

- **Unidad de purga exterior**

		
<i>02m de tubería PVC SAP Ø=2"</i>	<i>01 tapón hembra con rosca de PVC de 2"</i>	<i>Herramientas manuales</i>

- **Sedimentador primario, soporte, rebose y purga**

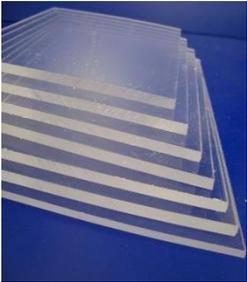
		
<i>01 batea de plástico transparente de 85 L de capacidad</i>	<i>01 soporte de fierro galvanizado de 1.84 m de altura</i>	<i>04 Perfiles de aluminio de 0.35m de largo.</i>
		
<i>01 válvula de paso de PVC de 3/4"</i>	<i>02 mallas plásticas</i>	<i>01 listón de madera de 2"x2"</i>
		
<i>01 terokal grande.</i>	<i>04m de tubería PVC SAP de 2"</i>	<i>01 pegamento para PVC de 04 OZ</i>
		
<i>Huacha</i>	<i>Arco de sierra</i>	<i>Wincha de 5m</i>

- **Tuberías de distribución de caudal y sistema unitario fijo de distribución del caudal de operación**

		
01 pegamento para PVC de 04 OZ	2.5 m de tubería PVC SAP Ø=3/4"	02 codos de PVC de 3/4" x 90°
		
02 válvulas de paso de PVC de 3/4"	01 tee de PVC de 3/4"	01 reducción de PVC de 3/4" a 1/2"
		
02 válvulas de paso de PVC de 1/2"	02 codos de PVC de 1/2" x 90°	02 pitones para gas de 1/2" a 1/8"
		
02m de manguera de nivel de 1/8"	01 cinta Teflón	02 Tubos de PVC SAP de 1/2"
		
02 tapones hembra de PVC de 1/2"	Clavos de acero de 3"	Agujas

		
<i>Pegamento Triz</i>	<i>06 niples de PVC SAP de 1/2"</i>	<i>Arco de sierra</i>

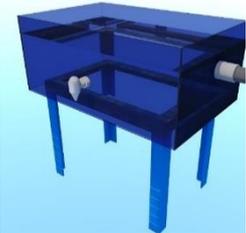
- **Unidad de filtros de esponjas colgantes continuas**

		
<i>02 placas de acrílico de 20.50 x 100cm</i>	<i>02 placas de acrílico de 17.50 x 100cm</i>	<i>01 cantonera de aluminio.</i>
		
<i>Tornillos</i>	<i>05 placas de acrílico de 19.50 x 94.50cm</i>	<i>03 terokales grandes</i>
		
<i>Esponjas de poliuretano de 20 kg/cm2</i>	<i>Mallas mosqueteras</i>	<i>Esponjas verdes de fregar</i>

		
<i>Soporte de platino de 1/2" x 1/8"</i>	<i>Tarugo</i>	<i>Broca</i>
		
<i>Taladro para concreto</i>	<i>Clavos de acero de 3"</i>	<i>Regla</i>
		
<i>Tijeras</i>	<i>Guillets</i>	<i>Plumón de tinta indeleble</i>

- **Sedimentador secundario**

		
<i>01 batea de plástico transparente de 11L de capacidad</i>	<i>01 caño de plástico</i>	<i>01 reducción de 3/4" a 1/2"</i>
		

02 codos de PVC de 1/2"x 90°	0.20m de tubería PVC SAP de 1/2"y 05m de tubería PVC SAP de 3/4"	Clavos de 3"
		
01 Soporte de madera	01 Insecticida	01 cinta Teflón

Equipos y materiales utilizados para el monitoreo en campo

		
01 Equipo de medición de Ph y Temperatura.	01 Kids de reactivos de calibración.	25L de agua destilada
		
01 piseta	02 vasos de precipitado de 250ml	01 balde de 20L.
		
01 balde de 4L.	Papel toalla	01Mesa de madera

		
<i>01 Pizarra acrílica</i>	<i>01 Gel antibacteriano</i>	<i>01 Escoba y recogedor</i>

d) Criterio de diseño del sistema

Como primer paso para el diseño del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas se tuvo en cuenta la caracterización del agua residual a tratar, determinando mediante ella la concentración de los parámetros a analizar, así mismo se realizó una serie de procedimientos que incluye la medición local del caudal de operación para el sistema de tratamiento y la selección de la densidad del medio filtrante mediante la determinación de la porosidad.

- **Características del agua a tratar**

- **Caudal de diseño**

La determinación del caudal de operación del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, se realizó en base al volumen del medio filtrante y sistema unitario fijo de distribución de caudal implementado e instalado para obtener una repartición homogénea del agua residual sobre el filtro y, por ende, alcanzar mejores rendimientos de remoción.



Fotografía 1: Medición del caudal de diseño

El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas a escala piloto, operó con un caudal de 0.00814 l/s, determinándose ésta mediante técnicas de campo (método volumétrico).

- **Tiempo de retención hidráulica**

El tiempo de retención hidráulica teórico para un volumen de material filtrante de 11 362.78 cm³ y un caudal de 0.0018 l/s fue de 40 minutos, de acuerdo a:

$$\mathbf{TRH = V/Q}$$

Dónde:

TRH : Tiempo de retención hidráulica en segundos.

V : Volumen del material filtrante en cm³.

Q : Caudal de diseño en l/s.

• **Concentración del agua residual**

Los parámetros que se analizaron fueron aquellos que están establecidos por los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, las concentraciones de estos parámetros se midieron al ingreso de la cámara de rejillas, efluente del tanque séptico y afluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5), los cuales fueron determinados mediante ensayos de laboratorio.

- Tratamiento preliminar – afluente de la cámara de rejillas

Tabla 9

Concentración de contaminantes presentes en el afluente de la cámara de rejillas

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/l	1	325
Sólidos totales en suspensión	mg/l	1	140
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA			
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/DBO ₅	1	333
Demanda química de oxígeno	mg/DQO	25	689
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA			
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	<2	24000000

Fuente: Elaboración propia

- Tratamiento secundario – efluente del tanque séptico

Tabla 10

Concentración de contaminantes presentes en el efluente del tanque séptico

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/l	1	102
Sólidos totales en suspensión	mg/l	1	16
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA			
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/DBO ₅	1	72
Demanda química de oxígeno	mg/DQO	25	164
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA			
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	<2	24000000

Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de contaminantes a reducir mediante el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, se detallan a continuación:

- Tratamiento secundario – afluente DHS-G5

Tabla 11

Concentración de contaminantes presentes en el afluente del sistema DHS-G5

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/l	1	45
Sólidos totales en suspensión	mg/l	1	24
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA			
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/DBO ₅	1	19
Demanda química de oxígeno	mg/DQO	25	144
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA			
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	<2	24000000

Fuente: Elaboración propia

e) Características del material filtrante

Para la implementación del medio filtrante en el reactor de quinta generación se empleó espuma de poliuretano, la cual es considerada como un material apropiado para la conservación de la biomasa, además de presentar un mayor índice de huecos, la cual minimiza los riesgos de colmatación y favorece la transferencia de oxígeno de acuerdo a estudios anteriores.

- **Densidad del material filtrante**

Existe una variedad de esponjas en el mercado clasificadas de acuerdo a su densidad, de la cual se eligió 04 tipos de espuma de poliuretano de la marca zebra (# 200, # 300, # 400 y # 500), las cuales fueron consideradas de acuerdo a investigaciones anteriores.



Fotografía 2: Variedad de esponjas zebra de acuerdo a su densidad

Para calcular la densidad de los cuatro tipos de espuma de poliuretano se realizaron ensayos en el laboratorio, las cuales consistieron en cortar las esponjas elegidas en diferentes tamaños y posterior a ello determinar su volumen y peso, una vez obtenido el volumen y peso de las esponjas se calculó la densidad en base a la relación peso/volumen.



Fotografía 3: Determinación de la masa (g) de cada una de las esponjas, según referencias de mercado

Tabla 12
Determinación de la densidad del material filtrante

ESPONJAS #	ALTO (CM)	ANCHO (CM)	LARGO (CM)	VOLUMEN (CM ³)	MASA (G)	DENSIDAD (G/CM ³)
200	1,30	5,00	5,00	32,50	0,54	0,02
300	5,00	4,50	4,50	101,25	2,19	0,02
400	5,00	3,50	3,50	61,25	2,91	0,05
500	5,00	3,50	3,50	61,25	1,50	0,02

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de la porosidad del medio filtrante**

Para calcular el porcentaje de porosidad de las espumas de poliuretano (#200, #300, #400 y #500), se realizaron ensayos en el laboratorio, las cuales consistieron en sumergir cada una de las esponjas dimensionadas y cortadas en un vaso de precipitado con contenido de agua; ya contando con la esponja completamente saturada a simple vista se prosiguió a retirarlas del vaso de precipitado para luego extraer y verter el agua absorbida en una probeta graduada y finalmente determinar el volumen absorbido por las esponjas, dicho procedimiento se repitió tres veces para cada tipo de esponja.

Es así que el volumen determinado representa el volumen de espacios vacíos en los cubos de esponjas dimensionados.



Fotografía 4: Determinación del porcentaje de porosidad de las esponjas

Para calcular el porcentaje de porosidad se dividió el volumen absorbido por las esponjas entre el volumen de los cubos de esponjas, obteniéndose así un porcentaje de porosidad de 94.69 % para la esponja #500, el cual fue el % de porosidad más alto de entre los cuatro tipos de esponja, justificando así su selección.

Tabla 13

Determinación de la porosidad del medio filtrante

ESPONJAS #	VOLUMEN DE ESPACIOS VACÍOS (CM ³)	VOLUMEN (CM ³)	POROSIDAD %
200	26,33	32,50	81,03%
300	66,00	101,25	65,19%
400	57,67	61,25	94,15%
500	58,00	61,25	94,69%

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 5: Esponja #500 con mayor porcentaje de porosidad

Etapas de instalación de unidades operacionales del sistema DHS-G5

a) Unidad de captación

Es la unidad mediante la cual, se captó y derivó una parte del caudal total del efluente del tanque séptico, es decir 0.26 l/s de un caudal total de 0.53 l/s, hacia el sedimentador primario.

La captación y el control del caudal se realizó mediante 01 cachimba de PVC U 160 mm x 2" x 45° y 01 válvula de paso de PVC SAP Ø 2", para luego ser derivado mediante 26 m de tubería PVC SAP Ø 2" hacia una tee PVC SAP Ø de 2" con salida al sedimentador primario; con la instalación de la tee se logró amortiguar el flujo del agua residual con la finalidad de evitar el levantamiento de los sólidos sedimentables en el sedimentador primario.

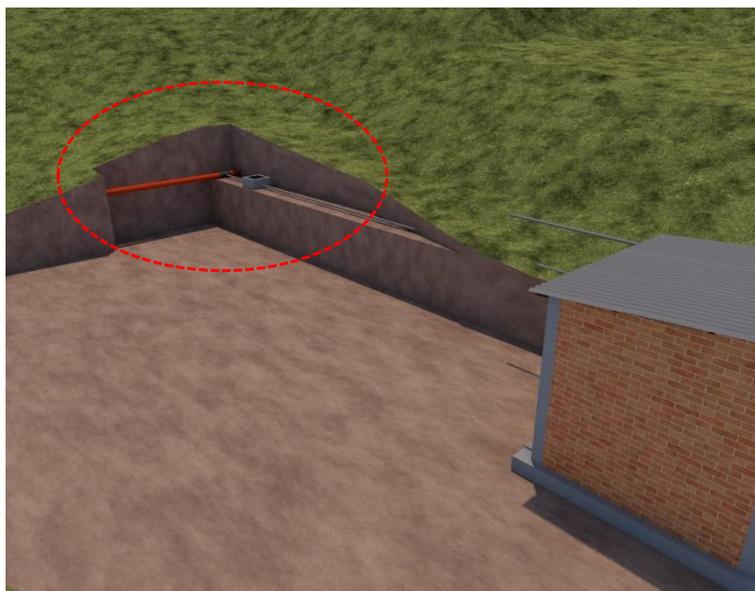


Figura 19: Unidad de captación

Fuente: Elaboración propia

b) Unidad de purga

La unidad de purga se instaló en la parte externa de la infraestructura de protección del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, con la finalidad de evacuar el lodo sedimentado que se acumula durante el recorrido del agua residual a través de la tubería, esto debido a que el efluente del tanque séptico contenía cantidades considerables de sólidos sedimentables, los cuales atentaban contra el funcionamiento del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, siendo más propensa a la colmatación y por ende a bajos porcentajes de remoción.

Para la unidad de purga se improvisó el empalme de 1.45 m de tubería PVC SAP Ø 2" a la tubería de derivación que tiene salida hacia el sedimentador primario, así mismo se colocó un tapón hembra PVC SAP Ø 2", para realizar el mantenimiento manual periódico del sedimentador primario.



Figura 20: Unidad de purga

Fuente: Elaboración propia

c) Infraestructura para la protección del reactor DHS-G5

La caseta o infraestructura se construyó con la finalidad de proteger al reactor DHS-G5 a escala piloto, de las múltiples condiciones adversas típicas del lugar.

La caseta se construyó de material noble, con dimensiones de 2.5 m de largo por 2.5 m de ancho y 2.16 m de alto, con techo de planchas de eternit de fibrocemento de 1.10 m x 1.82 m, así mismo se colocó una puerta de fierro galvanizado de 0.79 m x 1.90 m.



Figura 21: Caseta para la protección del reactor DHS-G5

Fuente: Elaboración propia

d) Sedimentador primario, soporte, rebose y purga

- **Sedimentador primario**

Consistió en la instalación de una batea de material plástico de 85 L de capacidad, la cual almacenó el caudal captado proveniente del tanque séptico, el ingreso del agua residual presentó un flujo continuo es decir la alimentación era durante todo el día, debido a que el sistema funcionó por gravedad.

En vista de que el agua residual captada contenía una elevada concentración de sólidos sedimentables, se procedió con la implementación e instalación de 02 láminas de mallas de material de plástico con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal, para así evitar el paso de dichos sólidos hacia la unidad de distribución del caudal de operación.

Cabe mencionar, además, que la forma y dimensiones de la batea de plástico, favorecieron a la instalación de las láminas de malla, donde se logró retener los sólidos en suspensión presentes en el agua residual, así mismo favoreció a la estabilización del flujo turbulento y

como consecuencia de ésta a la sedimentación de los sólidos en suspensión.



Figura 22: Unidad de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia

- **Unidad de soporte**

Para soportar el peso del sedimentador primario, se implementó una estructura de soporte de fierro galvanizado de 1.84 m de altura.



Figura 23: Unidad de soporte

Fuente: Elaboración propia

- **Unidad de rebose y purga**

Para realizar el mantenimiento periódico del sedimentador primario, se instaló una tubería PVC SAP Ø 2” de 7.30 m de longitud en la batea de plástico de 85 L de capacidad con salida hacia el filtro biológico de flujo ascendente existente, la cual funcionó como una unidad de desfogue del agua residual excedente, así mismo se instaló 01 válvula de paso PVC SAP Ø ¾”, la cual funcionó como una válvula de purga para extraer los sólidos sedimentables acumulados en el fondo del sedimentador primario.



Figura 24: Unidad de rebose

Fuente: Elaboración propia



Figura 25: Unidad de rebose

Fuente: Elaboración propia



Figura 26: Unidad de purga

Fuente: Elaboración propia

e) **Tubería de distribución de caudal y sistema unitario fijo de distribución del caudal de operación**

- **Tubería de distribución de caudal**

La distribución del caudal de salida a partir del sedimentador primario, se realizó mediante la instalación de 0.30 m de tubería PVC SAP Ø ¾", seguido de 01 válvula de paso PVC SAP Ø ¾" para el control del caudal, a ésta se empalmó 1.20 m de tubería PVC SAP Ø ¾", seguida de una tee PVC SAP Ø ¾" empalmada a 0.50 m de tubería PVC SAP Ø ¾" con salida a 01 válvula de paso de PVC SAP Ø ¾" para el monitoreo de los parámetros de control y los parámetros analizados en el laboratorio, a partir de la tee PVC SAP Ø ¾" se prosiguió con la instalación de 01 reducción PVC SAP Ø ¾" a Ø ½", seguida de 02 válvula de paso PVC SAP Ø ½" instaladas en paralelo con el objeto de regular el caudal de operación para el sistema unitario fijo de distribución de caudal, éste sistema se instaló con la finalidad de saturar las espumas de poliuretano en un 90% de su volumen.



Figura 27: Unidad de distribución de caudal

Fuente: Elaboración propia

- **Sistema unitario fijo de distribución del caudal de operación**

El sistema unitario fijo de distribución del caudal de operación consistió en 02 tubos de PVC SAP de Ø ½" en paralelo, los cuales fueron unidos mediante 06 mangueras de nivel de Ø 1/8" cada una con

0.21 m de longitud, separadas cada 3 cm, en las cuales se realizaron agujeros de 1mm de diámetro cada 1.5 cm.

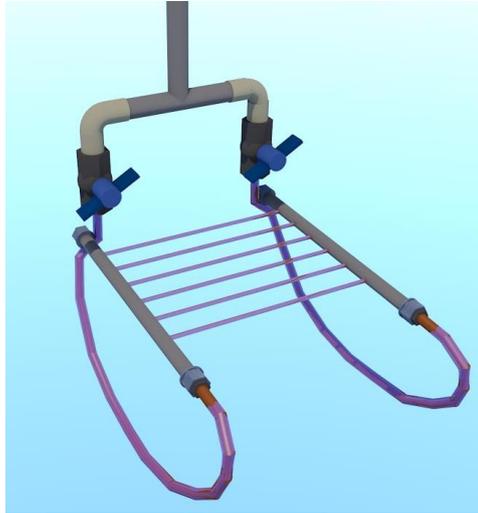


Figura 28: Sistema unitario fijo de distribución de caudal

Fuente: Elaboración propia

f) Sistema de filtros de esponjas colgantes continuas

El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas consistió en la construcción de un reactor, conformado por 04 placas de acrílico, 02 de estas con dimensiones de 20.50 cm x 100 cm y 02 placas de 17.50 cm x 100 cm, las cuales fueron unidas mediante perfiles de aluminio para evitar el pandeo, así mismo se utilizó como material filtrante la espuma de poliuretano #500, para la cual se instaló 05 placas verticales de material de acrílico con dimensiones de 19.50 cm de ancho x 94.50 cm de alto, en las cuales fueron adheridos por ambos lados en forma horizontal y de manera consecutiva un total de 240 prismas de espuma de poliuretano con dimensiones de 2.54 cm de lado x 15.50 cm de largo, quedando completamente cubiertas las láminas de acrílico por la espuma de poliuretano #500.

En vista de que la quinta generación DHS-G5 o sistema de filtros de esponjas colgantes continuas de flujo descendente posee una estructura compacta la cual incrementa el volumen de esponjas en un 55 – 77%, reduciendo el tamaño del reactor, se procedió a colocar las placas de

acrílico cubiertas completamente de prismas de espuma de poliuretano, estas colocándolas una encima de otra de tal manera que queden dentadas entre ellas, para el empaquetado de las placas se usó hilo de pescar, posterior a ello éste se incorporó a la estructura de acrílico la cual contaba con 01 riel de aluminio a cada lateral colocadas en paralelo, la cual permitió deslizar a través de ellas las placas de acrílico con los prismas de espuma de poliuretano, finalmente se logró que el reactor funcione como un filtro aerobio para tratar el agua residual doméstico.

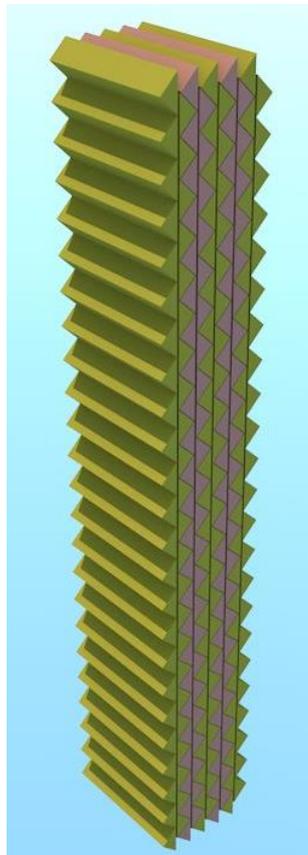


Figura 29: Empaquetado de las placas con prisma de espuma de poliuretano #500

Fuente: Elaboración propia

- **Volumen del material filtrante**

Luego de que los 240 cortes de prismas de esponjas fueron adheridos a las 05 placas de acrílico se calculó el volumen total del medio filtrante.

Tabla 14
Volumen total del filtro de esponjas

DATOS	
Largo del prisma de Esponja	15.50cm
Lado de prisma de Esponja	2.54cm
# de Láminas de Acrílico	05
# de Prismas de Esponjas por Lámina	48
# de Prismas de Esponjas para 05 Láminas	240
Área del Prisma de Esponja	3.23 cm ²
Longitud Horizontal	15.50 cm
% de Porosidad de la Esponja	94.69%
Volumen del Prisma de Esponja	50.00 cm ³
Volumen Total del Filtro de Esponjas	11 362.78 cm³

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que de acuerdo a los ensayos realizados en campo se observó que la distribución del caudal de operación sobre la superficie del material filtrante no era homogénea, por lo tanto, la saturación no abarcó el 100% del volumen total del filtro de esponjas, siendo así que el caudal determinado trabajó para un intervalo de 85% - 90% del volumen total del filtro de esponjas.

Tabla 15
Volumen total del material filtrante saturado

CAUDAL DE DISEÑO (l/s)	% DE ESPONJAS SATURADAS	VOLUMEN TOTAL DEL MATERIAL FILTRANTE (cm ³)	VOLUMEN TOTAL DEL MATERIAL FILTRANTE SATURADO (cm ³)
0.00814	85 - 90	11 362.78	9658.36 - 10 226.49

Fuente: Elaboración propia

g) Sedimentador secundario

El agua residual tratada por el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas se almacenó directamente en una batea de plástico de 11 L capacidad, empalmando a ésta un grifo PVC para la toma de muestras del efluente, para el monitoreo de los parámetros de control y parámetros analizados por el laboratorio. El sedimentador secundario tuvo como soporte una estructura de madera, improvisada con la finalidad de sostenerla.

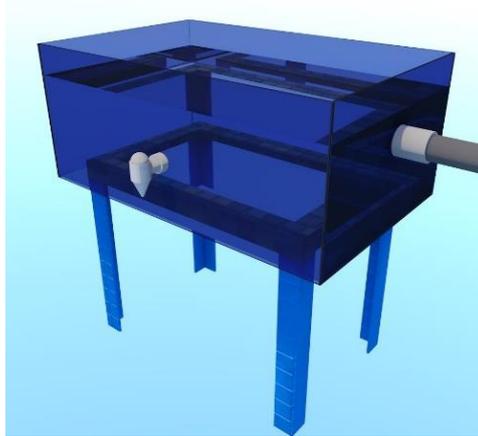


Figura 30: Unidad de almacenamiento del agua residual tratada

Fuente: Elaboración propia

Para evacuar el agua residual excedente del sedimentador secundario se empalmó a éste 05 m de tubería PVC SAP Ø 3/4", con salida al buzón existente el cual deriva el efluente del filtro biológico de flujo ascendente hacia el cuerpo receptor.

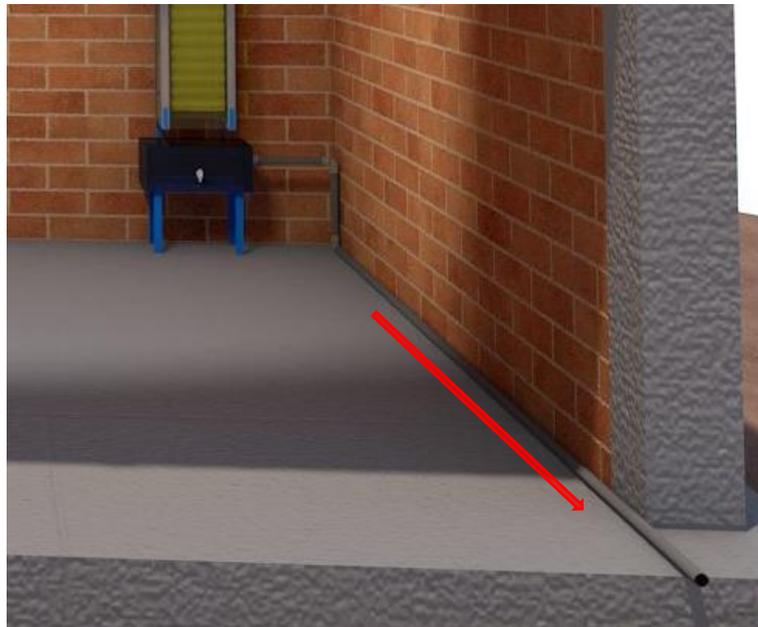


Figura 31: Unidad de recolección del agua tratada

Fuente: Elaboración propia

Etapa de monitoreo

a) Periodos del proyecto de investigación

La puesta en marcha del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) a escala piloto se inició el día 06 de noviembre del 2016, después de 10 días de adaptación se inició con el monitoreo de los parámetros de control y parámetros analizados por el laboratorio, durante el período de adaptación se presentaron deficiencias en cuanto al funcionamiento correcto del prototipo, para lo cual se realizó mejoras en dicho periodo.

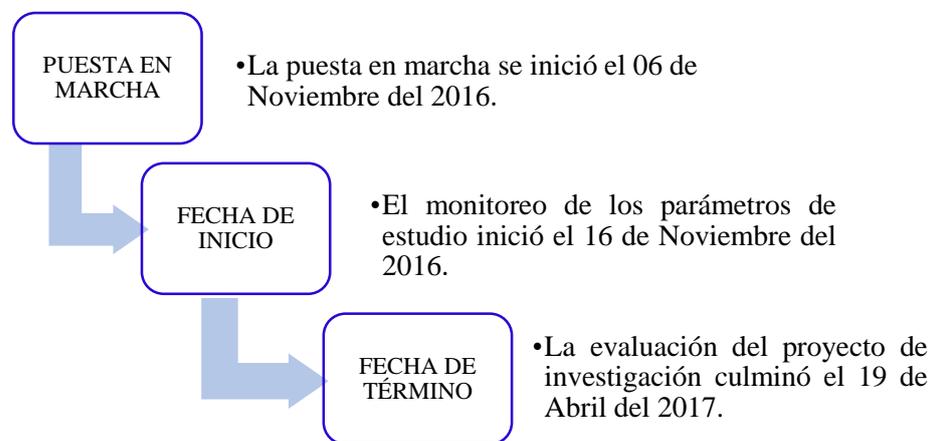


Figura 32: Etapas del proyecto de investigación

Fuente: Elaboración propia

b) Puntos de monitoreo

Para la selección de los puntos de monitoreo de los parámetros de control medidos en campo y los parámetros de análisis en el laboratorio se consideró 02 puntos de monitoreo:

- **Afluente:** Se tomó en la válvula paso instalada antes del ingreso al sistema DHS-G5.
- **Efluente:** Se tomó en el grifo ubicado en el sedimentador secundario que recibe el agua tratada.



Figura 33: Puntos de monitoreo

Fuente: Elaboración propia

c) **Parámetros de diseño, control y parámetros analizados en el laboratorio**

Para la caracterización del agua residual el tipo de muestreo utilizado fue un muestreo simple pues dicha muestra representa la composición del agua residual para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó el muestreo, se realizó a la entrada y salida del sistema de tratamiento, tanto para los parámetros de control medidos en campo y para los parámetros analizados en el laboratorio.

Para la recolección de las muestras analizadas en el laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, se hizo uso de los siguientes bienes y materiales:

- Un cooler de 07 litros
- 01 Frasco de 0.5 y 1 frasco de 1 lt de plástico (para las muestras de los análisis fisicoquímicos e indicadores de contaminación bioquímica)
- 01 Frasco de ½ lt de vidrio (para las muestras de los análisis de indicadores de contaminación microbiológica)
- Ice pack para la conservación de las muestras.

Los parámetros de diseño, control y parámetros analizados en el laboratorio, considerados en el proyecto de investigación fueron los siguientes:

- **Parámetros de diseño**

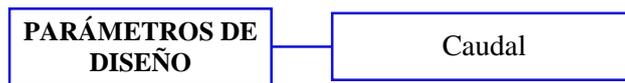


Figura 34: Parámetros de diseño

Fuente: Elaboración propia

- **Caudal**

La determinación del caudal de operación para el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas se realizó mediante el método volumétrico.

- **Parámetros de control**

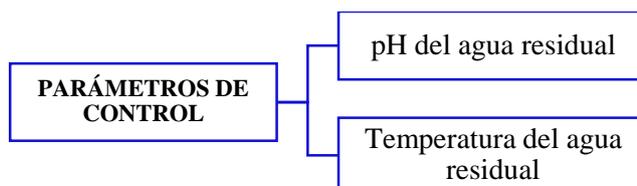


Figura 35: Parámetros de control

Fuente: Elaboración propia

En el proyecto de investigación los parámetros de control fueron monitoreados en campo, a continuación, se describirá cada uno de los parámetros evaluados:

- **Parámetros fisicoquímicos:**

pH y temperatura del agua residual:

El monitoreo del pH y de la temperatura del agua residual se realizó en el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, para lo cual se utilizó un equipo de medición de pH y temperatura (pH metro edge de HANNA instruments).



Fotografía 6: pH metro edge de HANNA instruments

Fuente: Elaboración propia

• **Parámetros analizados en el laboratorio**

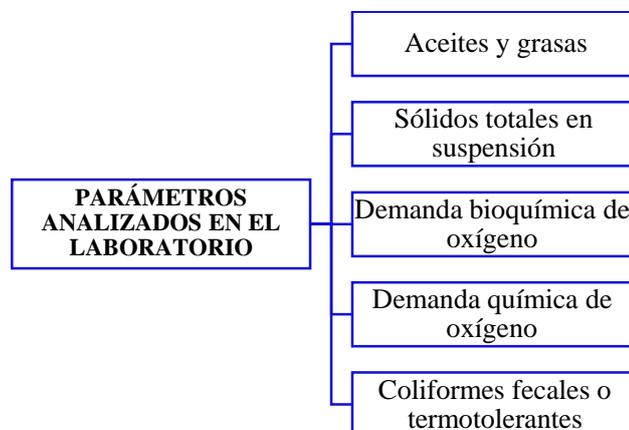


Figura 36: Parámetros analizados en el laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros fueron analizados por el laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, a continuación, se describirá cada uno de los parámetros analizados:

- **Parámetros fisicoquímicos**

Aceites y grasas:

Los aceites y grasas fueron analizados en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM, el método empleado para su análisis fue el APHA 5520 B (*).

(*) Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.

Sólidos totales en suspensión:

Los sólidos totales en suspensión fueron analizados en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM, el método empleado para su análisis fue el APHA 2540 D (*).

(*) Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.

- **Parámetros de contaminación bioquímica:**

Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno fue analizada en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM, el método empleado para su análisis fue el APHA 5210 B (*).

(*) Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.

Demanda química de oxígeno

La demanda química de oxígeno fue analizada en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM, el método empleado para su análisis fue oxidación ácida cromo sulfúrico (*).

(*) Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.

- **Parámetros de contaminación microbiología**

- Coliformes fecales o termotolerantes**

- Los coliformes fecales o termotolerantes fueron analizados en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM, el método empleado para su análisis fue el APHA 9221 C (*).

- (*). Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.

d) Periodicidad de monitoreo

Inicialmente se monitoreo los parámetros de aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes fecales o termotolerantes en los siguientes puntos: al ingreso de la cámara de rejillas, a la salida del tanque séptico, estos puntos se monitorearon durante la primera semana de evaluación del sistema de tratamiento.

A continuación, se detalla la periodicidad de monitoreo de los parámetros de diseño, control y parámetros analizados en el laboratorio:

- **Parámetros de diseño**

- **Caudal**

- Una vez determinado el caudal de operación en campo, ésta fue graduada mediante las válvulas de ingreso al sistema unitario fijo de distribución de caudal para su funcionamiento, posterior a ello se reguló el caudal cada 03 días debido a la obstrucción de los orificios de las mangueras, ocasionados por los sólidos acumulados en éstas.

- **Parámetros de control:**

- **pH y temperatura del agua residual:**

- La frecuencia de monitoreo de estos parámetros fisicoquímicos se realizaron dos veces al día, considerados por la mañana a las 7.00 am y por la tarde a las 3.00 pm.

- **Parámetros analizados en el laboratorio:**

Los parámetros analizados en el laboratorio: aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes fecales o termotolerantes fueron monitoreados de la siguiente manera:

Tabla 16

Periodicidad de los parámetros analizados en el laboratorio

Nº DE MONITOREO	FRECUENCIA
1	Inicio
2	Quincenal
3	Quincenal
4	Semanal
5	Semanal
6	Semanal
7	Semanal
8	Quincenal
9	Quincenal
10	Mensual
11	Mensual
12	Quincenal

Fuente: Elaboración propia

Etapas de implementación y ajuste del sistema DHS-G5

a) Implementación de mejoras en el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas durante el periodo de adaptación

La implementación de mejoras en el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas durante el periodo de adaptación, se realizó en las siguientes unidades:

- **Infraestructura para la protección del reactor DHS-G5.**

Una vez puesta en marcha el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, se observó el ingreso de la luz solar por los espacios vacíos entre el techo y las paredes de ladrillo de la caseta, por ende, fueron

cubiertos con mezcla de concreto pobre, para evitar el crecimiento de las algas sobre el medio filtrante.



Fotografía 7: Tapado con mezcla de concreto pobre los exteriores de la caseta

- **Sedimentador primario, soporte, rebose y purga.**
 - Se instaló en un inicio una batea de 60 lt de capacidad para que funcione como un sedimentador primario, dónde se observó que los sólidos sedimentables del agua residual ocupaban una mayor altura alcanzando el nivel de salida del efluente, permitiendo el paso de los sólidos hacia el sistema unitario fijo de distribución de caudal, el cual generó la obstrucción de éste, es por esta razón que se vio por conveniente el cambio de esta unidad por una batea de mayor capacidad de un volumen de 85 lt. Ver fotografía 8.



Fotografía 8: Sedimentador primario de 85 lt de capacidad

- Inicialmente el sedimentador primario de capacidad de 60 lt fue implementado con una lámina de malla fina de acero, la cual cumplía la función de retener los sólidos de mayor dimensión presentes en el agua residual, donde se observó que ésta se saturaba rápidamente por lo que se oxidó, es por esta razón que se vio por conveniente el cambio por 02 láminas de malla de plástico colocadas con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal, cabe mencionar que la primera lámina de malla de plástico tuvo un doble forro y la segunda lámina de malla de plástico solo uno. Ver fotografía 9.



Fotografía 9: Implementación con láminas de malla de plástico

- En el sedimentador primario se instaló 01 tee PVC SAP Ø 2", con la finalidad de que este accesorio disipe la caída del flujo del agua residual, estabilizando el flujo turbulento y evitando el levantamiento de los sólidos en ésta unidad. Ver fotografía 10.



Fotografía 10: Implementación con una tee de PVC de 2"

- En cuanto a la unidad de soporte para el sedimentador primario, inicialmente se utilizó ladrillos como descanso de la batea, la cual era de riesgo para el almacenamiento del agua residual, debido a que podría caerse en cualquier momento, es por esta razón que se vio por conveniente la implementación de un soporte fijo con ángulos de fierro, siendo éste más estable para soportar el peso del sedimentador. Ver fotografía 11.



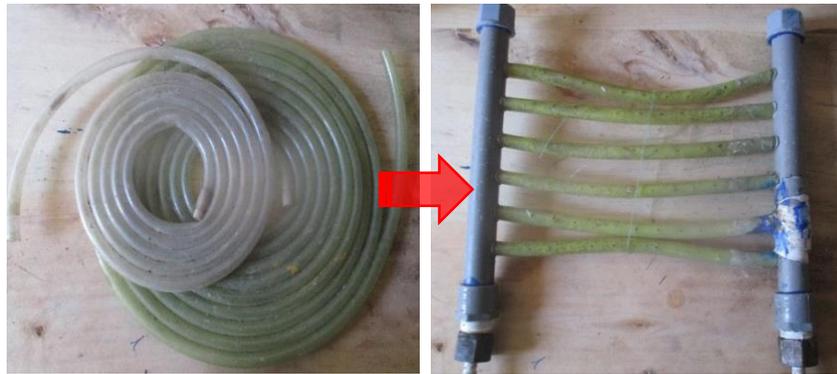
Fotografía 11: Implementación de un soporte fijo con ángulos de fierro para el sedimentador primario

- **Tubería de distribución de caudal y sistema unitario fijo de distribución del caudal de operación**
 - Se implementó e instaló una válvula de paso PVC SAP Ø ¾”, antes del ingreso al reactor DHS-G5, para la toma de muestras del afluente. Ver fotografía 12.



Fotografía 12: Implementación de la válvula de bola de PVC Ø=¾”

- En un inicio se contaba con un sistema de distribución de caudal hechas con mangueras de nivel de 1/8" en forma circular con agujeros a cada 2.5 cm, la cual no permitía el paso continuo del caudal hacia el reactor, no logrando una distribución homogénea del agua residual sobre la espuma de poliuretano, es por esta razón que se vio por conveniente con la implementación de un sistema unitario fijo de distribución del caudal de operación el cual consistió en 02 tubos de PVC SAP de Ø 1/2" en paralelo, los cuales fueron unidos mediante 06 mangueras de nivel de Ø 1/8" cada una con 0.21 m de longitud, separadas cada 3 cm, en las cuales se realizaron agujeros de 1mm de diámetro cada 1.5 cm. Ver fotografía 13.



Fotografía 13: Implementación de la unidad de distribución de caudal

- **Sedimentador secundario**

- El sedimentador que recibe el agua residual tratada del sistema DHS-G5 con dimensiones de 0.21m de ancho x 0.21m de largo y 0.10 m de alto, la cual tuvo una capacidad de 4 L, fue cambiado por uno con capacidad de 11 L aproximadamente con dimensiones de 0.24 m de ancho y 0.33 m de largo y 0.14 m de alto, esto debido a que el sedimentador secundario instalado inicialmente era muy pequeño dejando caer el agua residual tratada al piso de la caseta. Ver fotografía 14.



Fotografía 14: Implementación de un sedimentador de mayor capacidad

b) Implementación de mejoras en el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas durante el periodo de monitoreo

La implementación de mejoras durante el periodo de monitoreo del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas se dio en las siguientes unidades:

- **Sistema de filtros de esponjas colgantes continuas**
 - La acumulación de aceites y grasas en la parte superior de las esponjas del reactor, generaban natas la cual impedía que pase el agua por el reactor a través de las esponjas, debido a estos inconvenientes se implementó con esponjas verdes de fregar colocadas en la parte superior del reactor. Ver Fotografía 15.



Fotografía 15: Implementación con esponjas verdes de fregar

- Con el pasar de los días se observó la presencia de mosquitos y larvas en el reactor DHS-G5, los cuales ingresaban al sistema DHS-G5, es por esta razón que se vio por conveniente cubrir con mallas de plástico con doble forro la parte superior del reactor, y la base de reactor. Ver fotografía 16.



Fotografía 16: Implementación con un mallas dobles

- **Sedimentador secundario**

El sedimentador secundario fue cubierto con mallas de plástico en toda su superficie para evitar el ingreso de los mosquitos.



Fotografía 17: Implementación con mallas de plástico

Etapas de procesamiento y análisis de datos

Se hizo la recopilación de la información y los datos obtenidos de la investigación de la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, para su posterior análisis e interpretación.

2.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos consistió en procesar los resultados obtenidos en el programa excel y representarlo mediante gráficas para luego proceder a compararlos, analizarlos y explicarlos; con el fin de determinar la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, así mismo se realizó el análisis estadístico (T – Student) para los parámetros (sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes fecales o termotolerantes) para contrastar la hipótesis planteada en la investigación.

2.8.1. Elección de la prueba estadística

La prueba t se utiliza para comparar los resultados de una pre-prueba con los resultados de una pos-prueba en un contexto experimental. Se comparan las medias y las varianzas del grupo en dos momentos diferentes.

Tabla 17
Pruebas estadísticas

		PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS			PRUEBAS PARAMÉTRICAS
Variable Aleatoria	Variable Fija	NOMINAL	NOMINAL	ORDINAL	NUMÉRICAS
		DICOTÓMICA	POLITÓMICA		
Muestras Independientes	Un Grupo	X ² Bondad de Ajuste Binomial	X ² Bondad de Ajuste	X ² Bondad de Ajuste	T de Student (una muestra)
	Dos Grupos	X ² Bondad de Ajuste Corrección de Yates Test exacto de Fisher	X ² de Homogeneidad	U Mann-Withney	T de Student (muestras independientes)
	Más de dos Grupo	X ² Bondad de Ajuste	X ² Bondad de Ajuste	H Kruskal-Wallis	ANOVA con un factor INTER sujetos
Muestras Relacionadas	Dos medidas	Mc Nemar	Q de Cochran	Wilcoxon	T de Student (muestras relacionadas)
	Más de dos medidas	Q de Cochran	Q de Cochran	Friedman	ANOVA para medidas repetitivas (INTRA sujetos)

Fuente: (Valera 2013)

2.8.2. Procedimiento para aplicar la prueba T- Student

Paso 1: Redactar la hipótesis

H₀ = Hipótesis nula.

H₁ = Hipótesis alterna.

Paso 2: Definir porcentaje de error “α”

$$\alpha = 0.05 = \% 5$$

Paso 3: calcular P-Valor

Normalidad

Kolmogorov-Smirnov muestras grandes (> 30 individuos).

Chapiro Wilk muestras grandes (< 30 individuos).

Criterios para determinar la Normalidad

P-valor $\geq \alpha$ se acepta H_0 = Los datos provienen de una distribución **normal**.

P-valor $< \alpha$ se acepta H_1 = Los datos **NO** provienen de una distribución **normal**.

Paso 4: Decisión estadísticas

Criterios para decidir

Si la probabilidad obtenida P-valor $\leq \alpha$, se RECHAZA la H_0 (se ACEPTA la H_i)

Si la probabilidad obtenida P-valor $> \alpha$, se ACEPTA la H_0 , (se RECHAZA la H_i)

2.9. ÁMBITO DE ESTUDIO

El centro poblado de Marian, se encuentra ubicado:

2.9.1. Ubicación política

Región	: Ancash
Provincia	: Huaraz
Distrito	: Independencia
Centro poblado	: Marian
Caserío	: Marian

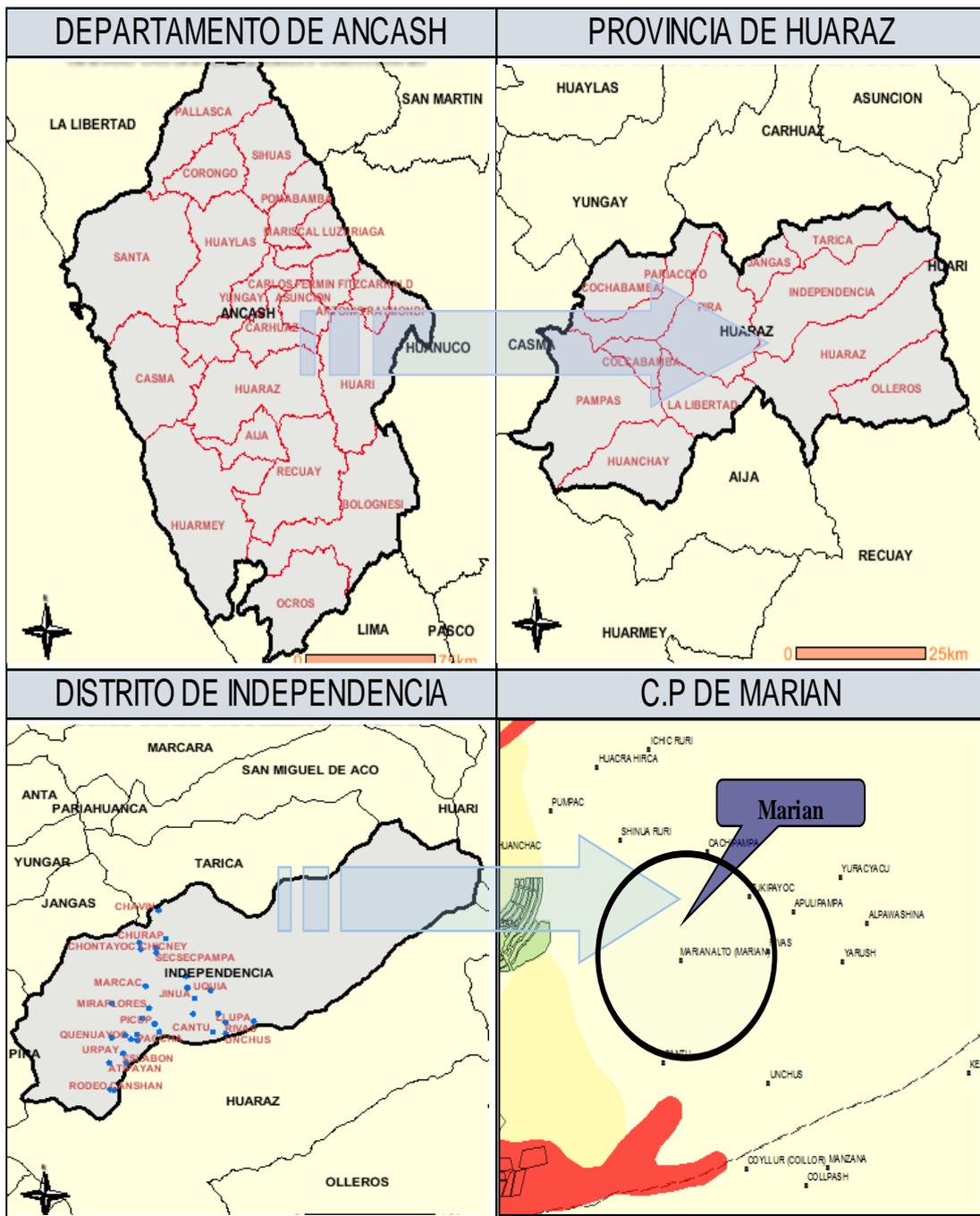
2.9.2. Ubicación hidrográfica

Vertiente	: Océano Pacífico
Cuenca	: Río Santa

2.9.3. Localización geográfica

Altitud	: 3,289 msnm.
Latitud	: 8947500 N
Longitud	: 225250 E

Con una población (rural) de 1120 Habitantes



Mapa 1: Localización geográfica del centro poblado de Marian

Fuente: Elaboración propia



Mapa 2: Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro poblado de Marian

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III: RESULTADOS

3.1. RESULTADOS DEL CAUDAL DE OPERACIÓN Y TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO

3.1.1. Caudal

Tabla 18

Determinación del caudal promedio de operación del sistema DHS-G5

FECHA	TIEMPO (SEG.)	VOLUMEN (LT)	CAUDAL (L/S)	
06/09/2016	T1	29.56	0.25	0.00846
06/09/2016	T2	31.34	0.25	0.00798
06/09/2016	T3	30.76	0.25	0.00813
06/09/2016	T4	30.58	0.25	0.00818
06/09/2016	T5	31.01	0.25	0.00806
06/09/2016	T6	31.17	0.25	0.00802
06/09/2016	T7	30.82	0.25	0.00811
06/09/2016	T8	30.52	0.25	0.00819
CAUDAL PROMEDIO (Qp)			0.00814	
CAUDAL MÁXIMO (Qmáx.)			0.00846	
CAUDAL MÍNIMO (Qmín.)			0.00798	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18 se observa el caudal promedio de operación de 0.00814 l/s para el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, determinado mediante el método volumétrico para lo cual se realizaron varias mediciones del tiempo en el cual tarda en llenar el agua residual en un volumen de 0.25lt.

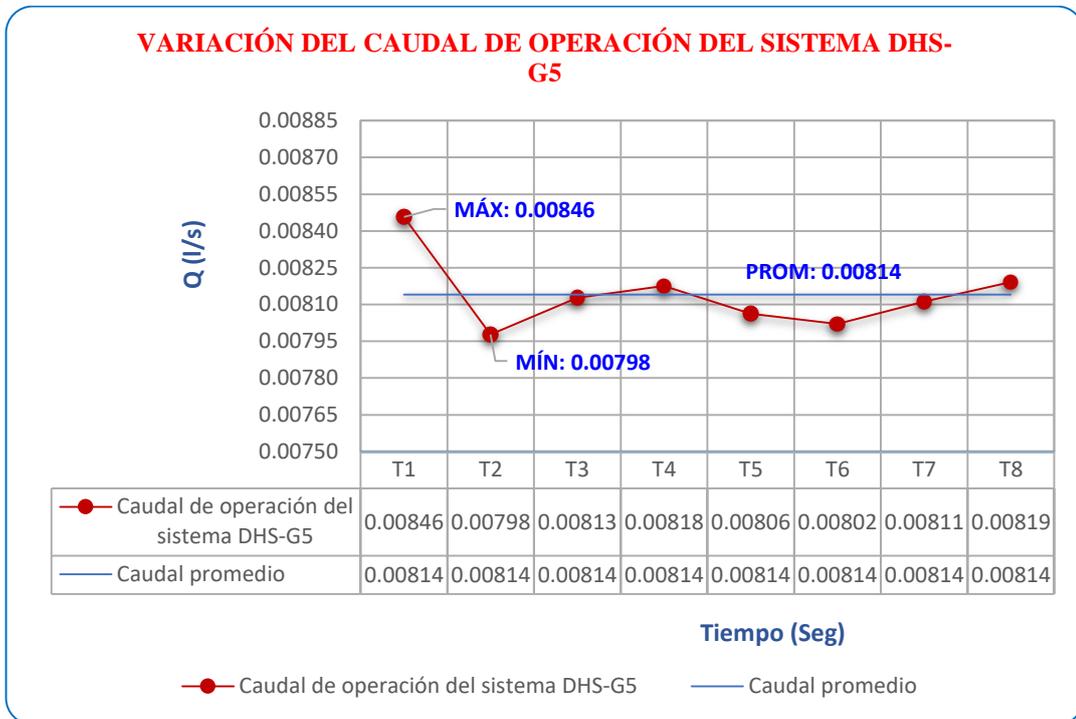


Gráfico 1: Caudal de operación del sistema DHS-G5

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 1 se observa la variación del caudal de operación del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, identificándose un caudal máximo (QMax) de 0.00846 l/s y caudal mínimo (QMin) de 0.00798 l/s.

El biorreactor de quinta generación operó con un caudal promedio de 0.00814 l/s, el cual se mantuvo constante durante todo el periodo de funcionamiento del reactor para garantizar el tratamiento del agua residual.

3.1.2. Tiempo de retención hidráulico (TRH)

Tabla 19

Determinación del tiempo de retención hidráulica teórica

Caudal de diseño	8.14 ml/s
Volumen del filtro de esponjas	11 362.78 cm ³
Tiempo de retención hidráulica (teórico)	40 min

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 se observa el tiempo de retención hidráulica teórica de 40 minutos. para un volumen de material filtrante de 11 362.78 cm³ y un caudal de 0.0018 l/s.

3.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL

3.2.1. pH y temperatura

Tabla 20

Parámetros promedios de control monitoreados en el afluente y efluente

MONITOREO (N° DE SEMANAS)	PARÁMETROS DE CONTROL			
	PUNTO DE MONITOREO AFLUENTE		PUNTO DE MONITOREO EFLUENTE	
	pH	TEMPERATURA (°C)	pH	TEMPERATURA (°C)
1	7.01	14.60	7.94	13.79
2	7.09	13.89	7.76	14.49
3	7.01	13.89	7.95	12.44
4	7.84	13.85	7.87	14.10
5	7.20	12.89	7.80	12.47
6	7.16	13.81	7.68	12.72
7	7.13	14.09	7.77	13.39
8	7.05	13.69	7.65	12.74
9	7.13	14.23	7.75	13.21
10	7.04	14.09	7.51	13.20
11	7.04	14.07	7.51	12.71
12	7.04	13.56	7.49	12.89
13	7.11	14.83	7.58	13.78
14	7.06	14.50	7.55	13.28
15	7.07	13.42	7.52	12.65
16	7.12	13.34	7.43	12.82
17	7.05	13.73	7.40	13.32
18	7.08	13.78	7.41	12.91
19	7.11	13.63	7.46	12.69
20	6.98	14.56	7.50	13.32
21	7.06	14.21	7.47	13.61
22	7.08	13.98	7.40	14.24

23	7.04	13.35	7.48	13.59
24	6.97	13.22	7.49	13.72
MAX.	7.84	14.83	7.95	14.49
MIN.	6.97	12.89	7.40	12.44
PROM.	7.10	13.88	7.60	13.25

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20 se observa los registros obtenidos in situ durante todo el periodo de monitoreo, presentándose un pH máximo de 7.84 y un pH mínimo de 6.97 en el afluente, un pH máximo de 7.95 y un pH mínimo de 7.40 en el efluente. El pH promedio fue de 7.10 en el afluente y en el efluente fue de 7.60.

Así mismo en el afluente se registró una temperatura máxima de 14.83 °C y una temperatura mínima de 12.89 °C, y en el efluente una temperatura máxima de 14.49 °C y una temperatura mínima de 12.44 °C.

La temperatura promedio fue de 13.88 en el afluente y en el efluente fue de 13.25.

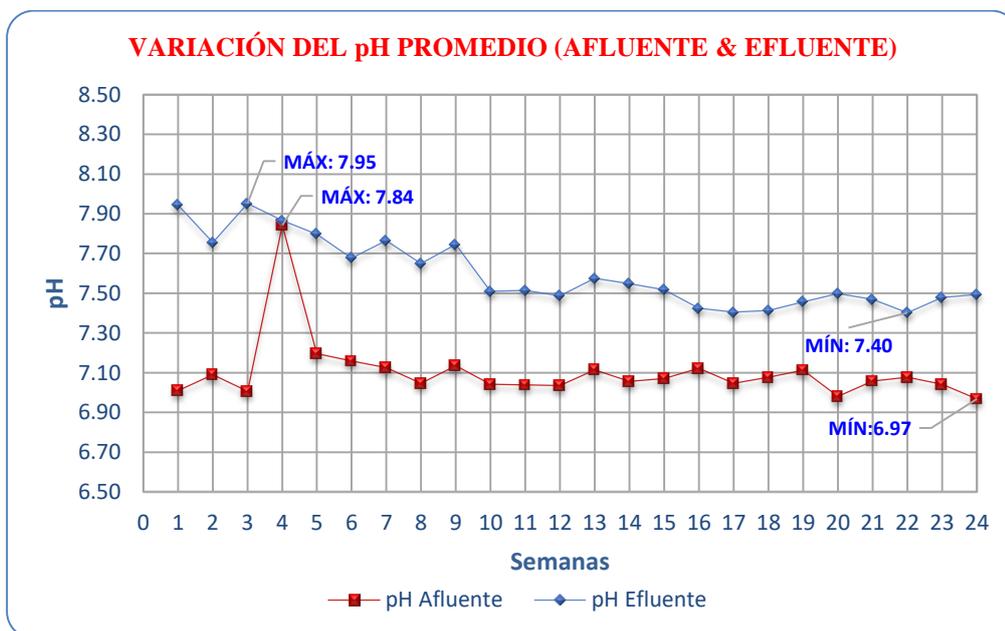


Gráfico 2: Variación del pH promedio en el afluente y efluente del sistema DHS-G5

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 2 se observa el comportamiento del afluente y efluente con respecto al pH promedio, donde los valores registrados en el afluente fueron menores en comparación a los valores registrados en el efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5), como resultado de las reacciones que ocurrieron en el sistema biológico, tales como el proceso de desnitrificación, oxidación biquímica de ácidos orgánicos y destrucción de sales de ácidos orgánicos.

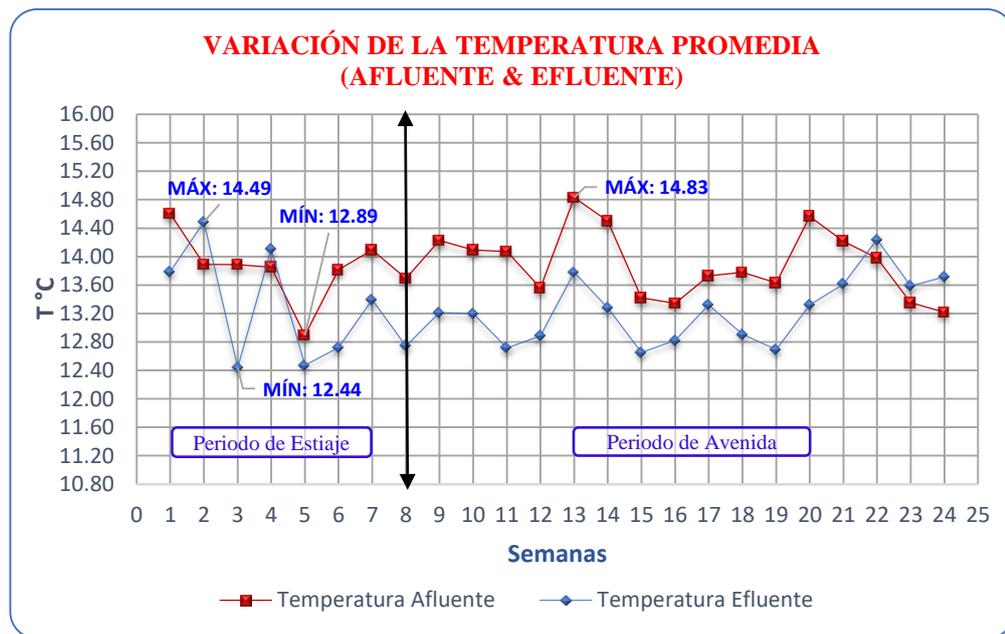


Gráfico 3: Variación de la temperatura en el afluente y efluente del sistema DHS-G5

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 3 se observa el comportamiento del afluente y efluente con respecto a la temperatura, donde los valores registrados en el afluente en su mayoría fueron mayores en comparación a los valores registrados en el efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5), la temperatura máxima registrada en el afluente se dió en el periodo de avenida y la temperatura mínima en el periodo de estiaje, asi mismo la temperatura máxima y mínima registradas en el efluente se dieron en el periodo de estiaje.

3.3. RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO

3.3.1. Concentraciones de los parámetros analizados en el afluente y efluente

Tabla 21

Concentraciones de los parámetros analizados en el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas

Nº MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO: AFLUENTE					PUNTO DE MONITOREO: EFLUENTE				
	ACEITES Y GRASAS (mg/l)(*)	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/l)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l DBO ₅)	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/l DQO)	COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES (NMP/100 ml)	ACEITES Y GRASAS (mg/l)	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/l)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l DBO ₅)	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/l DQO)	COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES (NMP/100 ml)
1	(**)	24	(**)	144	2.40E+07	(**)	4	(**)	55	2.40E+07
2	< 1	26	70	149	1.10E+07	< 1	4	11	93	1.10E+07
3	< 1	170	146	345	1.10E+07	< 1	4	28	66	1.10E+07
4	< 1	(**)	33	71	1.10E+07	< 1	(**)	23	62	1.10E+07
5	< 1	(**)	93	188	1.10E+07	< 1	(**)	23	48	1.10E+07
6	< 1	24	52	108	2.40E+07	< 1	3	10	< 25	2.40E+07
7	< 1	12	74	153	1.10E+07	< 1	3	55	111	2.40E+06
8	< 1	11	47	94	1.10E+07	< 1	3	28	57	1.10E+07
9	< 1	39	71	145	1.10E+07	< 1	3	21	43	1.10E+07
10	< 1	178	79	158	1.10E+07	< 1	44	59	118	4.60E+05
11	N.M	265	51	102	1.10E+07	N.M	27	44	88	1.10E+06
12	< 1	47	85	170	1.10E+07	< 1	1	51	102	4.30E+05
MÁX.	<1	265	146	345	2.40E+07	< 1	44	59	118	2.40E+07
MÍN.	<1	11	51	71	1.10E+07	< 1	1	10	<25	4.30E+05

Fuente: Elaboración propia

(*) Límite de detección igual a 1.

(N.M) No se realizó la medición debido a que no se consideró necesario ya que las anteriores concentraciones permanecieron constantes con un valor <1mg/l.

(**) Valores descartados debido a factores que intervinieron durante el periodo de evaluación del proyecto de investigación.

(***) Límite de detección igual a 25, por la cual se consideró el valor más desfavorable igual a 25, para las muestras que presentaron valores <25.

En la Tabla 21 se observa las concentraciones de los parámetros analizados por el laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, los cuales fueron medidos en el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, en el afluente presentaron concentraciones constantes de aceites y grasas de <1 mg/lit, concentraciones de sólidos totales en suspensión en un rango de 11 mg/lit a 265 mg/lit, concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno en un rango de 51 mg/lit a 146 mg/lit, concentraciones de la demanda química de oxígeno en un rango de 71 mg/lit a 345 mg/lit y concentraciones de coliformes fecales o termotolerantes de 1.10E+07 a 2.40E+07, y en el efluente concentraciones de constantes de aceites y grasas de <1 mg/lit, concentraciones de sólidos totales en suspensión en un rango de 1 mg/lit a 44 mg/lit, concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno en un rango de 10 mg/lit a 59 mg/lit, concentraciones de la demanda química de oxígeno en un rango de <25 mg/lit a 118 mg/lit y concentraciones de coliformes fecales o termotolerantes de 4.30E+05 a 2.40E+07.

3.3.2. Índice de biodegradabilidad

A partir de los resultados obtenidos en el afluente con respecto a la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO), se calculó el índice de biodegradabilidad que presenta el agua residual que ingresa al sistema de filtros de esponjas colgantes continuas.

Tabla 22
Índice de biodegradabilidad del agua residual

Nº MONITOREO	RELACIÓN DBO ₅ /DQO
2	0.47
3	0.42
4	0.46
5	0.49
6	0.48
7	0.48
8	0.50
9	0.49
10	0.50
11	0.50
12	0.50
MAX.	0.50
MIN.	0.42
PROM.	0.48

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 22 se observa un índice de biodegradabilidad promedio igual a 0.48, así mismo un índice de biodegradabilidad máximo igual a 0.50 y un mínimo igual a 0.42.

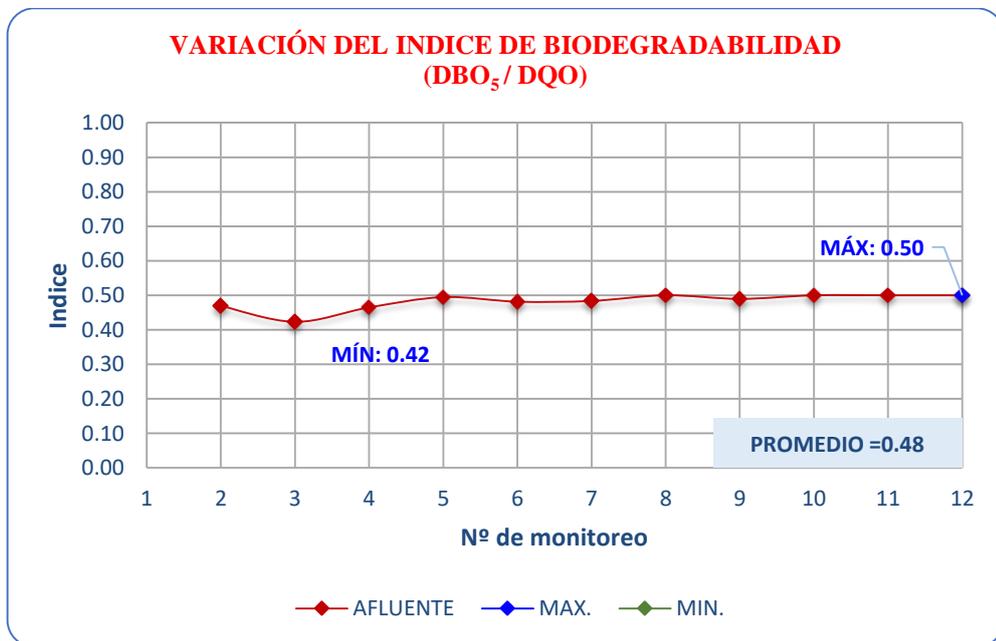


Gráfico 4: Variación del índice de biodegradabilidad del agua residual que ingresa al sistema DHS – G5

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 6 se observa la variación del índice de biodegradabilidad del agua residual que ingresa al sistema DHS – G5, presentando un índice de biodegradabilidad promedio igual a 0.48, para una relación de DBO₅/DQO superior a 0.4 nos indica que el agua residual puede considerarse biodegradable, demostrando así que el afluente del sistema DHS-G5 debe ser tratado biológicamente.

3.3.3. Comportamiento del afluente y efluente

Parámetros de análisis fisicoquímico

- Aceites y grasas

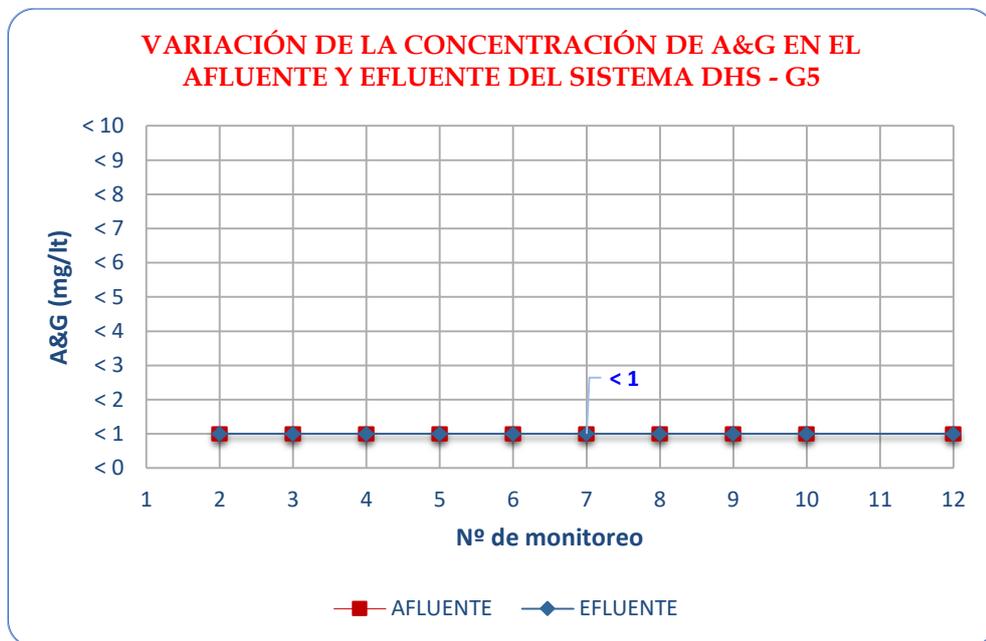


Gráfico 5: Variación de la concentración de A&G en el afluente y efluente del sistema (DHS-G5)

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 5 se observa la variación de la concentración de aceites y grasas en el afluente y efluente del sistema (DHS-G5), donde se observa que las concentraciones de aceites y grasas en el afluente y efluente se mantuvieron constantes con un valor < 1mg/Lt, las concentraciones en el afluente fueron debido al bajo aporte de aceites y grasas generados por la población, es por ello que las concentraciones en el efluente del sistema (DHS-G5) también presentaron valores < 1mg/Lt.

- **Sólidos totales en suspensión (SST)**

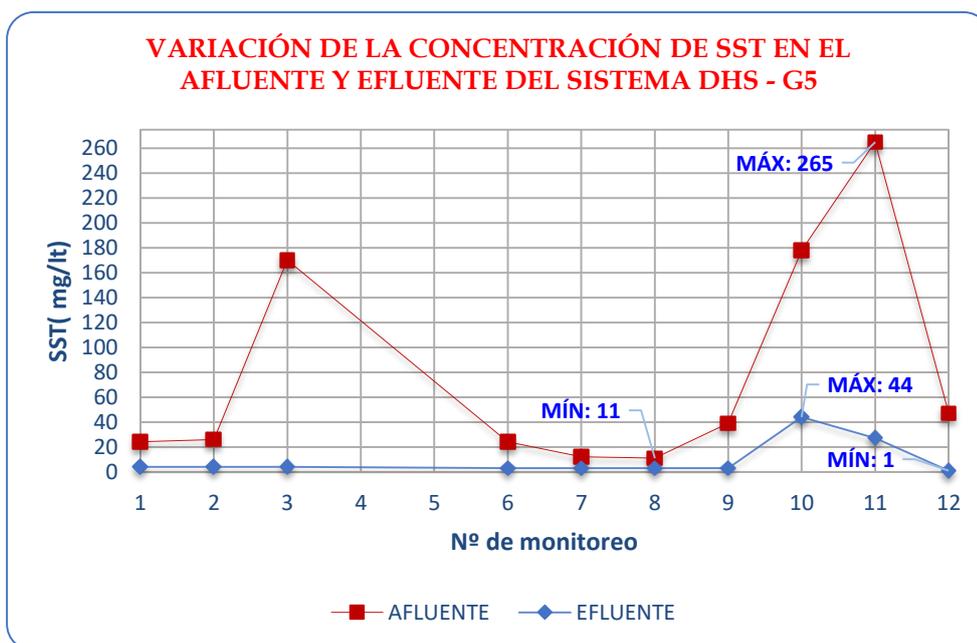


Gráfico 6: Variación de la concentración de SST en el afluente y efluente del Sistema (DHS-G5)

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 6 se observa la variación de la concentración de sólidos totales en suspensión en el afluente y efluente del sistema (DHS-G5), donde al analizar el comportamiento del afluente, se observa una gran dispersión o variación de las concentraciones, con valores que oscilaron de 11 mg/lt a 265 mg/lt, mientras que la variación de las concentraciones en el efluente oscilaron de 1 mg/lt a 44 mg/lt.

Así mismo se puede observar que las concentraciones de SST en el efluente del sistema (DHS-G5), fueron menores en comparación a las concentraciones del afluente, indicándonos que el sistema (DHS-G5) está removiendo los SST presentes en el agua residual proveniente del tanque séptico.

Parámetros de análisis de indicadores de contaminación bioquímica

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

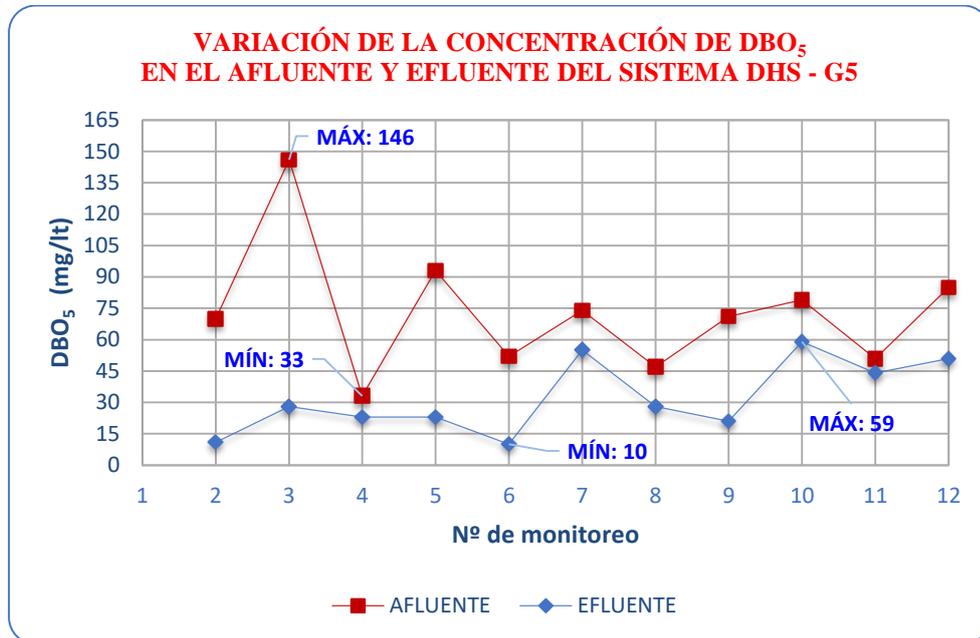


Gráfico 7: Variación de la concentración de DBO₅ en el afluente y efluente del Sistema (DHS – G5)

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 7 se observa la variación de la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en el afluente y efluente del sistema (DHS-G5), dónde se observó que la concentración de DBO₅ en el afluente tuvo un comportamiento muy variable a lo largo del periodo de monitoreo, las cuales oscilaron de 33 mg/lt a 145 mg/lt, a pesar de estas variaciones la concentración de DBO₅ en el efluente estuvo en todo momento por debajo de las concentraciones del afluente, indicándonos que el sistema (DHS-G5) esta removiendo la materia orgánica biodegradable del agua residual proveniente del tanque séptico.

Así mismo se destaca que mediante el sistema (DHS-G5) se logró obtener una concentración de DBO₅ igual a 10 mg/lt, en el sexto monitoreo.

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

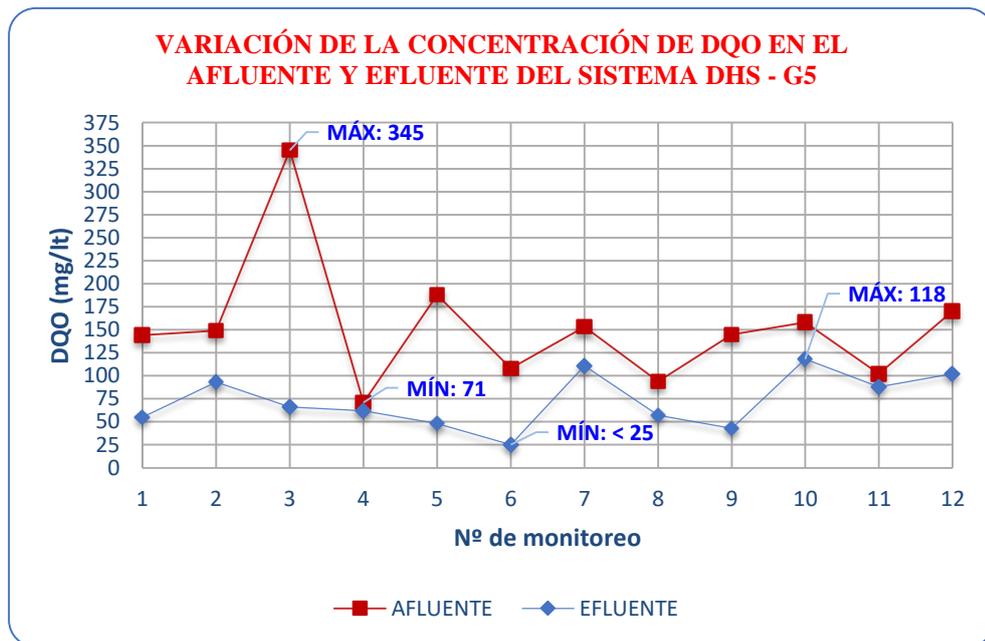


Gráfico 8: Variación de la concentración de SST en el afluente y efluente del Sistema DHS-G5

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 8 se observa la variación de la concentración de la demanda química de oxígeno en el afluente y efluente del sistema (DHS-G5), donde se observó que la concentración de DQO en el afluente tuvo un comportamiento muy variable a lo largo del periodo de monitoreo, las cuales oscilaron de 71 mg/lt a 345 mg/lt, a pesar de estas variaciones la concentración de DQO en el efluente estuvo en todo momento por debajo de las concentraciones del afluente, la cual nos indica que se dió la degradación de la materia orgánica no biodegradable como la biodegradable en el sistema (DHS-G5).

Así mismo se destaca que mediante el sistema (DHS-G5) se logró obtener una concentración de DQO < a 25 mg/lt, en el sexto monitoreo.

Parámetros de indicadores de contaminación biológica

- Coliformes fecales o termotolerantes

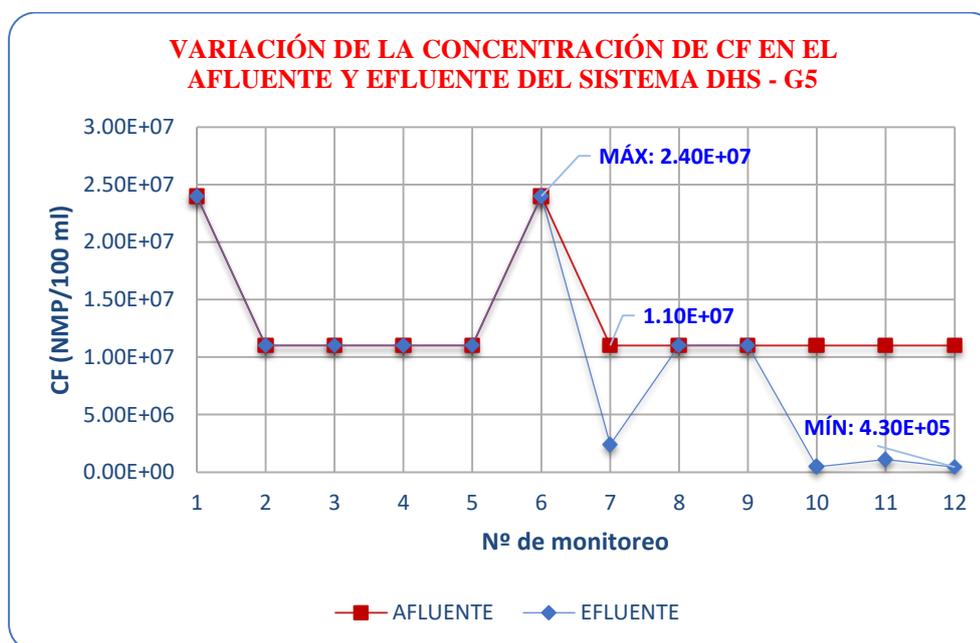


Gráfico 9: Variación de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes en el afluente y efluente del sistema DHS-G5

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 9 se observa la variación de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes en el afluente y efluente del sistema (DHS-G5), mostrándose en el afluente una concentración máxima de 2.40×10^7 NMP/100 ml la cual se dió en el primer y sexto monitoreo, y una concentración mínima de 1.10×10^7 NMP/100 ml para los demás monitoreos, así mismo se muestra la variación de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes en el efluente, dónde la concentración máxima fue 2.40×10^7 NMP/100 ml, la cual se dió en el primer y sexto monitoreo, y la concentración mínima fue de 4.30×10^5 NMP/100 ml la cual se dió en el séptimo monitoreo.

Así mismo se observa que las concentraciones de coliformes fecales en el efluente fueron menores en comparación a las concentraciones del afluente para el séptimo, décimo, onceavo y doceavo monitoreo, mientras que en los demás monitoreos las concentraciones de coliformes fecales fueron iguales.

3.3.4. Variación de los % de remoción de los parámetros analizados

Tabla 23

Resumen de remociones del sistema DHS-G5

RESUMEN DE REMOCIONES					
PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL LABORATORIO					
N° MONITOREO	ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS		ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA		INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICOS
	ACEITES Y GRASAS (mg/l)	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/l)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/DBO₅)	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/DQO)	COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES (NMP/100 ml)
1	N.D	83.33%	N.D	35.42%	54.17%
2	N.D	84.62%	84.29%	37.58%	0.00%
3	N.D	97.65%	80.82%	80.87%	0.00%
4	N.D	N.D	30.30%	12.68%	0.00%
5	N.D	N.D	75.27%	74.47%	0.00%
6	N.D	87.50%	80.77%	76.85%	0.00%
7	N.D	75.00%	25.68%	27.45%	78.18%
8	N.D	72.73%	40.43%	39.36%	0.00%
9	N.D	92.31%	70.42%	70.34%	0.00%
10	N.D	75.28%	25.32%	25.32%	95.82%
11	N.D	89.81%	13.73%	13.73%	90.00%
12	N.D	97.87%	40.00%	40.00%	96.09%
MAX.	N.D	97.87%	84.29%	80.87%	96.09%
MIN.	N.D	72.73%	13.73%	12.68%	0.00%
PROM.	N.D	85.61%	51.55%	44.51%	34.52%

Fuente: Elaboración propia

(N.D) No se pudo calcular el % de remoción debido a que los valores fueron descartados por factores que intervinieron durante el periodo de evaluación del proyecto de investigación.

En la Tabla 23 se muestra los porcentajes de remoción para cada monitoreo con respecto a los parámetros analizados: sólidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes fecales o termotolerantes.

Así mismo se muestra para el parámetro de SST un porcentaje de remoción máximo de 97.87% y mínima de 72.73% con una remoción promedio de 85.61%, para el parámetro de la DBO₅ un porcentaje de remoción máximo de 84.29% y mínima de 13.73% con una remoción promedio de 51.55%, para el parámetro de la DQO un porcentaje de remoción máximo de 80.87% y mínima de 12.68% con una remoción promedio de 44.51% y coliformes fecales o

termotolerantes un porcentaje de remoción máximo de 96.09% y mínima de 00.00% con una remoción promedio de 34.52%.

Parámetros de análisis fisicoquímico

- **Sólidos totales en suspensión (SST)**

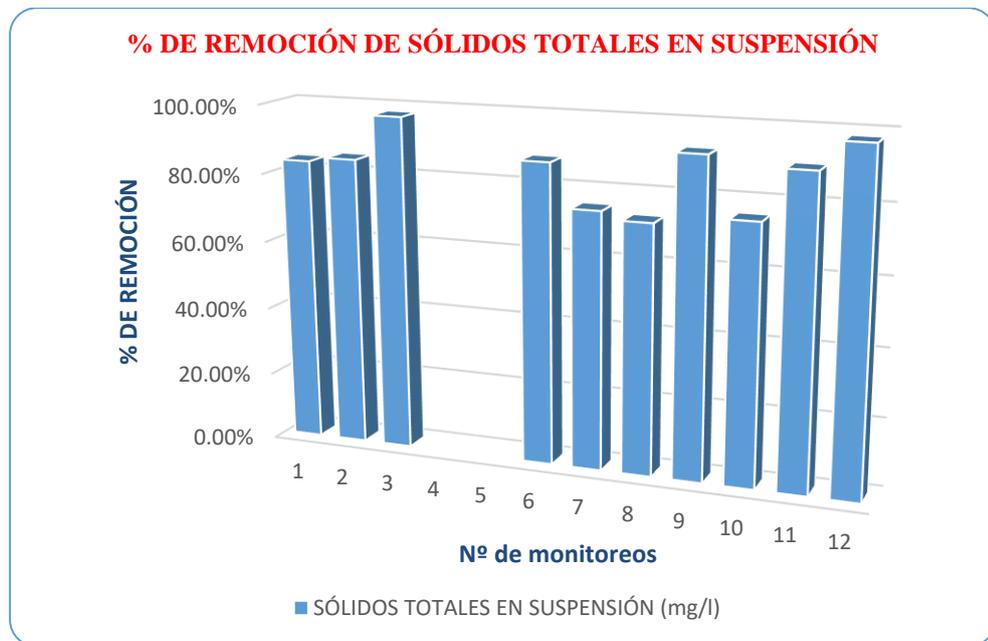


Gráfico 10: Remoción de sólidos totales en suspensión

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 10 se observa la variación del porcentaje de remoción de sólidos totales en suspensión a lo largo del monitoreo, donde se observa que el sistema (DHS-G5) evidenció porcentajes de remociones mayores al 90%, indicándonos que el tratamiento es muy eficiente para la remoción de sólidos totales en suspensión.

Parámetros de análisis de indicadores de contaminación bioquímica

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

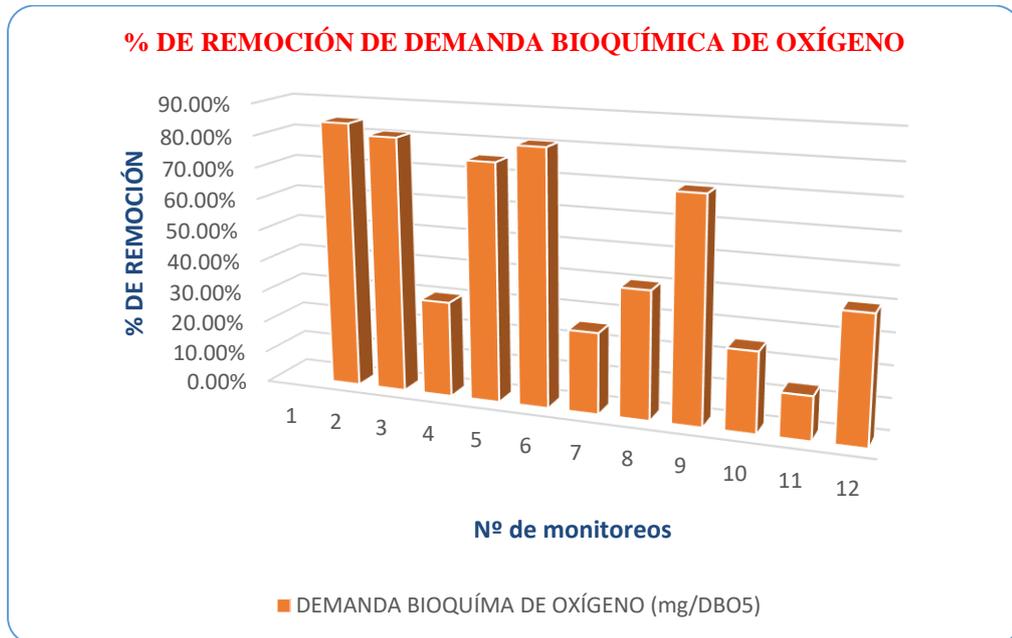


Gráfico 11: Remoción de demanda bioquímica de oxígeno

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 11 se observa la variación del porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno a lo largo del monitoreo, donde se observa que el sistema (DHS-G5) presentó remociones mayores al 80%, indicándonos que el tratamiento es muy eficiente para la remoción de demanda bioquímica de oxígeno.

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

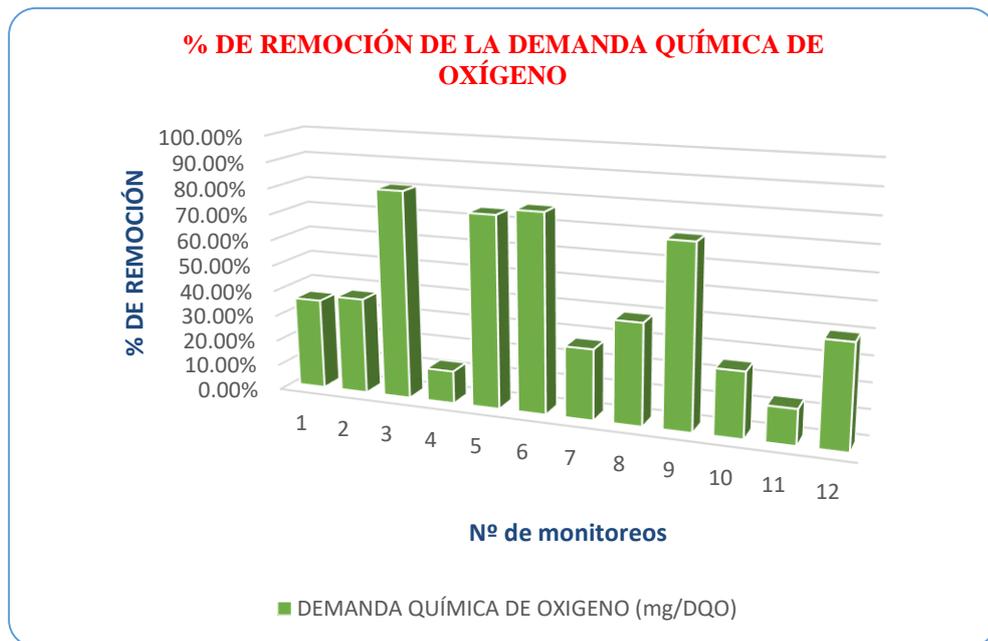


Gráfico 12: Remoción de demanda química de oxígeno

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 12 se observa la variación del porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno a lo largo del monitoreo, dónde se observa que el sistema (DHS-G5) presentó una remoción mínima de 12.68% correspondiente al cuarto monitoreo, esto pudo ocurrir debido a la limitada concentración de oxígeno en el reactor para llevarse acabo la degradingación de la materia biodegradable y no biodegradable.

Así mismo el sistema (DHS-G5) alcanzó remociones mayores al 70%, indicándonos que el tratamiento es eficiente para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno.

Parámetros de indicadores de contaminación biológica

- Coliformes fecales o termotolerantes

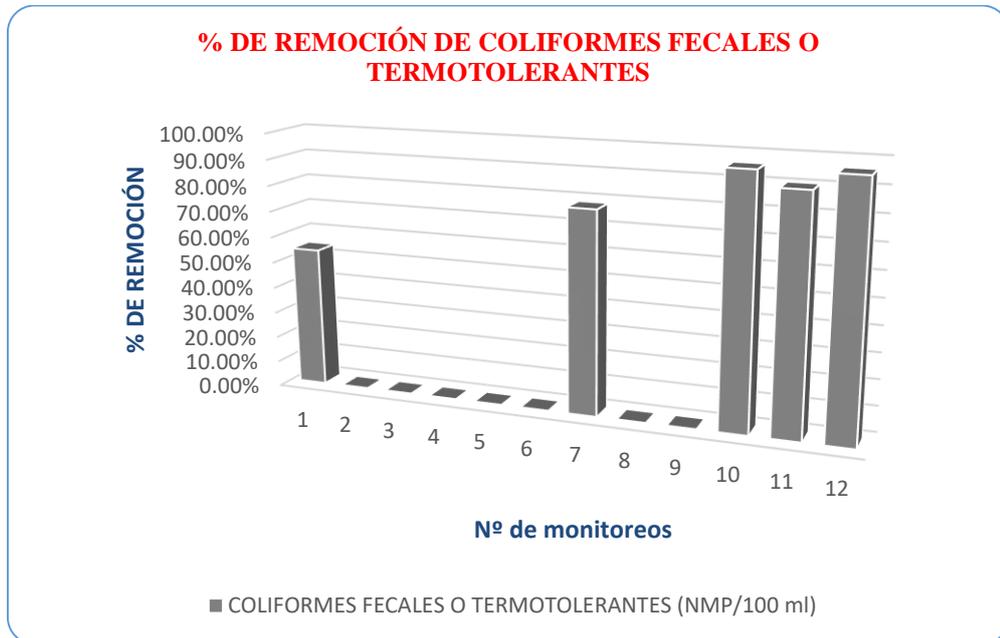


Gráfico 13: Remoción de coliformes fecales o termotolerantes

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 13 se observa la variación del porcentaje de remoción de coliformes fecales o termo tolerantes a lo largo del monitoreo, dónde se observa que el sistema (DHS-G5) presentó remociones de 0.00% correspondientes al segundo, tercero, cuarto, quinto sexto, octavo y noveno monitoreo, así mismo el sistema alcanzó una remoción máxima del 96.09 %, la variación de remoción en los monitoreos ocurrieron probablemente por la conformación y renovación de la biopelícula microbiana sobre el medio filtrante.

3.3.5. Eficiencia promedio del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas

A continuación, se muestra la eficiencia promedio del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas con respecto a los parámetros analizados.

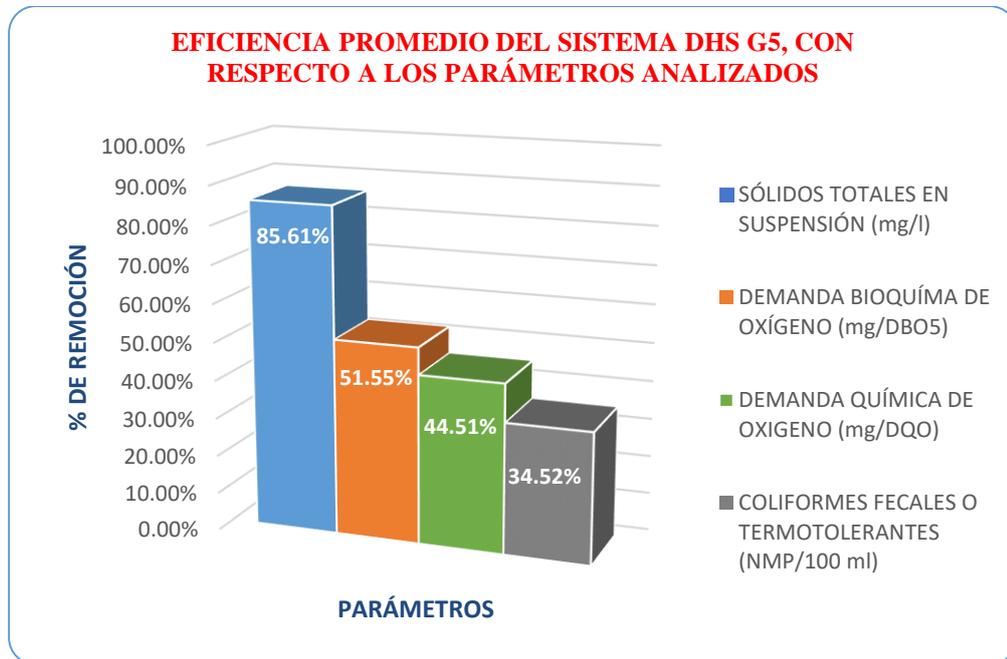


Gráfico 14: Eficiencias promedias del sistema DHS-G5, con respecto a los parámetros analizados

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 14 se observa los porcentajes de remocion promedio con respecto a los parámetros analizados: sólidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes fecales o termotolerantes, dónde se obseva que la remoción promedio para los sólidos totales en suspensión fue de 85.61 %, para la demanda bioquímica de oxígeno fue de 51.55 %, para la demanda química de oxígeno fue de 44.51% y para los coliformes fecales o termotolerantes de 34.52%.

3.4. CONTRASTE DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EFLUENTES DE PTARs

3.4.1. Contrastes de los resultados de los parámetros de control con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

Tabla 24

Contraste del pH y temperatura con los LMP

MONITOREO (N° DE SEMANAS)	PARÁMETROS DE CONTROL		LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR		
	PUNTO DE MONITOREO EFLUENTE				
	pH	TEMPERATURA (°C)	pH		TEMPERATURA (°C)
	Prom.	Prom.	Min.	Max.	
1	7.94	13.79	6.50	8.50	35.00
2	7.76	14.49	6.50	8.50	35.00
3	7.95	12.44	6.50	8.50	35.00
4	7.87	14.10	6.50	8.50	35.00
5	7.80	12.47	6.50	8.50	35.00
6	7.68	12.72	6.50	8.50	35.00
7	7.77	13.39	6.50	8.50	35.00
8	7.65	12.74	6.50	8.50	35.00
9	7.75	13.21	6.50	8.50	35.00
10	7.51	13.20	6.50	8.50	35.00
11	7.51	12.71	6.50	8.50	35.00
12	7.49	12.89	6.50	8.50	35.00
13	7.58	13.78	6.50	8.50	35.00
14	7.55	13.28	6.50	8.50	35.00
15	7.52	12.65	6.50	8.50	35.00
16	7.43	12.82	6.50	8.50	35.00
17	7.40	13.32	6.50	8.50	35.00
18	7.41	12.91	6.50	8.50	35.00
19	7.46	12.69	6.50	8.50	35.00
20	7.50	13.32	6.50	8.50	35.00
21	7.47	13.61	6.50	8.50	35.00
22	7.40	14.24	6.50	8.50	35.00
23	7.48	13.59	6.50	8.50	35.00
24	7.49	13.72	6.50	8.50	35.00
PROM.	7.60	13.25	6.50	8.50	35.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 24 se observa el registro del pH y temperatura promedio monitoreados en el efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas durante un periodo de 24 semanas, presentando un pH promedio de 7.60 y una temperatura promedio de 13.25, así mismo se muestran los valores de los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM con respecto a los mismos parámetros, encontrándose en un intervalo de 6.50 a 8.50 para el pH y un valor de 35.00°C para la temperatura.



Gráfico 15: Variación del pH promedio en el efluente del sistema DHS-G5 con respecto al LMP

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 15 se observa el comportamiento del pH promedio en el efluente del sistema DHS-G5, cuyos valores oscilaron de 7.40 a 7.95 encontrándose dentro del intervalo establecido (6.5 - 8.5) por los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, por lo que dicho efluente puede ser vertido a un cuerpo receptor sin alterar la composición y biota de esta.

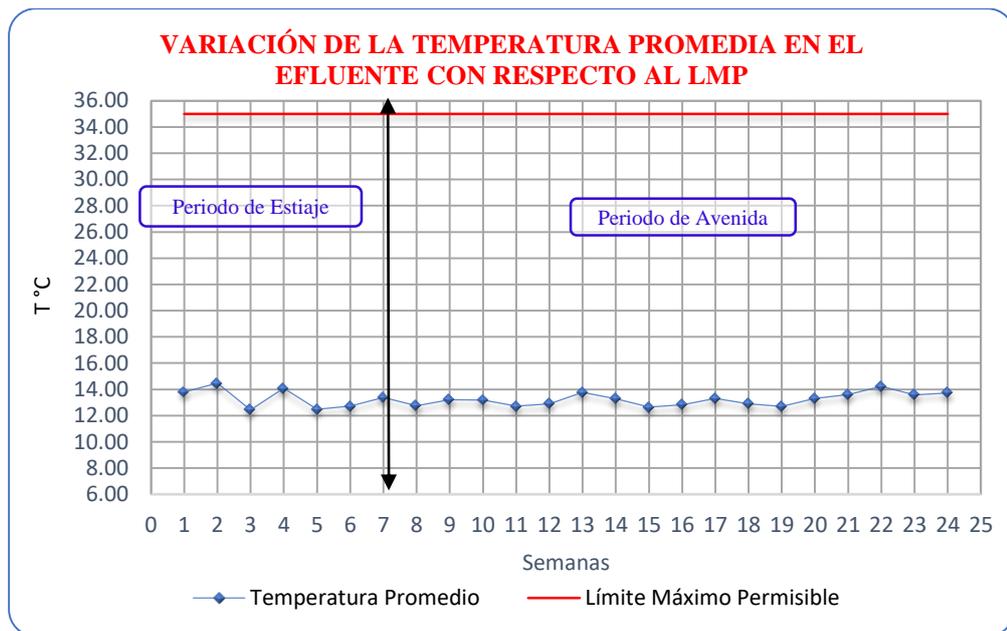


Gráfico 16: Variación de la temperatura promedio en el efluente del sistema DHS-G5 con respecto al LMP

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 16 se observa el comportamiento de la temperatura promedio en el efluente del sistema DHS-G5, cuyos valores oscilaron de 12.44 °C a 14.49 °C encontrándose por debajo del valor establecido (35.00 °C) por los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, por lo que no generará cambios en los cuerpos receptores al ser vertidos.

3.4.2. Contraste de parámetros analizados con respecto a los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

Tabla 25

Contraste de los parámetros analizados con respecto a los LMP

Nº MONITOREO	PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL EFLUENTE					LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EFLUENTES DE PTARS				
	ACEITES Y GRASAS (mg/l)(*)	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/l)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l DBO ₅)	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/l DQO)	COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES (NMP/100 ml)	ACEITES Y GRASAS (mg/l)	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/l)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l DBO ₅)	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/l DQO)	COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES (NMP/100 ml)
1	(**)	4	(**)	55	2.40E+07	20	150	100	200	1.00E+04
2	< 1	4	11	93	1.10E+07	20	150	100	200	1.00E+04
3	< 1	4	28	66	1.10E+07	20	150	100	200	1.00E+04
4	< 1	(**)	23	62	1.10E+07	20	150	100	200	1.00E+04
5	< 1	(**)	23	48	1.10E+07	20	150	100	200	1.00E+04
6	< 1	3	10	<25	2.40E+07	20	150	100	200	1.00E+04
7	< 1	3	55	111	2.40E+06	20	150	100	200	1.00E+04
8	< 1	3	28	57	1.10E+07	20	150	100	200	1.00E+04
9	< 1	3	21	43	1.10E+07	20	150	100	200	1.00E+04
10	< 1	44	59	118	4.60E+05	20	150	100	200	1.00E+04
11	N.D	27	44	88	1.10E+06	20	150	100	200	1.00E+04
12	< 1	1	51	102	4.30E+05	20	150	100	200	1.00E+04

Fuente: Elaboración propia

(*) Límite de detección igual a 1.

(N.D) No se realizó la medición debido a que no se consideró necesario ya que las anteriores concentraciones permanecieron constantes con un valor <1mg/l.

(**) Valores descartados debido a factores que intervinieron durante el periodo de evaluación del proyecto de investigación.

(***) Límite de detección igual a 25, por la cual se consideró el valor más desfavorable igual a 25, para las muestras que presentaron valores <25.

En la Tabla 25 se observa el contraste de las concentraciones de los parámetros de análisis: aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes fecales o termotolerantes medidos en el efluente con respecto a los valores establecidos por los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Parámetros de análisis fisicoquímico

- Aceites y grasas

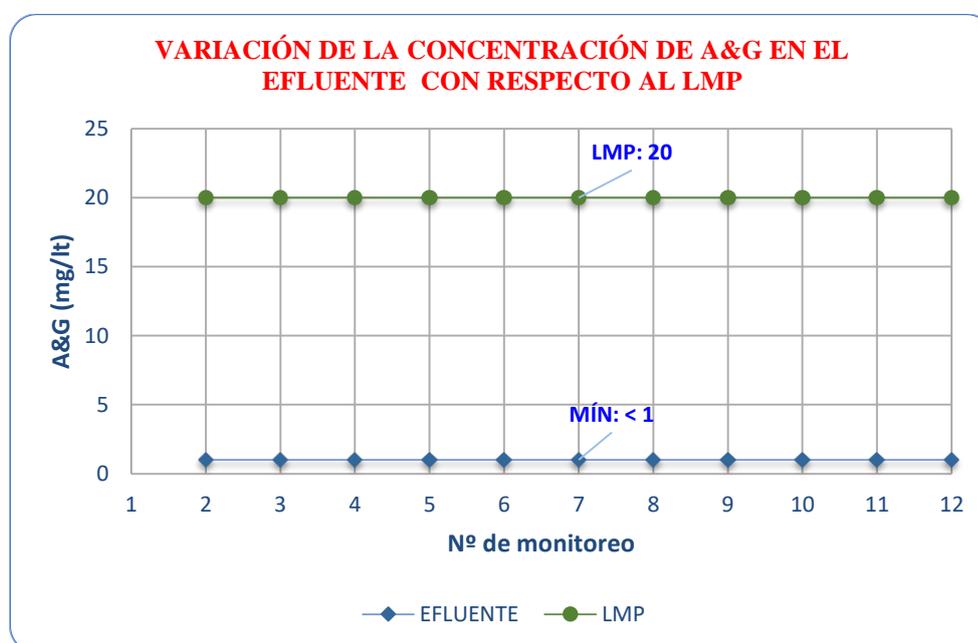


Gráfico 17: Variación de la concentración de A&G en el efluente con respecto al LMP

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 17 se observa la variación de la concentración de aceites y grasas presentes en el efluente del sistema (DHS-G5) con respecto a los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, dónde se observa que las concentraciones de aceites y grasas en el efluente se mantuvieron constantes con un valor <1mg/lt encontrándose por debajo de los Límites Máximos Permisibles.

- **Sólidos totales en suspensión (SST)**

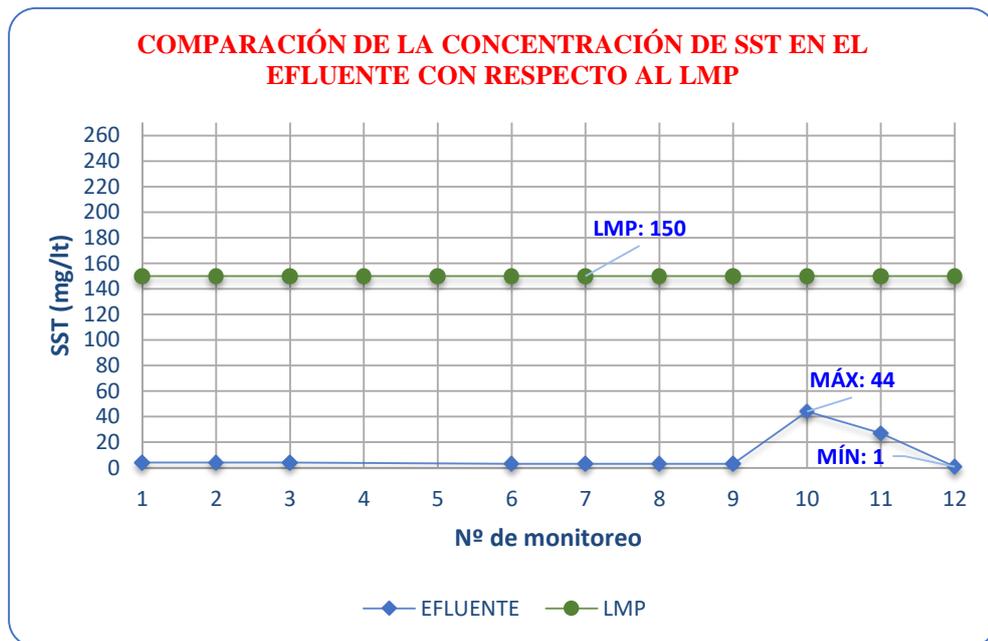


Gráfico 18: Variación de la concentración de SST en el efluente con respecto al LMP

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 18 se observa la variación de la concentración de sólidos totales en suspensión en el efluente del sistema (DHS-G5) con respecto a los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, donde se observa que las concentraciones de SST oscilaron de 1 mg/lit a 44 mg/lit, encontrándose por debajo del valor establecido por los Límites Máximos Permisibles (150 mg/lit).

Parámetros de análisis de indicadores de contaminación bioquímica

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

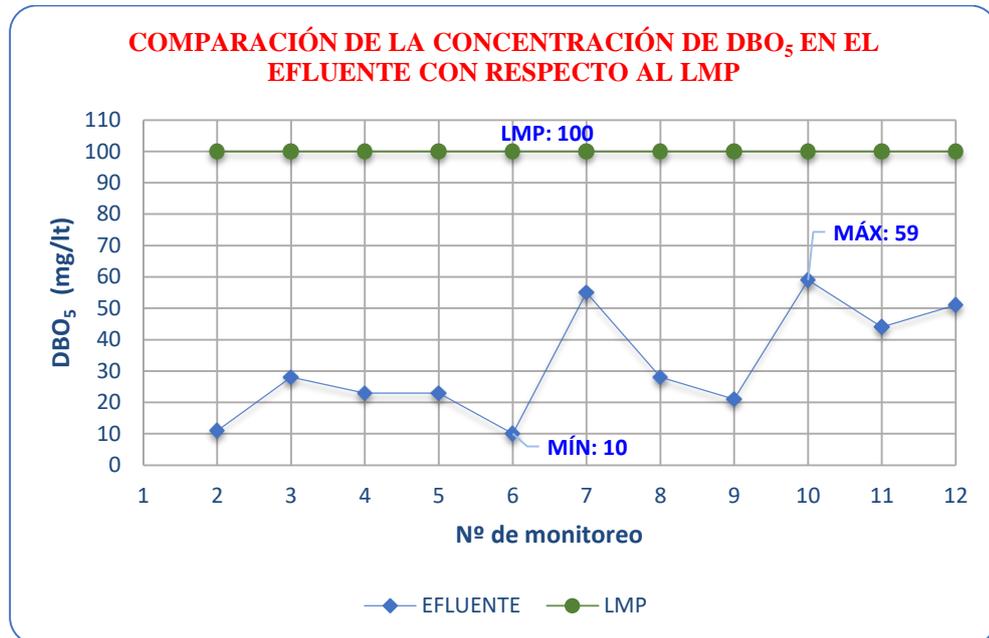


Gráfico 19: Variación de la concentración de DBO₅ en el efluente con respecto al LMP

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 19 se observa la variación de la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en el efluente del sistema (DHS-G5) con respecto a Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, dónde se observa que las concentraciones de DBO₅ oscilaron de 10 mg/lt a 59 mg/lt, encontrándose por debajo del valor establecido por los Límites Máximos Permisibles (100 mg/lt), indicándonos una adecuada estabilización biológica de la materia orgánica del agua residual tratada.

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

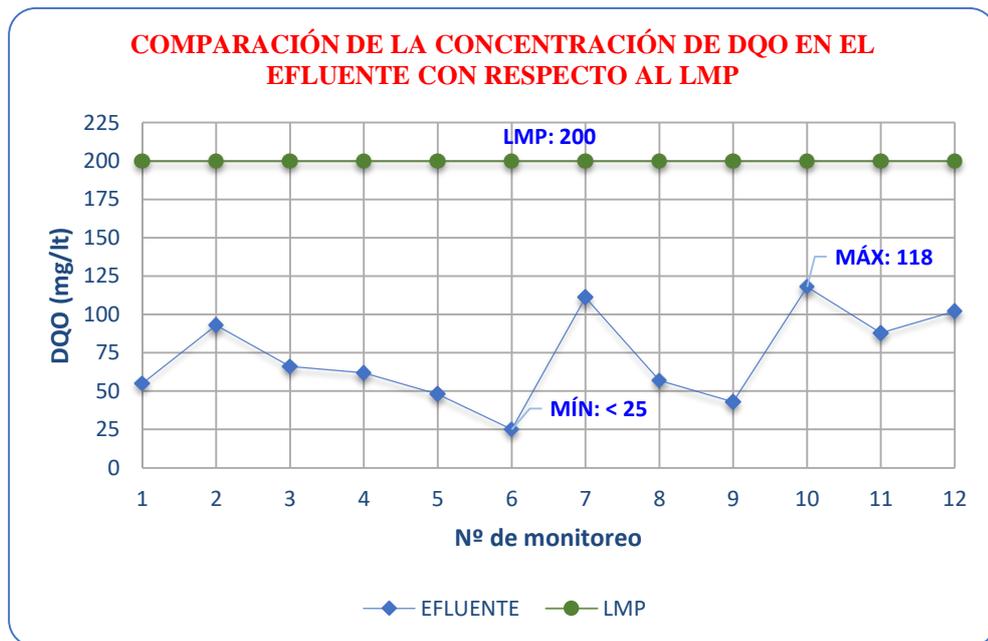


Gráfico 20: Variación de la concentración de DQO en el efluente con respecto al LMP

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 20 se observa la variación de la concentración de la demanda química de oxígeno en el efluente del sistema (DHS-G5), con respecto a los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, dónde se observa que las concentraciones de DQO oscilaron de <math>< 25</math> mg/l a 118 mg/l encontrándose por debajo del valor establecido por los Límites Máximos Permisibles (200 mg/l).

Parámetros de indicadores de contaminación biológica

- **Coliformes fecales o termotolerantes**

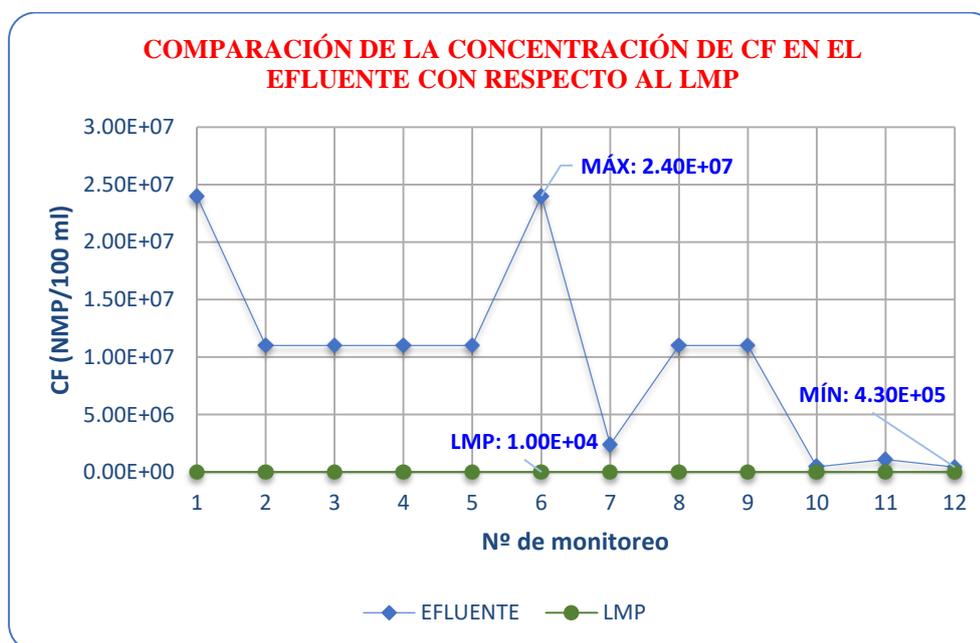


Gráfico 21: Variación de la concentración de CF en el efluente con respecto al LMP

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 21 se observa la variación de concentración de coliformes fecales o termo tolerantes en el efluente del sistema (DHS-G5), con respecto a los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, donde se observa que las concentraciones de coliformes fecales oscilaron de $4.30E+05$ NMP/100ml a $2.40E+07$ NMP/100ml encontrándose por encima del valor establecido por los Límites Máximos Permisibles ($1.10E+04$ NMP/100ml), indicándonos que el sistema de tratamiento no está eliminando estos organismos y por ende el efluente no puede ser vertido de forma directa a cuerpos de agua, siendo un riesgo para la salud de la población aledaña al estar expuestos a contraer enfermedades.

3.5. OTROS RESULTADOS

A lo largo del monitoreo del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas se realizó observaciones organolépticas con respecto al color y olor del afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas.

Color

Se pudo identificar mediante características visibles el color del agua residual al ingreso (afluente) y a la salida del tratamiento (efluente).

En la Fotografía 18 se observa el color de la muestra del afluente, observándose un color marrón característico de un agua residual que se desarrolla en condiciones anaerobias, siendo desagradable en su apariencia, así mismo se observa el color de la muestra del efluente la cual tiene un color mucho más claro en comparación al del afluente, ya que el agua residual estuvo sometido a un tratamiento biológico.



Fotografía 18: Comparación visual del color entre el afluente y efluente del sistema de esponjas colgantes continuas

Olor

El olor de la muestra del afluente presentó un olor característico de un tratamiento séptico, debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de los microorganismos anaerobios, mientras que el olor del efluente por lo contrario no presentó olores desagradables.

3.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.6.1. Parámetros de análisis fisicoquímico

- Sólidos totales en suspensión (SST)

Tabla 26

Parámetros de sólidos totales en suspensión antes y después del tratamiento

Nº MONITOREO	PARÁMETROS ANALIZADOS	
	ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	
	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/l)	
	AFLUENTE	EFLUENTE
1	24	4
2	26	4
3	170	4
6	24	3
7	12	3
8	11	3
9	39	3
10	178	44
11	265	27
12	47	1

Fuente: Elaboración propia

H_i: El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas sí es eficiente en la remoción de sólidos totales en suspensión en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

$$\chi_1 \neq \chi_2$$

H_o: El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas no es eficiente en la remoción de sólidos totales en suspensión en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

$$\chi_1 = \chi_2$$

Nivel de significancia: $\alpha= 0.05$

Tabla 27*Prueba T Student para sólidos totales en suspensión*

PRUEBA T STUDENT	AFLUENTE	EFLUENTE
Media	79.6	9.6
Varianza	8141.155	203.155
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0.737	
Diferencia hipotética de las medias	0.1	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	2.752	
P(T<=t) una cola	0.0111	
Valor crítico de t (una cola)	1.8331	
P(T<=t) dos colas	0.0223	
Valor crítico de t (dos colas)	2.2621	

Fuente: Elaboración propia

Si la probabilidad obtenida P-valor $\leq \alpha$, se RECHAZA la H_0 , (se ACEPTA la H_i)

Si la probabilidad obtenida P-valor $> \alpha$, se ACEPTA la H_0 , (se RECHAZA la H_i)

INTERPRETACIÓN:

Se observa que el valor P-valor = 0.0223 es menor que el nivel de significancia que tiene un valor de 0.05, la cual nos indica que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula, indicándonos que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los análisis de afluente y efluente, entonces aceptamos la hipótesis alternativa, por lo tanto: *El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas sí es eficiente en la remoción de sólidos totales en suspensión en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.*

3.6.2. Parámetros de análisis de indicadores de contaminación bioquímica

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Tabla 28

Parámetros de demanda bioquímica de oxígeno antes y después del tratamiento

PARÁMETROS ANALIZADOS		
N° MONITOREO	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA	
	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	
	AFLUENTE	EFLUENTE
2	70	11
3	146	28
4	33	23
5	93	23
6	52	10
7	74	55
8	47	28
9	71	21
10	79	59
11	51	44
12	85	51

Fuente: Elaboración propia

H_i: El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas sí es eficiente en la remoción de demanda bioquímica de oxígeno en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

$$\chi_1 \neq \chi_2$$

H_o: El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas no es eficiente en la remoción demanda bioquímica de oxígeno en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

$$\chi_1 = \chi_2$$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 29*Prueba T Student para demanda bioquímica de oxígeno.*

PRUEBA T STUDENT	AFLUENTE	EFLUENTE
Media	72.818	32.09
Varianza	912.363	300.29
Observaciones	11	11
Coeficiente de correlación de Pearson	0.131	
Diferencia hipotética de las medias	0.1	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	4.109	
P(T<=t) una cola	0.0010	
Valor crítico de t (una cola)	1.8124	
P(T<=t) dos colas	0.0021	
Valor crítico de t (dos colas)	2.2281	

Fuente: Elaboración propia

Si la probabilidad obtenida P-valor $\leq \alpha$, se RECHAZA la H_0 , (se ACEPTA la H_i)

Si la probabilidad obtenida P-valor $> \alpha$, se ACEPTA la H_0 , (se RECHAZA la H_i)

INTERPRETACIÓN:

Se observa que el valor P-valor = 0.0021 siendo menor que el nivel de significancia que tiene un valor de 0.05, la cual nos indica que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Indicándonos que existe diferencia estadísticamente significativamente entre las medias de los análisis de afluente y efluente, entonces aceptamos la hipótesis alternativa, por lo tanto: *El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas sí es eficiente en la remoción de demanda bioquímica de oxígeno en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.*

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

Tabla 30

Parámetros de demanda química de oxígeno antes y después del tratamiento

PARÁMETROS ANALIZADOS		
N° MONITOREO	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA	
	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	
	AFLUENTE	EFLUENTE
1	144	55
2	149	93
3	345	66
4	71	62
5	188	48
6	108	< 25
7	153	111
8	94	57
9	145	43
10	158	118
11	102	88
12	170	102

Fuente: Elaboración propia

H₁: El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas sí es eficiente en la remoción de demanda química de oxígeno en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

$$\chi_1 \neq \chi_2$$

H₀: El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas no es eficiente en la remoción demanda química de oxígeno en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

$$\chi_1 = \chi_2$$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 31*Prueba T Student para la demanda química de oxígeno*

PRUEBA T STUDENT	AFLUENTE	EFLUENTE
Media	152.25	72.333
Varianza	4853.477	864.424
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0.0912	
Diferencia hipotética de las medias	0.1	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	3.782	
P(T<=t) una cola	0.0015	
Valor crítico de t (una cola)	1.7958	
P(T<=t) dos colas	0.0030	
Valor crítico de t (dos colas)	2.2009	

Fuente: Elaboración propia

Si la probabilidad obtenida P-valor $\leq \alpha$, se RECHAZA la H_0 , (se ACEPTA la H_1)

Si la probabilidad obtenida P-valor $> \alpha$, se ACEPTA la H_0 , (se RECHAZA la H_1)

INTERPRETACIÓN:

Se observa que el valor P-valor = 0.0030 siendo menor que el nivel de significancia que tiene un valor de 0.05, la cual nos indica que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Indicándonos que existe diferencia estadísticamente significativamente entre las medias de los análisis de afluente y efluente, entonces aceptamos la hipótesis alternativa, por lo tanto: *El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas sí es eficiente en la remoción de demanda química de oxígeno en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.*

3.6.3. Parámetros de indicadores de contaminación microbiológica

- Coliformes fecales o termotolerantes

Tabla 32

Parámetros de coliformes fecales o termotolerantes antes y después del tratamiento

N° MONITOREO	PARÁMETROS ANALIZADOS	
	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA	
	COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	
	AFLUENTE	EFLUENTE
1	2.40E+07	2.40E+07
2	1.10E+07	1.10E+07
3	1.10E+07	1.10E+07
4	1.10E+07	1.10E+07
5	1.10E+07	1.10E+07
6	2.40E+07	2.40E+07
7	1.10E+07	2.40E+06
8	1.10E+07	1.10E+07
9	1.10E+07	1.10E+07
10	1.10E+07	4.60E+05
11	1.10E+07	1.10E+06
12	1.10E+07	4.30E+05

Fuente: Elaboración propia

H_i: El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas sí es eficiente en la remoción de coliformes fecales o termotolerantes en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

$$\chi_1 \neq \chi_2$$

H_o: El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas no es eficiente en la remoción de coliformes fecales o termotolerantes en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

$$\chi_1 = \chi_2$$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 33*Prueba T Student para coliformes fecales o termotolerantes*

PRUEBA T STUDENT	AFLUENTE	EFLUENTE
Media	1.32E+07	9.87E+06
Varianza	2.56061E+13	6.52137E+13
Observaciones	12	12
Coeficiente de correlación de Pearson	0.8175	
Diferencia hipotética de las medias	0.1	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	2.333	
P(T<=t) una cola	0.0197	
Valor crítico de t (una cola)	1.7958	
P(T<=t) dos colas	0.0395	
Valor crítico de t (dos colas)	2.2009	

Fuente: Elaboración propia

Si la probabilidad obtenida P-valor $\leq \alpha$, se RECHAZA la H_0 , (se ACEPTA la H_i)

Si la probabilidad obtenida P-valor $> \alpha$, se ACEPTA la H_0 , (se RECHAZA la H_i)

INTERPRETACIÓN:

Se observa que el valor P-valor = 0.0395 siendo menor que el nivel de significancia que tiene un valor de 0.05, la cual nos indica que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Indicándonos que existe diferencia estadísticamente significativamente entre las medias de los análisis de afluente y efluente, entonces aceptamos la hipótesis alternativa, por lo tanto: *El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas sí es eficiente en la remoción de coliformes fecales o termo tolerantes en el efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.*

CAPITULO IV: DISCUSIONES

Tras obtener los resultados con respecto a la variación de remoción de aceites y grasas en el afluente se observa que las concentraciones fueron constantes con un valor $< 1\text{mg/l}$, debido al bajo aporte de cantidades de aceites y grasas generados por la población, es por ello que las concentraciones en el efluente del sistema (DHS-G5) también presentaron valores $< 1\text{mg/l}$ por lo que no se pudo determinar la eficiencia del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) con respecto a este parámetro ya que el límite de detección por el método APHA 5520 B es de 1mg/l .

El sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) alcanzó una remoción promedio de 85.61% de SST en el tratamiento del efluente de un tanque séptico, siendo mayor en comparación al porcentaje de remoción obtenida en la investigación realizada por (Centeno, Hugalde y Rodríguez 2018) donde el sistema (DHS-G3) fue capaz de remover en promedio un 77.00% de SST, dicho sistema operó con un efluente proveniente de una PTAR conformada por una cámara de rejas, desarenador y un sedimentador primario, este porcentaje de remoción obtenido mediante el sistema (DHS-G3) fue debido a que éste pasó

un día sin alimentación ocasionando que la biopelícula muriera y saliera del sistema al reactivar el flujo, la biopelícula desprendida fue acumulada en el sedimentador secundario de limpieza manual el cual fue incapaz de retener este exceso de sólidos y como consecuencia fueron arrastrados por el efluente, según (Metcalf & Eddy 1995) este fenómeno de la pérdida de película biológica, conocida como arrastre es básicamente función de la carga hidráulica y orgánica del filtro, donde la carga hidráulica origina las velocidades de arrastre y la carga orgánica influye en la velocidad de metabolismo en la capa biológica.

El sistema propuesto “sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5)” logró remover en promedio el 44.51% de DQO y 51.55% de DBO₅, a una temperatura promedio de 13.88° C del agua residual proveniente del tanque séptico, los cuáles difieren de los resultados obtenidos en la investigación realizada por (Ossio y Acuña 2013), donde el sistema de esponjas colgantes DHS de primera generación fue capaz de remover en promedio un 94.00% de DBO₅, y un 84% de DQO, a una temperatura promedio de 23.30° C del agua residual proveniente del efluente del UASB, esto debido a la diferencia significativa de temperatura en el afluente de ambos sistemas la cual se sustenta por (Romero 1999), donde hace mención que la temperatura modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto, la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana, siendo la temperatura óptima para la actividad bacteriana de 25°C a 35°C y cuando la temperatura es menor de 15°C la digestión metanogénica es muy lenta.

Con el “sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5)” se logró remover en promedio el 51.55% de DBO₅ del agua residual proveniente del tanque séptico el cual tuvo un pH promedio de 7.10, éste porcentaje de remoción se asemeja al resultado obtenido en la investigación realizada por (Machdar, Muhammad, y otros 2015), donde el sistema de esponjas colgantes DHS de tercera generación fue capaz de remover en promedio un 58.00% de DBO₅ del agua residual proveniente del efluente de un tanque séptico pese a que este efluente tuvo un pH ácido igual a 5.69, confirmando mediante estos resultados la eficiencia del sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS) en el tratamiento de efluentes de tanques sépticos.

De los resultados obtenidos se observa que el sistema propuesto “sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5)” logró remover en promedio el 34.52% de

coliformes fecales o termotolerantes en el tratamiento del efluente de un tanque séptico, éste resultado de remoción difiere en comparación con lo obtenido por (Amancio y Castillo 2012), donde el sistema DHS tipo bloques prismáticos trató el agua residual proveniente del efluente de un UASB logrando una eficiencia promedio de remoción de 92.78%, la diferencia existente se pudo dar por varios factores los cuales son referidos por (Romero 1999), donde menciona que para la remoción de coliformes tienen efecto principal el tiempo de retención, la temperatura y el consumo por protozoos, rotíferos y dafnias.

De acuerdo al análisis estadístico se evaluaron los siguientes parámetros: SST, DBO₅, DQO y CF que son los principales indicadores de contaminación del agua residual, al evaluar estadísticamente el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas con respecto a los parámetros analizados, los valores de probabilidad resultaron significativos, la cual evidencia que el sistema DHS-G5 es eficiente en la remoción de SST, DBO₅, DQO Y CF del efluente del tanque séptico en la localidad de Marian.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los análisis de los resultados en el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, para el tratamiento del efluente del tanque séptico; nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

1. El caudal de operación fue de 0.00814 l/s y el tiempo de retención hidráulico teórico promedio fue de 40 minutos, para el funcionamiento del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5).
2. Los valores de pH en el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) se encontraron en un rango de 6.97°C a 7.84 °C y 7.40 °C a 7.95°C respectivamente, siendo estos valores de pH característicos de un agua residual doméstica debido a su composición, así mismo los valores de temperatura en el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes

continuas (DHS-G5) se encontraron en un rango de 12.89 °C a 14.83 °C y 12.44 °C. y 14.49 °C respectivamente.

3. El porcentaje de remoción del parámetro de aceites y grasas no se pudo determinar ya que el límite de detección por el método APHA 5520 B es de 1mg/lt, el porcentaje de remoción promedio con respecto a los sólidos totales en suspensión fue de 85.61% indicándonos que el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) fue muy eficiente en el tratamiento del efluente del tanque séptico, el porcentaje de remoción promedio con respecto a la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno fue de 51.55% y 44.51% respectivamente indicándonos que el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) remueve considerablemente éstos contaminantes del agua residual proveniente del tanque séptico, el porcentaje de remoción promedio con respecto a los coliformes fecales o termotolerantes fue de 34.52%, indicándonos una remoción promedio baja, la cual nos indica que el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) no es tan eficiente en el tratamiento del efluente del tanque séptico.

4. Los valores de pH en el efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) oscilaron de 7.40 a 7.95 encontrándose dentro del intervalo establecido por los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, y los valores de temperatura oscilaron de 7.40 a 7.95 encontrándose por debajo del valor establecido por los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.
Las concentraciones de aceites y grasas en el efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) permanecieron constantes con un valor de <1mg/lt, las concentraciones de sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno oscilaron de 1 mg/lt a 44 mg/lt, 10 mg/lt a 59 mg/lt y < 25 mg/lt a 118 mg/lt respectivamente encontrándose por debajo de los valores establecidos por los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o

Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, siendo así que el sistema de tratamiento sí cumple con la normativa en cuanto a éstos parámetros.

Las concentraciones de coliformes fecales o termotolerantes oscilaron de $4.30E+05$ NMP/100ml a $2.40E+07$ NMP/100ml encontrándose por encima del valor establecido por los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para futuras investigaciones realizar un muestreo compuesto, con la finalidad de obtener resultados más precisos en la toma de muestras, debido a la variación de concentración de los contaminantes del agua residual.
2. Hacer uso de un inóculo para facilitar el tiempo de adaptación de los microorganismos al medio filtrante y evaluar las eficiencias de remoción en cuanto a los parámetros de análisis.
3. Se recomienda realizar un adecuado mantenimiento de las mangueras del sistema fijo de distribución de caudal con una periodicidad de 03 veces a la semana, con la finalidad de garantizar la distribución homogénea del agua residual sobre el medio filtrante.
4. Con el fin de evitar la formación de espacios de desarrollo para larvas y mosquitos y para reducir los volúmenes muertos en el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas se recomienda mejorar el sistema de distribución del agua residual, para permitir un mojado homogéneo de toda la superficie del material filtrante.
5. Para mejorar la aireación en el reactor se recomienda implementar un sistema de ventilación en la parte inferior de éste, con la finalidad de producir un flujo de aire la cual circule a través del material filtrante, para lograr mejores eficiencias de remoción.

6. Limpiar adecuadamente el sedimentador secundario, para la eliminación de lodos acumulados a fin de no alterar la concentración del efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas para las respectivas tomas de muestras.
7. Para futuras investigaciones se recomienda que el sedimentador secundario se diseñe y construya apropiadamente con la finalidad de mejorar la eficiencia de remoción de sólidos en suspensión en el efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas.
8. Para obtener altas eficiencias de remoción de contaminantes en el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas se recomienda recircular el efluente del sedimentador secundario hacia el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, como se aplica generalmente para los sistemas de filtro percolador de alta tasa.
9. Para la eliminación de coliformes fecales o termotolerantes presentes en el efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas, se recomienda la implementación de una cámara de contacto de cloro, con el objetivo de cumplir con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.
10. Ya que se ha demostrado a escala piloto que el sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) es eficiente en el tratamiento de efluentes de tanques sépticos se recomienda su construcción e instalación a escala real, con la finalidad de reducir considerablemente el costo por volumen de agua residual tratada en sistemas convencionales ubicados en zonas rurales.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

011-2006-Vivienda, Reglamento Nacional de Edificaciones D.S N°. «NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.» Reglamento, 2006.

Agua, Comisión Nacional del. «Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos.» *www.conagua.gob.mx*. s.f. <http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro31.pdf> (último acceso: 15 de Julio de 2017).

Amancio, Castro Diana Lucia, y Vidal Harold Steven Castillo. «"Estudio del Sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS) tipo bloques prismáticos en el Tratamiento del Efluente de un reactor Anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente".» *UNI*, 2012.

Ambiental, Universidad Alas Peruanas-Facultad de Ingeniería. *Universidad Alas Peruanas*. 2010.

<http://www.uap.edu.pe/intranet/fac/material/24/20102BT240224E10240108011/20102BT240224E1024010801120946.pdf> (último acceso: 21 de Mayo de 2017).

- Ambiente, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del. «Especificaciones Técnicas para el Diseño de Tanques Sépticos.» Lima, 2003.
- Ayala, Rodrigo Marcelo, y Greby Gonzales. «Apoyo Didáctico en la Enseñanza - Aprendizaje de la Asignatura de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.» Tesis, Bolivia, 2008.
- Caltur, Plan Nacional de Calidad Turística del Perú -. *Manual Técnico de Difusión, Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Albergues en Zonas Rurales.* Manual, Lima: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2008.
- Calvache, Wilma, Marivel Chavez, Christian Duran, Edison Guaña, Antonio Imba, y Wilmer Nazate. «Tratamiento de aguas: Tratamiento Primario y Parámetros Hidráulicos.» *ReCiTeIA*, 2002: 1-2.
- Centeno, Mora Erick, Herra José Luis Hugalde, y Cambronero Diego Rodríguez. «Evaluación de una planta piloto para el tratamiento de aguas residuales ordinarias por medio de un filtro percolador con relleno de esponjas colgantes de flujo descendente (DHS) como postratamiento de un efluente de sedimentador primario.» *Ingeniería*, 2018: 60.
- Centroamérica, Monográficos Agua en. «Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas.» Monografía, s.f.
- Cisterna, Osorio Pedro, y Daisy Peña. «Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes VIII región.» s.f.
- CONAGUA. «Lineamientos Técnicos: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales a Nivel Vivienda en Zona Rural.» 2016.
- Cyclus*. s.f. <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/parametros-aguas-residuales/> (último acceso: 03 de Enero de 2018).
- Gutiérrez, Tomasa Quiterio. «Tratameinto de Agua Residual Doméstica Mediante el Udo de un Filtro Anaerobio Empacado con Espuma de Poliuretano a Diferentes Tiempos de Retención Hidráulica.» Tesis para obtener el título de ingeniero en agrobiología, México, 2014.

- Harada, Hideki. «Seminario Asiático de Ciencia y Tecnología en Tailandia.» *Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Superior de Ingeniería, Sendai*, 2008: 980-8579.
- http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/images/U3C3S704.gif. s.f.
- http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/images/U3C3S704.gif.
- <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>. s.f.
- <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>.
- Jaramillo, Alvaro Orozco. *Bioingeniería de Aguas Residuales, Teoría y Diseño*. Colombia: Acodal, 2005.
- Lopez, Emilio Eguia. «Desarrollo de la biopelícula en medio soporte permeable.» SANTANDER, 1991.
- Machdar, Izarul, Hideki Harada, Akiyoshi Ohashi, Yuji Sekiguchi, Hiroyuki Okui, y Kyoko Ueki. «A novel and cost-effective sewage treatment system consisting of UASB pre-treatment and aerobic post-treatment units for developing countries.» *Ciencia y tecnología del agua*, 1997: 189-197.
- Machdar, Izarul, Syaifullah Muhammad, Takashi Onodera, y Kazuaki Syutsubo. «Use of G3-DHS Bioreactor for Secondary Treatment of Septic Tank Desludging Wastewater.» *Actas de la Conferencia Internacional Anual, Syiah Kuala University- Ciencias de la Vida e Ingeniería*, 16 de 11 de 2015.
- Machdar, Izarul, Yuji Sekiguchi, H Sumino, Akiyoshi Ohashi, y Hideki Harada. «Combination of a UASB reactor and a curtain type DHS (Down-flow Hanging Sponge) reactor as a cost-effective sewage treatment system for developing countries.» *IWA Publishing*, 2000: 83-88.
- Maldonado, Yactayo Víctor Antonio, y otros. «Análisis del impacto de la aplicación de los valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas de los sistemas de alcantarillado sanitario en la gestión de las EPS.» *Revista Ambiental: Capítulo de Ingeniería Sanitaria y Ambiental del CDL-CIP*. N° 7, 2012: 26.

- Mendonca, Sergio Rolim. *Sistemas de Lagunas de Estabilización*. Colombia: Nomos S.A., 2000.
- Metcalf & Eddy, INC. *INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES "Tratamiento, vertido y reutilización"*. Madrid - España: Impresos y Revistas, S.A. (IMPRESa), 1995.
- MINAM. «Aprueba Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.» DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, Lima, 2010.
- Molina, Burgos Judith. «Evaluación de la eliminación de materia orgánica y nitrógeno de las aguas residuales en un reactor biopelícula de membrana tubular aireada.» Tesis Doctoral, Coruña, 2015.
- Noyola Adalberto, Juan Manuel, Morgan Sagastume, y Guereca Leonor Patricia. *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. México: Instituto de Ingeniería, 2013.
- Olivos Lara, Omar Eduardo. «Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas y Desagües.» Lima, 2010.
- Ossio, Tarnawiecki Verónica Sara, y Tapia Jorge Enrique Acuña. “*Eficiencia del sistema de esponjas colgantes dhs de primera generación en el tratamiento del efluente del reactor UASB*”. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.
- Perez, San Miguel Carmen Luisa. «Estudio de la Química de los Poliuretanos.» Tesis para optar la licenciatura en química, Lima, 2002.
- Ping, Fang Herbert Han. *Environmental Anaerobic Technology: Applications and New Developments*. Imperial College Press, 2010.
- Ramalho, R.S. *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Canadá: Reverté S.A , 1996.
- Rojas Ramos, Rafael Francois y Luis Angel, Visurraga Mariño. «Tratamiento de Aguas Residuales con Tecnología D.H.S. A Escala Piloto.» Tesis de pregrado, Lima, 2012.
- Romero, Rojas Jairo Alberto. *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999.
- Rosales, Elias. *Tanques Sépticos. Conceptos Teóricos Base y Aplicaciones*. Costa Rica, 2003.

Sastre, Juan Antonio Sainz. *Tecnologías para la sostenibilidad, Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales*. Madrid: Fundación EOI Gregorio del Amo, 2005.

Suárez, J, y A Jácome. «Eliminación de Nitrógeno de las Aguas Residuales. Procesos de Nitrificación y Desnitrificación.» 2007.

Tandukar, M, S Uemura, Machdar, Izarul, A Ohashi, y H Harada. «A low-cost municipal sewage treatment system with a combination of UASB and the “fourth-generation” Down-flow Hanging Sponge reactors.» *IWA Publishing*, 2005: 323-329.

Tembo, Ellis Lloyd Andrew. «Comparison of Down-Flow Hanging Sponge and Woven Fiber Membrane Systems for Treatment of Polluted Canal Water.» *Institute of Technology School of Engineering and Technology and School of Environment, Resources and Development*, 2014: 1-90.

Tina, Reutelshofer, y Bejarano Luis F. Guzmán. *Guía para la toma de muestras de agua residual*. Guía, La Paz, Bolivia: PERIAGUA, 2015.

Valera, López Atanael. *Youtube*. 30 de Setiembre de 2013. <https://www.youtube.com/watch?v=4J0sA7W0dQM> (último acceso: 15 de febrero de 2018).

Vigneswaran, Saravanamuthu. *Waste Water Treatment Technologies - Volumen I*. EOLSS Publishers/UNESCO, 2009.

ANEXOS

ANEXO 01: CAUDAL DE AFORO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SEPTICO

Tabla 34

Primer aforo del efluente del tanque séptico

FECHA	HORA	T1 (SEG.)	T2 (SEG.)	T3 (SEG.)	T4 (SEG.)	T5 (SEG.)	TIEMPO PROMEDIO (SEG.)	VOL. PROM (LT.)	CAUDAL (L/S)
14/09/2016	07:00:00	6.80	7.00	7.60	7.20	7.20	7.16	4.00	0.56
14/09/2016	08:00:00	7.10	7.10	7.00	7.10	7.10	7.08	4.00	0.56
14/09/2016	09:00:00	8.50	8.10	7.70	8.50	8.50	8.26	4.00	0.48
14/09/2016	10:00:00	6.70	7.30	7.00	6.90	7.30	7.04	4.00	0.57
14/09/2016	11:00:00	9.20	9.30	9.20	9.30	9.50	9.30	4.00	0.43
14/09/2016	12:00:00	7.20	6.80	6.50	7.10	6.80	6.88	4.00	0.58
14/09/2016	13:00:00	10.30	10.20	10.70	10.50	10.70	10.48	4.00	0.38
14/09/2016	14:00:00	12.00	11.90	11.70	11.50	11.30	11.68	4.00	0.34
14/09/2016	15:00:00	9.70	9.90	9.60	9.90	9.70	9.76	4.00	0.41
14/09/2016	16:00:00	8.00	8.30	8.00	7.90	7.40	7.92	4.00	0.51
14/09/2016	17:00:00	8.10	8.10	8.20	8.40	8.20	8.20	4.00	0.49
14/09/2016	18:00:00	10.56	9.92	10.63	10.29	10.18	10.32	4.00	0.39
14/09/2016	19:00:00	9.90	9.99	10.10	10.15	9.85	10.00	4.00	0.40
14/09/2016	20:00:00	10.89	10.90	11.15	11.16	10.50	10.92	4.00	0.37
14/09/2016	21:00:00	11.20	11.40	11.10	11.40	11.30	11.28	4.00	0.35
14/09/2016	22:00:00	11.77	11.11	12.40	11.74	11.23	11.65	4.00	0.34
14/09/2016	23:00:00	11.83	12.20	11.88	11.99	12.25	12.03	4.00	0.33
								QMAXH	0.58
								QMINH	0.33
								QP	0.44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35
Segundo aforo del efluente del tanque séptico

FECHA	HORA	T1 (SEG.)	T2 (SEG.)	T3 (SEG.)	T4 (SEG.)	T5 (SEG.)	TIEMPO PROMEDIO (SEG.)	VOL. PROM (LT.)	CAUDAL (L/S)
15/09/2016	00:00:00	12.60	12.50	13.10	12.22	12.37	12.56	4.00	0.32
15/09/2016	01:00:00	14.70	13.21	13.50	13.99	13.58	13.80	4.00	0.29
15/09/2016	02:00:00	15.20	14.76	14.38	14.50	14.71	14.71	4.00	0.27
15/09/2016	03:00:00	13.48	13.60	13.14	13.50	13.58	13.46	4.00	0.30
15/09/2016	04:00:00	9.59	10.50	9.85	9.92	10.17	10.01	4.00	0.40
15/09/2016	05:00:00	12.11	11.40	11.47	11.64	12.48	11.82	4.00	0.34
15/09/2016	06:00:00	9.56	9.22	9.83	9.26	10.15	9.60	4.00	0.42
15/09/2016	07:00:00	7.18	7.28	7.23	7.30	7.15	7.23	4.00	0.55
15/09/2016	08:00:00	7.25	7.10	7.80	7.11	7.15	7.28	4.00	0.55
15/09/2016	09:00:00	9.07	8.90	9.02	9.04	8.95	9.00	4.00	0.44
15/09/2016	10:00:00	8.96	8.45	9.02	9.05	9.16	8.93	4.00	0.45
15/09/2016	11:00:00	8.12	8.46	8.95	8.98	8.02	8.51	4.00	0.47
15/09/2016	12:00:00	7.95	7.56	7.48	7.46	7.45	7.58	4.00	0.53
15/09/2016	13:00:00	7.01	6.89	6.98	7.14	6.28	6.86	4.00	0.58
15/09/2016	14:00:00	6.71	6.76	6.74	6.78	6.63	6.72	4.00	0.59
15/09/2016	15:00:00	8.30	8.03	7.89	7.90	8.03	8.03	4.00	0.50
15/09/2016	16:00:00	4.25	4.11	4.33	4.54	4.40	4.33	4.00	0.92
15/09/2016	17:00:00	6.04	5.83	5.86	6.39	6.11	6.05	4.00	0.66
15/09/2016	18:00:00	11.85	11.53	11.19	11.59	11.12	11.46	4.00	0.35
15/09/2016	19:00:00	9.92	7.98	7.77	7.77	7.58	8.20	4.00	0.49
15/09/2016	20:00:00	6.03	6.59	6.20	6.03	6.11	6.19	4.00	0.65
15/09/2016	21:00:00	5.48	4.96	5.16	5.75	5.47	5.36	4.00	0.75
15/09/2016	22:00:00	3.65	3.96	3.80	3.84	3.66	3.78	4.00	1.06
15/09/2016	23:00:00	6.30	5.88	6.14	6.30	5.82	6.09	4.00	0.66
								QMAXH	1.06
								QMINH	0.27
								QP	0.52

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36
Tercer aforo del efluente del tanque séptico

FECHA	HORA	T1 (SEG.)	T2 (SEG.)	T3 (SEG.)	T4 (SEG.)	T5 (SEG.)	TIEMPO PROMEDIO (SEG.)	VOL. PROM (LT.)	CAUDAL (L/S)
16/09/2016	00:00:00	6.71	6.99	6.64	6.89	6.71	6.79	4.00	0.59
16/09/2016	01:00:00	7.44	7.13	7.36	7.18	6.84	7.19	4.00	0.56
16/09/2016	02:00:00	7.22	6.81	6.95	7.02	7.15	7.03	4.00	0.57
16/09/2016	03:00:00	7.09	7.29	7.41	6.92	7.00	7.14	4.00	0.56
16/09/2016	04:00:00	7.32	7.85	7.64	7.80	7.53	7.63	4.00	0.52
16/09/2016	05:00:00	6.74	6.95	6.46	6.57	6.94	6.73	4.00	0.59
16/09/2016	06:00:00	6.45	6.21	6.38	6.31	6.63	6.40	4.00	0.63
16/09/2016	07:00:00	7.11	7.05	6.81	6.74	6.50	6.84	4.00	0.58
16/09/2016	08:00:00	8.79	8.48	8.25	8.35	8.68	8.51	4.00	0.47
16/09/2016	09:00:00	8.67	8.07	8.30	8.18	8.24	8.29	4.00	0.48
16/09/2016	10:00:00	7.92	7.12	7.10	7.22	7.64	7.40	4.00	0.54
16/09/2016	11:00:00	7.62	7.67	7.90	7.95	7.42	7.71	4.00	0.52
16/09/2016	12:00:00	6.81	6.71	6.54	6.92	6.57	6.71	4.00	0.60
16/09/2016	13:00:00	12.62	12.52	12.28	12.57	12.41	12.48	4.00	0.32
16/09/2016	14:00:00	11.81	11.90	11.70	11.92	11.68	11.80	4.00	0.34
16/09/2016	15:00:00	9.68	9.81	9.82	9.18	9.00	9.50	4.00	0.42
16/09/2016	16:00:00	12.53	12.43	12.81	12.98	12.50	12.65	4.00	0.32
16/09/2016	17:00:00	13.33	13.57	13.37	13.48	13.51	13.45	4.00	0.30
16/09/2016	18:00:00	15.63	15.54	15.66	15.68	15.93	15.69	4.00	0.25
16/09/2016	19:00:00	8.90	8.61	8.83	8.93	8.89	8.83	4.00	0.45
16/09/2016	20:00:00	8.60	8.53	8.49	8.70	8.60	8.58	4.00	0.47
16/09/2016	21:00:00	6.70	6.79	6.49	6.70	6.68	6.67	4.00	0.60
16/09/2016	22:00:00	7.90	7.80	7.40	7.80	7.70	7.72	4.00	0.52
16/09/2016	23:00:00	6.30	5.20	5.50	6.20	5.40	5.72	4.00	0.70
								QMAXH	0.70
								QMINH	0.25
								QP	0.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37
Cuarto aforo del efluente del tanque séptico

FECHA	HORA	T1 (SEG.)	T2 (SEG.)	T3 (SEG.)	T4 (SEG.)	T5 (SEG.)	TIEMPO PROMEDIO (SEG.)	VOL. PROM (LT.)	CAUDAL (L/S)
17/09/2016	00:00:00	4.90	5.35	5.35	5.40	5.30	5.26	4.00	0.76
17/09/2016	01:00:00	5.80	6.00	6.20	6.40	6.60	6.20	4.00	0.65
17/09/2016	02:00:00	6.90	7.80	8.10	8.40	8.60	7.96	4.00	0.50
17/09/2016	03:00:00	7.80	8.10	7.10	8.20	8.30	7.90	4.00	0.51
17/09/2016	04:00:00	8.40	8.40	8.20	8.30	8.40	8.34	4.00	0.48
17/09/2016	05:00:00	7.80	8.50	8.80	8.60	8.50	8.44	4.00	0.47
17/09/2016	06:00:00	5.50	5.70	5.90	5.70	5.70	5.70	4.00	0.70
17/09/2016	07:00:00	6.60	5.60	5.40	6.00	6.10	5.94	4.00	0.67
17/09/2016	08:00:00	8.25	8.77	8.86	8.60	8.54	8.60	4.00	0.46
17/09/2016	09:00:00	9.41	9.59	9.39	9.44	9.40	9.45	4.00	0.42
17/09/2016	10:00:00	7.01	6.70	6.98	6.94	7.00	6.93	4.00	0.58
17/09/2016	11:00:00	6.07	6.30	6.05	6.52	6.58	6.30	4.00	0.63
17/09/2016	12:00:00	8.57	9.37	8.58	8.55	8.62	8.74	4.00	0.46
17/09/2016	13:00:00	7.98	7.27	7.60	7.30	7.49	7.53	4.00	0.53
17/09/2016	14:00:00	5.89	6.86	6.97	6.78	6.74	6.65	4.00	0.60
17/09/2016	15:00:00	7.49	8.31	7.76	7.55	7.68	7.76	4.00	0.52
17/09/2016	16:00:00	6.61	6.54	6.90	6.33	6.35	6.55	4.00	0.61
17/09/2016	17:00:00	7.73	6.37	7.69	7.74	7.67	7.44	4.00	0.54
17/09/2016	18:00:00	8.59	9.05	9.08	9.05	8.90	8.93	4.00	0.45
17/09/2016	19:00:00	7.81	7.55	7.59	7.53	7.56	7.61	4.00	0.53
17/09/2016	20:00:00	9.55	10.07	9.53	9.72	9.83	9.74	4.00	0.41
17/09/2016	21:00:00	10.87	10.83	10.61	10.75	10.73	10.76	4.00	0.37
17/09/2016	22:00:00	11.73	11.78	11.67	11.69	11.71	11.72	4.00	0.34
17/09/2016	23:00:00	11.74	11.67	11.73	11.69	11.73	11.71	4.00	0.34
								QMAXH	0.76
								QMINH	0.34
								QP	0.52

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38*Quinto aforo del efluente del tanque séptico*

FECHA	HORA	T1 (SEG.)	T2 (SEG.)	T3 (SEG.)	T4 (SEG.)	T5 (SEG.)	TIEMPO PROMEDIO (SEG.)	VOL. PROM (LT.)	CAUDAL (L/S)
18/09/2016	00:00:00	12.37	12.43	12.33	12.40	12.43	12.39	4.00	0.32
18/09/2016	01:00:00	13.23	13.27	13.18	13.24	13.28	13.24	4.00	0.30
18/09/2016	02:00:00	14.51	14.50	14.61	14.57	14.49	14.54	4.00	0.28
18/09/2016	03:00:00	13.63	13.70	13.55	13.60	13.69	13.63	4.00	0.29
18/09/2016	04:00:00	9.57	10.08	9.55	9.58	9.52	9.66	4.00	0.41
18/09/2016	05:00:00	9.22	9.13	9.17	9.27	9.19	9.20	4.00	0.43
18/09/2016	06:00:00	8.53	9.01	8.73	8.57	8.63	8.69	4.00	0.46
18/09/2016	07:00:00	9.44	9.42	9.53	9.24	9.58	9.44	4.00	0.42
18/09/2016	08:00:00	8.89	8.68	8.39	8.51	8.40	8.57	4.00	0.47
18/09/2016	09:00:00	8.33	8.55	8.42	8.07	8.27	8.33	4.00	0.48
18/09/2016	10:00:00	5.51	5.56	5.88	5.89	5.76	5.72	4.00	0.70
18/09/2016	11:00:00	7.16	7.16	7.41	7.49	7.13	7.27	4.00	0.55
18/09/2016	12:00:00	10.56	10.80	10.73	10.82	10.88	10.76	4.00	0.37
18/09/2016	13:00:00	10.10	10.03	10.25	10.30	10.30	10.20	4.00	0.39
18/09/2016	14:00:00	9.35	9.49	9.75	9.59	9.29	9.49	4.00	0.42
18/09/2016	15:00:00	8.50	7.80	7.10	7.90	8.10	7.88	4.00	0.51
18/09/2016	16:00:00	7.10	6.60	6.30	6.80	6.70	6.70	4.00	0.60
18/09/2016	17:00:00	4.30	4.00	5.20	4.88	4.60	4.60	4.00	0.87
18/09/2016	18:00:00	3.55	4.35	3.51	3.20	4.10	3.74	4.00	1.07
18/09/2016	19:00:00	3.60	4.10	3.80	3.78	4.20	3.90	4.00	1.03
18/09/2016	20:00:00	4.90	4.59	4.89	4.68	4.40	4.69	4.00	0.85
18/09/2016	21:00:00	4.89	4.80	5.87	5.90	5.60	5.41	4.00	0.74
18/09/2016	22:00:00	4.60	5.01	4.89	5.09	4.79	4.88	4.00	0.82
18/09/2016	23:00:00	6.40	6.08	5.90	6.10	5.70	6.04	4.00	0.66
								QMAXH	1.07
								QMINH	0.28
								QP	0.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39*Sexto aforo del efluente del tanque séptico*

FECHA	HORA	T1 (SEG.)	T2 (SEG.)	T3 (SEG.)	T4 (SEG.)	T5 (SEG.)	TIEMPO PROMEDIO (SEG.)	VOL. PROM (LT.)	CAUDAL (L/S)
19/09/2016	00:00:00	6.44	6.00	6.10	6.32	6.13	6.20	4.00	0.65
19/09/2016	01:00:00	6.34	6.37	6.08	6.03	6.10	6.18	4.00	0.65
19/09/2016	02:00:00	6.14	6.25	6.20	6.11	6.05	6.15	4.00	0.65
19/09/2016	03:00:00	6.24	6.19	5.35	5.44	5.18	5.68	4.00	0.70
19/09/2016	04:00:00	5.55	6.10	6.15	5.08	5.41	5.66	4.00	0.71
19/09/2016	05:00:00	5.15	5.10	6.33	6.10	5.37	5.61	4.00	0.71
19/09/2016	06:00:00	5.77	6.04	5.51	5.62	5.42	5.67	4.00	0.71
19/09/2016	07:00:00	4.43	4.51	4.50	4.66	4.61	4.54	4.00	0.88
								QMAXH	0.88
								QMINH	0.65
								QP	0.71

Fuente: Elaboración propia**Tabla 40***Resumen de los aforos del efluente del tanque séptico*

CAMPAÑAS DE AFORO	CAUDAL MÁXIMO HORARIO (L/S)	CAUDAL MÍNIMO HORARIO (L/S)	CAUDAL PROMEDIO (L/S)
DÍA 01	1.07	0.33	0.55
DÍA 02	1.06	0.27	0.52
DÍA 03	0.70	0.25	0.50
DÍA 04	0.76	0.34	0.52
DÍA 05	1.07	0.28	0.56
CAUDAL MÁXIMO (l/s)			1.07
CAUDAL MÍNIMO (l/s)			0.25
CAUDAL PROMEDIO (l/s)			0.53

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02: CAUDAL DE AFORO DEL AFLUENTE DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO

Tabla 41
*Caudal de aforo del efluente de la unidad
de almacenamiento, rebose y purga*

FECHA	TIEMPO (SEG.)	VOLUMEN (L/S)	CAUDAL (L/S)
06/09/2016	T1 14.80	4.00	0.270
06/09/2016	T2 15.25	4.00	0.262
06/09/2016	T3 13.71	4.00	0.292
06/09/2016	T4 15.45	4.00	0.259
06/09/2016	T5 15.71	4.00	0.255
06/09/2016	T6 15.73	4.00	0.254
06/09/2016	T7 15.98	4.00	0.250
06/09/2016	T8 15.69	4.00	0.255
CAUDAL PROMEDIO (QP)			0.262
CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMAXH)			0.292
CAUDAL MÍNIMO HORARIO (QMH)			0.250

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 03: REGISTRO DE pH Y TEMPERATURA

Tabla 42

Monitoreo del pH y la temperatura en el afluente y efluente del sistema DHS-G5

DÍA	PARÁMETROS							
	AFLUENTE				EFLUENTE			
	pH	TEMPERATURA (°C)	pH	TEMPERATURA (°C)	pH	TEMPERATURA (°C)	pH	TEMPERATURA (°C)
	07:00:00		15:00:00		07:00:00		15:00:00	
07/11/2016	6.93	11.50	7.00	17.00	7.56	10.50	7.88	18.20
08/11/2016	6.88	12.70	6.96	16.89	8.05	10.80	7.35	18.40
09/11/2016	6.94	13.50	7.00	17.15	8.00	11.00	7.96	17.00
10/11/2016	6.89	13.40	6.94	17.50	8.10	11.30	8.02	17.50
11/11/2016	7.07	10.00	7.06	18.00	7.83	10.40	8.00	17.40
12/11/2016	7.15	8.70	7.11	18.20	7.66	9.00	8.03	17.90
13/11/2016	6.97	9.90	7.23	20.00	8.42	8.10	8.34	15.50
14/11/2016	7.46	8.30	7.03	19.00	8.40	8.90	7.75	18.10
15/11/2016	7.15	8.70	7.09	19.50	7.93	11.90	7.68	17.90
16/11/2016	7.18	16.50	6.89	18.70	7.92	16.20	7.77	17.50
17/11/2016	7.11	9.90	7.00	18.40	7.68	15.00	7.50	17.10
18/11/2016	7.12	8.00	7.06	18.20	7.08	12.00	7.80	16.50
19/11/2016	7.21	6.80	6.99	17.70	8.09	9.50	7.54	17.30
20/11/2016	7.05	6.50	6.93	18.30	7.81	9.00	7.63	15.90
21/11/2016	7.00	7.60	7.02	18.20	7.76	7.90	7.76	13.90
22/11/2016	7.08	6.60	7.07	19.10	7.87	7.40	7.68	17.60
23/11/2016	7.11	8.70	6.99	19.10	7.57	11.30	7.65	15.60
24/11/2016	7.08	10.70	6.96	17.70	8.29	8.70	8.02	16.10
25/11/2016	6.99	8.20	6.90	18.60	8.16	9.30	8.11	14.20
26/11/2016	6.94	12.90	6.91	17.30	8.16	10.80	7.84	15.60
27/11/2016	7.07	12.60	6.98	17.10	8.26	10.70	8.19	15.10
28/11/2016	7.16	9.90	7.11	19.00	8.43	10.10	8.01	17.40
29/11/2016	8.09	12.00	7.89	15.90	7.79	12.70	7.75	17.20
30/11/2016	7.90	11.90	7.86	16.30	7.93	12.40	7.87	16.80
01/12/2016	7.85	12.20	8.02	15.80	7.86	12.90	7.79	15.60
02/12/2016	8.08	11.10	8.03	16.30	7.85	11.60	7.80	16.40
03/12/2016	7.75	11.30	8.00	15.20	7.86	11.80	7.65	15.70
04/12/2016	7.98	11.20	8.07	15.80	7.84	11.30	7.70	15.50
05/12/2016	7.45	11.00	7.93	16.00	7.85	11.10	7.75	15.30
06/12/2016	7.20	10.50	7.00	15.10	7.83	11.00	8.00	15.00
07/12/2016	7.09	10.20	7.09	14.80	7.85	10.50	8.11	14.20
08/12/2016	7.12	10.30	7.06	15.00	7.77	10.40	7.71	14.10
09/12/2016	7.14	10.50	7.12	15.00	7.74	10.70	7.65	13.90
10/12/2016	7.16	10.40	7.09	15.20	7.75	10.80	7.68	13.60
11/12/2016	7.19	10.50	7.10	16.00	7.71	10.60	7.76	13.40
12/12/2016	7.12	10.40	7.14	16.30	7.77	10.70	7.74	13.10
13/12/2016	7.10	10.20	7.20	15.70	7.74	10.80	7.70	13.00
14/12/2016	7.21	9.80	7.18	17.50	7.73	11.00	7.73	13.00
15/12/2016	7.17	10.60	7.15	17.20	7.71	11.60	7.66	13.90
16/12/2016	7.05	11.10	7.21	17.00	7.75	11.80	7.49	14.50
17/12/2016	7.10	12.00	7.14	17.10	7.72	11.80	7.55	15.50
18/12/2016	7.23	10.30	7.22	18.20	7.48	10.30	7.70	17.10

19/12/2016	7.20	11.60	7.21	15.10	7.93	13.30	7.89	13.90
20/12/2016	7.15	10.40	7.20	18.00	7.96	12.20	7.49	16.10
21/12/2016	7.18	11.90	7.14	16.60	7.69	13.90	7.58	16.70
22/12/2016	7.13	14.10	7.11	15.00	7.77	12.30	7.81	13.20
23/12/2016	7.04	11.10	7.01	16.40	7.75	10.70	7.79	13.20
24/12/2016	7.06	13.30	7.08	16.10	7.77	11.60	7.78	13.50
25/12/2016	7.16	11.10	7.09	16.60	7.58	13.80	7.92	13.10
26/12/2016	7.16	10.80	7.06	17.90	7.94	11.30	7.88	13.80
27/12/2016	7.01	11.80	7.08	17.50	7.86	12.60	7.53	16.90
28/12/2016	7.02	12.20	7.10	15.60	7.62	13.10	7.49	15.20
29/12/2016	7.05	14.60	7.04	16.00	7.68	11.80	7.58	13.80
30/12/2016	7.06	9.90	7.02	15.30	7.59	10.30	7.53	12.80
31/12/2016	7.06	12.10	7.00	14.60	7.69	10.60	7.59	13.20
01/01/2017	6.99	9.50	7.01	13.90	7.63	10.10	7.47	12.90
02/01/2017	7.11	11.00	7.21	16.30	8.18	11.40	7.82	15.10
03/01/2017	7.11	12.00	7.13	16.10	7.78	12.10	7.65	15.60
04/01/2017	7.28	10.90	7.24	17.00	7.70	11.40	7.72	16.50
05/01/2017	7.12	13.70	7.07	16.30	7.81	11.80	7.75	13.90
06/01/2017	7.09	11.20	7.11	18.20	7.69	11.50	7.63	14.70
07/01/2017	7.18	12.80	7.06	15.70	7.73	11.80	7.77	15.00
08/01/2017	7.08	13.50	7.09	14.50	7.55	11.50	7.65	12.70
09/01/2017	7.04	11.20	7.02	17.10	7.71	11.20	7.65	13.30
10/01/2017	7.12	13.20	7.22	15.60	7.63	11.40	7.67	14.10
11/01/2017	6.95	11.90	6.98	17.60	7.35	14.10	7.43	16.90
12/01/2017	7.03	14.70	7.02	15.70	7.65	11.50	7.37	15.40
13/01/2017	6.98	10.40	7.05	15.10	7.53	12.30	7.43	14.70
14/01/2017	6.99	14.00	7.05	14.70	7.62	12.40	7.42	13.50
15/01/2017	7.02	11.90	7.11	14.20	7.34	11.30	7.34	12.70
16/01/2017	6.99	10.40	6.97	13.90	7.72	10.50	7.49	12.30
17/01/2017	7.00	12.60	7.05	14.40	7.34	9.30	7.19	12.50
18/01/2017	7.15	10.70	7.19	19.90	7.27	11.20	7.62	17.00
19/01/2017	7.00	11.50	6.97	19.30	7.56	12.80	7.47	14.10
20/01/2017	7.07	10.90	7.01	17.50	7.63	11.10	7.56	15.40
21/01/2017	7.00	13.20	7.14	15.10	7.69	12.00	7.59	15.70
22/01/2017	7.02	12.90	6.99	14.70	7.54	10.90	7.52	13.20
23/01/2017	6.99	10.40	6.98	15.20	7.51	10.80	7.28	14.70
24/01/2017	7.03	13.40	7.06	14.90	7.52	11.60	7.35	13.90
25/01/2017	7.05	11.10	7.04	14.50	7.32	12.00	7.47	14.30
26/01/2017	7.01	12.50	7.04	15.10	7.56	11.60	7.30	14.00
27/01/2017	7.04	9.20	7.00	15.90	7.44	9.70	7.49	12.90
28/01/2017	7.05	11.90	7.07	16.40	7.74	11.30	7.57	15.50
29/01/2017	7.07	11.60	7.06	17.70	7.68	11.70	7.59	16.40
30/01/2017	7.07	12.30	7.05	18.40	7.84	12.90	7.62	15.90
31/01/2017	7.03	13.70	7.08	16.10	7.52	12.00	7.48	14.80
01/02/2017	7.19	11.60	7.15	18.10	7.66	12.40	7.67	18.00
02/02/2017	7.04	12.80	7.08	17.70	7.58	13.10	7.47	15.70
03/02/2017	7.28	10.10	7.08	17.50	7.45	10.10	7.30	14.50
04/02/2017	7.15	13.80	7.17	16.90	7.66	12.20	7.59	15.60
05/02/2017	7.14	11.50	7.09	17.10	7.62	11.60	7.60	14.10
06/02/2017	7.07	12.00	7.18	20.50	7.60	12.20	7.66	14.40
07/02/2017	7.02	13.70	7.15	16.70	7.65	11.70	7.64	14.00
08/02/2017	7.08	12.10	7.10	16.40	7.71	11.40	7.55	15.70
09/02/2017	7.03	11.70	7.11	17.00	7.60	11.54	7.45	16.60
10/02/2017	7.09	12.30	6.90	16.10	7.28	12.50	7.27	14.90
11/02/2017	7.02	12.00	7.05	14.70	7.46	11.40	7.66	13.40
12/02/2017	6.95	11.80	7.03	16.00	7.61	11.50	7.54	14.70
13/02/2017	7.01	13.90	7.06	16.40	7.59	11.50	7.50	13.60
14/02/2017	7.02	12.60	6.99	12.50	7.47	10.70	7.47	11.30

15/02/2017	7.10	8.70	7.08	14.40	7.55	9.00	7.38	12.10
16/02/2017	7.08	10.90	7.05	18.30	7.65	13.10	7.56	16.70
17/02/2017	7.03	11.10	6.99	13.40	7.52	12.70	7.45	13.10
18/02/2017	7.08	12.30	7.21	15.10	7.65	11.60	7.44	14.90
19/02/2017	7.12	12.10	7.16	16.20	7.55	11.10	7.47	15.70
20/02/2017	7.17	9.20	7.29	15.70	7.49	9.30	7.41	13.00
21/02/2017	7.17	13.10	7.23	14.60	7.49	10.60	7.40	13.00
22/02/2017	7.21	10.80	7.17	15.10	7.27	11.90	7.42	14.00
23/02/2017	7.05	10.70	7.13	14.80	7.44	12.40	7.33	14.50
24/02/2017	7.10	11.50	7.04	16.70	7.42	11.00	7.38	15.80
25/02/2017	6.99	13.70	7.07	15.60	7.49	11.40	7.43	15.50
26/02/2017	7.05	11.10	7.04	14.20	7.56	13.20	7.42	13.90
27/02/2017	7.03	10.30	7.14	16.30	7.35	12.20	7.38	15.30
28/02/2017	7.00	13.80	7.11	15.10	7.38	12.60	7.36	14.80
01/03/2017	7.08	10.50	7.08	16.00	7.51	11.40	7.49	14.80
02/03/2017	7.00	11.30	7.00	17.20	7.40	11.30	7.43	13.70
03/03/2017	6.99	11.30	6.98	14.70	7.40	11.30	7.38	12.80
04/03/2017	7.02	11.60	7.05	16.60	7.40	11.00	7.40	16.60
05/03/2017	7.07	11.30	7.10	16.20	7.47	12.80	7.31	15.90
06/03/2017	7.07	11.30	7.07	15.90	7.45	11.80	7.43	13.50
07/03/2017	7.06	12.00	7.08	17.20	7.54	9.90	7.42	13.80
08/03/2017	7.11	11.20	7.13	14.40	7.32	12.20	7.21	13.90
09/03/2017	7.08	13.10	7.06	16.10	7.46	12.90	7.38	15.70
10/03/2017	7.05	10.90	7.08	15.30	7.38	11.10	7.36	14.10
11/03/2017	7.04	13.00	7.10	14.90	7.34	11.00	7.42	13.50
12/03/2017	7.09	10.90	7.07	16.70	7.58	11.20	7.49	16.10
13/03/2017	7.12	10.80	7.09	17.00	7.65	11.90	7.57	15.40
14/03/2017	7.06	13.30	7.01	14.30	7.43	12.40	7.38	13.00
15/03/2017	7.17	11.20	7.17	15.10	7.47	11.60	7.54	14.30
16/03/2017	7.06	12.60	7.14	15.20	7.45	12.00	7.49	14.40
17/03/2017	7.18	8.90	7.10	14.80	7.39	9.30	7.37	12.10
18/03/2017	7.04	14.00	7.13	15.10	7.37	11.50	7.40	14.00
19/03/2017	7.12	13.50	7.18	15.00	7.50	11.80	7.38	14.00
20/03/2017	7.11	11.70	7.07	17.80	7.41	11.80	7.33	14.60
21/03/2017	6.98	13.70	6.91	17.30	7.59	12.00	7.62	14.00
22/03/2017	6.93	11.90	6.93	17.60	7.52	11.80	7.63	16.50
23/03/2017	7.04	13.40	6.89	15.80	7.66	12.20	7.63	14.70
24/03/2017	6.91	9.30	6.96	15.90	7.47	9.60	7.49	15.00
25/03/2017	6.99	13.50	7.06	15.80	7.56	12.00	7.45	15.70
26/03/2017	6.88	14.30	7.07	15.90	7.31	12.80	7.30	13.80
27/03/2017	7.04	11.10	7.02	15.60	7.32	10.90	7.36	12.80
28/03/2017	6.97	13.00	6.96	16.50	7.31	11.60	7.37	13.70
29/03/2017	7.05	13.10	7.02	16.70	7.44	12.70	7.43	16.50
30/03/2017	7.08	14.00	7.14	16.10	7.62	13.80	7.55	16.10
31/03/2017	7.12	10.50	7.13	15.40	7.42	11.40	7.38	15.20
01/04/2017	7.05	13.70	7.10	16.00	7.60	12.40	7.58	16.20
02/04/2017	7.05	10.60	7.07	16.70	7.55	12.20	7.63	15.10
03/04/2017	7.08	11.30	7.11	15.50	7.60	12.60	7.28	15.50
04/04/2017	7.04	11.70	7.07	16.70	7.29	13.90	7.36	16.20
05/04/2017	7.09	15.10	7.10	16.40	7.32	14.50	7.35	15.60
06/04/2017	7.14	11.50	7.05	15.60	7.47	12.70	7.43	15.70
07/04/2017	7.06	9.80	7.06	16.90	7.40	11.00	7.42	16.20
08/04/2017	7.04	10.20	7.08	16.40	7.38	12.50	7.52	15.90
09/04/2017	7.05	12.40	7.10	16.20	7.42	12.50	7.38	14.60
10/04/2017	7.10	11.60	7.08	16.60	7.58	11.60	7.62	14.60
11/04/2017	7.02	12.60	7.10	15.90	7.36	12.10	7.48	15.40
12/04/2017	7.06	12.40	7.06	14.60	7.62	12.20	7.56	13.60
13/04/2017	7.04	13.60	7.06	16.20	7.55	12.40	7.60	15.10

14/04/2017	6.98	11.00	7.01	13.40	7.32	13.60	7.37	14.90
15/04/2017	6.96	9.90	7.04	13.80	7.40	13.10	7.42	15.60
16/04/2017	7.02	10.60	7.05	14.70	7.45	12.20	7.38	13.80
17/04/2017	6.86	11.20	6.98	15.20	7.66	12.40	7.49	15.10
18/04/2017	6.99	10.40	6.99	15.30	7.46	12.50	7.52	14.80
19/04/2017	6.97	12.30	7.02	14.90	7.38	12.30	7.45	15.20

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 04: DATOS DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN EL SISTEMA UNITARIO FIJO DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDAL

Tabla 43

Sólidos sedimentables en el sistema unitario fijo de distribución de caudal

MONITOREOS (N° SEMANAS)	FECHA	PARÁMETRO			
		SÓLIDOS SEDIMENTABLES (ML)			
		S1*	S2**	S3***	TOTAL
1	13/11/2016	0.90	5.00	24.00	29.90
2	20/11/2016	1.00	4.80	25.00	30.80
3	27/11/2016	1.00	4.80	25.00	30.80
4	04/12/2016	1.00	5.00	25.00	31.00
5	11/12/2016	1.00	5.00	24.00	30.00
6	18/12/2016	0.90	4.80	25.00	30.70
7	25/12/2016	1.00	5.00	25.00	31.00
8	04/01/2017	1.50	7.00	26.00	34.50
9	11/01/2017	1.60	7.00	25.00	33.60
10	18/01/2017	1.60	6.00	26.00	33.60
11	25/01/2017	1.60	7.00	27.00	35.60
12	01/02/2017	1.50	6.00	28.00	35.50
13	08/02/2017	1.60	6.00	26.00	33.60
14	15/02/2017	1.60	7.00	28.00	36.60
15	22/02/2017	1.50	7.00	26.00	34.50
16	29/02/2017	1.60	6.00	27.00	34.60
17	05/03/2017	2.00	8.00	30.00	40.00
18	12/03/2017	2.10	7.00	29.00	38.10
19	19/03/2017	1.80	7.00	30.00	38.80
20	26/03/2017	2.00	8.00	30.00	40.00
21	02/04/2017	1.00	5.00	25.00	31.00
22	09/04/2017	1.10	4.10	24.00	29.20
23	16/04/2017	1.00	5.00	25.00	31.00
SS PROM.					33.67
SS MAX.					40.00
SS MIN.					29.20

Fuente: Elaboración propia

*S1= Sólidos Sedimentables de las mangueritas conectoras colgante D= 1/8"

**S2= Sólidos Sedimentables de las mangueritas distribuidoras D= 1/8"

***S3= Sólidos Sedimentables del tubo conector D= 1/2"

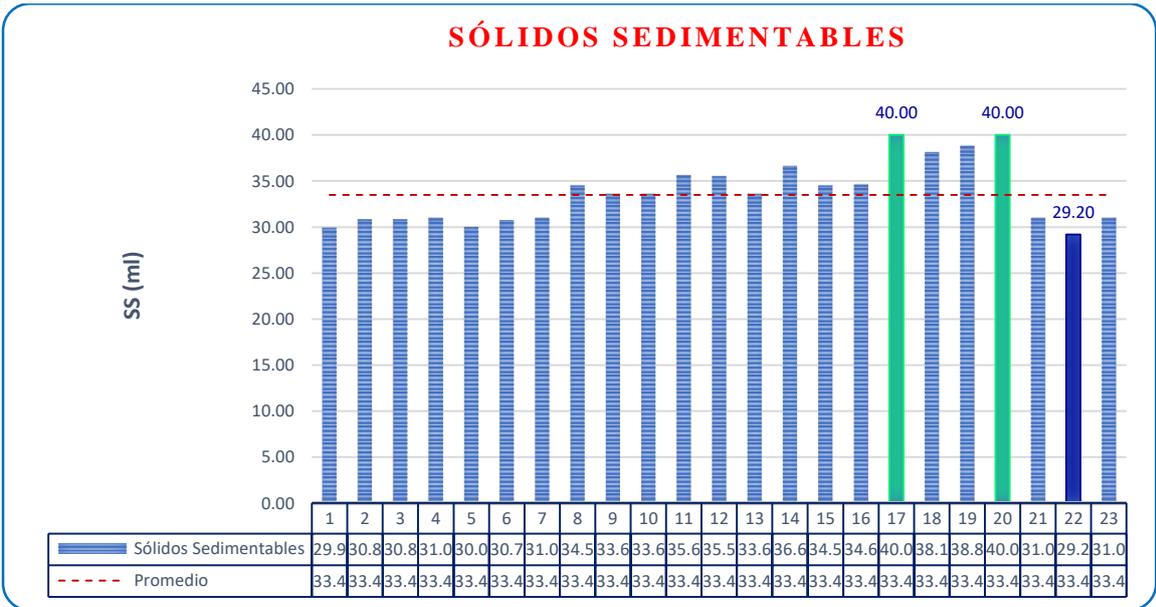


Gráfico 22: Variación de sólidos sedimentables

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 05: VOLUMEN DE LODOS EN EL SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Tabla 44

Volumen de lodos en el sedimentador secundario

FECHA	PARÁMETRO				
	VOLUMEN DE LODOS (ml)				
	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTO (CM)	VOLUMEN (ML)	VOLUMEN (LT)
04/01/2017	32.00	21.50	3.50	2408.00	2.41
08/03/2017	32.00	21.50	4.00	2752.00	2.75
19/04/2017	32.00	21.50	4.00	2752.00	2.75
			SS PROM.	2580.00	2.58
			SS MAX.	2752.00	2.75
			SS MIN.	2408.00	2.41

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 06: PANEL FOTOGRÁFICO



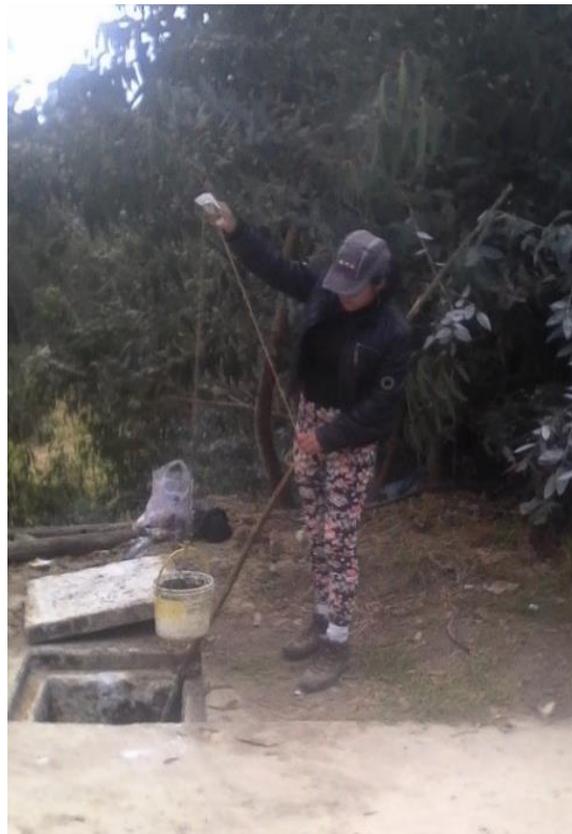
Fotografía 19: Estado actual de la cámara de rejas



Fotografía 20: Tanque séptico existente



Fotografía 21: Filtro biológico de flujo ascendente existente



Fotografía 22: Aforo del caudal al ingreso del tanque séptico



Fotografía 23: Aforo del caudal al ingreso del tanque séptico



Fotografía 24: Determinación del porcentaje de porosidad



Fotografía 25: Determinación del porcentaje de porosidad



Fotografía 26: Determinación del porcentaje de porosidad de la espuma de poliuretano



Fotografía 27: Construcción del reactor – armado de las placas de acrílico del reactor



Fotografía 28: Construcción del reactor – Corte de esponjas



Fotografía 29: Instalación de la cachimba para la captación del afluente



Fotografía 30: Tuberías de rebose para el mantenimiento del sedimentador primario



Fotografía 31: Instalación del sedimentador primario



Fotografía 32: Tubería de rebose



Fotografía 33: Tuberías de distribución al sistema de filtros esponjas colgantes continuas



Fotografía 34: Aforo del afluente del sedimentador primario



Fotografía 35: Aforo del afluente del sistema DHS-G5



Fotografía 36: Toma de muestra para el monitoreo de los parámetros de pH y temperatura



Fotografía 37: Toma de muestra para el análisis de parámetros de indicadores de contaminación microbiológica



Fotografía 38: Monitoreo de los parámetros de pH y temperatura



Fotografía 39: Monitoreo de los parámetros de pH y temperatura



Fotografía 40: Desarrollo de larvas sobre el medio



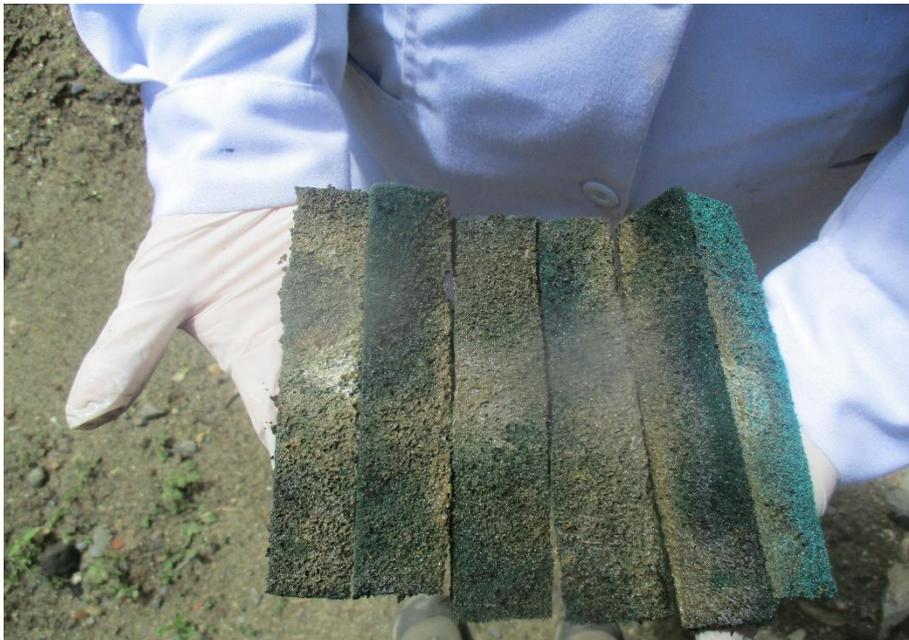
Fotografía 41: Desarrollo de larvas sobre el medio filtrante



Fotografía 42: Formación de biopelícula sobre el medio filtrante



Fotografía 43: Formación de biopelícula sobre el medio filtrante



Fotografía 44: Retención de sólidos por las esponjas de fregar



Fotografía 45: Retención de sólidos por las esponjas de fregar



Fotografía 46: Mantenimiento del sistema unitario fijo de distribución de caudal



Fotografía 47: Mantenimiento de la tubería de purga



Fotografía 48: Agua residual tratada almacenada en el sedimentador secundario



Fotografía 49: Acumulación de la biopelícula en el sedimentador secundario



Fotografía 50: Observación de sólidos en las muestras



Fotografía 51: Registro de datos posterior a la observación de sólidos en las muestras



Fotografía 52: Comparación visual del color entre el afluente y efluente del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas



Fotografía 53: Colmatación de las mallas del sedimentador primario



Fotografía 54: Medición de la cantidad de lodos en el sedimentador secundario



Fotografía 55: Estado del filtro de esponjas colgantes continuas al finalizar la investigación

ANEXO 07: MARCO LEGAL

El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible - LMP, como la medida de 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;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permissible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permissible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

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 Suspensión	en mL/L	150
Temperatura	°C	<35

469446-2

ANEXO 08: INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DEL AFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO



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-Amomiacal	mg/l NO _x -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 focales 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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

ANEXO 09: INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO



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° : CO160900

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	11:14
					Código del Laboratorio	AG160988
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ	Aceltes y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		102
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		16
ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU03	N-Amóniacal	mg/l NO ₃ -N	Azul Indolenol (*)	0.010		19.800
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		0.020
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN 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 ortomofosfórico (*)	25		164
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN 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 the 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
 COP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

ANEXOS 10: INFORMES DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DEL AFLUENTE DEL SISTEMA DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS



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 de 2016
Cotización N° : CO160900

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 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		45
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		24
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO ₃ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		19.200
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ -N	Reacción Griess (*)	0.007		0.018
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
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

Datos proporcionados por el cliente.

Leyenda: APHA: Standard Method for 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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG160882

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 - Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160637

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

LABORATORIO Fecha de recepción : 29/Noviembre/2016
 Fecha de análisis : 29 de Noviembre al 06 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160857

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EG - 4 - 1
					Fecha de muestreo ¹	29/11/2016
					Hora de muestreo ¹	14:20
					Código del Laboratorio	AG161022
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		26
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		70
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		149
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 the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 06 de Diciembre de 2016



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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



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	14:00
					Código del laboratorio	AG161062
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		170
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU03	N-Amóniacal	mg/l NO ₃ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		25.600
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃	Nitrospectral (*)	1.0		1.6
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBQ ₅	APHA 5210 B (*)	1		146
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		345
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 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, 15 de Diciembre de 2016

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG160934

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 - Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160669

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

LABORATORIO Fecha de recepción : 13/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 13 de Diciembre al 20 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160857

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EG 4 - 3
					Fecha de muestra ¹	13/12/2016
					Hora de muestra ¹	13:50
					Código del Laboratorio	AG161079
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		4
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
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		71
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 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, 20 de Diciembre de 2016

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG160943

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 - Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160678
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 20/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 20 de Diciembre al 27 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160857

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EG - 4 - 4
					Fecha de muestra ¹	20/12/2016
					Hora de muestra ¹	15:30
					Código del Laboratorio	AG161088
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		3
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		93
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		188
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
 COP N° 604

Huaraz, 27 de Diciembre de 2016

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras drimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perechibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG160955

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 - Marian
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC160690
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 28/Diciembre/2016
	Fecha de análisis	: 28 de Diciembre al 04 de Enero/2017
	Cotización N°	: CO160857

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EG4 - 5
					Fecha de muestreo ¹	28/12/2016
					Hora de muestreo ¹	14:00
					Código del Laboratorio	AG161100
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		24
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		52
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		108
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 the 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, 04 de Enero de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



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 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					
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 CONTAMINACIÓN 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 CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN 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

¹Datos proporcionados por el cliente

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



Quito, Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 COP N° 604

Huaraz, 11 de Enero de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG170060

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
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170049
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 17/Enero/2017
	Fecha de análisis	: 17 de Enero al 24 de Enero/2017
	Cotización N°	: CO160857

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EG4 - 7
					Fecha de muestreo ¹	17/01/2017
					Hora de muestreo ¹	15:00
					Código del Laboratorio	AG170118
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		11
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		47
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		94
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

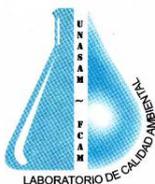
¹ Datos proporcionados por el cliente

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

Huaraz, 24 de Enero de 2017


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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



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 ¹	01/02/2017
					Hora de muestreo ¹	16:40
					Código del Laboratorio	AG170160
FQ ANALISIS FISICOQUÍMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		39
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU03	N-Amomiacal	mg/l NO ₃ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		25.700
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		0.194
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION 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 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

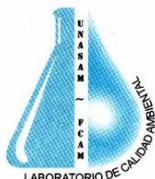
Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 08 de Febrero de 2017



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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AGI70253

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	MC - 05
					G2 - EF - 09	MC - 05
					Fecha de muestra	03/03/2017
					Hora de muestra	15:02
					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-Amoñiacal	mg/l NO _x -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	11000000

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

Datos proporcionados por el cliente

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



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

Huaraz, 10 de Marzo de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG170370

: Determinación de la Eficiencia del Sistema de Filtros de Esponjas Cogitantes Continuos (DHS), en el Tratamiento de Aguas Residuales del Centro Poblado de Marian - Huaraz

CLIENTE

Razón Social : Planta de Tratamiento - Agua Residual de Marian
 Dirección : Justini Flores Albornoz
 Atención :

MUESTRA

Producto declarado : Agua Residual
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170241

MUESTREO

Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO

Fecha de recepción : 07/Abril/2017
 Fecha de análisis : 07 de Abril al 20 de Abril/2017
 Cotización N° : CO170259

COD.	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA															
					1 - G	2 - G	3 - G	4 - G	5 - G	6 - G	7 - G	8 - G	9 - G	10 - G						
FQ	Fosfato	mg/PO ₄ -P	Nitrospectral (*)	0.05																
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	Vendematoloidato (*)	1																
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	APHA 2540 D (*)	25																
NU	Nitratos	mg/l NO ₃	Bato sulfato, turbidimétrico (*)	25																
CB	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l BOD ₅	Nitrospectral (*)	1.0																
CB2	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DCO	APHA 5210 B (*)	1																
CM	Coliformes totales	NMP/100 ml	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25																
CM5	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS	< 2																
			APHA 9221 B (*)	< 2																
			APHA 9221 C (*)	< 2																

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras

firmadas de conservarán de acuerdo a su tiempo de peresabilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAIGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N° 200-Huaraz-Ancash. Telef. 421 451. Cel. 943-943032706 / 043- 943032787 RPN. # 703722 RPN# # 703723
 E-mail: labtam@unalm.com



INFORME DE ENSAYO AG170393

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, Localidad de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170262
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 18/Abril/2017
 Fecha de análisis : 18 de Abril al 25 de Abril/2017
 Cotización N° : CO160857

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA		
					Código del cliente	EG4 - 14	SG4 - 14
					Fecha de muestra ¹	18/04/2017	18/04/2017
					Hora de muestra ¹	12:40	12:50
					Código del Laboratorio	AG170502	AG170503
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	47	4	
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1	85	34	
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25	170	69	
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS						
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2	11000000	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

Huaraz, 25 de Abril de 2017



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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Los contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

ANEXO 11: INFORMES DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DEL EFLUENTE DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS



INFORME DE ENSAYO AG160851

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	EF - 01
					Fecha de muestreo ¹	16/11/2016
					Hora de muestreo ¹	11:44
					Código del Laboratorio	AG160991
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		53
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		4
ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU3	N-Amóniacal	mg/l NO ₃ -N	Azul Indólenol (*)	0.010		18.500
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		0.010
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		28
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		55
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS						
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		24000000

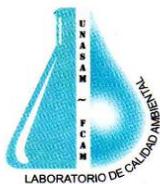
(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente
 Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 23 de Noviembre de 2016




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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG160885

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 CC160639

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

LABORATORIO Fecha de recepción : 30/Noviembre/2016
 Fecha de análisis : 30 de Noviembre al 07 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	E - 03
					Fecha de muestreo ¹	30/11/2016
					Hora de muestreo ¹	16:45
					Código del laboratorio	AG161025
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		4
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO						
CB	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		93
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN 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

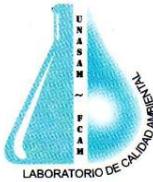
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012




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

Huaraz, 07 de Diciembre de 2016

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG160918

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 CC160656
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° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EF - 04
					Fecha de muestreo ¹	07/12/2016
					Hora de muestreo ¹	10.32
					Código del laboratorio	AG161058
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		4
ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO _x -N	Azul Indofenol (*)	0.010		25.500
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		3.140
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		28
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		66
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN 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, 15 de Diciembre de 2016



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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG160936

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 CC160671
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 14/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 14 de Diciembre de 2016
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EF - 05
					Fecha de muestra	14/12/2016
					Hora de muestra	12:00
					Código del Laboratorio	AG161061
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		6
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		23
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		62
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

Datos proporcionados por el cliente

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

Huaraz, 21 de Diciembre de 2016



Quim. Mario Leyva Colles
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 804

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



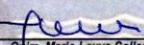
INFORME DE ENSAYO AG160946

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 CC160881
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 21/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 21 de Diciembre al 28 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EF - 06
					Fecha de muestreo	21/12/2016
					Hora de muestreo	18:30
					Código del Laboratorio	AG161091
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		18
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		23
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		48
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
 † Datos proporcionados por el cliente
 Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012




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

Huaraz, 28 de Diciembre de 2016

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG160958

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 CC160681
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 28/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 28 de Diciembre al 04 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EF - 07
					Fecha de muestreo	28/12/2016
					Hora de muestreo	17:30
					Código del laboratorio	AG161103
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		3
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		10
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		< 25
CM INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS						
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)			< 2

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

Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for 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, 04 de Enero de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG170009

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 CC170009
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° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EF - 08
					Fecha de muestra	04/01/2017
					Hora de muestra	15:00
					Código del laboratorio	AG170009
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		3
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		55
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		111
ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU03	N-Amoniacal	mg/l NH ₄ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		21.800
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		0.840
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN 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

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 Diciembre de 2016

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG170067

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 CC170053
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 18/Enero/2017
 Fecha de análisis : 18 de Enero al 25 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EF - 10
					Fecha de muestreo ¹	18/01/2017
					Hora de muestreo ¹	15:40
					Código del Laboratorio	AG170125
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		3
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		28
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		57
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

Legenda: 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
 COP N° 604

Huaraz, 25 de Enero de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG170121

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 Domestica
 Procedencia : Centro Poblado de Marian
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170103
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 08/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 08 de Febrero al 15 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EF - 12
					Fecha de recepción	08/02/2017
					Hora de muestra	15:40
					Código del Laboratorio	AG170191
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-Amónico	mg/l NH ₄ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		13.900
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		5.210
CM INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS						
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000
CB ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		21
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		43

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

† Datos proporcionados por el cliente

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

Huaraz, 15 de Febrero de 2017



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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AGI70261

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 CC170173
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 08/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 08 de Marzo al 15 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EF - 14
					Fecha de muestreo ¹	08/03/2017
					Hora de muestreo	15:30
					Código de Laboratorio	AG170339
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		44
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NH ₄ -N	Azul Indofenol (*)	0.010		14.300
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		0.345
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		59
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		118
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		460000

(*) 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

Huaraz, 15 de Marzo de 2017



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

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG170409

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 CC170273
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 19/Abril/2017
 Fecha de análisis : 19 de Abril al 26 de Abril/2017
 Cotización N° : CO160800

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EF - 17
					Fecha de muestreo	19/04/2017
					Hora de muestreo	17:40
					Código del Laboratorio	AG170530
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		1
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		51
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		102
CM INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS						
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		430000

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

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

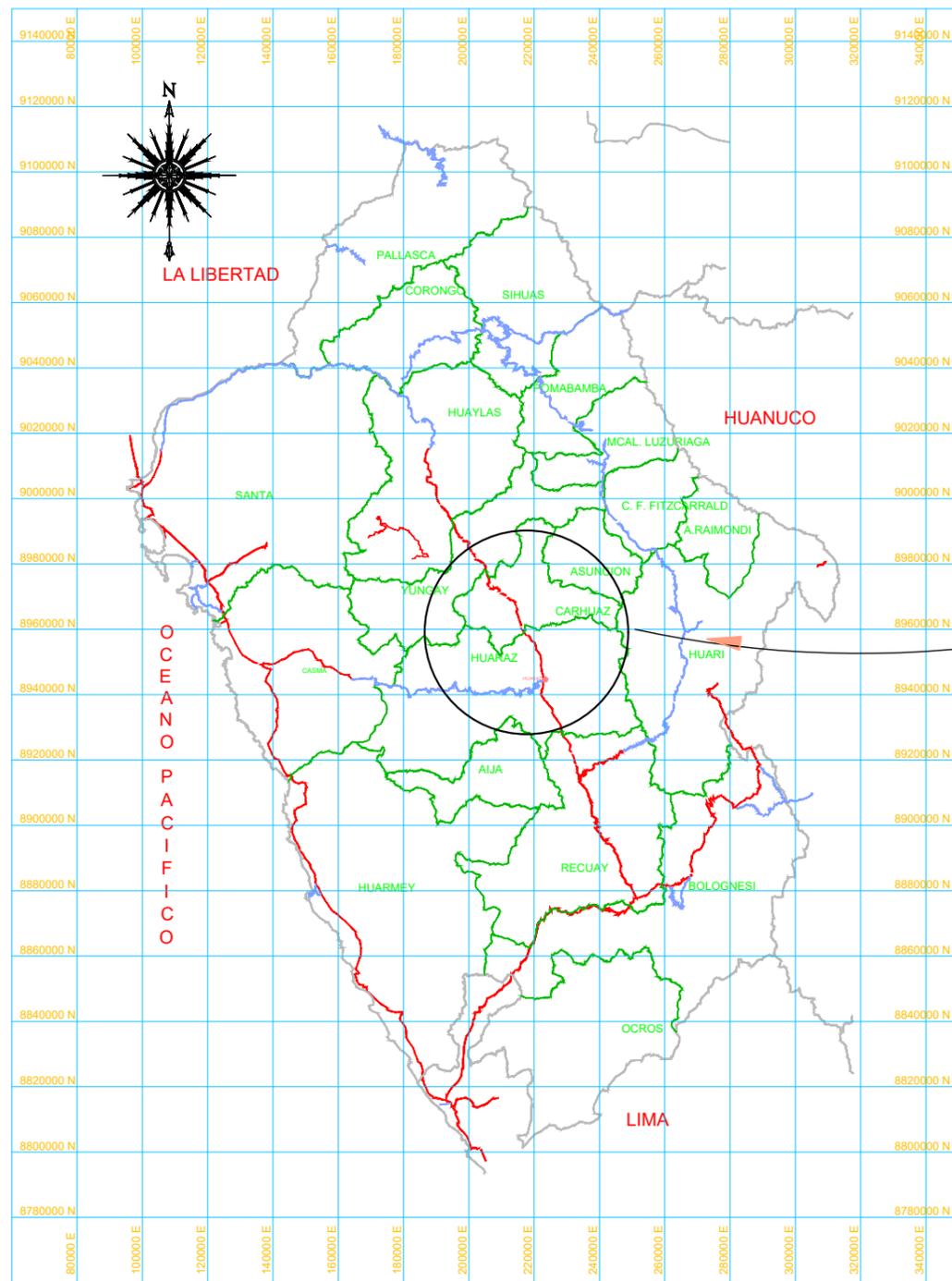


Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

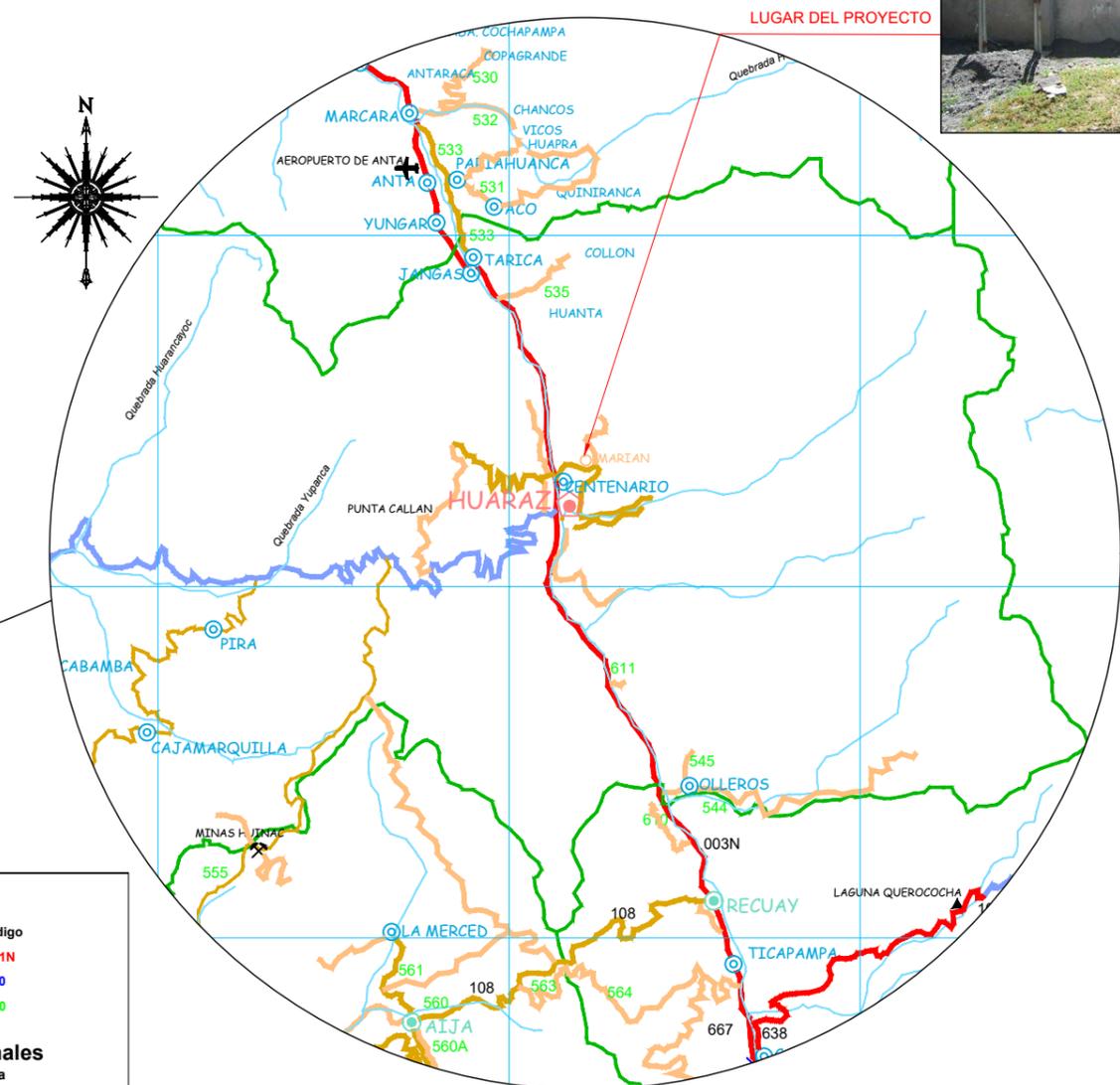
Huaraz, 26 de Abril de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contarmuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

ANEXO 12: PLANOS



PLANO DE UBICACION - ANCASH
ESC.: 1/2 000 000



UBICACION
ESC.: 1/400 000



LEYENDA	
Nacional	Código 001N
Departamental	100
Vecinal	500
Signos Convencionales	
Superficie de Rodadura	
Asfaltado	Trocha Carrozzable
Afirmado	En Proyecto
Sin Afirmar	
Capital Departamental	Caleta
Capital Provincial	Embarcadero
Capital Distrital	Puerto Fluvial
Pueblo	Muelle
Puente	Acc. Geográficos
Pontón	Abra
Tunel	Mina
Badén	Planta Eléctrica
Aeropuerto	Otros
Aeródromo	Planta
	Puerto
	Rio
—	Límite Departamental
—	Límite Distrital

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

PROYECTO : "EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD DE MARIAN"

UBICACIÓN: DEPART.: ANCASH PROVINCIA: HUARAZ DISTRITO: INDEPENDENCIA LOCALIDAD: MARIAN

PLANO : UBICACIÓN DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS DHS-G5

RESPONSABLE : GARAY SÁNCHEZ Alina Azucena
VALLADARES ARAUJO Rosa Milagros

REVISADO :

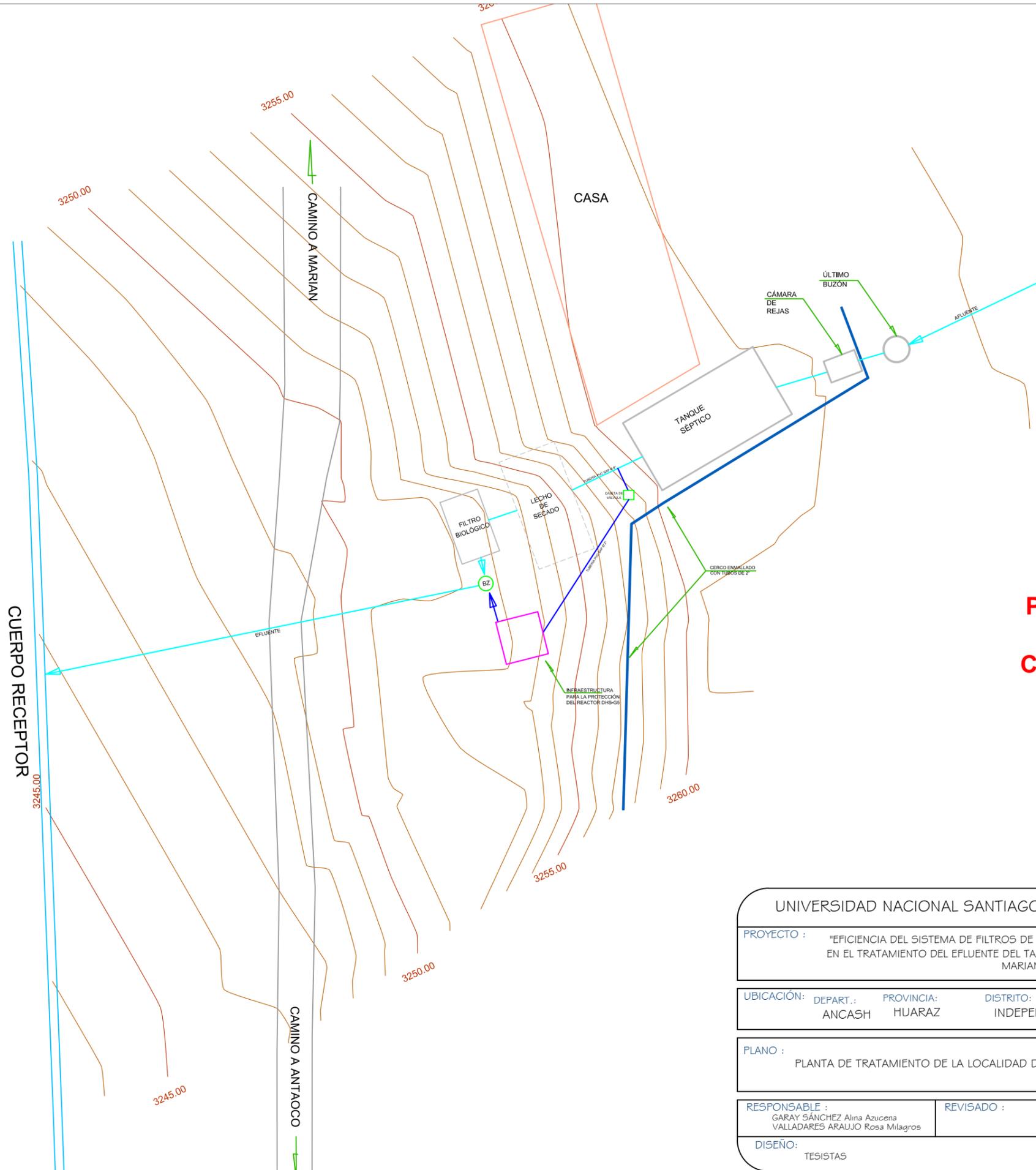
ESCALA : Indicada

DISEÑO : TESISTAS

FECHA : JULIO - 2018

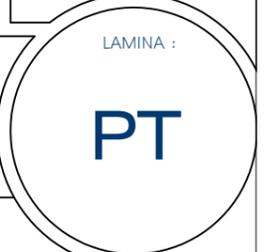


Plano 1: Ubicación del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5)

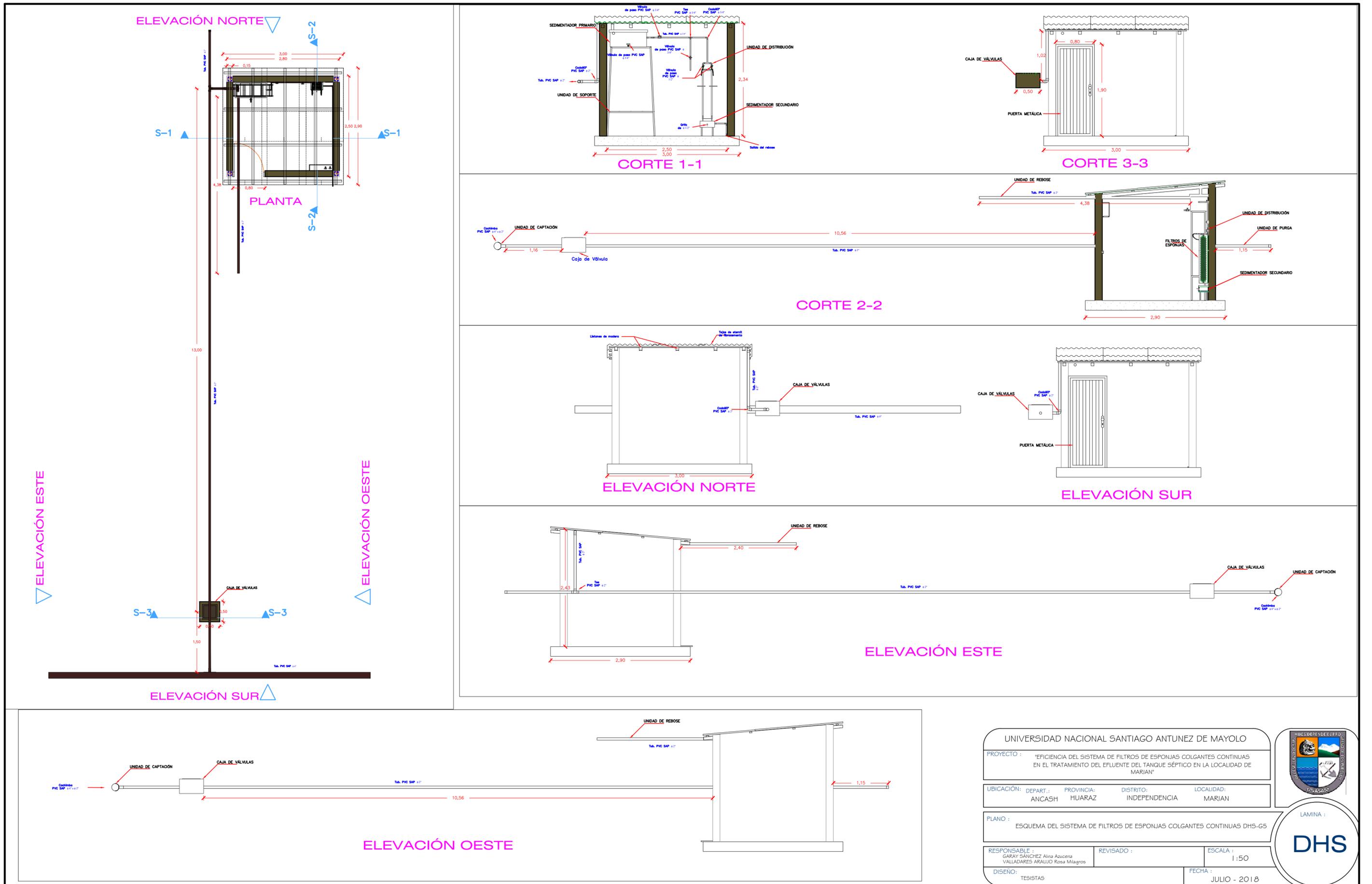


PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO DE MARIAN

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO			
PROYECTO : "EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD DE MARIAN"			
UBICACIÓN:	DEPART.: ANCASH	PROVINCIA: HUARAZ	DISTRITO: INDEPENDENCIA LOCALIDAD: MARIAN
PLANO : PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA LOCALIDAD DE MARIAN - DHS-G5			
RESPONSABLE : GARAY SÁNCHEZ Alina Azucena VALLADARES ARAUJO Rosa Milagros	REVISADO :	ESCALA : 4:1	
DISEÑO: TESISISTAS		FECHA : JULIO - 2018	



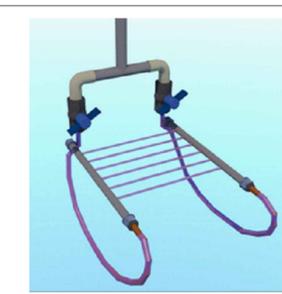
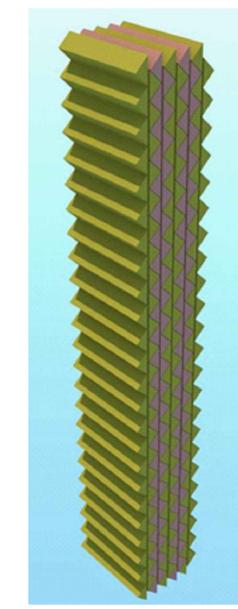
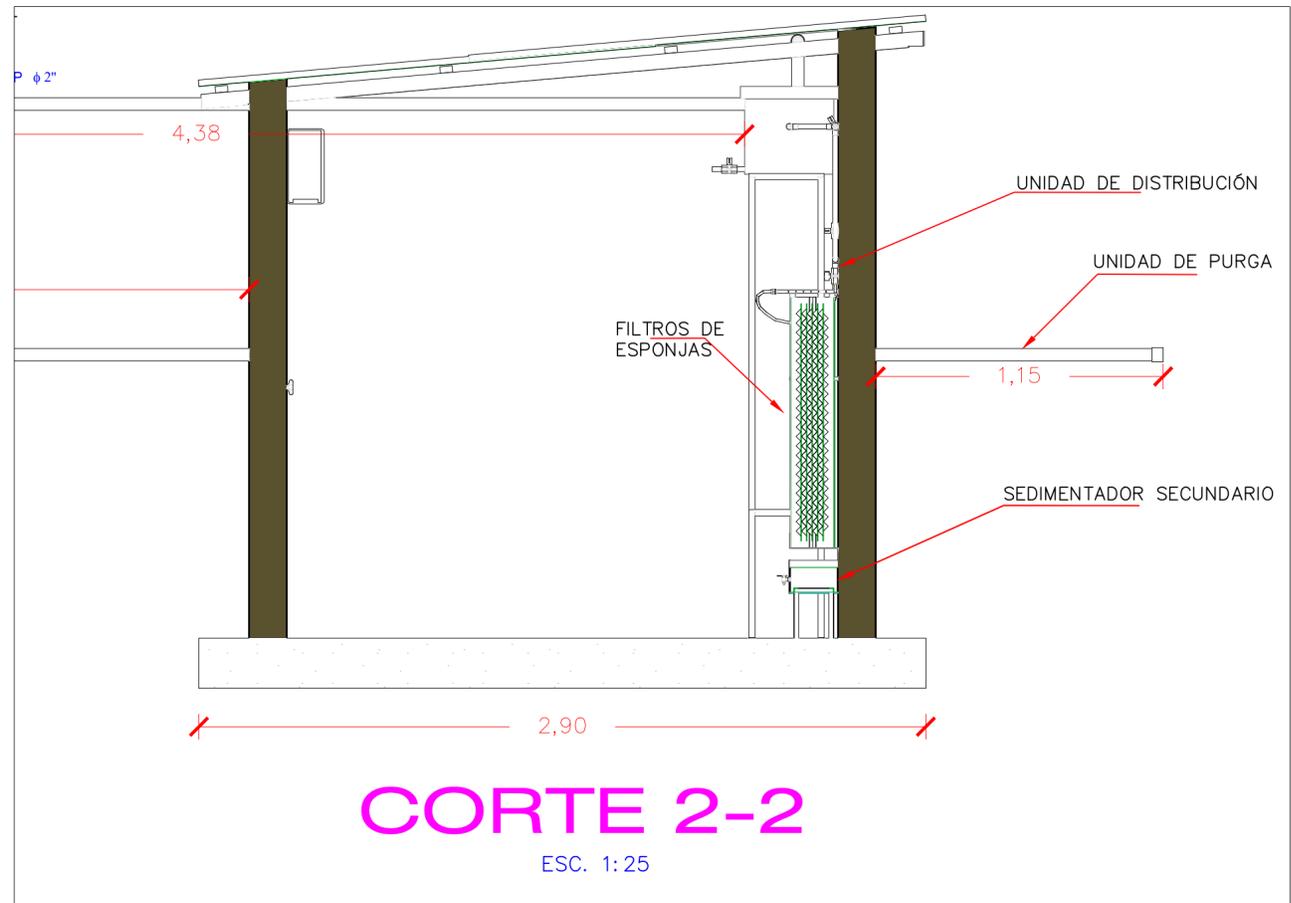
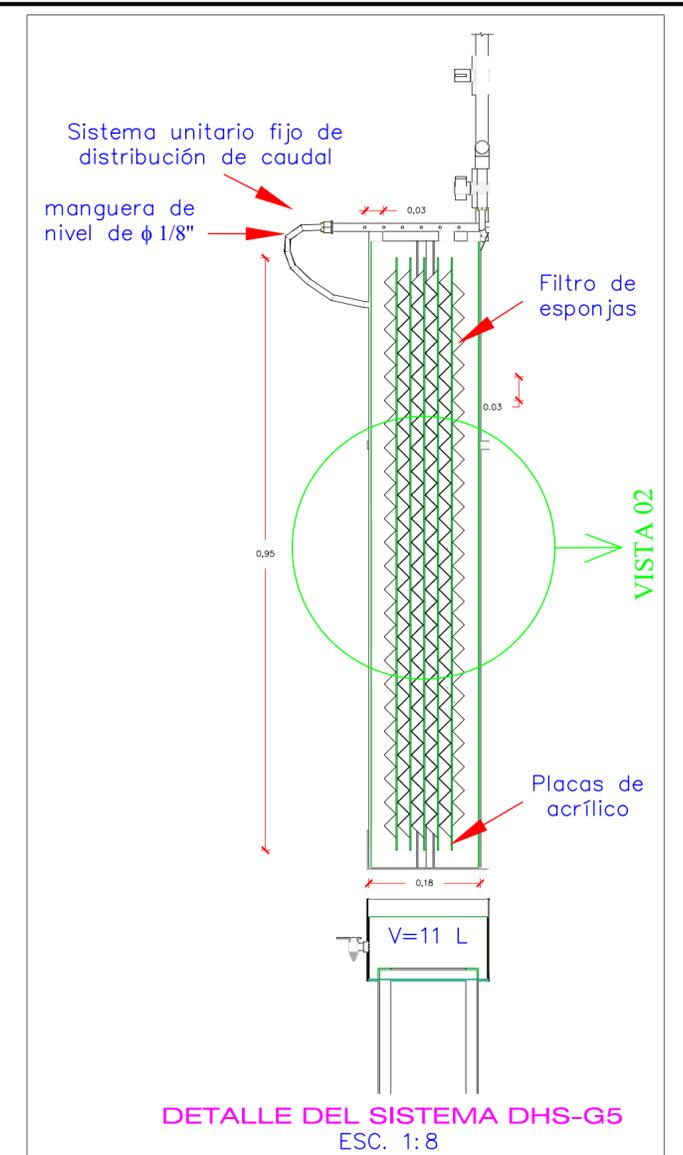
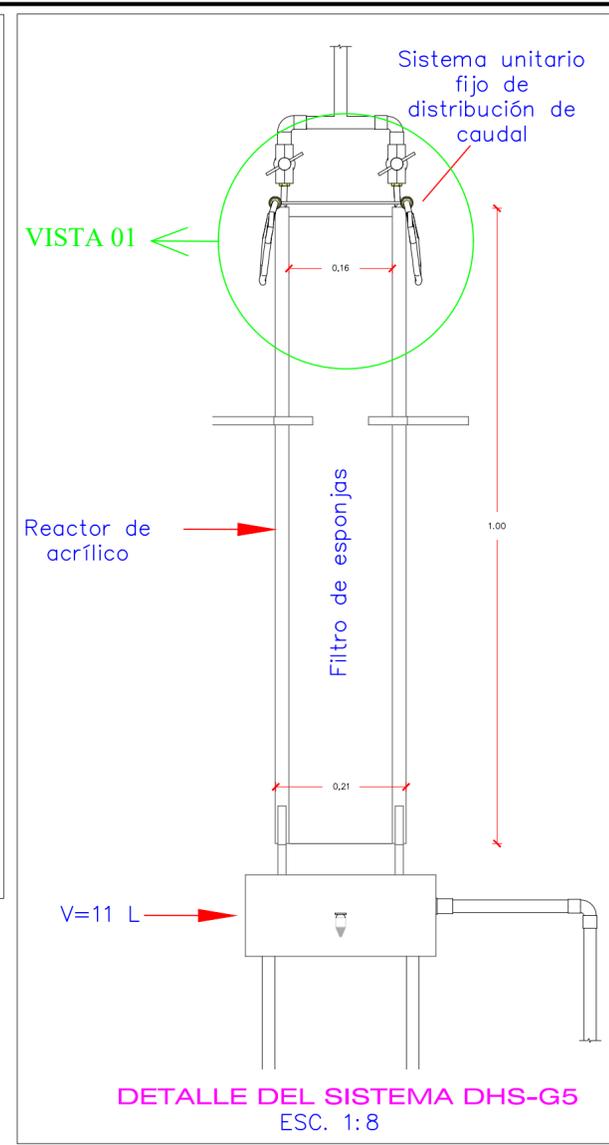
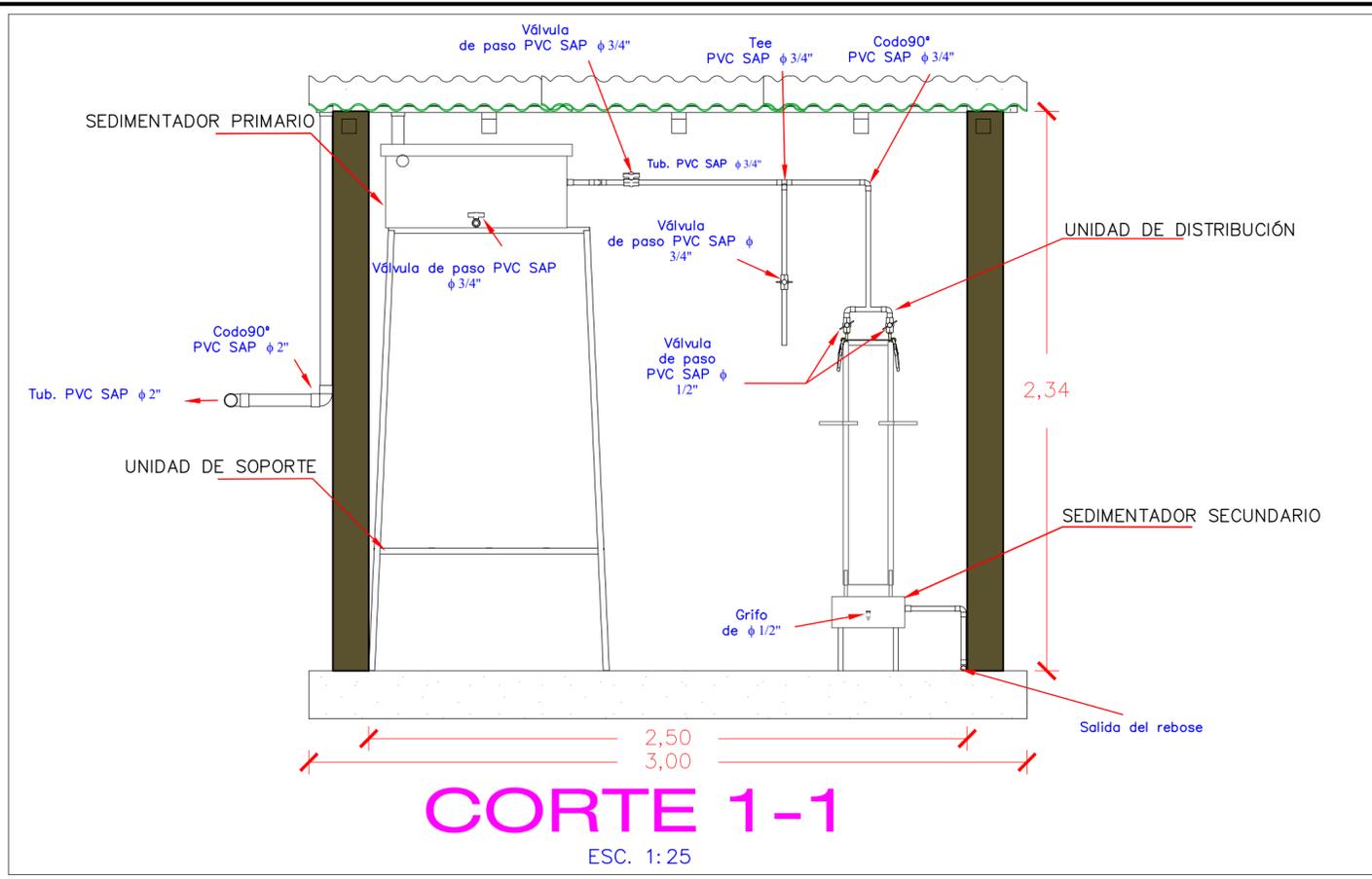
Plano 2: Plantas de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marian - (DHS-G5)



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO			
PROYECTO : "EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD DE MARIAN"			
UBICACIÓN :	DEPART. : ANCAASH	PROVINCIA : HUARAZ	DISTRITO : INDEPENDENCIA
			LOCALIDAD : MARIAN
PLANO : ESQUEMA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS DHS-G5			
RESPONSABLE : GARAY SANCHEZ Alina Azucena VALLADARES ARAUJO Rosa Milagros	REVISADO :	ESCALA : 1:50	
DISEÑO : TESISISTAS	FECHA : JULIO - 2018		



Plano 3: Esquema del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5)

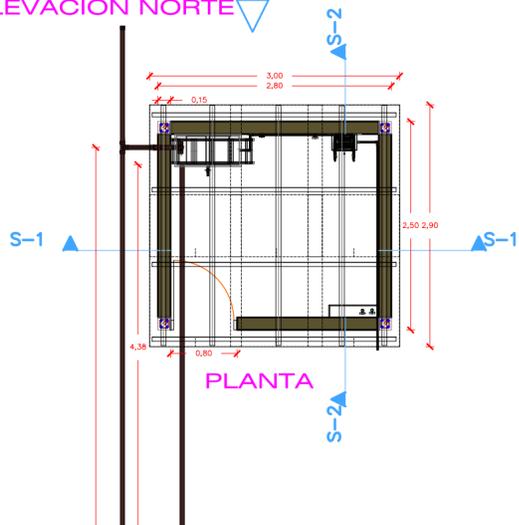


UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO			
PROYECTO : "EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD DE MARIAN"			
UBICACIÓN: DEPART.: ANCASH	PROVINCIA: HUARAZ	DISTRITO: INDEPENDENCIA	LOCALIDAD: MARIAN
PLANO : SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS DHS-G5			
RESPONSABLE : GARAY SANCHEZ Alina Azucena VALLADARES ARAUJO Rosa Milagros	REVISADO :	ESCALA : INDICADA	
DISEÑO : TESISISTAS	FECHA : JULIO - 2018		



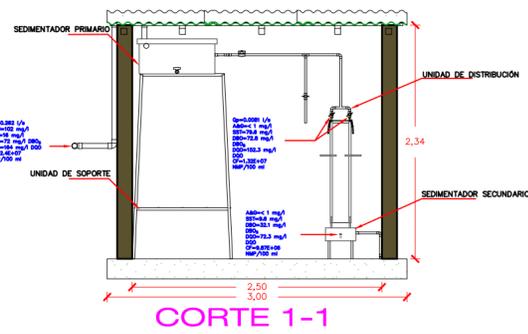
Plano 4: Sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5)

ELEVACIÓN NORTE

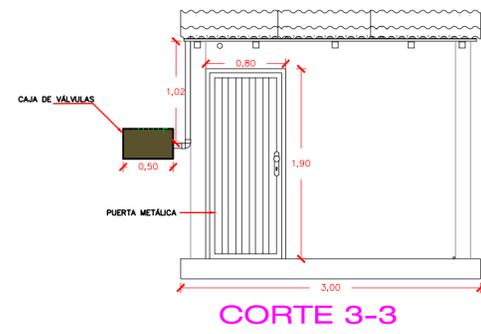


PLANTA

S-1 S-2



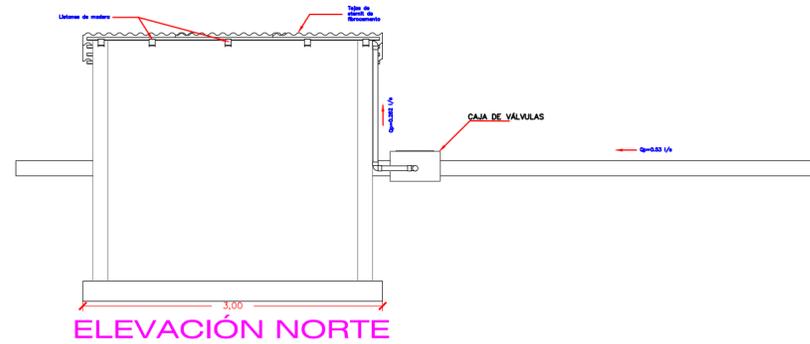
CORTE 1-1



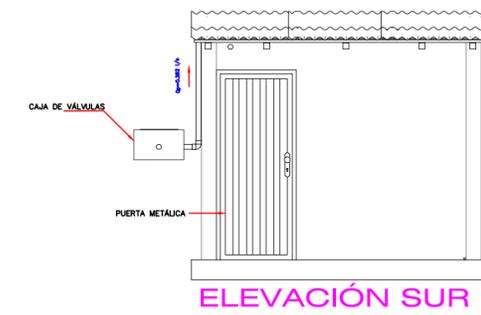
CORTE 3-3



CORTE 2-2



ELEVACIÓN NORTE



ELEVACIÓN SUR



ELEVACIÓN ESTE

ELEVACIÓN ESTE

ELEVACIÓN OESTE



ELEVACIÓN SUR



ELEVACIÓN OESTE

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO			
PROYECTO : "EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO EN LA LOCALIDAD DE MARIAN"			
UBICACIÓN: DEPART.:	PROVINCIA:	DISTRITO:	LOCALIDAD:
ANCASH	HUARAZ	INDEPENDENCIA	MARIAN
PLANO : SISTEMA DE FILTROS DE ESPONJAS COLGANTES CONTINUAS DHS-G5 PLANO SANITARIO			
RESPONSABLE : GARAY SÁNCHEZ Alina Azucena VALLADARES ARAUJO Rosa Milagros	REVISADO :	ESCALA : 1:50	
DISEÑO: TESISTAS	FECHA : JULIO - 2018		



LAMINA :
PS

Plano 5: Esquema del sistema de filtros de esponjas colgantes continuas (DHS-G5) – Plano Sanitario