

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



**“REMOCIÓN DE CONTAMINANTES FÍSICO QUÍMICOS  
Y MICROBIOLÓGICOS DE UN EFLUENTE DE UN  
TANQUE SÉPTICO MEDIANTE UN SISTEMA TIPO  
ESPONJAS ENDURECIDAS, EN LA LOCALIDAD DE  
MARIAN – HUARAZ 2016”**

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

**Bach. WILBER AUGUSTO CASTILLEJO LOPEZ**

**Bach. JUAN CARLOS AQUÍÑO MARILUZ**

**Asesor: ING. MARTIN HUAMÁN CARRANZA**

**HUARAZ – ANCASH – PERÚ  
NOVIEMBRE – 2017**





## 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 el Señor Bachiller: **WILBER AUGUSTO CASTILLEJO LÓPEZ**.

Tesis Titulada: **"REMOCIÓN DE CONTAMINANTES FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE UN EFLUENTE DE UN TANQUE SÉPTICO MEDIANTE UN SISTEMA TIPO ESPONJAS ENDURECIDAS EN LA LOCALIDAD DE MARIAN HUARAZ - 2016"**.

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

..... *Aprobado* .....

Con el calificativo de:

..... *Dieciseis (16)* .....

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, *12* de *Abril* del 2018.

Dr. CESAR MANUEL DAVILA PAREDES  
Presidente

Quím. MARIO VLADIMIR LEVA COLLAS  
Secretaria

Ing. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ  
Vocal

Ing. MARTÍN MIGUEL HUAMAN CARRANZA  
Asesor



## 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 el Señor Bachiller: **JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ**.

Tesis Titulada: **"REMOCIÓN DE CONTAMINANTES FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE UN EFLUENTE DE UN TANQUE SÉPTICO MEDIANTE UN SISTEMA TIPO ESPONJAS ENDURECIDAS EN LA LOCALIDAD DE MARIAN HUARAZ - 2016"**.

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

..... *Aprobado* .....

Con el calificativo de:

..... *Dieciseis (16)* .....

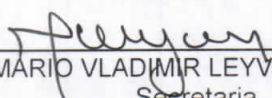
En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:

### INGENIERO SANITARIO

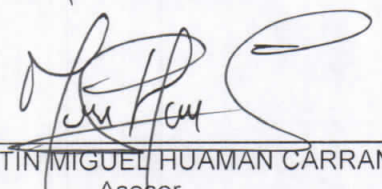
De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento 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, *12* de *Abril* ..... del 2018.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. CESAR MANUEL DAVILA PAREDES  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Quím. MARIO VLADIMIR LEYVA COLLAS  
Secretaria

  
\_\_\_\_\_  
Ing. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Ing. MARTÍN MIGUEL HUAMAN CARRANZA  
Asesor



## DEDICATORIA

*A mi madre por todo su  
sacrificio, y a mis hermanos por  
su incondicional apoyo y cariño.  
Wilber Augusto Castillejo López*

*A mis queridos padres, hermanos  
y hermanas por todo su apoyo y  
el amor brindado para cumplir  
un nuevo reto en la vida.  
Juan Carlos Aquino Mariluz*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayo, nuestra alma mater y especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y todo el cuerpo académico que lo conforman, por brindarnos todos los conocimientos necesarios para seguir el camino que elegimos, la Ingeniería Sanitaria. A la Facultad de Ciencias del Ambiente, por brindarnos todo el apoyo logístico y académico durante la permanencia en esta casa superior.

Así mismo agradecemos a los ingenieros sanitarios, docentes de la escuela profesional de Ingeniería Sanitaria, por brindarnos su apoyo incondicional e impartirnos las ideas y motivación para poder lograr desarrollar el presente trabajo de investigación.

Nuestro agradecimiento especial a nuestros amigos y compañeros del grupo de trabajo de investigación, por todo el sacrificio y paciencia que tuvieron durante todo el proceso trabajo de investigación y durante todo el proceso universitario.

Finalmente agradecemos a los dirigentes de la localidad de Marian, por brindarnos las facilidades para el desarrollo de la investigación en su localidad, específicamente en la planta de tratamiento de aguas residuales.

## DECLARACION DE AUTORIA

Yo Aquino Mariluz Juan Carlos, identificado con DNI N° 46682569 y código universitario N° 091.0704.057 y Castillejo López Wilber Augusto y código universitario N° 092.0704.054 identificado con DNI N° 70879579; estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, declaramos que el trabajo académico de la tesis titulada “REMOCIÓN DE CONTAMINANTES FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE UN EFLUENTE DE UN TANQUE SÉPTICO MEDIANTE UN SISTEMA TIPO ESPONJAS ENDURECIDAS, EN LA LOCALIDAD DE MARIAN – HUARAZ 2016” presentado en 150 folios, para la obtención del título profesional de Ingeniero Sanitario, es mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- He mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación identificado correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo a lo establecido por las normas de elaboración de trabajo académico.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De no encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Huaraz 12 abril de 2018

-----  
Castillejo López Wilber Augusto  
Código Universitario N°: 092.0704.054  
DNI: 70879579

-----  
Aquino Mariluz Juan Carlos  
Código Universitario N°: 091.0704.057  
DNI: 46682569

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	3
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	16
1.1.3. Antecedentes a nivel regional y local.....	18
<b>1.2. Trabajos previos. ....</b>	<b>19</b>
<b>1.3. Teorías relacionadas con el tema. ....</b>	<b>21</b>
1.3.1. Aguas Residuales. ....	21
1.3.2. Importancia ecológica y sanitaria.....	22
1.3.3. Aguas residuales urbanas. ....	23
1.3.4. Características del agua residual. ....	23
1.3.5. Tanque séptico.....	40
1.3.6. Filtro percolador.....	41
1.3.7. Esponja de poliuretano.....	42
1.3.8. Resina epóxica.....	45
1.3.9. Reactor D.H.S (Esponja colgante de flujo descendente) .....	46
<b>1.4. Definición de términos.....</b>	<b>47</b>
<b>1.5. Realidad problemática. ....</b>	<b>52</b>
<b>1.6. Formulación y planteamiento del problema. ....</b>	<b>53</b>
<b>1.7. Justificación.....</b>	<b>54</b>
<b>1.8. Objetivos.....</b>	<b>55</b>
1.8.1. Objetivo general. ....	55
1.8.2. Objetivos específicos.....	56
<b>1.9. Hipótesis .....</b>	<b>56</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>II. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>57</b>



<b>2.1. Metodología.....</b>	<b>58</b>
<b>2.2. Tipo de Estudio. ....</b>	<b>64</b>
<b>2.3. Diseño.....</b>	<b>64</b>
<b>2.4. Variables.....</b>	<b>66</b>
<b>2.5. Variable dependiente.....</b>	<b>66</b>
<b>2.6. Variable independiente. ....</b>	<b>66</b>
<b>2.7. Operacionalización de variables.....</b>	<b>66</b>
<b>2.8. Población, muestra y muestreo.....</b>	<b>67</b>
<b>2.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....</b>	<b>68</b>
<b>2.10. Análisis estadístico de la información. ....</b>	<b>73</b>
<b>2.11. Ámbito de estudio. ....</b>	<b>74</b>

### **CAPÍTULO III**

<b>III. RESULTADOS. ....</b>	<b>76</b>
<b>3.1. Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales estudiados. ....</b>	<b>76</b>
3.1.1. Características de las aguas residuales crudas que ingresan a la cámara de rejas. 76	
3.1.2. Características fisicoquímicas y microbiológicas del efluente del tanque séptico. 78	
3.1.3. Caracterización del cuerpo receptor a la salida del efluente de la PTAR. ... 79	
3.1.4. Caudal de las aguas residuales que ingresan a la planta de tratamiento existente. .... 80	
<b>3.2. Resultados del afluente al reactor DHS G-6. ....</b>	<b>82</b>
<b>3.3. Datos obtenidos del efluente del reactor DHS.....</b>	<b>83</b>
<b>3.4. Rendimiento del proceso de tratamiento.....</b>	<b>84</b>
<b>3.5. Evaluación de la remoción de contaminantes. ....</b>	<b>87</b>
3.5.1. Remoción de aceites y grasas..... 87	
3.5.2. Remoción de solidos suspendidos totales. .... 88	
3.5.3. Remoción de nitrógeno amoniacal..... 89	
3.5.4. Remoción de nitratos..... 90	
3.5.5. Remoción de DBO ..... 91	
3.5.6. Remoción de DQO ..... 92	
3.5.7. Remoción de coliformes fecales. .... 94	

<b>3.6. Características de la calidad de agua tratada .....</b>	<b>95</b>
<b>3.7. Características del medio filtrante.....</b>	<b>97</b>

## **CAPÍTULO IV**

<b>IV. DISCUSIONES .....</b>	<b>99</b>
------------------------------	-----------

### **4.1. Evaluación de la remoción de contaminantes mediante el sistema DHS G-6.**

#### **100**

4.1.1. Variación del pH .....	100
4.1.2. Variación de temperatura. ....	101
4.1.3. Variación de aceites y grasas. ....	102
4.1.4. Remoción de solidos suspendidos totales. ....	103
4.1.5. Remoción de nitrógeno amoniacal.....	104
4.1.6. Remoción de nitratos.....	106
4.1.7. Variación de la demanda bioquímica de oxígeno. ....	107
4.1.8. Variación de la demanda química de oxígeno. ....	108
4.1.9. Variación de coliformes fecales. ....	109
<b>4.2. Discusión de la eficiencia de remoción por parámetro. ....</b>	<b>110</b>
<b>4.3. Discusión del análisis estadístico. ....</b>	<b>111</b>
4.3.1. Análisis estadístico para temperatura y pH.....	111
4.3.2. Análisis estadístico para coliformes Fecales.....	114
4.3.3. Análisis estadístico para la demanda bioquímica de oxígeno. ....	116
4.3.4. Análisis estadístico para la demanda química de oxígeno. ....	118
4.3.5. Análisis estadístico para los sólidos suspendidos totales.....	120
4.3.6. Análisis estadístico para los aceites y grasas. ....	122
4.3.7. Análisis estadístico para los nitratos. ....	124
4.3.8. Análisis estadístico para nitrato amoniacal. ....	127

## **CAPÍTULO V**

<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>129</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>131</b>

## **CAPÍTULO VI**

<b>6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>132</b>
--	------------

## **ANEXOS**

## RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.3.1. Características físicas de las aguas residuales. ....	24
Tabla 1.3.2. Compuestos olorosos asociados al agua residual bruta. ....	27
Tabla 2.7.1. Operacionalización de variables. ....	66
Tabla 2.9.1. Parámetros de control de la investigación. ....	73
Tabla 3.1.1. Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual cruda. ....	77
Tabla 3.1.2. Características del efluente del tanque séptico. ....	78
Tabla 3.1.3. Caracterización del cuerpo receptor de la descarga existente. ....	79
Tabla 3.1.4. Caudal de las aguas residuales generadas en la localidad de Marian. ....	80
Tabla 3.2.1. Resultados del afluente del reactor DHS. ....	82
Tabla 3.3.1. Resultados del efluente del reactor DHS. ....	84
Tabla 3.4.1. Características de la calidad de las aguas en el tanque séptico, sedimentador y sistema (DHS-G6) durante todo el periodo de estudio. ....	85
Tabla 3.4.2. Porcentaje de remoción de contaminantes en el tanque séptico, sedimentador y sistema DHS-G6. ....	87
Tabla 4.2.1. Porcentaje de remoción de contaminantes en el tanque séptico, sedimentador y sistema DHS-G6. ....	110
Tabla 4.3.1. Datos obtenidos del pH al ingreso y salida del reactor DHS. ....	111
Tabla 4.3.2. Datos estadísticos para pH y temperatura. ....	112
Tabla 4.3.3. Datos estadísticos para la temperatura. ....	113
Tabla 4.3.4. Datos de coliformes fecales al ingreso y salida del reactor DHS. ....	115
Tabla 4.3.5. Datos estadísticos para coliformes. ....	116
Tabla 4.3.6. Datos obtenidos de la DBO al ingreso y salida del reactor DHS. ....	117
Tabla 4.3.7. Datos estadísticos para la DBO. ....	118
Tabla 4.3.8. Datos obtenidos de la DQO al ingreso y salida del reactor DHS. ....	119
Tabla 4.3.9. Datos estadísticos para la DQO. ....	120
Tabla 4.3.10. Datos obtenidos de la SST al ingreso y salida del reactor DHS. ....	121
Tabla 4.3.11. Datos estadísticos para la SST. ....	122
Tabla 4.3.12. Datos obtenidos de los aceites y grasas al ingreso y salida del reactor DHS. ....	123
Tabla 4.3.13. Datos estadísticos para los aceites y grasas. ....	124

Tabla 4.3.14. Datos obtenidos de la $\text{NO}_3$ al ingreso y salida del reactor DHS. ....	125
Tabla 4.3.15. Datos estadísticos del $\text{NO}_3$ .....	126
Tabla 4.3.16. Datos obtenidos del $\text{NH}_3\text{-N}$ al ingreso y salida del reactor DHS. ....	127
Tabla 4.3.17. Datos estadísticos del $\text{NH}_3\text{-N}$ . ....	128



## RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.1.1. Diagrama esquemático de la manta anaerobia de lodos de flujo ascendente (UASB) y del sistema combinado de la sexta generación de esponja colgante DHS-G6.5	
Figura 1.1.2. Diagrama esquemático del reactor UASB y DHS – G1. ....	8
Figura 1.1.3. Diagrama del reactor UASB y DHS – G2. ....	10
Figura 1.1.4. Esponjas cubiertas con plástico, usadas para el reactor G-3.....	11
Figura 1.1.5. Vista completa del reactor DHS construido en la planta de tratamiento de aguas residuales en Agra City, a gran escala.....	11
Figura 1.1.6. Descripción general del sistema UASB-DHS de tercera generación a gran escala. ....	12
Figura 1.1.7. Configuración experimental (sistema piloto UASB y DHS – G5) .....	14
Figura 1.1.8. Aplicación del reactor DHS G-5. ....	14
Figura 1.1.9. Estructura de las esponjas rígidas del reactor DHS G-6. ....	15
Figura 1.2.1. Ubicación geográfica del estudio de investigación. ....	20
Figura 1.3.1. Variaciones mensuales típicas de la temperatura del agua residual. ....	25
Figura 1.3.2. Curva característica de DBO, por oxidación de materias con carbono orgánico. ....	31
Figura 2.1.1. Estructura de soporte del reactor DHS-G6.....	60
Figura 2.1.2. Estructura y dimensiones del medio filtrante; a) dimensiones de la esponja rígida. b) esponja rígida endurecida con resina epóxica.....	61
Figura 2.1.3. Estructura de la esponja de poliuretano de 23 kg/cm <sup>3</sup> de densidad.....	62
Figura 2.1.4. Esquema general del sistema de tratamiento mediante tanque séptico y sistema Down-flow Hanging Sponge de sexta generación (DHS-6). ....	63
Figura 2.9.1. Esquema detallado del sistema de tratamiento desarrollado para efluentes de tanque séptico; (01) Sedimentador con tamices, (02) Reactor Down-flow Hanging Sponge de sexta generación (DHS-6).....	70
Figura 2.9.2. Sistema de tratamiento mediante Down-flow Hanging Sponge (DHS) de sexta generación. ....	72
Figura 2.11.1: (a) Tanque séptico existente, (b) caseta de ladrillo.....	75
Figura 3.1.1. Variación horaria de la producción de aguas residuales de la localidad de Marian.....	81

Figura 3.5.1. Grado eliminación de aceites y grasas por unidad de tratamiento. ....	88
Figura 3.5.2: Grado eliminación de solidos suspendidos por unidad de tratamiento. ....	89
Figura 3.5.3. Grado remoción de nitrógeno amoniacal $\text{NH}_3$ en todo el sistema. ....	90
Figura 3.5.4. Obtención de nitratos $\text{NO}_3$ en todo el sistema. ....	91
Figura 3.5.5. Grado remoción de la DBO en todo el sistema. ....	92
Figura 3.5.6. Grado remoción de la DQO en todo el sistema. ....	93
Figura 3.5.7. Grado remoción de coliformes fecales en todo el sistema. ....	94
Figura 3.6.1. Características de la calidad de agua del afluente (derecha) y efluente (izquierda) del reactor DHS. ....	95
Figura 3.6.2. Sedimentador 2 en el efluente del reactor DHS-G6: (a) formación de lodos a 2 meses de la puesta en marcha; (b) formación de lodos en el sedimentador 2 a 4 meses del inicio de la investigación. ....	96
Figura 3.7.1. Características de las esponjas endurecidas al inicio y durante el periodo de investigación: (a) esponjas endurecidas al momento de la puesta en marcha; (b) características de las esponjas a los 3 meses. ....	97
Figura 3.7.2. Esponjas endurecidas en el periodo final de la investigación: (a) acumulación de grasas y lodo en la superficie de las esponjas; (b) características de la esponja endurecidas al finalizar la investigación. ....	98
Figura 4.1.1. Variación promedio del pH durante todo el tiempo de investigación. ....	100
Figura 4.1.2. Variación promedio de la temperatura durante todo el tiempo de investigación. ....	102
Figura 4.1.3. Gráfico de los datos obtenidos de aceites y grasas en el afluente y efluente del reactor DHS G-6. ....	103
Figura 4.1.4. Gráfico de los datos obtenidos los sólidos suspendidos totales en el reactor DHS G-6. ....	104
Figura 4.1.5. Gráfico de los datos obtenidos del nitrógeno amoniacal en el reactor DHS G-6. ....	105
Figura 4.1.6. Gráfico de los datos obtenidos de nitratos en el afluente y efluente del reactor DHS G-6. ....	106
Figura 4.1.7. Gráfico de los datos obtenidos de la DBO en el afluente y efluente del reactor DHS G-6. ....	107
Figura 4.1.8. Gráfico de los datos obtenidos de la DQO en el afluente y efluente del reactor DHS G-6. ....	108

Figura 4.1.9. Gráfico de los datos obtenidos de los coliformes fecales en el afluente y efluente del reactor DHS G-6. .... 109

## RESUMEN

El sistema desarrollado para la presente investigación, consiste en la aplicación de un reactor con un medio filtrante con esponjas endurecidas, llamado también reactor DHS de sexta generación; fue desarrollado como un tratamiento secundario del efluente de un tanque séptico que trata las aguas residuales domésticas. El medio filtrante del reactor ha sido elaborado copolemirizado la esponja de poliuretano con rexina epóxica. El sistema se instaló y opero en la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marian, donde se logró que el efluente del tanque séptico ingrese continuamente al reactor DHS – G6. El sistema opero a una temperatura que oscilo de 11.25 a 15.30 °C y una concentración de pH de 7.3 a 8.11. El reactor DHS mostro una eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos, logrando una eficiencia de remoción del 87.2% en DBO y el 85.4% en DQO; la mejor eficiencia que se obtuvo es en la eliminación de los sólidos suspendidos totales SST que llevo a removerse hasta el 93.3% y la remoción de aceites y grasas llevo al 99.7%. En el efluente del reactor DHS se llevo a obtener una concentración de hasta 64 mg/l de nitratos y la eliminación del nitrógeno amoniacal no tuvo una significancia mayor obteniendo resultados muy dispersos. Con respecto del estudio de los coliformes fecales, se tuvo una eliminación regular ya que se obtuvo una eficiencia de remoción del 67.2%. Finalmente se concluye que los parámetros analizados han sido removidos eficientemente por el sistema DHS con esponjas endurecidas, que funciono de manera continua durante todo el tiempo de estudio.

**Palabras claves: Esponjas endurecidas, DHS, remoción.**



## ABSTRACT

The system developed for the present investigation, consists in the application of a reactor with a filtering medium with hardened sponges, also called DHS reactor of sixth generation; it was developed as a secondary treatment of effluent from a septic tank that treats domestic sewage. The filter media of the reactor has been prepared copolymerizing the polyurethane sponge with epoxy resin. The system was installed and operated at the wastewater treatment plant in the town of Marian, where the septic tank effluent was continuously admitted to the DHS-G6 reactor. The system operated at a temperature that ranged from 11.25 to 15.30 ° C and a pH concentration of 7.3 to 8.11. The DHS reactor showed a removal efficiency of physicochemical contaminants and fecal coliforms, achieving a removal efficiency of 87.2% in BOD and 85.4% in COD; the best efficiency obtained is in the elimination of the total suspended solids SST that came to be removed up to 93.3% and the removal of oils and fats reached 99.7%. In the effluent of the DHS reactor, a concentration of up to 64 mg / l of nitrates was obtained and the elimination of ammoniacal nitrogen did not have a higher significance, obtaining much dispersed results. With respect to the study of fecal coliforms, a regular elimination was obtained since a removal efficiency of 67.2% was obtained. Finally, it is concluded that the analyzed parameters have been removed efficiently by the DHS system with hardened sponges, which worked continuously during the entire study time.

# **CAPÍTULO I**

## **I. INTRODUCCIÓN**

La selección de las opciones tecnológicas para el tratamiento de aguas residuales es cada vez más difícil en la mayoría de los países en desarrollo, debido a la limitación de conocimientos y recursos. Es por ello que casi en la mayoría de las localidades rurales se han instalado los sistemas de tratamiento que consiste en un tanque séptico como una solución de tratamiento de aguas residuales, por ser de fácil operar y por su bajo costo de mantenimiento. Sin embargo, viendo todos los sistemas construidos mediante este sistema de tratamiento, no han mostrado una eficiencia en tratamiento de aguas residuales, debido a que el efluente no cumple con los estándares nacionales de descarga y reutilización. Es por ello que en la presente investigación se propone un post-tratamiento mediante un sistema poco estudiado que es el sistema DHS G-6 y que ha sido aplicado solamente en estudios de efluentes de UASB.

El sistema estudiado Down-flow Hanging Sponge de sexta generación (DHS G-6), es un sistema de tratamiento de aguas residuales que ha sido emergido recientemente y que se ha aplicado en diversos estudios a escala piloto, generalmente en Japón e India, el que ha demostrado ser eficiente para tratamientos de efluentes de UASB. En este caso viendo la realidad nacional y local de las zonas rurales donde generalmente se tienen instalados sistemas mediante tanques sépticos, se ha decidido aplicar el sistema de esponjas colgantes de flujo descendente endurecidas con resina epóxica, con la finalidad de demostrar que también es eficiente para efluentes de tanques sépticos, por ser un sistema de fácil operar y mantener que es adecuado para zonas rurales.

El sistema piloto instalado en la localidad de Marian, funcionó eficientemente durante el tiempo de estudio de 173 días y los resultados fueron aceptables de los parámetros estudiados. La configuración del sistema instalado es similar al de un filtro biológico, a excepción de que el material de filtro utilizado en el reactor DHS G-6 es una esponja de poliuretano endurecida con resina epóxica. A diferencia de los materiales de piedra, grava o plástico usados en un sistema filtro biológico, los medios esponjosos proporcionan un espacio tridimensional en el que la biomasa puede crecer y retenerse dentro del reactor, dando como resultado concentraciones de biomasa mucho más altas en un reactor DHS que en un sistema de filtro biológico. (ONODERA 2014)

El funcionamiento del sistema planteado es que el agua residual se distribuye en la parte superior del reactor DHS y se escurre a través de los poros de las esponjas, en este caso las esponjas han sido distribuidas en dos reactores con la finalidad de proporcionar la mayor circulación de oxígeno. A comparación de otras configuraciones de las esponjas de poliuretano estudiados que fueron realizados con esponjas blandas; en este caso la esponja fue endurecida copolimerizando la esponja con resina epóxica; con la finalidad de simplificar la construcción y obtener mayor área superficial para el contacto con el agua residual. Los estudios realizados a nivel nacional e internacional utilizaron esponjas blandas de diferentes tamaños y configuraciones al que han sido llamados reactores DHS de generaciones del 1 al 6. La configuración y distribución del reactor DHS de sexta generación es similar al DHS G-3, con la diferencia esta utiliza una empaquetadura, en

cambio el reactor DHS G-6 utiliza una esponja endurecida el cual no requiere ningún tipo de material de soporte, para evitar que la esponja colapse.

Finalmente, con la presente investigación se pretende determinar la eficiencia de un reactor DHS – G6 para el tratamiento de las aguas residuales efluentes de un tanque séptico mediante el uso de las esponjas de poliuretano endurecidas a condiciones normales. Esta eficiencia se determinará en función a parámetros e indicadores de calidad de las aguas residuales que establecen las normas nacionales.

### **1.1. Antecedentes.**

El tratamiento de las aguas residuales domesticas a través de un tanque séptico ha sido una alternativa para zonas rurales o urbanas debido a su bajo costo de operación y mantenimiento debido a que se encuentran tan alejadas como para justificar su instalación. (MINISTERIO DE VIVIENDA 2007).

El efluente de un tanque séptico no posee las cualidades físico químicas u organolépticas adecuadas para ser descargado directamente a un cuerpo receptor. Por esta razón es necesario dar un tratamiento complementario al afluente, con el propósito de disminuir los riesgos de contaminación y daños a la salud. (MINISTERIO DE VIVIENDA 2007).

#### **1.1.1. Antecedentes a nivel internacional.**

##### **➤ Estudios realizados en referencia a reactores DHS.**

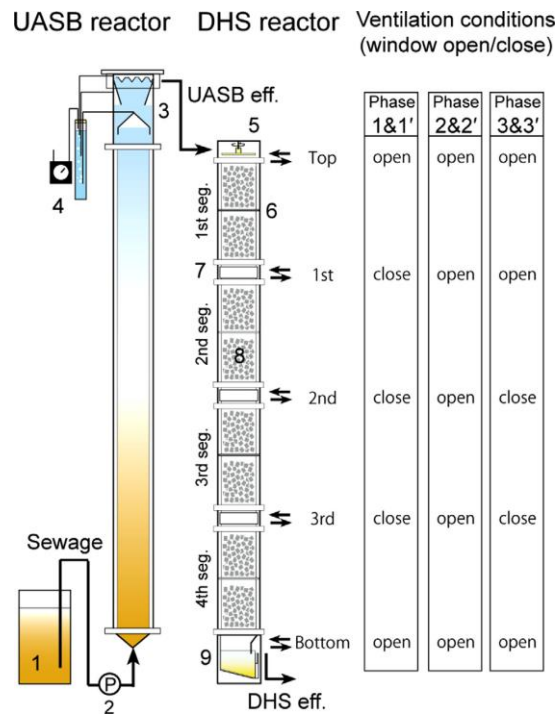
Según (ONODERA 2014) **“Desarrollo de un reactor de esponjas colgantes de flujo descendente (DHS) de sexta generación usando un medio de esponjas rígidas para el post-tratamiento de aguas residuales municipales tratado con UASB”**. Un reactor de esponja colgante (DHS-G6) de sexta generación, utiliza un medio de esponjas rígidas, es desarrollada como una nueva unidad aerobia de post-tratamiento para la Manta Anaerobia de Lodos de Flujo Ascendente (UASB) que trata las aguas residuales



municipales. Los medios esponjosos rígidos se fabricaron copolimerizando poliuretano con resina epoxi. El sistema UASB y DHS tuvo un tiempo de retención hidráulica (HRT) de 10,6 h (8,6 h para UASB y 2 h para DHS) cuando se operaba entre 10 - 28 °C. El sistema proporcionó eficiencias razonables de eliminación de nitrógeno y orgánicos. El efluente final tuvo una demanda bioquímica total de oxígeno de sólo 12 mg/l y un contenido total de nitrógeno Kjeldahl de 6 mg/l. El reactor DHS dio un rendimiento de nitrificación particularmente bueno, que se atribuyó a los nuevos medios esponjosos rígidos. Los medios de esponja ayudaron a proporcionar una HRT suficiente y mantuvieron una alta concentración de biomasa, prolongando el tiempo de retención de sólidos. El reactor DHS mantuvo una alta concentración de oxígeno disuelto bajo ventilación natural.

El sistema UASB y DHS logró una eficiencia de eliminación de la DBO de más del 80% poco después de su inicio y más del 90% de la eficiencia de eliminación de la DBO en 2 semanas. La puesta en marcha rápida del reactor DHS puede atribuirse al proceso de filtración física inicial, que conduce a que los sólidos queden atrapados en la matriz de esponja y al establecimiento de actividad biológica a través de los medios de esponja. Sólo hubo 4 mg/l de DO en el efluente de DHS, y durante mucho tiempo se ha observado que una buena nitrificación en el reactor DHS requiere una alta concentración de OD en las aguas residuales. Las ventanas de todos los segmentos de conexión del reactor DHS se abrieron en la Fase 2 (días 91 - 180) para mejorar la ventilación y posiblemente aumentar la capacidad de nitrificación. Esto hizo que la DO en el efluente de DHS aumentara a aproximadamente 6 mg/l, y mejoró la eficiencia de la nitrificación. La concentración de TKN en el efluente del DHS de la Fase 2 fue de  $4 \pm 3$  mg/l, en comparación con  $19 \pm 7$  mg/l en el efluente de la Fase 1. Estos resultados mostraron que una ventilación adecuada del reactor DHS es esencial para mantener una alta concentración de OD en las aguas residuales, lo cual es necesario para que ocurra la nitrificación eficiente en el reactor. (ONODERA 2014)

**Figura 1.1.1.** Diagrama esquemático de la manta anaerobia de lodos de flujo ascendente (UASB) y del sistema combinado de la sexta generación de esponja colgante DHS-G6.



Fuente: (ONODERA 2014)

Según, (HIDEKI y HARADA 2008) **“Colaboración internacional entre India y Japón para una tecnología innovadora de tratamiento de aguas residuales con un requisito de energía mínimo y rentable”**. Demostró una nueva tecnología para el tratamiento secundario de los efluentes del reactor UASB en el año de 1997 en la Universidad tecnológica Nagaoka (Nagaoka University of Technology – Japón), mediante el sistema de esponjas colgantes de flujo descendente (Downflow Hanging Sponges – DHS), la cual permite la mayor remoción de la carga orgánica y por su ahorro en el consumo de energía y costos de mantenimiento, este sistema se planteó como una alternativa para aplicar en países en desarrollo. Consistió en el uso de esponjas de poliuretano como un medio de soporte y de crecimiento para la biomasa que se desarrolla a partir de la circulación continua de las aguas residuales. Esta biomasa o película biológica es la responsable de la depuración del agua residual por mecanismos biológicos, físicos y químicos, junto con la sostenibilidad del sistema en su conjunto. Los resultados obtenidos mostraron una enorme disminución del 97% en la DBO y del 94% en la DQO. Que después de 16 días, el sistema combinado de UASB / DHS proporciona siempre una

eficiencia de remoción promedio de  $83 \pm 8\%$  para la DQO total,  $68 \pm 5\%$  para la DQO soluble,  $82 \pm 21\%$  para la DBO5 total,  $77 \pm 35\%$  para DBO5 soluble,  $91 \pm 6\%$  para los SST y  $72 \pm 12\%$  para el amoníaco. Ante estos resultados, es recomendable el uso del sistema combinado, que consiste en un reactor UASB y el sistema del DHS, para la remoción de DQO, DBO5, amoníaco y Coliformes fecales en un tiempo de retención hidráulica total de 8 horas (6 horas de UASB y 2 horas de DHS) para el tratamiento de aguas residuales.

Según, (MACHDAR y UEMURA 2006) **“Potencial de una combinación de reactores UASB y DHS un novedoso sistema de tratamiento de aguas residuales para los países en desarrollo: Evaluación a largo plazo”**. El sistema de tratamiento DHS fue desarrollado por un grupo de investigación del Profesor Harada en la Universidad Tecnológica de Nagaoka Japón. Este sistema fue primordialmente diseñado para aplicación en países en desarrollo como una nueva tecnología para el tratamiento de agua residual doméstico. Teniendo como objetivo la remoción de sustancias orgánicas y químicas. Como resultado, después del tratamiento por DHS, las remociones globales de la DBO y COD fueron de 97 y 83%, respectivamente, sólidos suspendidos fue 79% y del nitrógeno de amonio incrementada en un 70%.

Según (OHASHI, TAWFIK y HARADA 2006) **“Tratamiento de aguas residuales en un manto de lodo anaerobio de flujo ascendente (UASB) en combinación con un sistema de flujo descendente de esponjas colgantes (DHS)”**. El sistema anaerobio de (UASB) en combinación con el sistema DHS para el tratamiento de aguas grises se usó una escala piloto. El tratamiento se llevó a cabo a una temperatura de 15 °C. La cual ha sido investigado por el lapso de 6 meses, la cual tiene como objetivo determinar la remoción de la DBO, COD, SST, NTK, compuestos nitrogenados. Los resultados de la combinación de esta operación se han llevado a cabo en un tiempo de retención hidráulica de 10.7 horas la cual representa un proceso eficiente en base a costos de aprovechamiento de agua residual. Donde el COD promedio y DBO<sub>5</sub> total en las concentraciones medidas en el efluente del sistema (UASB + DHS) equivalentes de 43 y 3 mg/l. con eficiencia de remoción total de 90% de COD y 98% para DBO<sub>5</sub>. El sistema total dio 8.0 mg /lt para el

NTK en el efluente con una eficiencia de remoción de 77%, remoción de Coliformes del 99% al 99.9% con una remoción promedio del 92%. El lodo calculado proveniente del UASB se llevó a cabo con un tiempo de retención de 8 horas aumentado en 30 g SST/d con un coeficiente de rendimiento de 0.2g SST/g total COD removidos.

Según (TAKASHAKI y YAMAGUCHI 2010) **“Desempeño de un tratamiento de aguas residuales a escala piloto: una manta de lodo anaerobio de flujo ascendente (UASB) y un sistema combinado de reactores de flujo descendente de esponja colgantes (DHS) mediante un proceso de reacción de azufre redox en condiciones de baja temperatura”**. Demostró la capacidad de remoción de contaminantes de efluentes domésticos, utilizando un sistema de tratamiento en función a la reacción redox de sulfuro, fue investigada usando un reactor de escala piloto. El sistema consistió en un reactor anaerobio (UASB) y un reactor de esponja (DHS) que cuelga de un flujo con una línea de recirculación descendente. Como resultado se obtuvieron consecuentemente, el COD Cr total ( $465 \pm 147$  mg/l). El total de la demanda bioquímica de oxígeno fue de  $207 \pm 68$  mg/l, y en el efluente fue reducido a  $70 \pm 14$  mg/l; el total de la demanda bioquímica de oxígeno fue de  $9 \pm 2$  mg/l en el efluente del DHS, bajo las condiciones normales y tiempo de retención hidráulica 12 h, una proporción de recirculación de 2 h, y una temperatura de  $7.0 \pm 2.8$  ° C. El análisis microbiano reveló que las bacterias reducen y ayudan a contribuir la degradación de materia orgánica en el reactor UASB incluso en las bajas temperaturas. La reacción usada de redox de sulfuro es aplicable para tratamiento del agua residual bajo las condiciones de bajas temperaturas.

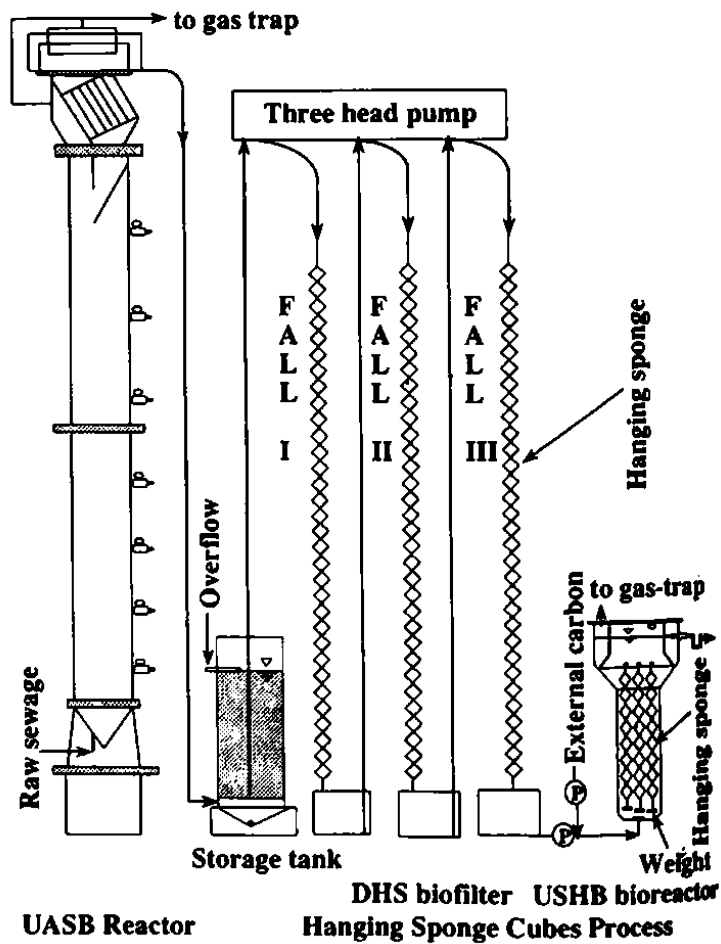
➤ **Aplicabilidad de reactores DHS en diferentes configuraciones.**

Muchos estudios han sido desarrollados sobre la aplicabilidad de reactores DHS en diferentes configuraciones; estas configuraciones han tomado nominaciones que describen como reactores DHS de primera generación hasta la sexta generación (DHS - G1 a DHS - G6) los mismos que inicialmente han sido estudiados a nivel internacional; por lo mismo que a continuación se describen cada una de las generaciones:

**a. Reactor DHS de primera generación (DHS-G1):**

La configuración del reactor DHS de primera generación consiste de cubos de esponja de 1.5 cm de lado cada uno, los que han estado conectados entre sí en forma diagonal y en serie con una cuerda nylon el cual fue desarrollado por primera vez por. (AGRAWAL 1997)

**Figura 1.1.2.** Diagrama esquemático del reactor UASB y DHS – G1.



Fuente: (AGRAWAL 1997)

En la Figura 1.1.2 se muestra el diagrama estudiado del reactor DHS de la primera generación.

Con el proceso de cubitos de esponja colgantes, utilizado en el efluente del reactor UASB que trata las aguas residuales sin procesar, se obtuvieron los siguientes resultados. Las tasas de oxidación de amonio de fue 1.9 y 3.5 g de  $\text{NH}_4\text{-N}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  en un biofiltro de cubos de esponja colgantes de flujo descendente, solo bajo inyección de aire natural, se obtuvieron durante el invierno y el verano, respectivamente. Con post-desnitrificación y una fuente de carbono externa, se eliminó 84% en promedio N ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ) con una HRT de menos de 1 hora y en el rango de temperatura de 13 a 30°C usando un biorreactor de lecho de esponja colgante sumergido de flujo ascendente, en condiciones anaerobias. (AGRAWAL 1997).

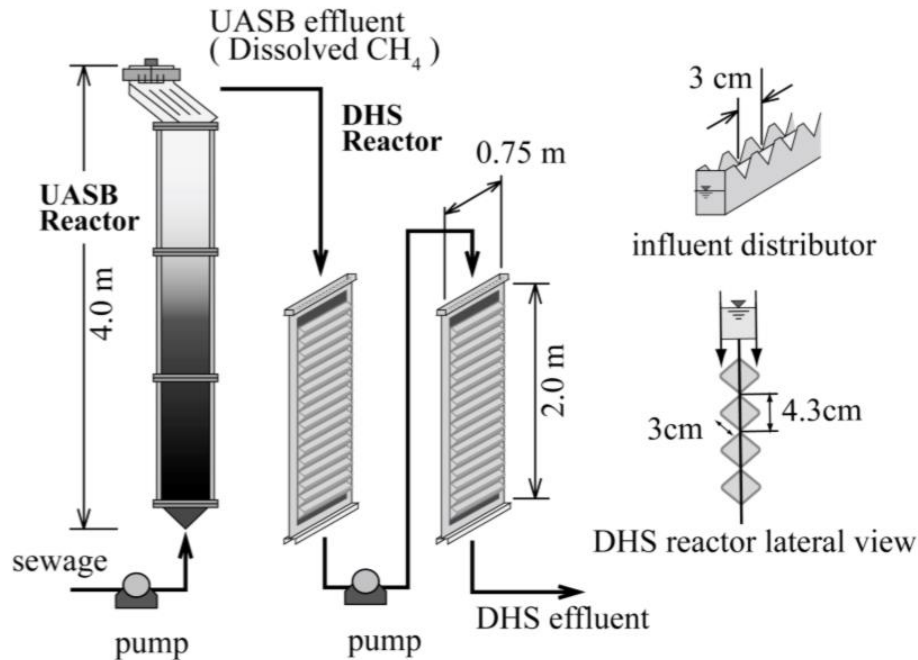
**b. Reactor DHS de segunda generación (DHS-G2):**

El reactor DHS-G2 tenía esponja de poliuretano triangular larga (75 cm de longitud y lados triangulares de 3 cm) revestidos a ambos lados de una lámina de plástico (2 m de altura) con 0,9 cm. El número total de esponjas fue de 152, con una superficie total y un volumen de 68,400  $\text{cm}^2$  y 51,300  $\text{cm}^3$  respectivamente. La relación de vacío de la esponja usada fue 0.803. Se suministraron aguas residuales sin procesar al reactor UASB (la misma configuración que la primera generación), y la corriente de efluente se envió al reactor DHS. El UASB y el DHS se operaron a las 6 horas y 2 horas de HRT respectivamente. (SUMINO, MACHDAR y SEKIGUCHI 2000)

La segunda generación del sistema de tratamiento de aguas residuales originalmente propuesto, que consiste en un reactor UASB como una unidad de pretratamiento anaeróbico y un reactor tipo DHS (esponja colgante de flujo descendente) como una unidad de post-tratamiento aeróbico, se instaló en un tratamiento municipal de aguas residuales. El experimento continuo de 550 días donde se demostró que todo el sistema combinado logró exitosamente el 94-97% de eliminación de DBO sin filtrar, el 81-84% de eliminación de DQO sin filtrar y el 63-79% de eliminación de SS, con una HRT general de 8 h (6 h para UASB y 2 h para unidades DHS). El sistema combinado realizó una eliminación orgánica excelente, así como una nitrificación bastante eficiente, es decir, un 52-61% de eliminación de nitrógeno amoniacal. Nuestro sistema combinado propuesto

posee ventajas destacadas: no requiere entrada de aireación externa ni extracción excesiva de lodo. (SUMINO, MACHDAR y SEKIGUCHI 2000)

**Figura 1.1.3.** Diagrama del reactor UASB y DHS – G2.



Fuente: (SUMINO, MACHDAR y SEKIGUCHI 2000)

### c. Reactor DHS de tercera generación (DHS-G3):

El reactor DHS-G3 era como el tipo de filtro percolador convencional usando medios esponjosos que consistían en pequeñas piezas de esponja con un material de soporte externo. Se investigó un sistema prometedor que consiste en manto de lodo anaeróbico de flujo ascendente (UASB) y sistema de esponja colgante de flujo descendente (DHS) para la eliminación de COD, fracciones de DBO<sub>5</sub>, amoníaco y coliformes fecales del agua residual doméstica. El sistema combinado fue operado a diferentes HRT de 16, 11 y 8 h. Los resultados indican que al aumentar el TRH total de 8 a 16 h es significativo ( $p < 0,05$ ) mejora la eliminación de DQO (total) y DBO<sub>5</sub> (en total) principalmente como resultado

de una mayor eliminación de DQO (soluble), DBO (soluble), DQO (partículas) y DBO (partículas).

**Figura 1.1.4.** Esponjas cubiertas con plástico, usadas para el reactor G-3.



Fuente: (HARADA y HIDEKI 2008)

**Figura 1.1.5.** Vista completa del reactor DHS construido en la planta de tratamiento de aguas residuales en Agra City, a gran escala.



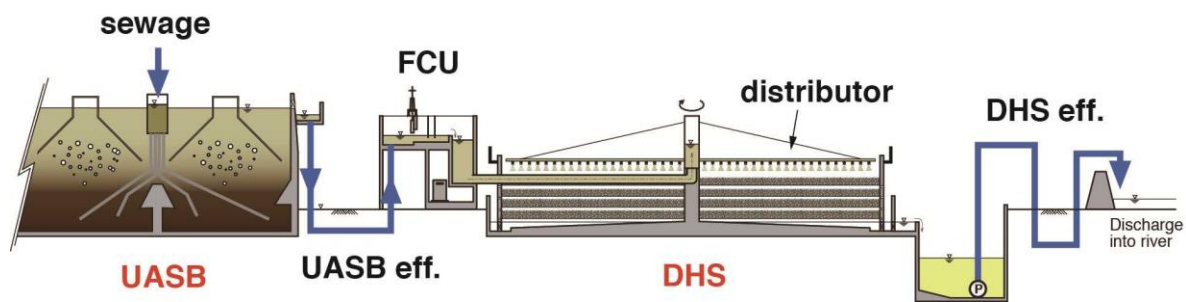
Fuente: (HARADA y HIDEKI 2008)

La parte principal de los sólidos suspendidos gruesos se eliminó en el reactor UASB (76,4 +/- 18%) y la porción restante se adsorbió y/o se enredó y se degradó en la biomasa del sistema DHS. El sistema combinado logró una reducción sustancial del total de sólidos en suspensión (TSS), lo que dio como resultado un promedio de eliminación total de 94 +/- 6% (HRT = 16 h) y 89.5 +/- 7.8% (HRT = 8 h). La reducción de coliformes



fecales se mejoró significativamente al aumentar la HRT total de 8 a 16 h. Los recuentos residuales de coliformes fecales fueron  $3,1 \times 10^3$  /100 ml a una HRT total de 16 h, y  $2,8 \times 10^4$  / 100 ml a HRT total de 8 h, lo que corresponde a una eficacia de eliminación global de 99,97 +/- 0.03 y 99.6 +/- 0.3% respectivamente.

**Figura 1.1.6.** Descripción general del sistema UASB-DHS de tercera generación a gran escala.



Fuente: (HARADA y HIDEKI 2008)

A pesar del aumento de la concentración de amoníaco como resultado de la hidrólisis de proteínas en el reactor UASB, se logró una eliminación sustancial de amoníaco en el sistema DHS. Los resultados obtenidos muestran que la disminución de la OLR impuesta al sistema DHS de 2,6 a 1,6 kg de DQO / m<sup>3</sup>. d significativamente ( $p < 0,05$ ) mejora la eficiencia de eliminación del amoníaco en un valor del 29%. Sin embargo, la eficiencia de eliminación del amoníaco no se incrementa más al disminuir el OLR de 1,6 a 1,3 kg de DQO / m<sup>3</sup>. d. El lodo descargado del sistema UASB + DHS ejerce una buena propiedad de sedimentación y se estabiliza parcialmente. Los resultados del perfil DHS han demostrado que la mayor parte de COD, BOD<sub>5</sub> y TSS se eliminó en la parte superior del sistema, por lo tanto, el proceso de nitrificación proceso estaba ocurriendo en la parte inferior del sistema DHS. (TAWFIK, OHASHI y HARADA 2008)

#### **d. Reactor DHS de cuarta generación (DHS-G4):**

El reactor DHS-G4 tenía módulos de caja con tiras largas de esponja (2,5 cm x 2,5 cm x 50 cm), que se colocaron dentro de una cubierta plástica cilíndrica semejante a una red para proporcionar rigidez.

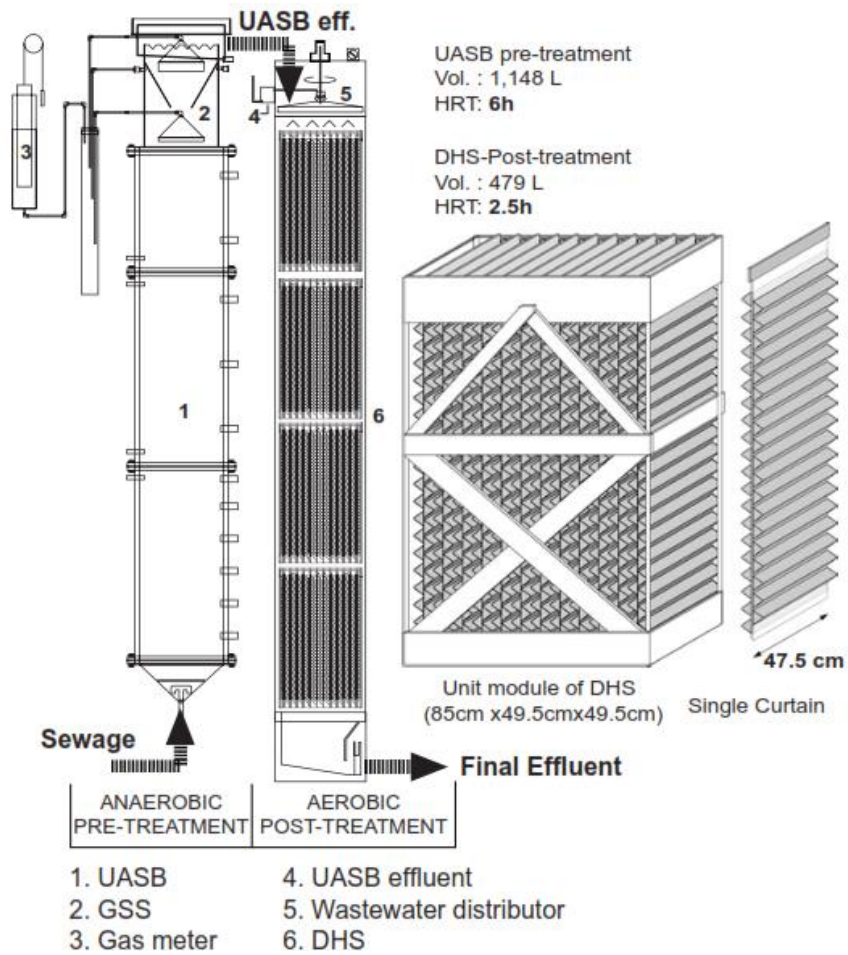
Se ha desarrollado y fue propuesto un reactor de esponja colgante de flujo descendente (DHS) de "cuarta generación" como una variante mejorada del sistema de pos tratamiento para UASB que trata aguas residuales domésticas. Este documento evalúa el potencial de la combinación propuesta de UASB y DHS como un sistema de tratamiento de aguas residuales, especialmente para los países en desarrollo. Se instalaron UASB a escala piloto (1,15 m<sup>3</sup>) y DHS (0,38 m<sup>3</sup>, volumen de esponja) en un sitio municipal de tratamiento de aguas residuales y se monitorearon constantemente durante 2 años. El UASB fue operado a una HRT de 6 h que corresponde a una carga orgánica de 2.15 kg-COD / m<sup>3</sup> por día. Posteriormente, la carga orgánica en DHS fue de 2,35 kg-COD / m<sup>3</sup> por día, operada a una HRT de 2 h.

La eliminación orgánica de todo el sistema fue satisfactoria, logrando el 96% de la eliminación de DBO y el 91% de eliminación de DQO sin filtrar. Sin embargo, la nitrificación disminuyó del 56% durante el período de inicio al 28% después. La investigación del lodo de DHS se realizó cuantificándolo y evaluando las tasas de absorción de oxígeno con diversos sustratos. La concentración promedio de biomasa atrapada fue 26 g-VSS/l de volumen de esponja, aumentando la SRT del sistema a 100-125 d. La eliminación de coliformes obtenidos fue de 3-4 log<sub>10</sub> con el recuento final de 103 a 104 MPN/100 ml en efluente de DHS. (TANDUKAR, UEMURA y OHASHI 2006)

#### **e. Reactor DHS de quinta generación (DHS-G5):**

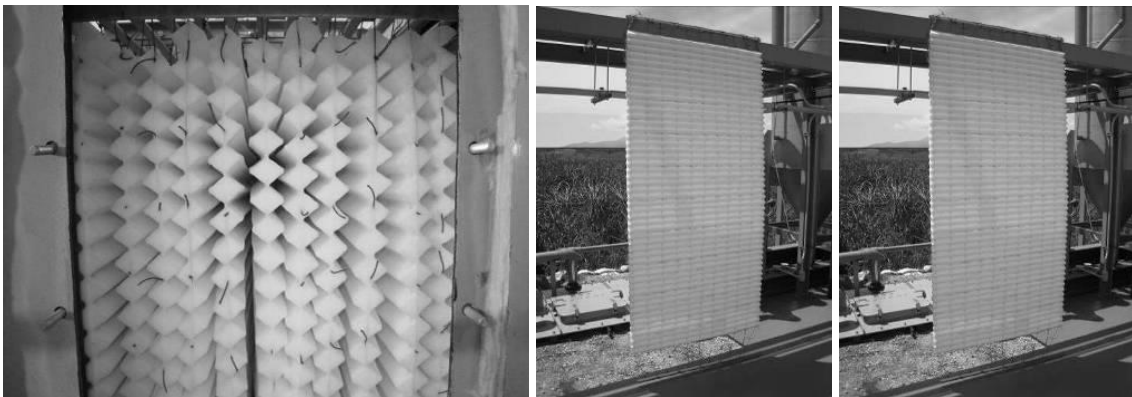
El reactor DHS-G5 también tenía módulos construidos alineando varias hojas de esponja tipo DHS-G2. Este estudio compara el rendimiento de una combinación de escala piloto de sistema UASB y DHS con el del proceso de lodo activado para el tratamiento de aguas residuales municipales. Ambos sistemas se operaron en paralelo con las mismas aguas residuales que el afluente. El estudio se realizó durante más de 300 días, lo que reveló que la eficiencia de eliminación orgánica del sistema UASB + DHS era comparable a la de ASP. La eliminación de DBO no filtrada por ambos sistemas fue más del 90%. Sin embargo, el sistema UASB + DHS superó al proceso de lodos activados para la eliminación de patógenos. Además, el volumen de producción de lodo en exceso de UASB + DHS fue 15 veces menor que el de ASP.

**Figura 1.1.7.** Configuración experimental (sistema piloto UASB y DHS – G5)



Fuente: (HARADA, TANDUKAR y OHASHI 2007)

**Figura 1.1.8.** Aplicación del reactor DHS G-5.



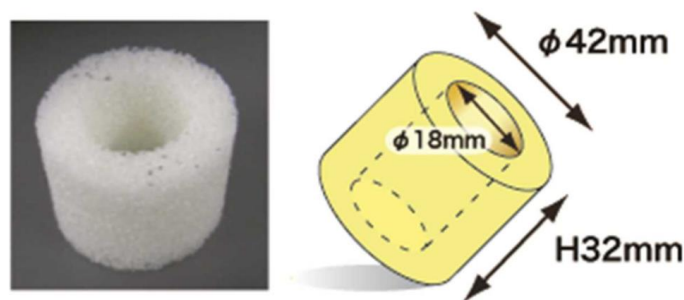
Fuente: (HARADA, TANDUKAR y OHASHI 2007)

Además, a diferencia del proceso de lodos activos, no existe un requisito de aireación para el funcionamiento del sistema UASB + DHS, lo que lo convierte en un sistema de tratamiento económico. Teniendo en cuenta las observaciones anteriores, se concluyó que el sistema UASB + DHS puede ser una opción rentable y viable para el tratamiento de las aguas residuales municipales sobre el sistema de lodo activado, especialmente para los países de bajos ingresos. (HARADA, TANDUKAR y OHASHI 2007)

**f. Reactor DHS de sexta generación (DHS-G6):**

El nuevo reactor DHS, que utiliza medios esponjosos rígidos, se denomina reactor DHS (DHS-G6) de sexta generación. El diseño básico del reactor es similar al diseño del reactor DHS-G3, en el que los medios de esponja se empaquetaron aleatoriamente. La configuración básica del reactor DHS es similar a la configuración de un filtro de goteo, excepto que el material de relleno en el reactor DHS es una esponja de poliuretano. A diferencia de los materiales de piedra, grava o plástico usados en un sistema filtro de goteo, los medios esponjosos proporcionan un espacio tridimensional en el que la biomasa puede crecer y retenerse dentro del reactor, dando como resultado concentraciones de biomasa mucho más altas en un reactor DHS que en un sistema filtro de goteo. Las aguas residuales, distribuidas desde la parte superior del reactor DHS, se escurren a través de los medios de esponja y se acumulan en la parte inferior del reactor.

**Figura 1.1.9.** Estructura de las esponjas rígidas del reactor DHS G-6.



Fuente: (ONODERA 2014)

### 1.1.2. Antecedentes a nivel nacional.

En el Perú, los primeros ensayos a nivel piloto con esta tecnología se realizaron en la Universidad Nacional de Ingeniería, en el año 2010 con la *Ingeniera Audrey Marc* que instaló un reactor DHS a nivel piloto alimentándolo con los efluentes del reactor UASB del Centro de Investigaciones de Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-UNI). Ella centró su investigación en el análisis de ciertos parámetros tales como oxígeno disuelto, pH, temperatura, turbiedad, DQO, coliformes fecales, sólidos totales, fijos y volátiles. Lamentablemente por dificultades en el manejo del flujo continuo en el equipo sólo pudo realizar muestreos durante dos meses en los cuales logró obtener algunos resultados de inicio de operación del reactor.

En Perú se desarrolló el **“Estudio del sistema downflow hanging sponge (DHS) tipo bloques prismáticos en el tratamiento del efluente de un reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente”** El estudio se realizó en la Universidad Nacional de Ingeniería, en el año 2012 el sistema de tratamiento secundario Downflow Hanging Sponge (DHS) tipo bloques prismáticos, como post-tratamiento al reactor de tratamiento primario anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente (RAMLFA), se alcanzaron eficiencias en remoción de carga orgánica mayores al 85% en aguas residuales domésticas; superando los resultados normalmente obtenidos mediante sistemas convencionales. No obstante, con las eficiencias alcanzadas en remoción de coliformes fecales, menores al 95%, no se supera a los sistemas convencionales, como las lagunas de estabilización. (STEVEN y DIANA 2012).

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos evaluados, se concluye que el sistema de tratamiento secundario DHS tipo bloques prismáticos, en promedio presenta eficiencias mayores al 80% en remoción de parámetros fisicoquímicos como turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno, carga orgánica y alcalinidad. Así como el incremento de los niveles de oxígeno disuelto, aproximadamente hasta en un 115%. (STEVEN y DIANA 2012).

En el estudio **“Eficiencia del sistema de esponjas colgantes DHS de primera generación del tratamiento del efluente del reactor UASB”**, el sistema DHS mostró ser estable y alcanzar eficiencias del 94% en la remoción de la DBO, 84% en la remoción de DQO y 99.961% en la remoción de coliformes termotolerantes, a pesar de las fluctuaciones continuas de estos parámetros al ingresar al sistema. Asimismo, mostró ser estable en el desarrollo de los procesos de nitrificación (63% en la remoción de  $\text{NH}_3\text{-N}$  y 52% en la remoción de  $\text{NO}_2\text{-N}$ ), aún en las etapas en que ingresaron las máximas concentraciones de nitrógeno al sistema. (TARNAWIECK OSSIO y TAPIA ACUÑA 2013).

La remoción de coliformes fecales se estabilizó con eficiencias de remoción del 96.961% en el segundo mes de funcionamiento del sistema DHS. En una primera etapa (primeros 60 días de funcionamiento), cuando la película biológica aún no estaba desarrollada en las esponjas, el mecanismo dominante de retención de bacterias fue la adsorción de las mismas sobre las superficies porosas. Sin embargo, la remoción de coliformes termotolerantes ya se daba en altas tasas en esta etapa (96.961% en promedio). A partir del segundo mes de funcionamiento (a los 60 días) intervino el mecanismo de remoción por atascamiento de las bacterias por haber desarrollado la película biológica sobre los espacios vacíos, observándose una remoción del 99.932% en promedio para esta etapa. (TARNAWIECK OSSIO y TAPIA ACUÑA 2013).

También se desarrolló el **“Tratamiento de aguas residuales con tecnología D.H.S. a escala piloto”** El nuevo sistema de tratamiento investigado consiste en la combinación de un reactor U.A.S.B. (Reactor anaeróbico de manto de lodos de flujo ascendente) con un filtro Down flow Hanging Sponge (DHS). Este reactor D.H.S. como post tratamiento fue evaluado en periodo de 6 meses, demuestra ser un sistema alternativo para la optimización del tratamiento de las aguas residuales.

Los resultados que demuestran que un post tratamiento con un reactor D.H.S. es una buena alternativa son los resultados obtenidos en los siguientes parámetros:

- El valor de la DBO promedio que resultaron a la salida del Reactor D.H.S. es de 2.66 mg/l, el cual nos refleja un rendimiento de 97.45, experiencia que demuestra una buena remoción de DBO.
- La turbiedad promedio en los módulos I y II que resultó 43.49 FAU llegando a tener un rendimiento de 84.56% con un adecuado mantenimiento.
- Los sólidos totales promedio en ambos módulos resultaron 0.7 mg/l, indicándonos un rendimiento de 62.90% lo cual demuestra una buena alternativa como post tratamiento.
- Los sólidos suspendidos totales promedio resultaron 0.07 mg/l, indicándonos un rendimiento de 99.37% lo cual demuestra una buena alternativa como post tratamiento.
- Los sólidos volátiles totales promedio que resultaron 0.18 mg/l, indicándonos un rendimiento de 93.88% lo cual demuestra una buena alternativa como post tratamiento.
- Los sólidos fijos totales promedio que resultaron 0.45 mg/l, indicándonos un rendimiento de 63.01% lo cual demuestra una buena alternativa como post tratamiento. (ROJAS RAMOS y VISURRAGA MARIÑO 2012)

### **1.1.3. Antecedentes a nivel regional y local.**

A nivel local no se encontró investigaciones con el sistema DHS, motivo por el cual la presente investigación se ha optó implementar el diseño del tanque séptico en combinación con el sistema DHS G6 y aplicarlo en la localidad de Marian dado que su sistema existente no se encuentra operando adecuadamente y el efluente es descargado directamente al río, la cual genera un foco infección y contamina directamente a un cuerpo receptor, donde estas aguas son captadas aguas abajo por moradores de este lugar y hacen uso de esta agua para el riego de sus cultivos y bebida de animales. El sistema existente se construyó en el año 2005, beneficiando a solo 80 viviendas de un total de 235 usuarios empadronados. Por otro lado, el sistema que se está proponiendo es como un post tratamiento de aguas residuales en zonas rurales, que generalmente tienen sistemas con tanque séptico.

## 1.2.Trabajos previos.

El estudio se realizó en la localidad de Marian que pertenece al distrito de Independencia, provincia de Huaraz – Áncash.

Los estudios se desarrollaron en el efluente primario de las aguas residuales que vierte la localidad de Marian, donde las aguas residuales son recolectadas mediante un sistema de alcantarillado sanitario que llega hasta una planta de tratamiento existente que está conformado por las siguientes unidades:

- Una cámara de rejas: Esta unidad tiene una reja construida de fierro corrugado de media pulga separadas en cinco centímetros; estas rejas se encuentran dentro de una cámara de un metro de ancho, ochenta centímetros de alto y un metro cincuenta de largo.
- Un tanque séptico: El tanque séptico de la localidad de Marian tiene las siguientes dimensiones: 6 m de largo, 3.50 m de ancho y 1.80 m de altura útil.
- Un filtro percolador de flujo ascendente: El cual tiene las siguientes dimensiones, 3 m de ancho, 3.50 m de largo y 2.40 m de profundidad.
- Un lecho de secado: Tiene las siguientes dimensiones, 3.50 m de ancho, 3.50 m de largo y 1.50 m de alto el cual incluye una cobertura de calamina.

Para el presente estudio se tomó como muestra el efluente del tanque séptico, el que se captó mediante un sistema adaptado con cachimba y válvula de control, el que ha sido conducido hasta una caseta donde se ha instalado una planta de tratamiento mediante un sistema de DHS de sexta generación o esponjas endurecidas. El ingreso del efluente del tanque séptico al reactor DHS fue continuo y se aprovechó la gravedad para dar el funcionamiento continuo.

En la Figura 1.2.1 se ilustra la ubicación geográfica del ámbito de estudio; como se indicó el estudio específico se desarrolló en la misma localidad de Marian, en el que se



obtuvo los datos de campo y muestreos para el análisis en laboratorio en la ciudad de Huaraz, específicamente en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM.

### Ubicación geográfica.

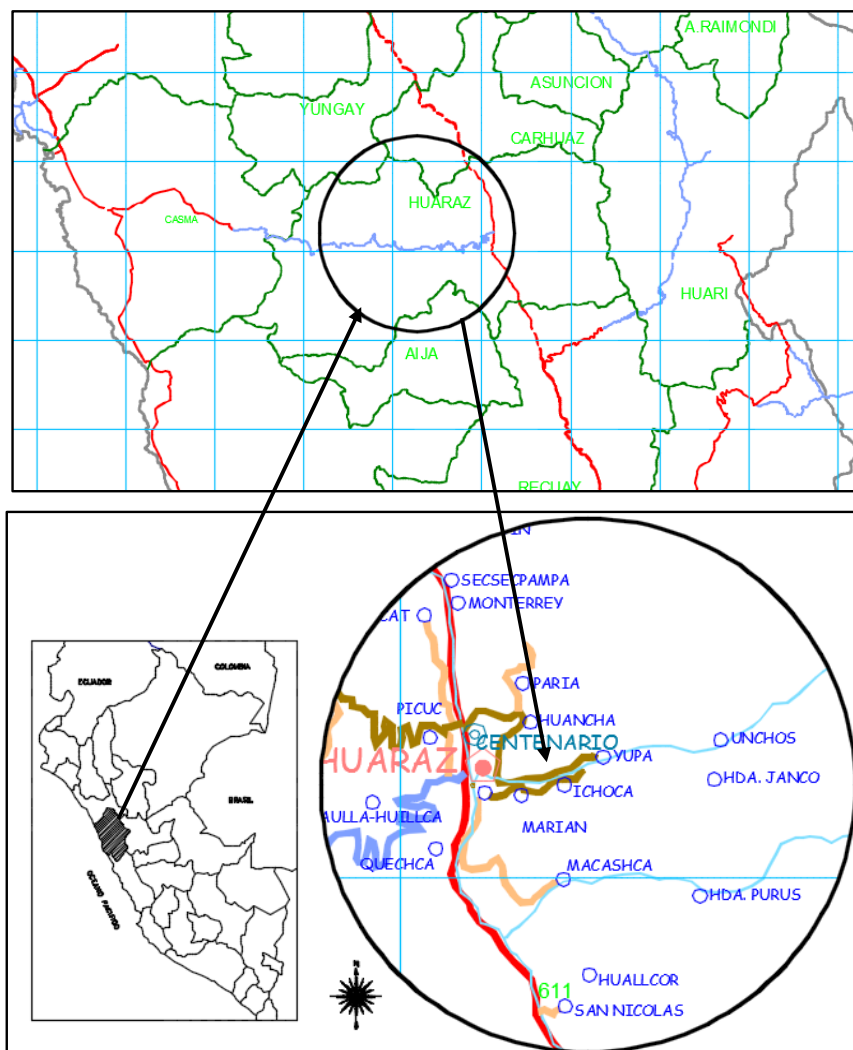
Localidad : Marian

Distrito : Independencia

Provincia : Huaraz

Departamento : Ancash

**Figura 1.2.1.**Ubicación geográfica del estudio de investigación.



Fuente: Elaboración propia

### **1.3. Teorías relacionadas con el tema.**

#### **1.3.1. Aguas Residuales.**

Se entiende por aguas residuales aquellas que han sido utilizadas con un fin consuntivo, incorporando a ellas sustancias que deterioran su calidad original (contaminación), disminuyendo su potencialidad de uso. Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua; también se les denomina aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales. El agua residual, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno. Para cuantificar el grado de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento más adecuado, se utilizan varios parámetros. (MARSILLI 2005)

Las aguas residuales han sido previamente utilizadas y se encuentra contaminada, entre estos contaminantes encontramos: Microorganismos patógenos (bacterias, virus, parásitos) que producen enfermedades como la hepatitis, cólera, disentería, diarreas, giardiasis, etc., materia orgánica (materia fecal, papel higiénico, restos de alimentos, jabones y detergentes) que consume el oxígeno del agua y produce malos olores. Nutrientes que propician el desarrollo desmedido de algas y malezas acuáticas en arroyos, ríos y lagunas. Otros contaminantes como aceites, ácidos, pinturas, solventes, venenos, etc., que alteran el ciclo de vida de las comunidades acuáticas. (SYNERGY 2014)

Los problemas causados no son sólo de índole física o estética, sino que trascienden al campo de la sanidad, ya que las comunidades humanas necesitan recurrir a diversos recursos de agua superficiales para su abastecimiento de agua de bebida, y si éstos están contaminados con los productos de desecho humanos o industriales, pueden dar lugar a problemas epidemiológicos graves.

Es evidente que la polución está disminuyendo la calidad del agua en muchas partes del mundo. Con este progresivo deterioro, el uso de técnicas y modelos para predecir la

conducta de los organismos indicadores de la calidad del agua, ha llegado a ser cada vez más importante. En la mayoría de las naciones, los programas de control de la contaminación, se han iniciado restringiendo las descargas, estableciendo limitaciones para determinados compuestos químicos y parámetros, y se han identificado algunos productos químicos tóxicos en las aguas residuales, para los que se han fijado límites de vertido. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

Es por esto que las aguas residuales, antes de ser vertidas en las masas receptoras, deben recibir un tratamiento adecuado según su composición, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, hasta evitar que se provoquen los problemas enunciados de polución y de contaminación de las aguas receptoras. La eliminación de las aguas residuales no es el único problema a considerar, ya que, al ser el agua un bien escaso, que cada día se necesita en mayores cantidades, es cada vez más imprescindible la reutilización de los recursos hídricos disponibles para poder satisfacer las necesidades humanas. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

### **1.3.2. Importancia ecológica y sanitaria.**

Las aguas residuales, debido a la gran cantidad de sustancias (algunas de ellas tóxicas) y microorganismos que portan, pueden ser causa y vehículo de contaminación, en aquellos lugares donde son evacuadas sin un tratamiento previo. Se puede definir la polución del agua como una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia y peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca, las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural.

Según esta definición, la polución sería una consecuencia ineludible del desarrollo y la civilización. Esto es explicable, ya que conforme aumenta el desarrollo de las poblaciones, se incrementa a su vez la diversidad de los agentes contaminantes procedentes de actividades agrícolas, industriales y urbanas, que el hombre no se

preocupa de destruir o reciclar, o no lo hace en la magnitud suficiente. De esta forma, se acaba saturando el poder auto depurador del medio natural. Algunas de estas sustancias tienen un comportamiento desconocido en los organismos vivos. En otros casos, es evidente que la contaminación ambiental por diversas sustancias, que quizás no estén en alta concentración en el medio, pero a las que el hombre está expuesto durante largos períodos de tiempo, es importante en varias enfermedades crónicas, incluido el cáncer.

### **1.3.3. Aguas residuales urbanas.**

Las aguas residuales urbanas tienen una composición más o menos uniforme, que facilita los procesos de tratamiento, y las distingue claramente de las aguas residuales industriales, cuya variedad es en muchos casos indescriptible. Aun así, aunque derive sólo de efluentes domésticos, la composición varía influenciada por algunos factores como son los hábitos alimentarios, consumo de agua, uso de productos de limpieza en el hogar, etc. La composición, al igual que la cantidad de aguas residuales, sufre también variaciones respecto al tiempo. Varía en el transcurso de las distintas horas del día, en función de los días de la semana y se presentan variaciones estacionales. Tres grupos de caracteres se pueden tener en cuenta para los diferentes componentes del agua: Físicos - químicos y biológicos. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

### **1.3.4. Características del agua residual.**

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental de cara al proyecto y explotación de las infraestructuras tanto de recogida, tratamiento y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad medioambiental. Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. (METCALF & EDDY 1995).

#### **i. 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. (METCALF & EDDY 1995)

**Tabla 1.3.1. Características físicas de las aguas residuales.**

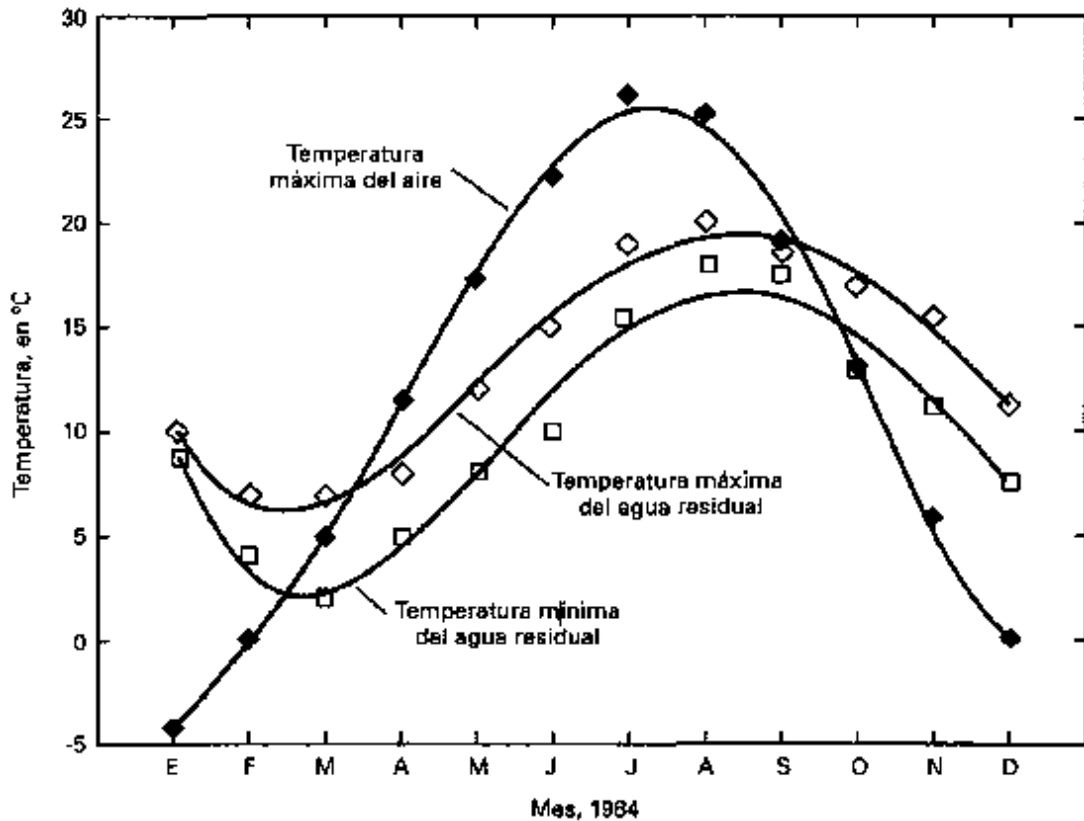
<b>Propiedades físicas</b>	<b>Procedencia</b>
<b>Color</b>	Aguas residuales domesticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
<b>Olor</b>	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
<b>Solidos</b>	Agua de suministro, aguas residuales domesticas e industriales, erosión de suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
<b>Temperatura</b>	Aguas residuales domesticas e industriales.

Fuente: (METCALF & EDDY 1995)

➤ **Temperatura.**

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que el agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y solo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano. En función de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21 °C, pudiéndose tomar 15,6 °C como valor representativo. En la figura 1.3.1 se ilustran las variaciones que pueden esperarse en las aguas residuales brutas. Dependiendo de la situación y la época del año, las temperaturas del efluente pueden situarse por encima o por debajo de las del afluente. (METCALF & EDDY 1995)

**Figura 1.3.1.** Variaciones mensuales típicas de la temperatura del agua residual.



Fuente: (METCALF & EDDY 1995)

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles. Por ejemplo, el aumento de la temperatura del agua puede provocar cambios en las especies piscícolas. Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. Estos efectos se ven amplificados cuando se vierten cantidades considerables de agua caliente a las aguas naturales receptoras. Es preciso tener en cuenta que un brusco de temperatura puede conducir a un fuerte aumento en la mortalidad de la vida acuática. Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos.

La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35°C. Los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detienen cuando 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 5 °C. Si se alcanzan temperaturas del orden de 2 °C, incluso las bacterias quimio heterótrofas que actúan sobre la materia carbonosa dejan de actuar. (METCALF & EDDY 1995)

➤ **Color.**

Históricamente, para la descripción de un agua residual, se emplea el término condición junto con la composición y la concentración. Este término se refiere a la edad del agua residual 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. Llegado a este punto suele clasificarse el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas. En la mayoría de los casos, el color gris, gris oscuro o negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálico por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual. (METCALF & EDDY 1995)

➤ **Turbiedad.**

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones. La materia coloidal dispersa absorbe la luz, impidiendo su transmisión. Aun así, no es posible afirmar que exista una relación entre la turbiedad y la concentración de sólidos en suspensión de un agua no tratada. No obstante, si están razonablemente ligados

la turbiedad y los sólidos en suspensión en el caso de efluentes procedentes de la decantación secundaria en el proceso de fangos activados. (METCALF & EDDY 1995)

➤ **Olor.**

Normalmente, los olores son debidos 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 hidrogeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.

**Tabla 1.3.2. Compuestos olorosos asociados al agua residual bruta.**

<b>Compuestos olorosos</b>	<b>Formula química</b>	<b>Calidad del olor</b>
Aminas	$\text{CH}_3\text{NH}_2, (\text{CH}_3)_3\text{H}$	A pescado
Amoníaco	$\text{NH}_3$	Amoniacal
Diaminas	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2, \text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	Carne descompuesta
Sulfuro de hidrogeno	$\text{H}_2\text{S}$	Huevo podrido
Mercaptanos (p.e. metilo y etilo)	$\text{CH}_3\text{SH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{SH}$	Coles descompuestas
Mercaptanos (p.e. butilo y crotilo)	$(\text{CH}_3)_3\text{CSH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$	Mofetta
Sulfuros orgánicos	$(\text{CH}_3)_2\text{S}, (\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	Coles podridas
Eskatol	$\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$	Materia fecal

Fuente: (METCALF & EDDY 1995)

Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de



tratamiento. En la tabla 1.3.2 se puede apreciar los compuestos olorosos asociados al agua residual bruta. (METCALF & EDDY 1995)

## **ii. Características químicas.**

Los contaminantes químicos comprenden tanto productos químicos orgánicos como inorgánicos. El aspecto fundamental resultante de la contaminación por compuestos orgánicos es la disminución de oxígeno como resultante de la utilización del existente en el proceso de degradación biológica de dichos compuestos. En el caso de la contaminación derivada de la presencia de compuestos inorgánicos el resultado más importante es su posible efecto toxico, más que la disminución en oxígeno. Sin embargo, hay casos en las cuales los compuestos inorgánicos presentan una demanda de oxígeno, contribuyendo a la disminución del mismo. Los sulfitos y los nitratos, por ejemplo, toman oxígeno para oxidarse a sulfatos y nitratos. (RAMALHO 1996)

### **➤ La materia orgánica.**

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrogeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fosforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas 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. No obstante, debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente está presente en aguas residuales que no sean muy recientes.

Junto con las proteínas, los hidratos de carbono, las grasas y los aceites y la urea, el agua residual también contiene pequeñas cantidades de gran número de moléculas

orgánicas sintéticas cuya estructura puede ser desde muy simple a extremadamente compleja. En esta sección se tratarán ejemplos clásicos como los de los agentes tenso activos, los contaminantes orgánicos prioritarios, los compuestos orgánicos volátiles y los pesticidas de uso agrícola. Por otro lado, dado el incremento en la síntesis de moléculas orgánicas, el número de ellas presentes en las aguas residuales va en aumento cada año. En los últimos años, este hecho ha complicado notablemente los procesos de tratamiento de aguas. (METCALF & EDDY 1995)

Constituye la tercera parte de los elementos de las aguas residuales, siendo los principales compuestos que se pueden hallar:

- Proteínas (40-60 %)
- Carbohidratos (25-50 %)
- Grasas y aceites (10 %)

En las aguas residuales urbanas, la urea y el amoníaco constituyen las principales fuentes de nitrógeno, junto con las proteínas. La materia orgánica también puede aportar azufre, hierro y fósforo. La mayoría de los aminoácidos presentes en la naturaleza pueden detectarse en las aguas residuales, como producto de la descomposición de proteínas. Otros compuestos importantes son los azúcares como la glucosa, lactosa, sacarosa, fructosa y galactosa; y los ácidos como el acético, propiónico, butírico, láctico y cítrico.

También, se pueden encontrar celulosa, almidón y lignina. Las grasas son descompuestas más lentamente por las bacterias, pero pueden actuar sobre ellas los ácidos minerales, dando glicerina y ácidos grasos; éstos, a su vez, pueden reaccionar con los álcalis, dando glicerina y jabones (sales alcalinas de ácidos grasos).

Debido a que son menos densas que el agua flota, y esto interfiere en los procesos de tratamiento y la vida biológica, favoreciendo el ambiente anaerobio, en cuyas condiciones

la degradación es más lenta y se desprenden gases que causan malos olores. Recientemente se está prestando interés a la gran diversidad de moléculas orgánicas sintéticas que están apareciendo en la composición de las aguas residuales: agentes tenso activos, fenoles y pesticidas.

Asimismo, los procesos de cloración de aguas de abastecimiento y la alteración que puede producirse de compuestos orgánicos naturales y de síntesis, hace que puedan aparecer subproductos de una descomposición parcial de las moléculas orgánicas complejas. Hay una serie de parámetros que son de gran interés en el tratamiento de las aguas residuales, puesto que, nos permiten conocer el contenido en materia orgánica de éstas. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

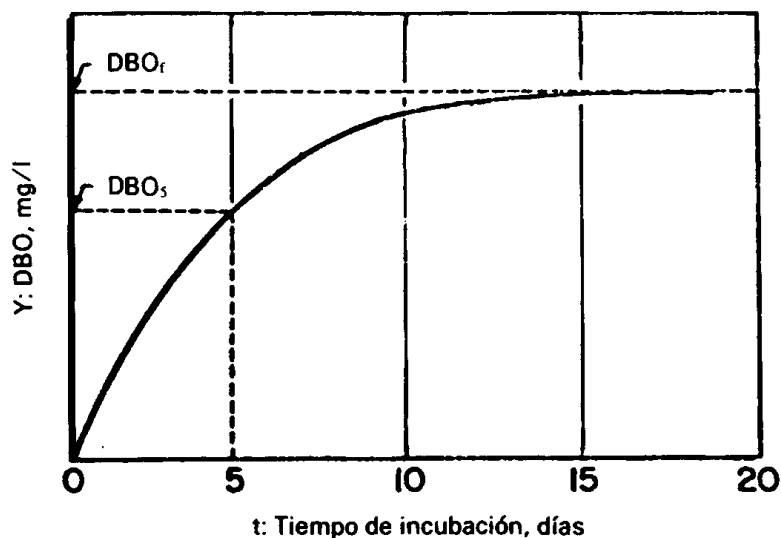
➤ **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).**

La DBO es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua. Se puede obtener mediante determinación de la concentración de oxígeno disuelto de la medida de la  $DBO_5$ , la cual es un procedimiento manométrico. Donde el  $CO_2$  desprendido ayuda a determina la  $DBO_5$  mediante un conjunto de tablas. (METCALF & EDDY 1995).

La demanda de oxígeno de las aguas residuales es resultado de tres tipos de materiales:

- Materiales orgánicos carbónicos, utilizables como fuente de alimentación por organismos aeróbicos.
- Nitrógeno oxidable, derivado de la presencia de nitritos, amoníaco, y en general compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como alimentación para las bacterias (nitrosomas y nitrobacter).
- Compuestos químicos reductores (ion ferroso, sulfitos, sulfuros), que se oxidan por oxígeno disuelto. (RAMALHO 1996)

**Figura 1.3.2.** Curva característica de DBO, por oxidación de materias con carbono orgánico.

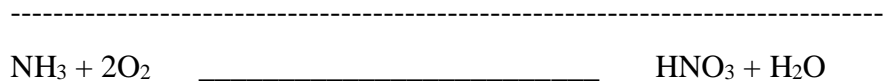
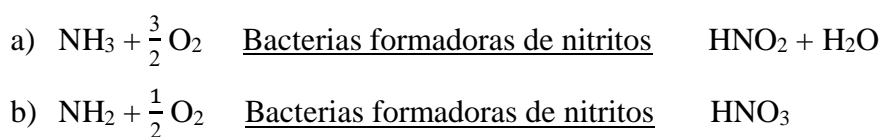


Fuente: (RAMALHO 1996)

Los valores de la DBO (mg/l) pueden llevarse a un gráfico para los distintos tiempos de incubación (días). La Figura 1.3.2 muestra una curva típica de DBO de productos orgánicos carbónicos.

➤ **Nitrificación en el ensayo de la DBO**

Durante el proceso de hidrólisis de proteínas se produce materia no carbonosa, como el amoniaco, por ejemplo. Hay dos grupos de bacterias autótrofas capaces de oxidar el amoniaco a nitrito y, a continuación, a nitrato. Las reacciones generalizadas son las siguientes:



Se conoce con el nombre de demanda bioquímica de oxígeno nitrogenada (DBON) a la demanda de oxígeno asociada al proceso de oxidación de amoníaco a nitrato.

Normalmente, es necesario un periodo de entre 6 y 10 días para que las bacterias nitrificantes ejerzan una demanda de oxígeno medible, debido a la lentitud del proceso de reproducción de las mismas y al tiempo necesario para alcanzar una población suficiente. Sin embargo, si la población es suficientemente grande desde el principio, las interferencias con los procesos que se dan durante los 5 días de duración del ensayo de la DBO pueden ser significativas. (METCALF & EDDY 1995)

➤ **Demanda química de oxígeno (DQO).**

La demanda química de oxígeno, DQO, es la cantidad de oxígeno en mg/l consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que están en un agua. Se emplean oxidantes químicos, como el dicromato potásico. En el ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. La demanda bioquímica de oxígeno, DBO, es la cantidad de oxígeno en mg/l necesaria para descomponer la materia orgánica presente mediante acción de los microorganismos aerobios presentes en el agua. Normalmente se emplea la DBO<sub>5</sub>, que mide el oxígeno consumido por los microorganismos en cinco días. Resulta el parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado. 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. La oxidación química es representada por la siguiente fórmula:



El ensayo de la DBO también se emplea para la medición de la materia orgánica presente en aguas residuales tanto industriales como municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. En muchos tipos de aguas residuales es posible establecer una relación entre los valores de la DBO y la DQO. Ello puede resultar de gran utilidad dado que es posible determinar la DBO. 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. (METCALF & EDDY 1995)

➤ **Carbono orgánico total (COT).**

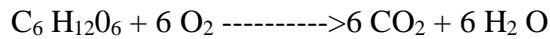
Se mide mediante la introducción de una cantidad conocida de muestra en un horno a alta temperatura. El carbono orgánico se oxida a  $\text{CO}_2$ , en presencia de un catalizador, y se cuantifica mediante un analizador de infrarrojos. Pero como no se oxidan todos los componentes orgánicos presentes, los valores de COT dan una estimación de carbono orgánico inferior a la real.

➤ **Demanda total de oxígeno (DTO).**

Esta prueba se realiza en una cámara de combustión catalizada con platino, en la cual se produce una transformación de la materia orgánica en productos finales estables. El oxígeno residual es analizado por cromatografía gaseosa, y por diferencia obtenemos la DTO.

➤ **Demanda teórica de oxígeno (DTEO)**

Se estima mediante una reacción teórica de oxidación total. Para ello, es necesario conocer la composición de las aguas residuales en carbohidratos, proteínas y grasas. Si tomamos la glucosa como ejemplo, sería:



$$\text{DTeO} = 6 \text{ moles de O}_2 / \text{mol de glucosa} = 6 \times 32 = 192 \text{ gr O}_2 / \text{mol.}$$

### ➤ **Materia inorgánica**

Los componentes inorgánicos de mayor interés, en las aguas residuales, son:

**Potencial de Hidrogeno (pH):** La actividad biológica se desarrolla dentro de un intervalo de pH generalmente estricto. Un pH que se encuentre entre los valores de 5 a 9, no suele tener un efecto significativo sobre la mayoría de las especies, aunque algunas son muy estrictas a este respecto. Un aspecto importante del pH es la agresividad de las aguas ácidas, que da lugar a la solubilización de sustancias por ataque a los materiales.

De este modo, un efluente con pH adverso puede alterar la composición y modificar la vida biológica de las aguas naturales. También es más difícil de tratar por métodos biológicos, que sólo pueden realizarse entre valores de pH de 6,5 a 8,5. Las aguas residuales urbanas suelen tener un pH próximo al neutro. Aparte del efecto directo, el pH tiene un efecto indirecto, influenciando la toxicidad de algunas sustancias, especialmente de aquellas en las que, la toxicidad depende del grado de disociación.

**Cloruros:** Se consideraban como indicador indirecto de contaminación fecal, ya que el hombre elimina unos 6 gr de cloruros al día aproximadamente en las excretas. Pero los cloruros pueden tener otras procedencias, como son la infiltración de aguas marinas, en los acuíferos subterráneos próximos al mar, y también pueden aparecer debido al uso de sustancias ablandadoras, en los tratamientos del agua de abastecimiento, cuando la dureza de ésta es elevada, por lo que en la actualidad los cloruros han perdido todo valor como indicador de contaminación fecal.

**Alcalinidad:** Nos mide la cantidad de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos presentes en el agua. Estos iones se neutralizan con elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio, amoníaco, etc. El agua residual suele tener un cierto grado de alcalinidad, cuyo origen es el agua de suministro y el aporte por las sustancias de uso doméstico.

**Nitrógeno:** Es esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas; la limitación de nitrógeno puede producir cambios en la composición bioquímica de los organismos, y reducir sus tasas de crecimiento. Pero, también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas receptoras, cuando se encuentra en altas concentraciones. Estas altas concentraciones pueden ser resultado de la fertilización en la agricultura, mediante fertilizantes artificiales y abonos animales, y si se filtran a las aguas subterráneas, constituyen un problema para los abastecimientos de agua.

El nitrógeno está presente en el agua residual reciente en forma de urea y proteínas, pero estos compuestos son fácilmente degradables por las bacterias, que los transforman en amonio, y a partir de él producen nitritos y nitratos. Al ser el amoníaco el primer producto de la degradación de la urea y del material proteico, se puede considerar como el mejor indicador químico indirecto de contaminación fecal reciente. Hay algunas especies que utilizan el amonio preferentemente al nitrato, cuando ambos están disponibles; e incluso, el amonio puede inhibir la captación de nitratos por los organismos. Sin embargo, el amonio resulta tóxico para algunas especies de microorganismos, sobre todo en forma de  $\text{NH}_3$ , porque está descargado y es soluble en los lípidos, por lo que puede atravesar las membranas biológicas más rápidamente. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

Esto puede interferir el tratamiento biológico de las aguas residuales. Las conversiones entre las distintas formas del nitrógeno, están influenciadas por el pH y la temperatura del medio. Los nitritos se suelen considerar como indicadores indirectos de contaminación fecal. Son inestables y se oxidan fácilmente a nitratos. Su ausencia en el medio puede deberse a condiciones anóxicas, que obliguen a los microorganismos a utilizar el oxígeno ligado, llevando el hidrógeno a formas más reducidas.

Los nitratos son la forma más oxidada del nitrógeno que se encuentra en las aguas residuales. Su aumento creciente en las aguas subterráneas es preocupante, ya que, puede



alcanzar las fuentes de agua de bebida y llegar a ocasionar graves enfermedades, como la metahemoglobinemia infantil y el aumento en la incidencia de cáncer. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

**Fósforo:** Es también esencial para el crecimiento de los organismos. Las formas en que se puede encontrar en las aguas residuales, son ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. El fosfato satisface los requerimientos de fósforo de todos los organismos y se necesita en niveles mucho más bajos que el nitrógeno.

Al igual que éste, es responsable de la producción de procesos de eutrofización. Es por ello por lo que se está prestando en la actualidad un interés creciente en controlar la cantidad de fósforo que entra a formar parte de las aguas residuales, especialmente como componente de los detergentes. Así, se está sustituyendo el tripolifosfato de sodio, que es el principal componente de éstos, por otros compuestos como la sal sódica del ácido nitrilotriacético. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

**Azufre:** Es requerido para la síntesis de proteínas y se libera cuando éstas se descomponen. Prácticamente, todos los microorganismos pueden usar el sulfato como fuente de azufre, pero algunas especies requieren compuestos en forma más reducida para la biosíntesis. Las bacterias pueden realizar esta reducción de los sulfatos a sulfuros y  $\text{SH}_2$ , en condiciones anaerobias.

Estos últimos compuestos son importantes en el comportamiento de los residuos líquidos y su grado de septización. El  $\text{SH}_2$  puede ser también oxidado a sulfato, que es corrosivo para las tuberías del alcantarillado. Si éste llega a contaminar el agua de bebida, puede causar trastornos gastrointestinales, sobre todo en niños. Además, el sulfato de magnesio produce sabor amargo al agua. Compuestos tóxicos: algunos componentes de las aguas residuales son muy tóxicos para los organismos y microorganismos, y por ello, son de gran importancia en cuanto al vertido y tratamiento.

Si se hace un vertido indiscriminado sobre masas de aguas receptoras, pueden destruir la biota acuática o acumularse en ella, afectando a la cadena alimenticia y pudiendo llegar al hombre. Su efecto sobre las plantas de tratamiento biológico puede ser drástico, al morir por contaminación los microorganismos que lo realizan, y paralizarse, por tanto, los procesos. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

### ➤ Gases

Los gases que se encuentran más frecuentemente en la composición de las aguas residuales son nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, sulfhídrico, amoníaco y metano. Los tres primeros se encuentran en todas las aguas expuestas al aire, ya que son gases comunes en la atmósfera. El resto es resultado de la descomposición de la materia orgánica. Dentro de estos gases, los de mayor interés son:

**Oxígeno disuelto:** Es necesario para la vida de todos los organismos aerobios. Por ello, el crecimiento incontrolado de organismos y microorganismos en el seno de las aguas, puede conducir a su agotamiento. La presencia de oxígeno evita el desarrollo de procesos anaerobios que provocan malos olores en el agua. Por ello, sus niveles son indicativos del nivel de calidad de las aguas. La cantidad de oxígeno va a depender, también, de otros factores:

- Solubilidad del gas.
- Presión parcial del gas en la atmósfera.
- Temperatura.
- Características del agua (salinidad, sólidos suspendidos, etc.).

**Sulfuro de hidrógeno:** Se forma por descomposición anaerobia de la materia orgánica azufrada, o por reducción de sulfatos y sulfitos minerales. Es un gas incoloro, inflamable, con un olor característico muy desagradable. Si el agua residual contiene hierro, se combina con él, dando sulfuro de hierro que origina un color negro en el agua. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

### iii. Características biológicas.

Las aguas residuales, dependiendo de su composición y concentración, pueden llevar en su seno gran cantidad de organismos. También influyen en su presencia la temperatura y el pH, puesto que cada organismo requiere unos valores determinados de estos dos parámetros para desarrollarse.

El tracto intestinal del hombre contiene numerosas bacterias conocidas como organismos coliformes. Cada individuo evacua de 4 a  $10^5 \times 10^5$  millones de coliformes por día, que, aunque no son dañinos, se utilizan como indicadores de contaminación debido a que su presencia indica la posibilidad de que existan gérmenes patógenos de más difícil detección. (ESTRUCPLAN 2008)

A continuación, se describen los principales grupos de organismos que se pueden encontrar.

#### ➤ **Bacterias.**

Pueden ser de origen fecal o bacterias implicadas en procesos de biodegradación, tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento. En las aguas residuales brutas, predominan las especies pertenecientes a los siguientes grupos:

*Escherichia, Salmonella, estreptococos fecales, Proteus, Pseudomonas, Aeromonas, Serratia, Bifidobacterium, Clostridium, Zooglea, Flavohacterium, Nocardia, Achromobacter, Alcaligenes, Mycohacterium, Nitrosomonas, Nitrobacter, etc.*

Las bacterias Coliformes se utilizan como indicador de polución por vertidos de origen humano, ya que cada persona elimina diariamente de 100.000 a 400.000 millones de Coliformes a través de las heces, además de otras clases de bacterias. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

### ➤ **Virus**

Proceden de la excreción, por parte de individuos infectados, ya sean humanos o animales. Poseen la capacidad de adsorberse a sólidos fecales y otras materias particuladas, favoreciendo de esta forma su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales. Se pueden encontrar virus pertenecientes a distintos grupos: *Poliovirus*, *virus Echo*, *Coxsackievirus A y E*, virus de la hepatitis, agente de *Norwalk*, *Rotavirus*, *Reovirus*, *Adenovirus* y *Parvovirus*.

La gran supervivencia de los virus origina la resistencia a algunos tratamientos de aguas residuales, constituyendo un peligro para las aguas receptoras. Durante los tratamientos, los virus se adsorben a la superficie de los flóculos y de esta forma son separados de las aguas residuales, pero no inactivados. Algunos quedan en el efluente, siendo un peligro para la salud, aunque el mayor riesgo lo constituyen aquellos que quedan en el fango, en mayores cantidades, sobre todo si este fango se utiliza como fertilizante sin tratamiento previo.

### ➤ **Protozoos.**

Los que se encuentran más frecuentemente en las aguas residuales son amebas, flagelados y los ciliados libres y fijos. Estos organismos juegan un papel muy importante en los procesos de tratamiento biológico, especialmente en filtros percoladores y fangos activados. Pueden eliminar bacterias suspendidas en el agua, ya que éstos no sedimentan, evitando la producción de efluentes con turbidez.

### ➤ **Hongos**

La mayoría son aerobios estrictos, pueden tolerar valores de pH relativamente bajos, y tienen baja demanda de nitrógeno. Esto les hace desempeñar una función importante en el tratamiento de aguas residuales industriales. Los géneros que pueden encontrarse son: *Geotrichium*, *Mucor*, *Aureobasidium*, *Subbaromyces*, *Fusarium*, *Sepedonium* y *Sphaerotilus*. En el tratamiento con fangos activados, los hongos, junto a bacterias

filamentosas, pueden dar lugar a un problema conocido como bulking, debido a que su presencia dificulta la sedimentación de los fangos. (GARCIA y LÓPEZ 1985)

### **1.3.5. Tanque séptico.**

Los tanques sépticos se utilizan por lo común para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicios de alcantarillado o que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. El uso de tanques sépticos se permitirá en localidades rurales, urbanas y urbano-marginales.

El sistema de tratamiento para aguas residuales, conocido como tanque séptico, consiste, en tres etapas: La primera es el tanque, el cual es un sedimentador de las partes gruesas que van al fondo y donde las partículas livianas y las grasas se acumulan en la parte superior. En el tanque, al darse la acumulación de partículas, se define una primera etapa de tratamiento, y al darse una primera descomposición de la materia, por las condiciones anaerobias y la biodigestión lograda, se entra en lo conocido como un avance de una siguiente etapa biológica de tratamiento. (ROSALES ESCALANTE 2008)

La segunda etapa es la que se cumple con el drenaje. En esta etapa se dan dos situaciones: una de ellas es la continuación del tratamiento secundario, por medio de la biodegradación de la materia orgánica disuelta en el efluente del tanque. Este proceso es realizado por las bacterias adheridas a las piedras; la otra situación, es la que representa la capacidad de absorción del terreno existente. (ROSALES ESCALANTE 2008)

La tercera etapa se refiere a la remoción, tratamiento y disposición de los lodos. De cualquier sistema de tratamiento que se aplique a los líquidos que evacuan excrementos u otros desechos orgánicos, siempre se obtendrá como materia básica sedimentada o mineralizada lo que comúnmente se llaman lodos. (ROSALES ESCALANTE 2008)

### **1.3.6. Filtro percolador.**

El Filtro Percolador se llena con material de alta superficie específica, tales como piedras, grava, botellas de PVC trituradas, o material filtrante preformado especialmente. Preferiblemente debe ser un material con una superficie específica de entre 30 y 900 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Para prevenir obstrucciones y asegurar un tratamiento eficiente es esencial un pretratamiento. El agua residual retratado se "deja caer" sobre la superficie del filtro. Los organismos que se desarrollan en una delgada capa en la superficie del material oxidan la carga orgánica produciendo dióxido de carbono y agua, generando nueva biomasa. (ALIANZA POR EL AGUA 2013)

Aunque los filtros percoladores son una tecnología sencilla para mejorar la calidad de las aguas negras, algunos fabricantes los venden ya armados. Las compañías instaladoras diseñan y construyen la mayoría de los filtros percoladores.

Las aguas negras que se dosifican a un filtro percolador deben recibir pretratamiento, tal como el que se da en un tanque séptico. Los sólidos y las grasas deben eliminarse antes de rociar las aguas negras sobre el filtro percolador. Si no se sacan estos materiales, pueden cubrir la capa fina de microorganismos que crecen en el medio y matarlos. (AGRILIFE 2013)

Un filtro percolador puede reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), que es la medición de la cantidad del oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos para descomponer la materia orgánica. El nivel alto de DBO<sub>5</sub> por lo general indica agua de mala calidad; un nivel bajo de DBO<sub>5</sub> normalmente indica agua de buena calidad. El sacar los sólidos disueltos de las aguas negras permite bajar el nivel de DBO<sub>5</sub>, los patógenos, u organismos que causan enfermedades, los coliformes fecales, o bacteria de los desechos humanos o animales.

Los microorganismos sacan los nutrientes y materiales disueltos de las aguas negras, almacenándolos como alimento. A medida que crece la materia biológica, se vuelve demasiado grande para permanecer atada al medio y se suelta. Esta es transportada con el agua de regreso hacia el tanque de dosificación/clarificador. Allí se acumula en el fondo, formando una capa de lodo. En algunos sistemas, una bomba de lodo manda este material al tanque séptico donde se puede descomponer más. (AGRILIFE 2013)

### **1.3.7. Esponja de poliuretano.**

Las esponjas están hechas de un material poroso que es fabricado por fibras celulósicas o en polímeros de plástico. Las esponjas seleccionadas son cilíndricas de 2.5 cm de radio con espesor de 1 ½". Estas se sujetan en dos recipientes. Teniendo las líneas sujetas.

#### **➤ Características de las esponjas:**

Se utilizó una esponja o espuma de poliuretano marca Zebra, fabricada por la empresa Paraíso y patentada nacionalmente por su exclusiva y única formulación a dos colores. La espuma de poliuretano es un plástico poroso formado por una agregación de burbujas, conocido también por los nombres coloquiales de goma espuma en España o goma pluma en algunos países sudamericanos. Se forma básicamente por la reacción química de dos compuestos, un polioliol y un isocianato, aunque su formulación necesita y admite múltiples variantes y aditivos. Dicha reacción libera dióxido de carbono, gas que va formando las burbujas. Básicamente, y según el sistema de fabricación, se pueden dividir los tipos de espumas de poliuretano en dos tipos:

*Espumas en caliente:* Son las espumas que liberan calor durante su reacción, fabricadas en piezas de gran tamaño, destinadas a ser cortadas posteriormente. Se fabrican en un proceso continuo, mediante un dispositivo llamado espumadora, que básicamente es la unión de varias máquinas, de las cuales la primera es un mezclador, que aporta y mezcla los diferentes compuestos de la mezcla; la segunda es un sistema de cintas sin fin, que arrastra la espuma durante su crecimiento, limitando su crecimiento para darle al bloque la forma deseada; y la parte final de la espumadora es un dispositivo de corte, para

cortar el bloque a la longitud deseada. Generalmente son las más baratas, las más utilizadas y conocidas por el público. (POLIURETANOS 2014)

*Espumas en frío:* Son aquellas que apenas liberan calor en la reacción, se utilizan para crear piezas a partir de moldes; como rellenos de otros artículos; como aislantes, etc. Se fabrican mediante una espumadora sencilla, que consiste en un dispositivo mezclador. Normalmente suelen ser de mayor calidad y duración que las espumas en caliente, aunque su coste es bastante mayor. Para comparar las distintas espumas se suele utilizar mucho la densidad, pero sólo sirve como elemento comparativo cuando se habla de espumas con la misma composición, ya que distintas fórmulas dan características diferentes. En unas espumas se busca la mayor duración posible, en otras el precio más económico, en otras la transpirabilidad, la capacidad aislante, la facilidad de perfilar o dar forma, la ligereza, y demás. (POLIURETANOS 2014)

El poliuretano (PUR) es un polímero que se obtiene mediante condensación de bases hidroxílicas combinadas con disocianatos. Los poliuretanos se clasifican en dos grupos, definidos por su estructura química, diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura. De esta manera pueden ser de dos tipos: termoestables o termoplásticos (poliuretano termoplástico, según si degradan antes de fluir o si fluyen antes de degradarse, respectivamente). Normalmente su formulación se basa en la combinación de dioles (HO-R-OH) de baja o media masa molecular (1000-2000 g/mol) combinados con diisocianatos (NCO-R'-NCO). Los dioles proporcionan un carácter elástico, flexible y tenaz al material por lo cual sus segmentos en la estructura molecular se denominan "segmentos flexibles" (POLIURETANOS 2014)

La densidad normalmente se expresa en libras por pie cúbico (lb/pie<sup>3</sup>) o kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>). La densidad es fundamental porque el poliuretano está formado por material flexible y espacios vacíos. La firmeza del poliuretano flexible es independiente de su densidad. Puede haber espumas de baja densidad y superficie firme o de alta densidad y superficie blanda. Por lo tanto, no existe el concepto de densidad "dura" o "blanda".



Por otro lado, existe una diferencia entre “firmeza” y “soporte”. La firmeza es una medida de las características de la superficie del poliuretano. El soporte es la capacidad de “empujar” contra un peso y que previene que la espuma se deforme. Las espumas de mayor densidad previenen que la espuma se colapse con el peso del cuerpo en aplicaciones finales. (POLIURETANOS 2014)

Se suele utilizar mucho la densidad para comparar las distintas espumas, pero sólo sirve como elemento comparativo cuando hablamos de espumas con la misma composición, ya que distintas fórmulas nos dan características diferentes. En unas espumas buscaremos la mayor duración posible, en otras el precio más económico, en otras la transpirabilidad, la capacidad aislante, la facilidad de perfilar o dar forma, la ligereza, etc. (POLIURETANOS 2014)

La formulación de la espuma y producción continua garantizan el peso y densidad exacta por metro cubico. A mayor número de densidad mayor calidad y durabilidad en el tiempo. A mayor número de densidad, mejor calidad y mayor vida útil de la espuma. Tenga en cuenta que la densidad es sinónimo de duración, siempre y cuando, su formulación cuente con insumos de alta calidad. (POLIURETANOS 2014)

En este estudio se optó por el poliuretano de la marca Zebra; teniendo en cuenta la siguiente clasificación:

- Zebra 16: Densidad 16 Kg/m<sup>3</sup>
- Zebra 18: Densidad 18 Kg/m<sup>3</sup>
- Zebra 20: Densidad 20 Kg/m<sup>3</sup>
- Zebra 23: Densidad 23 Kg/m<sup>3</sup>

➤ **Densidad.**

La densidad de la espuma y de Zebra se expresa en kilos por metros cúbicos (kg/m<sup>3</sup>). A mayor densidad, mayor capacidad de soportar, y resistencia a la deformación por uso.

Cada una de las espumas Zebra se caracteriza por un diseño a rayas que combina siempre dos colores. Estos colores varían de acuerdo a la densidad de Zebra para que puedan ser identificadas rápidamente. (POLIURETANOS 2014)

### **1.3.8. Resina epóxica.**

La resina epoxi es un polímero que se vale de un agente catalizador para endurecerse. Esta cuenta con una gran cantidad de beneficiosas características como son su alta resistencia térmica de hasta 70° C en exposiciones ocasionales y 45° C para casos de exposición prolongada. Sus principales características de una resina epóxica son las siguientes.

- Humectación y de adherencia son óptima.
- Buen aislamiento eléctrico.
- Buena resistencia mecánica.
- Resisten la humedad.
- Resisten el ataque de fluidos corrosivos.
- Resisten temperaturas elevadas.
- Excelente resistencia química.
- Poca contracción al curar.
- Excelentes propiedades adhesivas.

Desde el punto de vista químico, las resinas epóxicas son polímeros que poseen en su constitución, un anillo de tres miembros conocido como “anillo epoxi”.

Son productos obtenidos mediante reacciones de condensación (en presencia de hidróxido de sodio) entre la epiclorhidrina (1-clor-2,3-epoxi-propano) y el bisfenol a [2,2-bis (4'-hidroxifenil) propano], el cual es obtenido a partir del fenol y la acetona.

Dentro de las propiedades más importantes de las resinas epóxicas, se encuentran: alta resistencia a temperaturas hasta de 500°C, elevada adherencia a superficies metálicas, excelente resistencia a los productos químicos, son termoestables, químicamente inertes,

no se encogen y tienen buenas propiedades eléctricas. Además, se puede combinar con otros plásticos para obtener compuestos con nuevas características.

La estructura química de la resina epoxi hace posible un gran número de usos y aplicaciones, ya sean pinturas líquidas, procesadas en polvo (híbridas o no), sistemas de alto contenido de sólidos o 100% sólidos, ultravioleta (epoxiacríticas), o base agua. Por sus características, se han utilizado en diversas aplicaciones en empresas de mantenimiento de tanques y maquinaria, muebles, pisos y revestimientos cerámicos, en juntas de dilatación y estructuras de concreto, empaques, industria gráfica, pinturas de barcos y plataformas, adhesivos estructurales, en la industria electrónica, en barnices electro aislantes y en encapsulamiento, automotriz y muchas otras. Esto demuestra la gran versatilidad de la resina, con excelentes resultados sumados a costos adecuados y una óptima calidad del revestimiento final. (RESINAS EPÓXICAS 2006)

### **1.3.9. Reactor D.H.S (Esponja colgante de flujo descendente)**

La esponja colgante de flujo descendente es un reactor de post tratamiento aeróbico de los desagües, seguido del UASB. o RAFA. Es un sistema de filtración por percolación sobre esponjas suspendidas. Las esponjas debido a su gran porosidad retienen las bacterias, estas a su vez en presencia del oxígeno degradan los contaminantes orgánicos, nitrogenados y fosforados del desagüe.

Este filtro utiliza el principio de percolación con esponjas colgantes, encontrándose en un medio mayormente aerobio para la formación de biomasa en las esponjas, las cuales degradan los contaminantes orgánicos y patógenos de los efluentes de aguas residuales domesticas provenientes de un reactor UASB.

El uso de reactores UASB para el tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales es una tecnología probada. Muchos reactores UASB a gran escala han sido

construidos y están en funcionamiento en varios países en desarrollo como India, Brasil, Colombia, Egipto, etc. Sin embargo, el tratamiento por solamente UASB no es suficiente para poder cumplir con las normas de descarga de esos países. Muchos investigadores han recomendado la necesidad de una unidad de post-tratamiento adicional para el tratamiento de efluentes del UASB.

#### **1.4. Definición de términos.**

**1.4.1. Downflow Hanging Sponge (DHS):** Viene hacer un filtro de esponjas colgantes de flujo descendente que permite el crecimiento de la biomasa adherido a este medio filtrante, las cuales degradan los contaminantes orgánicos y patógenos de los efluentes de aguas residuales domesticas provenientes de un tratamiento primario.

**1.4.2. Tiempo de retención hidráulica (TRH):** Es el tiempo que el agua permanece en el filtro biológico, es decir el tiempo durante el cual el agua se encuentra en contacto íntimo tanto de la película como del floc granular suspendido. Al aumentar el tiempo de residencia hidráulico se refleja en una mayor producción de microorganismo y una mayor eficiencia de remoción de contaminantes. (RODRIGUEZ 2006)

**1.4.3. Coliformes:** La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y alimentos. Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria, la Escherichia coli, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor Von Escherich en 1860. (MUÑOZ CASTRO 2009)

- 1.4.4. Absorción:** Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólidos, por difusión.
- 1.4.5. Adsorción:** Fenómeno físico-químico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas o líquidas en la superficie.
- 1.4.6. Aerobio:** Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre.
- 1.4.7. Anaerobio:** Condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.
- 1.4.8. Afluente:** Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.
- 1.4.9. Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.
- 1.4.10. Agua residual:** Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.
- 1.4.11. Agua residual doméstica:** Aguas residuales de origen doméstico, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.
- 1.4.12. Agua residual municipal:** Aguas residuales domésticas que puedan incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que éstas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (MINISTERIO DE VIVIENDA 2007)

- 1.4.13. Planta piloto:** Planta de tratamiento a escala, utilizada para determinación de constantes cinéticas y parámetros de diseño del proceso.
- 1.4.14. Bicarbonatos:** Los bicarbonatos son sales derivadas del ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , que contienen el anión  $\text{HCO}_3^-$ . Una de las funciones principales del bicarbonato es transportar el  $\text{CO}_2$ .
- 1.4.15. Carbonatos:** Compuestos que contienen el ion carbonato  $\text{CO}_3^{2-}$  y se derivan del ácido carbónico  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , que se forma al disolver dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en agua. La mayoría de los carbonatos, aparte de los carbonatos de los metales alcalinos, son poco solubles en agua.
- 1.4.16. Hidróxido:** Los hidróxidos son un grupo de compuestos químicos formados por un metal y uno o varios aniones hidroxilos.
- 1.4.17. Concentración:** Cantidad de una sustancia disuelta en una unidad de volumen de solución o aplicada a un peso unitario de sólidos.
- 1.4.18. Muestreo:** Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro a medir.
- 1.4.19. DBO<sub>5</sub>:** Demanda bioquímica adherida a un medio sólido y que lleva a cabo la degradación de la materia orgánica. La relación entre DBO y DQO es un indicador de la degradación de la materia contaminante. (MINISTERIO DE VIVIENDA 2007)

- 1.4.20. DQO:** Demanda química de oxígeno, que expresa la cantidad de oxígeno consumida por los cuerpos reductores en un agua sin intervención de los microorganismos.
- 1.4.21. pH:** Logaritmo de signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno expresado en moles por litro.
- 1.4.22. PTAR:** Planta de tratamiento de aguas residuales.
- 1.4.23. DHS:** Siglas en inglés de Downflow Hanging Sponge (Flujo descendente sobre esponjas colgantes).
- 1.4.24. RAFA:** Reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente. Con sus siglas en inglés UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).
- 1.4.25. Tratamiento primario:** Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta.
- 1.4.26. Tratamiento secundario:** Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión.
- 1.4.27. 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 porcentajes. (MINISTERIO DE VIVIENDA 2007)

**1.4.28. Biodegradación:** Transformación de la materia orgánica en compuestos menos complejos, por acción de microorganismos.

**1.4.29. Biopelículas:** Película biológica adherida a un medio sólido y que lleva a cabo la degradación de la materia orgánica. (MINISTERIO DE VIVIENDA 2007)

#### **1.4.30. Marco legal.**

A continuación, se indican los principales documentos legales emitidos por el Gobierno Peruano. (Ver el Anexo 5, para mayor detalle):

- 1) Constitución Política del Perú 1993.  
Artículos 66° y 68°.
- 2) Ley de Reforma sobre Descentralización: Ley N° 27680.  
Artículos 192° y 195°.
- 3) Ley General de Salud: Ley N°26842.  
Artículos 96° y 104°.
- 4) D) Ley General del Ambiente: Ley N° 28611.  
Artículos 29°, 31°, 32°, 120°, 121° y 122°.
- 5) Estándares de Calidad ambiental (ECA) para agua: Decreto Supremo N° 015-2015 MINAM.  
Estándares de Calidad ambiental (ECA) para agua - Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales.
- 6) Disposiciones para la implementación de los ECA para agua: Decreto Supremo N° 023-2009 MINAM.  
Artículos 2° y 7°.
- 7) Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR domesticas o municipales: Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM.  
Artículos 1° y 3°.
- 8) Ley marco para el crecimiento de la Inversión Privada: Decreto Legislativo N°757.



Artículos 53° y 55°.

9) Ley Orgánica de Gobiernos Regionales: Ley N° 27902.

10) Ley Orgánica de Municipalidades: Ley N° 27972.

Artículos 80° y 141°.

11) Ley de creación, organización y funciones del MINAM: Decreto Legislativo N° 1013.

Artículos 1°, 3°, 6° y 7°.

12) Ley de Recursos Hídricos: Ley N° 29338 (2009).

Artículos 5°, 9°, 10°, 11°, 25°, 34°, 44°, 45°, 59°, 73°, 75°, 76°, 79°, 80°, 81°, 82°, 83°, 92°, 120°, 121°, 122°, 125°.

13) Resolución Jefatural N°0351-ANA.

TUPA MINSA y sus órganos desconcentrados: D.S. N° 013-2009-SA.

14) Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental: Ley N° 27446.

Artículos 1°, 5° y 15°.

15) Q) Ley General de servicios de saneamiento: Ley N° 26338.

Artículos 4°, 8°, 9° y 10°.

16) Reglamento de la ley general de servicios de saneamiento: D.S. N° 09-95-PRES.

Artículos 17°, 55° y 56°.

17) Directiva N° 180-97 SUNASS.

N° 05.

18) Código del medio ambiente: D.L. N° 613.

Artículos 107°, 113° y 114°.

19) Resolución ministerial N° 0030-84.S.A./DVM.

Artículos 1° y 4°.

20) Código penal: D.L. N° 635.

Artículos 304°, 305 y 307°.

### **1.5. Realidad problemática.**

El problema principal del vertido de las aguas residuales se caracteriza por la contaminación que genera los efluentes, ocasionando el problema de la contaminación

del agua, el mismo que genera focos infecciosos, enfermedades gastrointestinales y el deterioro del ecosistema acuático. En este caso el lugar de la investigación se determinó teniendo en cuenta que las aguas residuales de la localidad de Marian no son tratados adecuadamente y su efluente es vertido a un agua superficial cercano.

Se conjetura que sus causas más importantes de la problemática del inadecuado vertimiento de las aguas residuales son los siguientes:

- La falta de interés político de las autoridades de la localidad.
- El desconocimiento y desinterés de las instituciones públicas y privadas.
- El excesivo caudal que recibe la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Construcción inadecuada de las unidades de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- La falta de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- La falta de concientización de los pobladores sobre el buen uso del sistema de alcantarillado.
- La falta de pago de los moradores por el servicio prestado del sistema de alcantarillado para el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### **1.6. Formulación y planteamiento del problema.**

Se sabe que los tratamientos básicos de las aguas residuales en las zonas rurales o en poblaciones pequeñas se realizan generalmente mediante tanques sépticos, debido a que el sistema es la menos compleja en el tratamiento de aguas residuales así como en los costos de mantenimiento; sin embargo este sistema no llega a cumplir con la remoción adecuada de los contaminantes presentes en las agua servidas domésticas, y principalmente tiene una baja de remoción los contaminantes microbiológicos y fisicoquímicos; además los contaminantes fisicoquímicos y la materia orgánica no son removidos adecuadamente y generalmente los efluentes de tanques sépticos no cumplen los normas nacionales de vertimiento de aguas residuales los cuales son los límites

máximos permisibles (D.S N°003-2010-MINAM). Para mejorar la calidad del efluente de estos tipos de tratamiento se plantea implementar el sistema Downflow Hanging Sponge (DHS) usando un medio de esponjas endurecidas el cual también es conocida como reactor DHS de sexta generación, con el cual se tiene como meta la comparación de la capacidad de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos en un medio de esponjas poliuretano endurecidas con resina epoxica. Por tanto, el problema se plantearía de la siguiente forma:

¿Cuál es la eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS tipo esponjas endurecidas?

### **1.7. Justificación.**

Este trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de obtener un adecuado tratamiento de aguas residuales, que sea beneficioso tanto socialmente, económicamente y ambientalmente, como se describen a continuación.

#### **1.7.1. Socialmente.**

La falta de un tratamiento adecuado de las aguas servidas a nivel de las áreas rurales y pequeñas poblaciones, es inminente; es así que generalmente estas poblaciones tienen como tratamiento los sistemas de tanques sépticos y en algunos casos no cuentan con ningún tipo de tratamiento. Los sistemas de tanques sépticos generalmente cuentan tan solo con pozos percoladores o zanjas de percolación para infiltrar el efluente, dicho efluente generalmente no cuenta con un tratamiento adecuado, debido a que en el tanque séptico solamente se genera la sedimentación de lodos.

#### **1.7.2. Económicamente.**

El sistema propuesto e implementado está basado en un reactor DHS, que se combina con un tratamiento primario que es un tanque séptico, nos permite la mayor remoción de contaminantes; en este caso se plantea remover la mayor cantidad de contaminantes

fisicoquímicos y microbiológicos que son los principales contaminantes de las aguas residuales domésticas y municipales. En este caso el desarrollo de este sistema de tratamiento beneficia a nivel local, a los caseríos y centros poblados que tienen como tratamiento los tanques sépticos, a los cuales se le puede incluir el sistema de DHS para mejorar la calidad del efluente y de esta manera sea reutilizado para riego en épocas de estiaje, además el sistema que se propone no requiere de gasto en energía y es de fácil operación y mantenimiento, además de ocupar muy poco espacio. Al implementar el sistema propuesto en esta investigación se reduciría los costos de energía, que otros sistemas avanzados requieren.

### **1.7.3. Ambientalmente.**

También este tipo de sistema se pueden implementar a nivel nacional y local, en diversas zonas rurales o poblaciones que solamente usa como tratamiento el tanque séptico u otro tipo que no cuenta con un tratamiento secundario, y después de darle un mayor grado de tratamiento pueden reutilizar el efluente para el riego de cultivos de tallo alto o riego de parques y jardines, los mayores beneficiados serían las poblaciones que se ubican en las zonas costeras, debido a que la disponibilidad de agua en estas zonas es escasa. Por otro lado, es de vital importancia el tratamiento de aguas residuales para ser vertidos a los cuerpos receptores sin causar ningún daño en su composición ecológica.

## **1.8. Objetivos.**

### **1.8.1. Objetivo general.**

Evaluar la remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de un efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS tipo esponjas endurecidas, en la localidad de Marian – Huaraz.

### **1.8.2. Objetivos específicos.**

- Evaluar la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes del efluente de un tanque séptico mediante un sistema de esponjas endurecidas.
- Determinar la eficiencia de remoción la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno del efluente de un tanque séptico mediante un sistema de esponjas endurecidas.
- Evaluar la remoción los sólidos totales en suspensión del efluente de un tanque séptico mediante un sistema de esponjas endurecidas.
- Evaluar la remoción aceites y grasas de un efluente de tanque séptico mediante un sistema de esponjas endurecidas.
- Evaluar el comportamiento de la temperatura y pH en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema de esponjas endurecidas.
- Evaluar la remoción de nutrientes (nitratos y N-amoniaco) del efluente de un tanque séptico mediante un sistema de esponjas endurecidas.

### **1.9.Hipótesis**

Se obtuvo una remoción eficiente de contaminantes físico químicos y microbiológicos de un efluente de un tanque séptico mediante un sistema tipo esponjas endurecidas, en la localidad de Marian – Huaraz 2016.

## **CAPÍTULO II**

### **II. MARCO METODOLÓGICO.**

La metodología a aplicar en el desarrollo de esta investigación se detallará en este capítulo, donde se define el modelo y diseño del sistema el cual se ha elaborado que es a escala piloto, así mismo se indica paso a paso el desarrollo de la investigación desde la instalación de la estructuras de soporte, instalación del sistema de tuberías para el funcionamiento hidráulico, de la puesta en marcha del sistema propuesto, los procedimientos de toma de datos, la operación del sistema, del monitoreo de los diferentes datos, finalmente el análisis y procesamiento de datos obtenidos.

Para el desarrollo de la investigación se tuvo varios procesos, los cuales se definen en las siguientes etapas:

- Como una etapa inicial se tuvo la revisión bibliográfica para obtener la información relacionada al tema y los antecedentes desarrollados en el tema elegido, además se buscó información sobre la metodología a usar en la investigación y la consulta a especialistas relacionados al tema.

- Luego de elegir el tema a investigarse, se ubicó el lugar donde se va a desarrollar e implementar el sistema a investigarse. En este caso se buscó un lugar cercano que fue la localidad de Marian; para el cual se coordinó con los dirigentes de esta localidad para poder hacer uso del área de la planta de tratamiento de aguas residuales que actualmente administran; el cual consiste de un filtro biológico de flujo ascendente y un tanque séptico. El lugar que se eligió se debe a la pronunciada pendiente que tiene, el cual nos ayuda para poder instalar el sistema y poner en funcionamiento el sistema tan solo aprovechando la gravedad, sin hacer uso de alguna energía externa.
- Posteriormente se implementó un sistema a escala piloto los que estarán compuestas por unidades dispuestas en serie. Dichas unidades estarán conformadas básicamente por: una tubería de conducción de agua residual, un tanque distribuidor de caudal, reactor DHS de sexta generación o esponjas endurecidas, un sistema de recolección del efluente de DHS y un tanque de sedimentación para el reactor.
- Luego de la implementación y puesta en marcha del sistema, se tiene la etapa de monitoreo y obtención de datos, en el cual se tomó muestras en diferentes puntos de muestreo para su respectivo análisis de laboratorio. Por otra parte, en esta etapa los datos de campo tales como temperatura y pH se obtuvo diariamente en campo con un pH-metro EDGE 2020.
- Finalmente, después de haber obtenido todos los resultados y datos se prosiguió al desarrollo e interpretación de los resultados, y posteriormente a la elaboración del informe final de la investigación.

## **2.1. Metodología.**

### **2.1.1. Configuración del reactor y sistema estudiado.**

El diseño y esquema del sistema de tratamiento investigado que es la combinación del tanque séptico y DHS, se muestra en la Figura 2.1.4. En esta parte se describirá los

materiales usados y se explicará sobre la metodología de instalación y funcionamiento del sistema.

El tanque séptico es un sistema existente que funciona a escala real, el cual sirve para el tratamiento de agua residuales domesticas de la localidad de Marian-Huaraz. En la actualidad esta unidad está en funcionamiento, pero con dificultades por la falta de una adecuada operación y mantenimiento de toda la planta de tratamiento. Para realizar el estudio de esta investigación se ha tomado el efluente de este tanque séptico y se ha conducido a través de tuberías de PVC hasta una unidad al cual se le ha llamado tanque de sedimentación al cual se incluyó tamices, que ha sido útil para remover todo los sólidos suspendidos en exceso que salía del tanque séptico; posteriormente el agua residuales fue conducido hasta el reactor DHS, donde se realizó la distribución uniforme del agua en la superficie de las esponjas endurecidas mediante un sistema de tuberías PVC de ½” y mangueras de ¼”, finalmente después del reactor DHS, viene el clarificador o unidad de post sedimentación que está colocado debajo del reactor y recibe todo el efluente tratado.

- **El tanque séptico (Existente):** Tiene una altura útil de 1.96 m, ancho de 4.10 m y 8.30 m de largo haciendo un volumen útil total de 66.70 m<sup>3</sup>; este tanque séptico contaba con un separador al medio el cual sirve como unidades de separación de solidos o lodos. Además, incluye accesorios de entrada, salida y evacuación de lodos.

En esta unidad de tratamiento lo único que se ha hecho es hacer el mantenimiento adecuado, realizando las actividades de evacuación de lodos que ya superaba los niveles de diseño. Posteriormente a través de tuberías y accesorios se ha conducido el efluente hasta una unidad de regulación y sedimentación con tamices.

- **Tanque de sedimentación:** Esta unidad tiene una altura útil de 0.30 m y largo ancho de 0.90 m y 0.45 m respectivamente haciendo un volumen total de 121.5 litros; en este tanque de sedimentación se ha realizado la instalación de accesorios de entrada,



salida y evacuación de lodos que han sido contruidos con material PVC de diferentes de diámetros. Además, en esta unidad se instaló dos pantallas de tamices de 1 mm, con la finalidad de remover la gran cantidad de solidos suspendidos que contiene el efluente del tanque séptico; estas pantallas han sido contruidos de un material tipo tamices de plástico entrelazados de dimensiones 0.35 m de ancho y 0.42 m de largo y han sido colocados con una inclinación de 60° y una separación 0.20 m entre uno y otro.

**Figura 2.1.1.** Estructura de soporte del reactor DHS-G6.



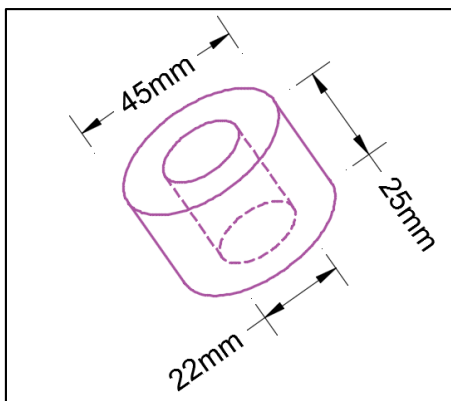
Fuente: Elaboración propia.

- **Reactor DHS:** Consta de 2 segmentos de sección cuadrada y una dimensión interna de 15 cm x 14.52 cm y de 53 cm de largo; la separación entre segmentos es de 15 cm que también tiene orificio y sirve para la ventilación natural del reactor. Además, en la base de cada reactor se tiene orificio que sirven para el soporte y ventilación del

medio filtrante que son las esponjas rígidas. El material utilizado para la elaboración de la estructura del reactor ha sido láminas de acrílico de 4 mm de espesor, como se muestra en la Figura 2.1.1. El material utilizado para el apoyo de la estructura de soporte del reactor ha sido mediante anclajes de varillas de hierro fundido y plancha de madera, los cuales han sido empotrados en la pared que ha sido construido y colocados en forma vertical de la misma forma que se muestra en la Figura 2.1.1.

- **Empaque de la esponja rígida:** El medio filtrante que es la esponja rígida ha sido de forma de un pequeño cilindro, con un diámetro interno y externo de 22 mm y 45 mm respectivamente y una altura de 25 mm. Estas esponjas han sido cubiertas con resina epóxica y se ha dejado secar por 3 días hasta que las esponjas adquieran un aspecto de rigidez.

**Figura 2.1.2.** Estructura y dimensiones del medio filtrante; a) dimensiones de la esponja rígida. b) esponja rígida endurecida con resina epóxica.



a)



b)

Fuente: Elaboración propia

- **Porosidad de la esponja:** Se realizaron dos pruebas de porosidad, uno en su composición normal de la esponja y otro cuando ha sido sometido o ha sido incorporado la resina epóxica en su estructura. La porosidad de la esponja en su composición normal resultante ha sido de >97%, y la porosidad de la esponja con

resina epóxica incorporado es de 70%. La porosidad es la relación de los espacios vacíos entre el volumen total de la esponja, y se ha obtenido de la siguiente manera:

$$\% P = \frac{Vv}{Vt}$$

Donde;  $\%P$  es el porcentaje de porosidad,  $Vv$  es el volumen de espacios vacíos y  $Vt$  es el volumen total de la esponja. En este caso para el cálculo de la porosidad de la esponja normal (sin resina epóxica) se cortó una esponja de 2.5 cm x 10.0 cm x 5.0 cm con un volumen de 125 cm<sup>3</sup>, luego se sumergió en agua y se verificó el volumen de agua reducida, el cual es el volumen de espacios vacíos de la esponja; de la misma forma se obtuvo la porosidad de la esponja endurecida con e la resina epóxica, pero en este caso las dimensiones usadas de la esponja dura fue de 45 mm y 22 mm de diámetro externo e interno respectivamente y una altura de 25 mm.

**Figura 2.1.3.** Estructura de la esponja de poliuretano de 23 kg/cm<sup>3</sup> de densidad.



Fuente: Elaboración propia.

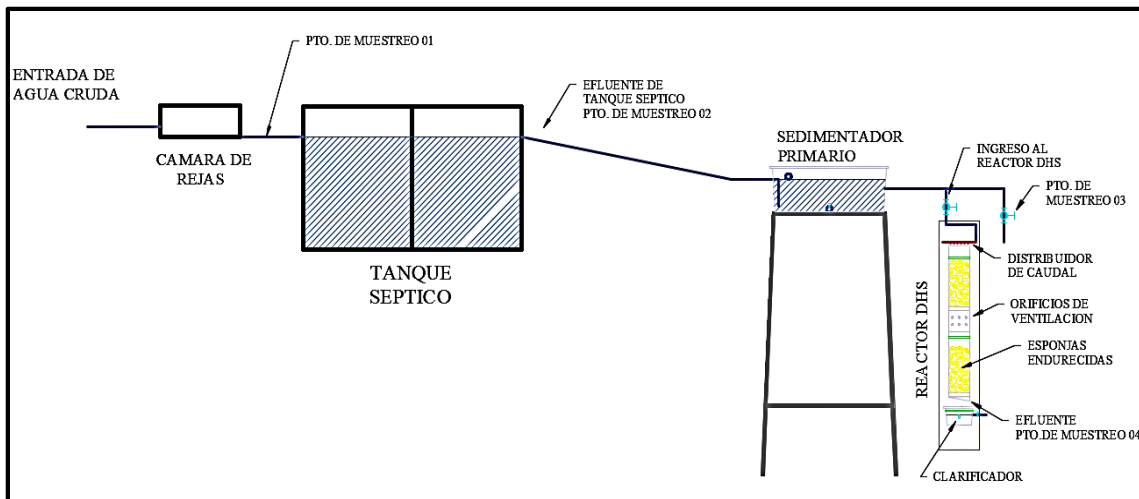
- **Procedimiento de endurecimiento de la esponja con resina epóxica:** El proceso de endurecimiento de las esponjas ha sido mediante la resina epóxica. Este procedimiento se realiza industrialmente mediante la copolimerización de un monómero reactivo con las cadenas de poliéster, que tiene un mecanismo que forma un entrecruzamiento tridimensional de las cadenas del poliéster, con el monómero el cual convierte la resina en un material sólido infusible; en este caso para obtener una

superficie rígida se realizó la mezcla casera de una resina industrial con un catalizador y un acelerador, en esta mezcla se sumergió todas las esponjas a usarse y se exprimió con la finalidad de que la resina ocupe el menor área de espacios vacíos de la esponja. Estas esponjas con resina epóxica se secaron durante tres días hasta obtener una estructura rígida.

### 2.1.2. Diseño y proceso de instalación del sistema.

Previo a la instalación del sistema de tratamiento, se realizó el diagnóstico del tanque séptico existente de la localidad de Marian y de la topografía de la planta de tratamiento, con la finalidad de tener el funcionamiento hidráulico del sistema únicamente aprovechando la gravedad. El tanque séptico al momento de la intervención, tenía deficiencias en su tratamiento, por falta de mantenimiento y evacuación de lodos; para este caso junto a los dirigentes de la JASS se realizó la limpieza de natas, sólidos flotantes y evacuación de lodos con la finalidad de darle el funcionamiento correcto del tanque séptico, esta operación se realizó en los primeros días del primer mes de la ejecución del proyecto de tesis.

**Figura 2.1.4.** Esquema general del sistema de tratamiento mediante tanque séptico y sistema Down-flow Hanging Sponge de sexta generación (DHS-6).



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se construyó una caseta donde se ubicará el reactor y el sedimentador, el cual es para la protección del prototipo piloto; la caseta tiene las dimensiones de 2.50 metros de ancho por 2.50 metros de largo y una altura de 2.40 metros dentro del cual se realizó la instalación del sistema de tratamiento piloto.

En la Figura 2.1.4 se muestra el sistema completo del sistema de tratamiento, tanto el sistema existente (tanque séptico) y el nuevo sistema planteado (sedimentador y reactor DHS); en la primera parte se observa el ingreso del agua cruda a través de la cámara de rejas y luego el agua residual ingresa al tanque séptico que tiene dos unidades en el cual se realiza la sedimentación y digestión preliminar de contaminantes del agua residual, posteriormente a través de tuberías PVC es conducido el efluente.

## 2.2. Tipo de Estudio.

El tipo de la investigación es **descriptivo – cuantitativo**: Debido a que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento, y se busca especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a estudiar.

## 2.3. Diseño.

El diseño de investigación es **cuasi-experimental**: Debido a que por medio de este tipo de investigación podemos aproximarnos a los resultados de una investigación experimental en situaciones en las que no es posible el control y manipulación absolutos de las variables.

G: O <sub>1</sub> -X -O <sub>2</sub>
--------------------------------------

Donde: O<sub>1</sub>: Pre-Test.

X: Tratamiento.

O<sub>2</sub>: Post-test

Para el diseño de la investigación primeramente se obtuvo el caudal de diseño, se ha tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Tiempo de retención hidráulica, que está en función del volumen del reactor. En este caso se ha considerado 1.5 horas de tiempo de retención hidráulicas en función a los antecedentes obtenidos.
- Volumen del reactor o también llamado contenedor del medio filtrante, en este caso el volumen de diseño adaptado es de 11,543.4 cm<sup>3</sup>.
- Luego se calculó el volumen del total de esponjas endurecidas, donde el volumen total de esponjas a utilizarse resulto ser de 6,763.15 cm<sup>3</sup>, el cual representa el 58.59 % del volumen total ocupado por las esponjas.
- La porosidad de la esponja normal y esponja con resina epóxica es 88.00% y 63.00% respectivamente. Este parámetro es importante para obtener el volumen de espacios vacíos que tiene las esponjas endurecidas y por tanto el volumen de real de las esponjas a utilizarse es 4,260.78 cm<sup>3</sup>.
- Finalmente, el caudal de diseño obtenido es 47.34 ml/min que está en función a la siguiente formula:

$$Q_d = \text{Volumen/TRH}$$

Dónde: Qd = Caudal de diseño,

Vol = Volumen del recipiente,

TRH = Tiempo de retención hidráulica.

Para el diseño de la estructura de soporte del medio filtrante y el diseño de las esponjas endurecidas, se tuvo en cuenta la recirculación de aire; con la finalidad de mantener una aireación permanente y de forma natural.

## 2.4. Variables.

## 2.5. Variable dependiente.

- Porosidad del medio filtrante (esponjas endurecidas).
- Flujo de agua residual (efluente del tanque séptico).

## 2.6. Variable independiente.

- Variación de pH.
- Variación de temperatura.
- Remoción de aceites y grasas.
- Sólidos totales en suspensión
- N-amoniaco
- Nitratos
- Eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>.
- Eficiencia de remoción de DQO.
- Coliformes fecales o termotolerantes.

## 2.7. Operacionalización de variables.

**Tabla 2.7.1. Operacionalización de variables.**

Variable	Indicador	Escala	Medición
<b>Independientes:</b>			
Coliformes termotolerantes.	Concentración de coliformes fecales	NMP/100ml	Parámetros - físico químicos y biológicos establecidos en laboratorio
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Cantidad de oxígeno en el agua residual necesario para la degradación orgánica.	mg/l DBO <sub>5</sub>	(APHA: Standard

Demanda química de oxígeno (DQO)	Cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química	mg/l DQO	Methods for the Examination of water and wastewater, 22 nd. Edition- 2012)
Aceites y grasas	Presencia de aceites y grasas	mg/l	
pH (en campo)	Concentración de iones hidrógeno	Und. pH	
Temperatura (en campo)	Clima	°C	
Solidos totales en suspensión	Cantidad de solidos	ml/l	
Nitratos	Presencia de nitritos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
N-amoniacal	Presencia de nitrógeno amoniacal	mg/l NH <sub>4</sub> N	
<b>Dependiente:</b>	Porosidad de las esponjas endurecidas, relacionado con el TRH.	% de vacíos	Métodos convencionales
Porosidad del medio filtrante.			
Flujo o caudal del afluyente.	Cantidad de agua que ingresa al reactor	l/s	

---

Fuente: elaboración propia

## 2.8.Población, muestra y muestreo.

El desarrollo de esta investigación se realizó en la localidad de Marian, que se ubica dentro de la jurisdicción del Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz, Ancash – Perú. Para el estudio se tomó el efluente del tanque séptico que trata las aguas residuales domesticas de la localidad Mariam. Esta planta de tratamiento consiste en una cámara de ingreso, un tanque séptico, una cámara de recolección, un tanque percolador de flujo ascendente y un lecho de secado.



El tanque séptico y sus componentes están diseñados para tratar un caudal de 0.50 l/s, y beneficia a una población de 1,240 habitantes de la localidad de Marian. En este aspecto la población y muestra para este trabajo de investigación es de la siguiente forma:

**2.8.1. Población y universo:** La población identificada es el caudal total de aguas residuales generadas en la localidad de Marian y tratadas a través del sistema de tanque séptico. Para este estudio el caudal promedio obtenido de las aguas residuales generadas en la localidad de Marian es 0.52 L/s calculado en campo mediante aforos durante 5 días consecutivos, los resultados de estos aforos realizados se muestran en la Tabla 3.A (anexos).

**2.8.2. Muestra:** La muestra es el caudal de diseño calculado para el funcionamiento del reactor DHS G6, el que se toma del efluente del tanque séptico que atraviesa el sedimentador piloto instalado.

## **2.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

El desarrollo de esta investigación se basa en los principios de la degradación de la materia orgánica en un medio fijo, donde el medio para la adsorción de los microorganismos son las esponjas endurecidas, éstas han sido dispuestas en un soporte de forma cuadrangular el que ha sido descrito anteriormente.

Para la obtención de datos e información para el procesamiento y análisis de resultados, se han tenido en cuenta el tipo de efluente que se quiere obtener con el proceso de tratamiento planteado; en este caso para describir el grado de tratamiento se ha tenido como referencia el los parámetros de los límites máximos permisibles (LMP) vigentes y así también se ha tenido en cuenta los parámetros referidos a los nutrientes los cuales son los siguientes:

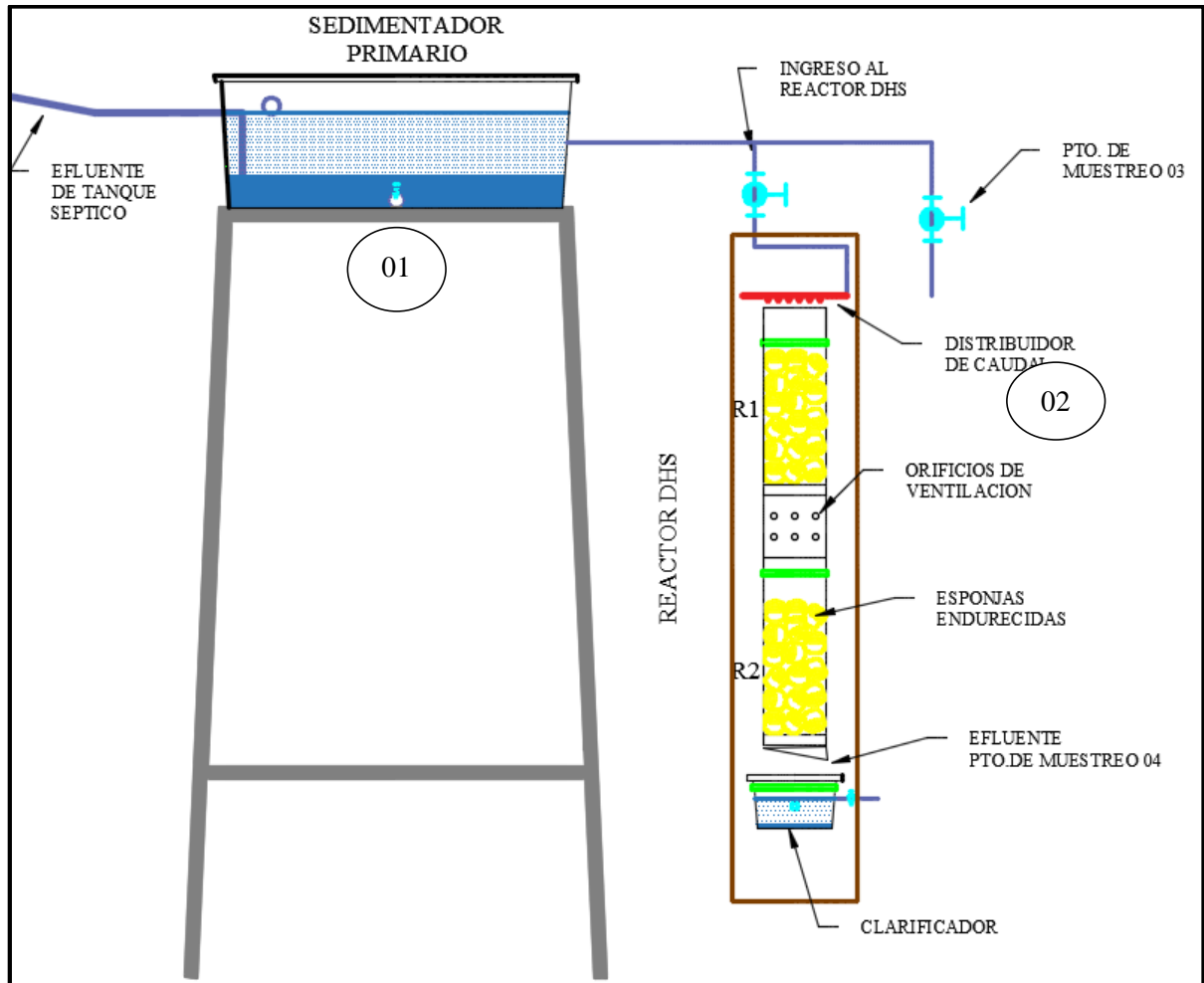
- a) Parámetros de los LMP.
  - i. Aceites y grasas.
  - ii. Coliformes termotolerantes.
  - iii. Demanda bioquímica de oxígeno.

- iv. Demanda química de oxígeno.
  - v. Potencial de hidrogeno (pH)
  - vi. Solidos totales en suspensión.
  - vii. Temperatura.
- b) Otros parámetros considerados.
- i. Nitrógeno amoniacal.
  - ii. Nitratos.

Luego de tener los parámetros a evaluar, se procedió a la implementación del reactor y su posterior puesta en marcha. Los componentes y unidades consideradas son como los que se muestra en la Figura 2.1.4, y en la Figura 2.9.1 Se tiene las unidades diseñadas y propuestos para el funcionamiento del sistema DHS de sexta generación, donde se observa que el efluente del tanque séptico ingresa al tanque sedimentador que sirve para la eliminación de solidos sedimentables y en suspensión el que también incluye dos tamices que sirve para la retención de solidos flotantes que hubiera, posteriormente a través de tuberías y válvulas de control ingresa al reactor DHS donde el caudal ingresa a través de unas tuberías de repartición que están dispuesta en la parte superior del reactor.

En la Figura 2.9.2 se detallan la estructura y componentes del reactor DHS de sexta generación, en el cual se muestra el ingreso del afluente a través del distribuidor de caudal que reparte el agua residual de manera uniforme sobre la superficie de las esponjas endurecidas; estas aguas pasan a través de las esponjas rígidas que son el medio fijo de cultivo de microorganismos y bacterias que degradan la materia orgánica presente en el agua residual. El reactor DHS cuenta con orificios de ventilación que sirve para la oxigenación del medio filtrante y de esta forma se proliferen los microorganismos aerobios, estos orificios se encuentran en la parte media del reactor y en las bases de soporte de cada reactor R1 y R2, el cual ventila todo el lecho filtrante a través de las estructuras cilíndricas que tiene las esponjas rígidas.

**Figura 2.9.1.** Esquema detallado del sistema de tratamiento desarrollado para efluentes de tanque séptico; (01) Sedimentador con tamices, (02) Reactor Down-flow Hanging Sponge de sexta generación (DHS-6).



Fuente: Elaboración propia.

### 2.9.1. Puntos de muestreo y plan de recolección de datos.

Para el procedimiento de la recolección de datos que definirán los resultados de esta investigación, se han definido los puntos de muestreo y la frecuencia en función al diseño del sistema de tratamiento a través de sistema DHS G-6 y además se ha tenido en cuenta los parámetros de análisis e investigación, para el cual se ha propuesto la frecuencia de la toma de datos que se ha visto por conveniente de la siguiente forma:

➤ **Obtención de datos en campo:**

Los datos obtenidos en campo son el pH, temperatura y caudal de ingreso al reactor. La obtención de datos de pH y temperatura se programó tomar un dato en la mañana y otro en la tarde de forma diaria, con la finalidad de observar la variación de estos dos parámetros a la entrada y salida del reactor. Los datos tomados son en la mañana a las 7:00 horas y en la tarde a las 15:00 horas. El aforo de caudal al ingreso del reactor se realizó una vez por día, el cual se realizó para mantener el caudal de diseño calculado para el sistema DHS G-6.

➤ **Obtención de datos en laboratorio:**

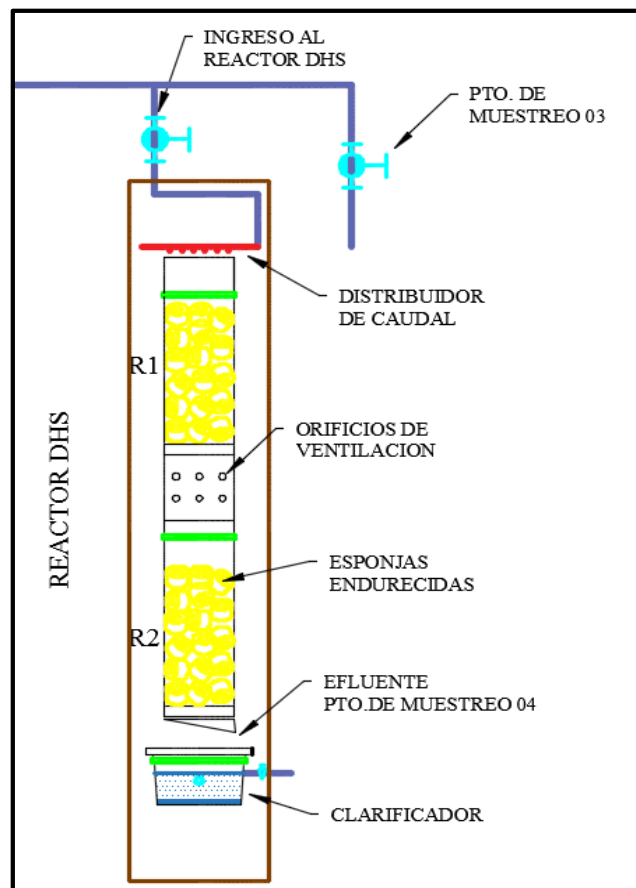
Los datos obtenidos en laboratorio son los siguientes: Sólidos suspendidos totales, nitrógeno amoniacal, nitratos, DBO<sub>5</sub>, DQO, Coliformes termotolerantes y finalmente aceites y grasas. Para la obtención de datos de estos parámetros se tomaron muestras en campo de acuerdo a las normas de muestreo y fueron llevados al laboratorio para su respectivo análisis.

La frecuencia de la toma de muestras y su análisis de los parámetros en laboratorio, se separó por puntos de muestreo; donde en la primera toma de datos se analizaron en todos los puntos de muestreo que son: (1) en la entrada al tanque séptico, (2) en la salida del tanque séptico, (3) en la salida del sedimentador, (4) en salida del reactor DHS G-6 tal como se detalla en la Figura 2.1.4. Posteriormente se optó por realizar las tomas de muestra únicamente en los puntos (3) y (4) que son la entrada al reactor y salida del reactor respectivamente, con una frecuencia de una vez por semana por un periodo de unos dos meses y luego una vez cada dos semanas de funcionamiento del reactor.

Como se ha indicado anteriormente se ha tenido dos formas de obtener los datos; uno que es la obtención de datos en campo o in situ y el otro que es en el laboratorio. Para la toma de datos de pH y temperatura que es in situ se utilizó el pH metro *edge de HANNA instruments*, el cual a través de un electrodo nos permitió medir estos dos parámetros. En

el caso del resto de los parámetros estudiados en esta investigación se analizaron en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, para el cual se contrató a este laboratorio para que desarrollen dichos análisis y entreguen los resultados obtenidos.

**Figura 2.9.2.** Sistema de tratamiento mediante Down-flow Hanging Sponge (DHS) de sexta generación.



Fuente: Elaboración propia

### 2.9.2. Instrumentos de recolección de la información.

La información recopilada se basa a las variables identificadas para esta investigación que está en función a los objetivos e hipótesis planteados. Con la finalidad de obtener datos confiables se utilizaron equipos de medición de laboratorio, en este caso todos los datos se analizaron en el laboratorio de *Calidad Ambiental de la UNASAM*, e excepción

de los datos a tomar en campo que son la temperatura y pH se analizaron in situ con un equipo adquirido por el grupo investigador, el cual es *pH metro multiparametrico EDGE*.

**Tabla 2.9.1. Parámetros de control de la investigación.**

N°	Parámetro	Unidad	Método o instrumento
1	Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	Datos obtenidos in situ.
2	Temperatura	°C	Datos obtenidos in situ.
3	Aceites y grasas	mg/l	
4	Sólidos totales en suspensión	mg/l	Método con secado 103 – 105°C
5	N-amoniacal	mg/l NO <sub>4</sub> -N	
6	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	
7	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	Análisis de la incubación,
8	Demanda química de oxígeno	mg/l DQO	5 días, 20°C
9	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100ml	Método, número más probable

Fuente: Elaboración propia.

## 2.10. Análisis estadístico de la información.

Los datos obtenidos de cada parámetro se tabularon y se graficaron para realizar las interpretaciones en función a la eficiencia de remoción de cada parámetro. Como se indicó, para evaluar la remoción de contaminantes físico-químicos y microbiológicos mediante el sistema DHS de sexta generación con esponjas endurecidas, se calculó el porcentaje de remoción para cada uno de los parámetros analizados en laboratorio.

Además, el diseño estadístico está en función a los resultados obtenidos de los diferentes parámetros de estudio, que ha definido el grado de tratamiento de las aguas residuales mediante el sistema DHS de sexta generación. Estos parámetros definidos están en función al caudal de ingreso a la planta piloto.

### 2.10.1. Decisión estadística.

Para el modelamiento del análisis estadístico y poder contrastar la hipótesis se utilizará la prueba estadística **T – Student** con un nivel de confianza del 95% y un  $\alpha=0.05$ . Se utilizó esta prueba en función a los siguientes criterios:

- Por el diseño de la investigación: Diseño pre experimental, y
- Por el tipo de datos a recolectar: numérico.

### 2.10.2. Planteamiento de hipótesis para los diferentes parámetros.

**Hi:** Hipótesis del parámetro evaluado.

**Ho:** Hipótesis nula del parámetro evaluado.

### 2.10.3. Criterios para la decisión estadística.

- El análisis estadístico a utilizar es la prueba estadística T Student; se utilizará este método:
  - Por el diseño de la investigación: Diseño pre experimental.
  - Por el tipo de datos a recolectar: Cuantitativo - numérico.
- Teniendo en cuenta lo siguiente:
  - Si la probabilidad obtenida P-Valor  $\leq \alpha$ , se Acepta Hi (rechazar Ho)
  - Si la probabilidad obtenida P-Valor  $\geq \alpha$ , se Acepta Ho (rechazar Hi)

### 2.11. Ámbito de estudio.

El desarrollo del presente estudio de investigación tiene como lineamiento el estudio referido al tratamiento de aguas residuales. En función a la innovación de nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales de bajo costo. Por tanto, los estudios se desarrollaron en la localidad de Marian, específicamente en la planta de tratamiento de aguas residuales que se ubica en la parte baja de esta localidad. La planta de tratamiento existente que se basa en un tanque séptico y filtro biológico de flujo ascendente, recibe

todas las aguas residuales domésticas y municipales de la localidad de Marian. Para el desarrollo de la investigación se obtuvo como muestra las aguas del efluente del tanque séptico, el cual fue conducido hasta una caseta de ladrillos donde se instaló el reactor DHS G-6.

**Figura 2.11.1:** (a) Tanque séptico existente, (b) caseta de ladrillo.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración propia.



## **CAPÍTULO III**

### **III. RESULTADOS.**

#### **3.1. Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales estudiados.**

Antes del inicio de la investigación y para el diseño del sistema Down-flow Hanging Sponges con esponjas endurecidas (DHS G-6), se realizó el diagnóstico y evaluación de las aguas residuales generadas en la localidad de Marian y se evaluó el sistema de tratamiento de aguas residuales existente de esta localidad; entonces los resultados obtenidos se indican a continuación.

##### **3.1.1. Características de las aguas residuales crudas que ingresan a la cámara de rejillas.**

Las características fisicoquímicas y microbiológicas obtenidas al analizar el agua residual al ingreso de la planta de tratamiento existente se muestra la Tabla 3.1.1, en el que se indica todos los parámetros a estudiar durante el proceso de la investigación. Estos datos se han obtenido en el día 10 del inicio de la toma de datos del reactor piloto DHS

G-6 de fecha 16 de noviembre del 2016. Además, es necesario indicar que la puesta en marcha del reactor DHS con esponjas endurecidas empezó el día 12 de octubre del 2016, luego de 26 días de adaptación y adecuación se empezó con la toma de datos de temperatura y pH al cual se está considerando como el primer día del inicio de toma de datos. Posteriormente a los 10 días se obtuvo el primer muestreo para la caracterización de las aguas residuales de la planta de tratamiento existente.

Se observa que los resultados obtenidos, en DBO<sub>5</sub> es de 333 mg/l y DQO es de 669 mg/l; así mismo el resultado de SST es de 140 mg/l y A y G es de 325 mg/l; en caso de los nutrientes es de 10.6 mg/l de N-amoniacal y 0.05 de nitratos; finalmente el resultado de los coliformes fecales es de 2.10 x10<sup>7</sup> NMP/100 ml. Estos resultados corresponden a las características típicas de las aguas residuales domésticas, el cual nos definirá el grado de remoción de contaminantes en cada componente existente de la PTAR.

**Tabla 3.1.1. Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual cruda.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Aa. Residual Cruda - C.Rejas</b>
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	-
Temperatura	°C	-
Aceites y grasas	mg/l	325.00
Sólidos totales en suspensión	mg/l	140.00
N-amoniacal	mg/l NO <sub>4</sub> -N	10.60
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	0.05
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	333.00
Demanda química de oxígeno	mg/l DQO	669.00
Coliformes fecales	NMP/100ml	2.40 x10 <sup>7</sup>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2. Características fisicoquímicas y microbiológicas del efluente del tanque séptico.

La variación de los resultados en el efluente del tanque séptico se muestra en el Tabla 3.1.2, estos datos se tomaron en dos fechas el primero al inicio de la investigación que es a los 10 días y el segundo dato a los 173 días del inicio de la toma de datos.

Con respecto a la DBO<sub>5</sub>, se observa que en el día 10 es de 72 mg/l y en el día 173 es de 122 mg/l; la DQO en el día 10 es de 164 mg/l y en el día 173 es de 148 mg/l; la variación de los SST al día 10 es de 16 mg/l y en el día es de 47 mg/l; seguidamente la variación de los nutrientes con respecto al N-Amoniacal al día 10 es de 19.8 mg/l y al día 173 es de 3.16 mg/l y el de nitratos al día 10 es de 0.02 mg/l y al día 173 es de 6.2 mg/l, y finalmente la variación de los coliformes fecales al día 10 es de  $2.4 \times 10^7$  NMP/100 ml y al día 173 es de  $1.10 \times 10^7$  NMP/100 ml.

**Tabla 3.1.2. Características del efluente del tanque séptico.**

Parámetro	Unidad	Días	
		10	173
Potencial de hidrogeno (pH)		-	-
Temperatura	°C	-	-
Aceites y grasas	mg/l	102	0.0
Sólidos totales en suspensión	mg/l	16	47
N-amoniacal	mg/l NO <sub>4</sub> -N	19.8	3.16
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	0.02	6.2
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	72	122
Demanda química de oxígeno	mg/l DQO	164	148
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100ml	$2.40 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la temperatura está en función a la estación del año y a la temperatura ambiental, y respecto al pH se mantiene dentro de los rangos establecidos por las normas vigentes. Además, se observa que la remoción de aceites y grasas no es significativa observando que se tiene un resultado de 102 mg/l al día 10 del periodo de investigación.

### 3.1.3. Caracterización del cuerpo receptor a la salida del efluente de la PTAR.

Con la finalidad de tener mayor conocimiento del grado de remoción de contaminantes de la PTAR de la localidad de Marian, se evaluó y se caracterizó las aguas del cuerpo receptor donde se evacua el efluente de la PTAR, este cuerpo receptor se caracteriza por ser un riachuelo de un caudal aproximado de 0.50 m<sup>3</sup>/s, el cual es variable debido a que aguas arriba se encuentra una planta de tratamiento de agua potable, el cual también evacua sus aguas de limpieza a este riachuelo. El punto de muestreo y toma de dato ha sido a 5 metros del punto de descarga.

**Tabla 3.1.3. Caracterización del cuerpo receptor de la descarga existente.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuerpo receptor</b>
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	-
Temperatura	°C	-
Aceites y grasas	mg/l	50
Sólidos totales en suspensión	mg/l	15
N-amoniacal	mg/l NO <sub>4</sub> -N	0.89
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	0.014
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	11
Demanda química de oxígeno	mg/l DQO	30
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100ml	2.40x10 <sup>7</sup>

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.1.3, se muestran los resultados de campo y laboratorio obtenidos al momento de la caracterización general del sistema existente, es decir se tomó la muestra al día 10 de la puesta en marcha de reactor DHS.

Se observa que la DBO<sub>5</sub> tiene un valor de 11 mg/l y el DQO es de 30 mg/l, también se verifica que los SST es de 15 mg/l y la concentración de aceites y grasas es de 50 mg/l; y el valor obtenido de los nutrientes es 0.89 mg/l de N-Amoniacal y 0.014 mg/l de nitratos y finalmente el resultado de los coliformes fecales es de 2.40 x10<sup>7</sup> NMP/100ml.

#### 3.1.4. Caudal de las aguas residuales que ingresan a la planta de tratamiento existente.

Se evaluó la variación de la cantidad de caudal de las aguas residuales generadas y que llegan a la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marian. Esta variación de caudal se evaluó durante el lapso de 5 días consecutivos, se muestra en el siguiente cuadro:

**Tabla 3.1.4. Caudal de las aguas residuales generadas en la localidad de Marian.**

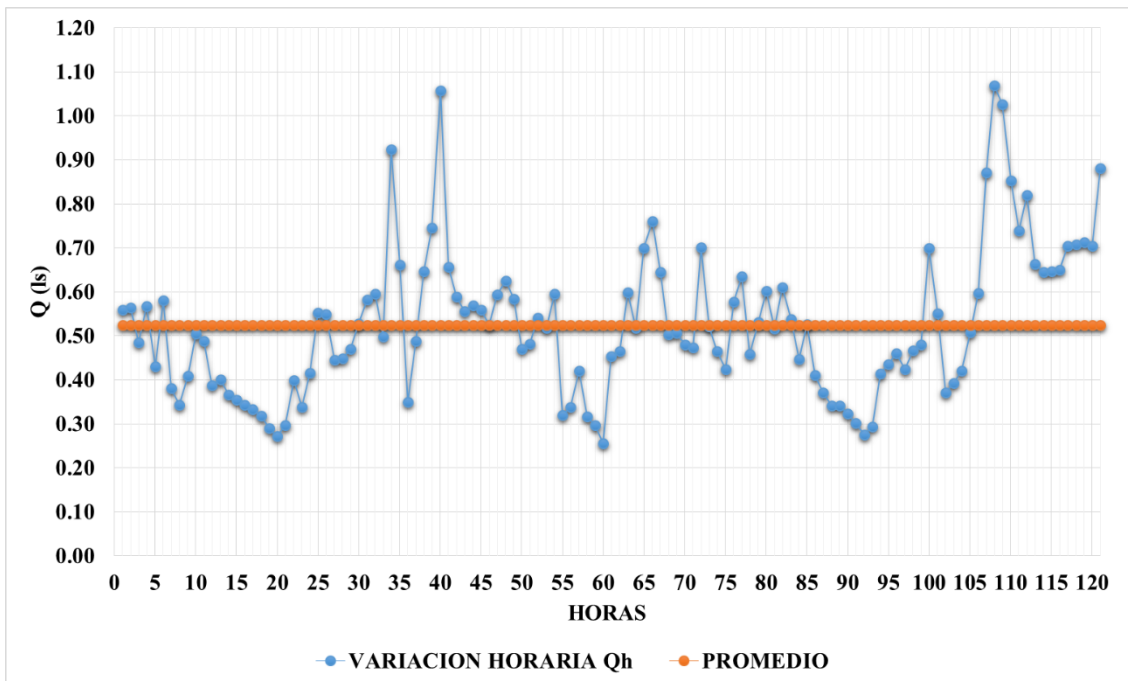
Nº Días	Caudal promedio (l/s)	Caudal mínimo (l/s)	Caudal máximo (l/s)
Día 01	0.41	0.27	0.58
Día 02	0.59	0.35	1.06
Día 03	0.50	0.25	0.76
Día 04	0.45	0.28	0.63
Día 05	0.66	0.37	1.07
<b>Promedio total (5 días):</b>		<b>0.52</b>	<b>l/s</b>
<b>Máximo total (5 días):</b>		<b>1.07</b>	<b>l/s</b>
<b>Mínimo total (5 días):</b>		<b>0.25</b>	<b>l/s</b>

Fuente: Elaboración propia

El caudal se aforó en intervalos de cada hora, para así obtener el caudal horario, donde se obtuvo como el caudal promedio diario  $Q_p = 0.52$  l/s de producción de agua residual que llega a la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Marian; así mismo el caudal máximo horario obtenido  $Q_{max} = 1.07$  l/s y el caudal mínimo horario es  $Q_{min} = 0.25$  l/s. En el Figura 3.1.1 se muestra la variación horaria del caudal aforado durante 5 días de evaluación.

Se observo el aumento de caudal de las aguas residuales, en momentos que la precipitación aumentaba; asumimos que existen conexiones domiciliarias que están conectados al drenaje pluvial. Se sabe que el incremento de caudal, afecta el tratamiento adecuado de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

**Figura 3.1.1.** Variación horaria de la producción de aguas residuales de la localidad de Marian.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.Resultados del afluente al reactor DHS G-6.

Los datos del afluente del reactor se empezaron a obtener a partir del día 18 del inicio de toma de datos. La puesta en marcha del reactor DHS con esponjas endurecidas se dio el 12 de octubre del 2016, y luego de 45 días de tiempo de adaptación de los microorganismos y adecuación de la planta piloto, se obtuvieron las muestras tanto del afluente y del efluente del reactor. Los datos obtenidos ya sea en campo y en laboratorio se muestran en el Tabla 3.2.1, estos datos se han obtenido en el punto de muestreo N° 03, el cual se muestra en la Figura 2.9.1.

**Tabla 3.2.1. Resultados del afluente del reactor DHS.**

N°	(pH)	T° °C	*AyG mg/l	*SST mg/l	NH <sub>3</sub> -N mg/l	NO <sub>3</sub> -N mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l	C.F NMP/100ml
01	7.02	14.2	45	24	19.2	0.018	19	144	2.40 x10 <sup>7</sup>
02	7.94	14	45	24	19.2	0.018	19	144	2.40 x10 <sup>7</sup>
03	7.09	12.5	1	170	25.6	1.6	146	345	1.10 x10 <sup>7</sup>
04	7.11	15.4	1	170	25.6	1.6	146	345	1.10 x10 <sup>7</sup>
05	7.05	15.3	1	170	25.6	1.6	146	345	1.10 x10 <sup>7</sup>
06	7.10	15	1	12	1.5	0.0034	74	153	1.10 x10 <sup>7</sup>
07	6.99	15.4	1	12	1.5	0.0034	74	153	1.10 x10 <sup>7</sup>
08	7.06	15.25	1	39	25.7	0.194	71	145	1.10 x10 <sup>7</sup>
09	7.07	14.6	1	39	25.7	0.194	71	145	1.10 x10 <sup>7</sup>
10	7.00	17.2	1	178	15.3	1.7	79	158	1.10 x10 <sup>7</sup>
11	7.14	11.85	1	178	15.3	1.7	79	158	1.10 x10 <sup>7</sup>
12	7.11	15.05	1	178	15.3	1.7	79	158	1.10 x10 <sup>7</sup>
13	7.06	13.35	-	265	-	1.1	51	102	2.40 x10 <sup>7</sup>
14	7.92	13.9	-	24	2.39	6.2	105	141	1.10 x10 <sup>7</sup>

Fuente: Elaboración propia.

\* AyG: Aceites y grasas.

\* SST: Solidos totales en suspensión.

\* CF: Coliformes fecales o termotolerantes.

En el Tabla 4.3.1, se observa que hasta el día 60, todos los parámetros a excepción del pH y temperatura fueron tomados una vez por semana y luego se tomó cada dos semanas. Y en caso de la temperatura y pH, la toma de datos se realizó todos los días durante la duración de todo el proyecto.

Se observa que el valor del pH varía desde 6.99 a 7.94 unidades de pH, la temperatura está en el rango de 11.85 a 17.2 °C, la concentración de Aceites y grasas varía desde los 45 mg/l hasta los 25 días del inicio y luego se determinó valores menores a 1 mg/l; en caso de los SST los resultados varían desde 12 hasta 265 mg/l; el nitrógeno amoniacal varía desde 1.5 a 25.7 mg/l, los nitratos varían desde 0.0034 a 6.2 mg/l, posteriormente la DBO<sub>5</sub> varía desde 19 hasta 146 mg/l, la DQO varía desde 102 a 345 mg/l y finalmente los coliformes fecales varía desde  $1.10 \times 10^7$  a  $2.40 \times 10^7$  NMP/100ml.

### **3.3.Datos obtenidos del efluente del reactor DHS.**

Los datos del efluente o la salida del reactor DHS se obtuvieron del punto de muestreo N° 4 en el que se tomó las muestras en la misma cantidad que los datos del afluente, con la finalidad de verificar el grado de remoción de cada contaminante o parámetro estudiado.

En el Tabla 3.3.1, se observa que el pH varía desde 7.30 a 8.11, la temperatura varia en el rango de 11.25 a 15.30 °C, la concentración de aceites y grasas se mantiene por debajo de 1 mg/l; los sólidos suspendidos totales (SST) varia en un rango de 1 a 44 mg/l, el nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N) varía desde 1.07 a 31 mg/l, los nitratos varían (NO<sub>3</sub>-N) desde 1.1 a 64 mg/l, la DBO<sub>5</sub> está en el rango de 6 a 165 mg/l, los resultados de la DQO está en el intervalo de 12 a 329 mg/l y finalmente la concentración de los coliformes fecales varía del  $1.50 \times 10^5$  a  $2.40 \times 10^7$  NMP/100ml.



**Tabla 3.3.1. Resultados del efluente del reactor DHS.**

N°	(pH)	T°	*AyG	*SST	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DBO <sub>5</sub>	DQO	*C.F
		°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
01	7.91	13.90	1.00	3.00	24.00	1.10	14.00	29.00	1.10 x10 <sup>7</sup>
02	8.11	13.80	1.00	4.00	1.07	1.40	18.00	112.00	1.10 x10 <sup>7</sup>
03	7.98	12.30	1.00	2.00	1.79	2.90	15.00	44.00	1.10 x10 <sup>7</sup>
04	7.83	13.90	1.00	4.00	1.34	2.70	14.00	30.00	1.10 x10 <sup>7</sup>
05	7.54	14.55	1.00	4.00	14.10	14.50	68.00	140.00	2.40 x10 <sup>7</sup>
06	7.31	13.60	1.00	1.00	11.40	22.40	165.00	329.00	1.50 x10 <sup>5</sup>
07	7.42	13.50	1.00	8.00	31.00	64.00	10.10	18.70	4.60 x10 <sup>6</sup>
08	7.55	14.75	1.00	3.00	18.00	6.10	26.00	52.00	1.10 x10 <sup>7</sup>
09	7.54	14.45	1.00	6.00	17.70	5.60	91.00	184.00	1.10 x10 <sup>7</sup>
10	7.33	15.30	1.00	4.00	7.50	17.50	15.00	30.00	1.50 x10 <sup>6</sup>
11	7.47	11.25	1.00	27.00	8.60	10.50	27.00	117.00	9.30 x10 <sup>5</sup>
12	7.60	15.15	1.00	15.00	9.70	12.50	17.00	34.00	1.10 x10 <sup>7</sup>
13	7.30	13.50	-	7.00	-	26.20	6.00	12.00	1.10 x10 <sup>6</sup>
14	7.66	12.35	-	44.00	3.04	16.20	110.00	236.00	1.00 x10 <sup>6</sup>

Fuente: Elaboración propia

\* AyG: Aceites y grasas.

\* SST: Solidos totales en suspensión.

\* CF: Coliformes fecales o termotolerantes.

### 3.4.Rendimiento del proceso de tratamiento

Se evaluó los datos obtenidos de todo el proceso de tratamiento de aguas residuales, donde se observa la variación y eficiencia de remoción de los contaminantes en el tanque séptico, sedimentador y DHS. En la Tabla 3.4.1 se muestran los resultados obtenidos de las aguas residuales crudas, los datos del efluente del tanque séptico, el promedio de datos del efluente del sedimentador y el promedio de datos del efluente del reactor down-flow hanging sponges DHS.

En la Tabla 3.4.1 se observa que la variación de pH es de 7.2 en el afluente del sistema DHS-G6 y de 7.6 en el efluente o salida, en caso de la temperatura varía de 14.5 a 13.7 °C, donde se observa una disminución. Como se indicó la temperatura y el pH conservan una relación, cuando aumenta la temperatura el pH disminuye y cuando la temperatura disminuye el pH aumenta o tiende a ser un medio más básico.

Los aceites y grasas tienen una disminución significativa, reduciendo la concentración desde los 325 mg/l en el agua residual cruda y llegando a menores de 1 mg/l en el efluente del reactor DHS-G6. De la misma forma se verifica que la disminución de los SST es de 140 a 9 mg/l en el efluente del reactor DHS.

**Tabla 3.4.1. Características de la calidad de las aguas en el tanque séptico, sedimentador y sistema (DHS-G6) durante todo el periodo de estudio.**

Parámetro	Unidad	Concentración			
		Aguas residuales	Efluente tanque séptico	Efluente sedimentador	Efluente reactor DHS G-6
pH			0	7.2	7.6
Temperatura	°C		0	14.5	13.7
Aceites y grasas	mg/l	325	51	8	1
SST	mg/l	140	32	106	9
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	10.6	11.48	16.8	10.7
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0.05	3.11	1.3	14.5
DBO <sub>5</sub>	mg/l	333	97	83	43
DQO	mg/l	669	156	188	98
Coliformes Fecales	NMP/100ml	2.40 x10 <sup>7</sup>	1.75 x10 <sup>7</sup>	1.38 x10 <sup>7</sup>	7.88 x10 <sup>6</sup>

Fuente: Elaboración propia.

Con referencia a los nutrientes la disminución no es relevante en comparación al promedio total de la duración de la investigación, es así que el  $\text{NH}_3\text{-N}$  mantiene un valor promedio de 10.7 mg/l en efluente del reactor DHS y en el caso del  $\text{NO}_3$  aumento la concentración desde 0.05 mg/l al ingreso del agua residual cruda y obteniendo un valor de 14.5 mg/l en el efluente del reactor DHS, este aumento nos indica que se realizó la oxidación del nitrógeno orgánico representado por el N-Amoniacal.

Viendo la concentración de la  $\text{DBO}_5$  varía desde 333 mg/l en el ingreso de agua residual cruda hasta los 43 mg/l en efluente del reactor DHS, así mismo la DQO tiene la misma proporción de variación, ingresando con una concentración de 669 mg/l y el valor en el efluente es 98 mg/l.

En la Tabla 3.4.2, se observa que el sistema combinado con un tanque séptico, sedimentador y sistema DHS G-6 da efectos positivos en la remoción de contaminantes, logrando la remoción de DBO en 87.2 %, así mismo el efecto de la eliminación del DQO llega a valores de remoción del 85.4 %; en caso de los SST con la combinación del sistema mencionado se logra una remoción promedio de 93.3 %. La mayor remoción o eliminación se logró en relación de aceites y grasas, en el cual se tuvo una eficiencia del 99.7%, determinándose que la mayor remoción se dio con el reactor DHS G-6.

Con relación a la eliminación de los coliformes fecales no se logró los resultados esperados, solamente se obtuvo una eficiencia de remoción del 67.2% del promedio de resultados en el efluente del reactor DHS.

Finalmente, con relación a los nutrientes evaluados, la remoción del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) no fue significativa respecto al promedio de datos obtenidos, pero en el caso de los nitratos  $\text{NO}_3\text{-N}$  se logró un aumento de su concentración lo que significa que sí se desarrolló la desnitrificación del nitrógeno orgánico de las aguas residuales.

**Tabla 3.4.2. Porcentaje de remoción de contaminantes en el tanque séptico, sedimentador y sistema DHS-G6.**

Parámetro	Unidad	Eficiencia de remoción			
		Tanque séptico	Sedimentador	Reactor DHS-G6	Sistema completo
Aceites y grasas	%	84.3	83.7	89.7	99.7
SST	%	77.5	-	91.1	93.3
NH <sub>3</sub> -N	%	-	-	36.4	-
NO <sub>3</sub> -N	%	-	-	91.3	-
DBO <sub>5</sub>	%	70.9	14.7	48.6	87.2
DQO	%	76.7	-	48.1	85.4
Coliformes					
Fecales	%	27.1	21.2	42.9	67.2

Fuente: Elaboración propia.

### **3.5.Evaluación de la remoción de contaminantes.**

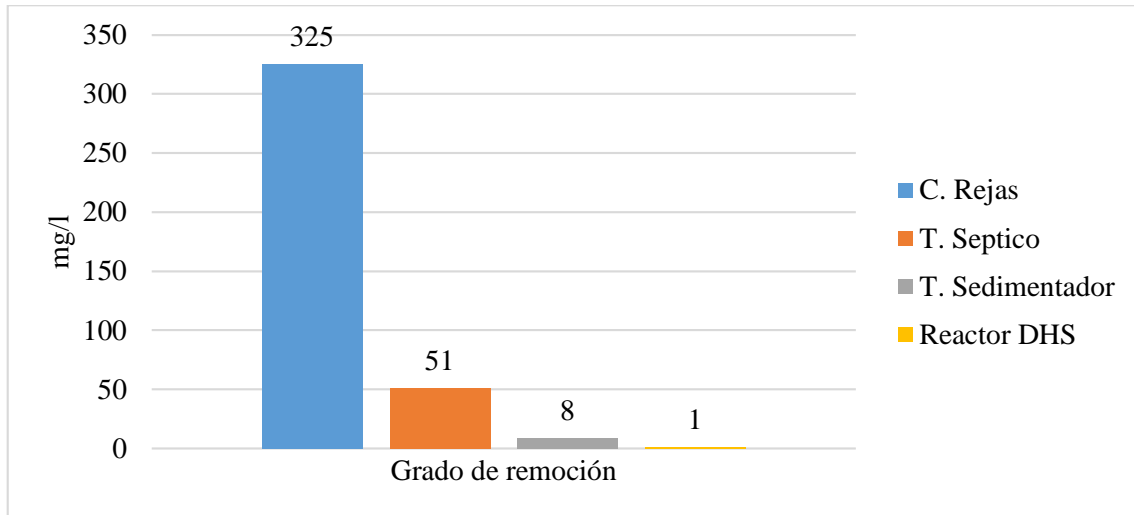
En este apartado se evaluará la remoción de contaminantes en cada uno de los componentes del sistema estudiado, iniciando con el ingreso del agua cruda o sin tratar, el tanque séptico, el sedimentador primario y el reactor DHS – G6. En los siguientes gráficos se realizará la comparación mediante histogramas el promedio de resultados obtenidos de cada parámetro estudiado y se analizará el grado de eliminación de cada uno de ellos.

#### **3.5.1. Remoción de aceites y grasas.**

La eliminación de aceites grasas se dió satisfactoriamente mediante en el reactor DHS y tanque séptico, obteniendo en el efluente del reactor DHS – G6, valores menores de 1 mg/l. En el ingreso a la cámara de rejas el agua residual cruda, tiene un valor de 325 mg/l de concentración de aceites y grasas, luego en el tanque séptico se logra remover en una cantidad considerable, obteniéndose 51 mg/l; en el sedimentador primario instalado antes

del ingreso del reactor DHS G-6 se obtuvo un valor de 8 mg/l y en el efluente del reactor se obtuvo valores menores a 1mg/l, el cual nos indica que la eliminación de este contaminante se desarrolló satisfactoriamente.

**Figura 3.5.1.** Grado eliminación de aceites y grasas por unidad de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia.

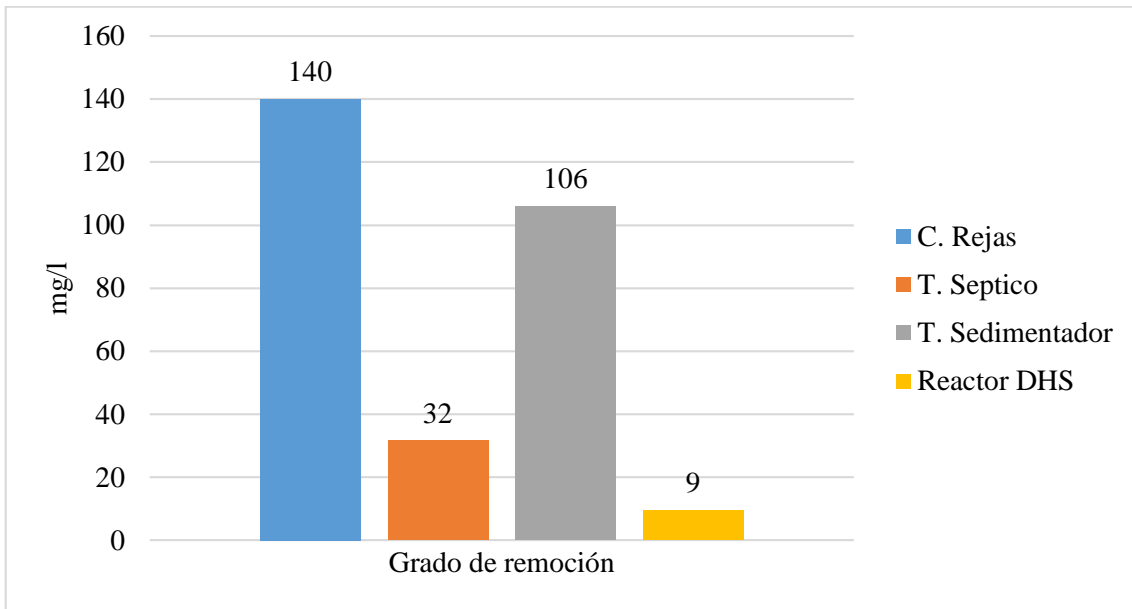
### 3.5.2. Remoción de sólidos suspendidos totales.

Con respecto a los sólidos suspendidos totales, el grado de remoción se muestra el Grafico 3.5.2, donde se ha graficado el comportamiento de la eliminación de sólidos suspendidos totales y se ha obtenido un resultado inicial de 140 mg/l en el afluente al sistema (cámara de rejillas), y en el efluente al reactor DHS – G6 se obtuvo una remoción de 9 mg/l. Durante la obtención de datos, se tiene una variación de la concentración en el efluente del sedimentador primario, donde se eleva la concentración desde los 32 a 106 mg/l, se asume que esta variación se debe a que el sedimentador no estuvo realizando la remoción eficientemente o se tuvo un error de muestreo.

En el presente estudio de investigación, se indica que los sólidos suspendidos totales se lograron remover principalmente por filtración a través de las esponjas endurecidas

que estuvieron dispuestos en los dos reactores DHS-G6, en lo que la mayoría de los sólidos suspendidos se eliminan en la superficie de la estructura y los poros de la esponja endurecida, el cual a través del tiempo tiende a obstruirse y se observa la acumulación de lodos principalmente en la parte superior del reactor N° 01.

**Figura 3.5.2:** Grado eliminación de solidos suspendidos por unidad de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia.

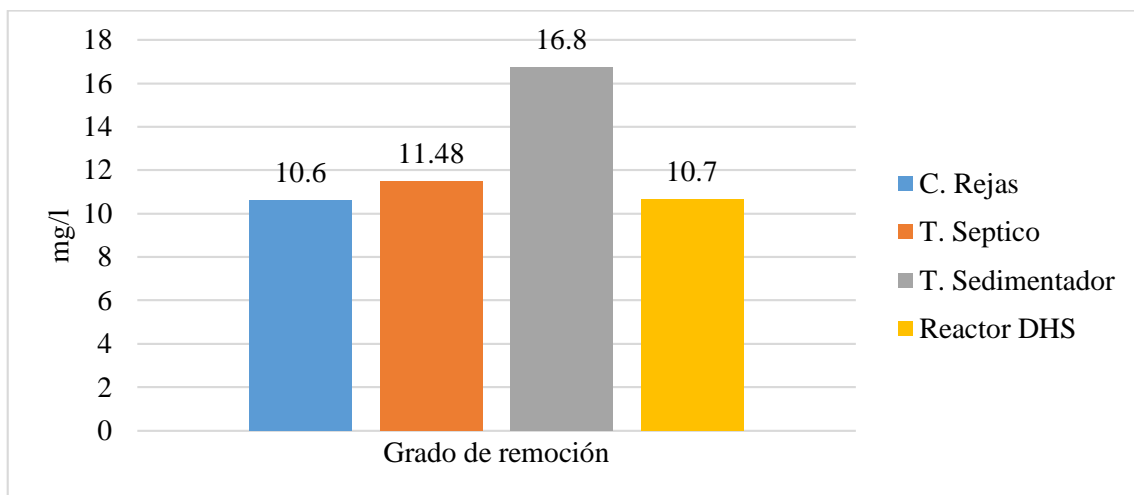
### 3.5.3. Remoción de nitrógeno amoniacal.

Los resultados obtenidos de la concentración del nitrógeno amoniacal, nos indica que hay una variación de valores que va desde 10.6 mg/l al ingreso al cámara de rejillas y el promedio obtenido en el reactor DHS-G6 mostro un resultado de 10.7 mg/l. No se observa mayor remoción del nitrógeno amoniacal no se observa variación de resultados en los efluentes de cada unidad.

En el análisis semanal del nitrógeno amoniacal se logró remover hasta una concentración de 1.5 mg/l, tal como se muestra en el Figura 3.5.3, el que nos indica que las concentración elevadas obtenidas se deba a que en algunas las muestras obtenidas se

realizó durante un día de lluvias elevadas, el cual incrementaba el caudal del agua residual al ingreso del tanque séptico y en este no se daba una adecuada tiempo de retención hidráulica y por ende la remoción del nitrógeno amoniacal es baja. Para tener en cuenta que el sistema de recolección de aguas residuales de la localidad de Marian tiene deficiencias en cuanto a las conexiones, donde se logró identificar que algunas viviendas e instituciones tienen conectado el agua de lluvia en las redes colectoras de desagüe, el mismo que incrementa el caudal en épocas de lluvia y evita una eficiencia de tratamiento a través del tanque séptico.

**Figura 3.5.3.** Grado remoción de nitrógeno amoniacal  $\text{NH}_3$  en todo el sistema.



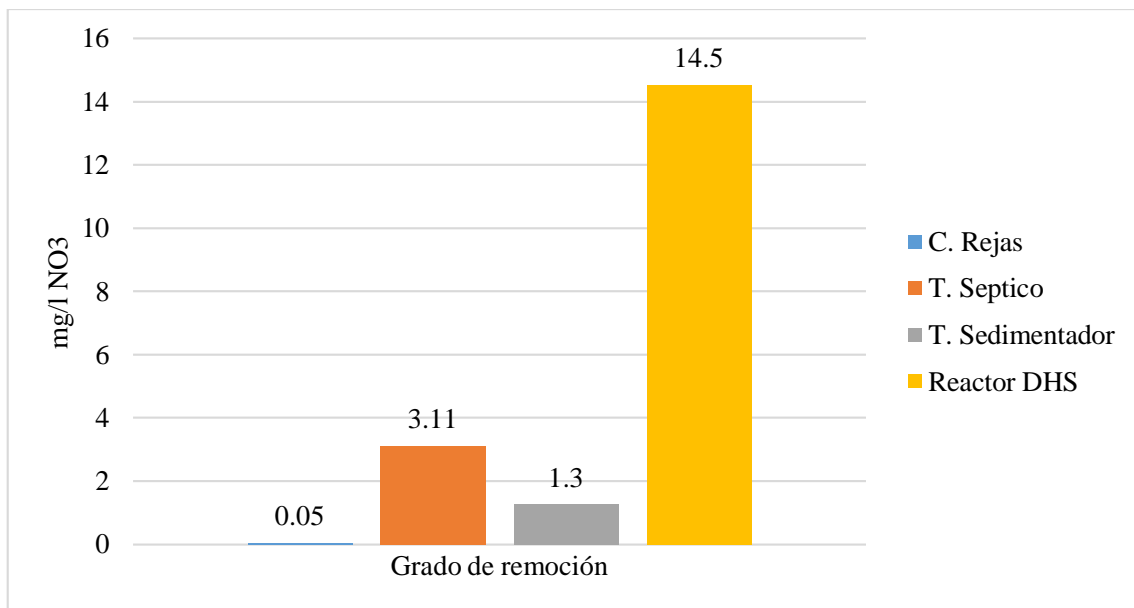
Fuente: Elaboración propia.

#### 3.5.4. Remoción de nitratos

Se sabe que el nitrato se obtiene de la desnitrificación biológica del nitrógeno orgánico también representado en forma de nitrógeno amoniacal, el que se por la acción de bacterias relacionadas a la desnitrificación, posteriormente el nitrato es liberado como óxido nitroso y como nitrógeno molecular a la atmosfera. El análisis realizado con respecto a este parámetro nos muestra que se tuvo una eficiencia considerable en la obtención de nitratos  $\text{NO}_3^+$ , teniendo una concentración mínima en la cámara de rejas de 0.05 mg/l hasta obtener 14.5 mg/l en el efluente del reactor DHS-G6.

En estudios realizados en Japón de este sistema estudiado (ONODERA 2014) obtuvo un resultado similar en el efluente del reactor DHS-G6, que es de 17.3 mg/l de nitratos; el cual nos indica que la remoción de nitrógeno orgánico es eficiente mediante el sistema combinado del tanque séptico y DHS-G6. En el Grafico 5.13 se observa que el promedio de resultados del efluente del reactor DHS-G6, nos muestra que la mayor obtención de nitratos por acción biológica se dio en el reactor DHS-G6, pero también se observa que un pequeño porcentaje se obtuvo en el efluente del tanque séptico.

**Figura 3.5.4.** Obtención de nitratos NO<sub>3</sub> en todo el sistema.



Fuente: Elaboración propia.

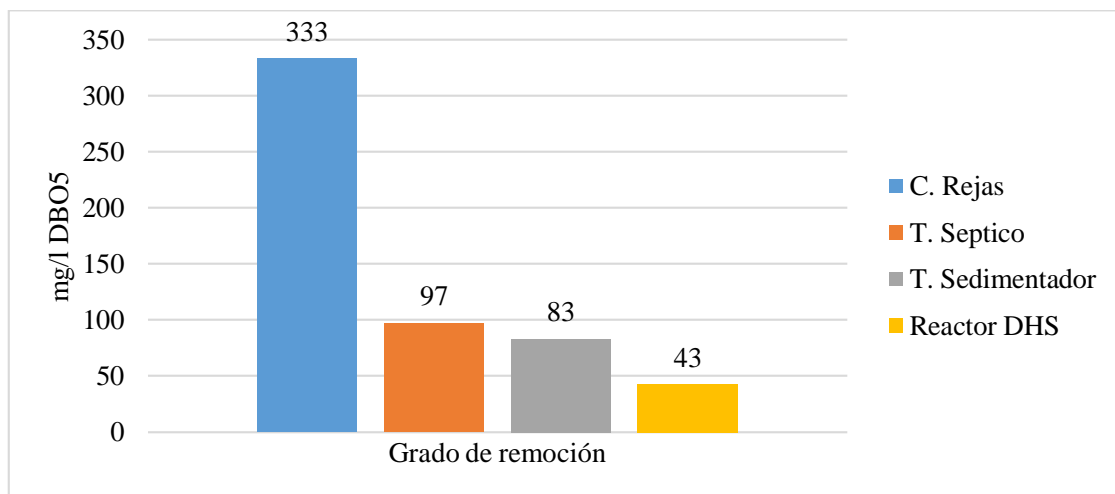
### 3.5.5. Remoción de DBO

El resultado de la DBO al ingreso de la cámara de rejillas es de 333 mg/l que es el agua residual cruda, y en la salida del reactor DHS-G6 se obtuvo un resultado promedio de 43 mg/l. En la Figura 3.5.5 se observa el grado de remoción por unidad de tratamiento, en el que cada unidad tiene un aporte remoción de la DBO.



Se sabe que la determinación de este parámetro está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica; la presencia de la mayor cantidad de oxígeno disuelto en las aguas residuales indica que este más libre de la materia orgánica que indica la contaminación de las aguas. Para que se desarrolle un adecuado proceso de la oxidación bioquímica, se diseñó que las esponjas endurecidas sean de una estructura cilíndrica, con la finalidad de que la circulación de oxígeno sea lo adecuado, además el soporte del medio filtrante se separó en dos reactores para facilitar el ingreso del oxígeno al medio; entonces la buena remoción de DBO se debe a que el sistema estudiado tuvo un adecuado sistema de circulación de oxígeno, suficientes para que se desarrolle la oxidación bioquímica por la acción de los microorganismos presentes en la biopelícula formada en la estructura de las esponjas.

**Figura 3.5.5.** Grado remoción de la DBO en todo el sistema.



Fuente: Elaboración propia.

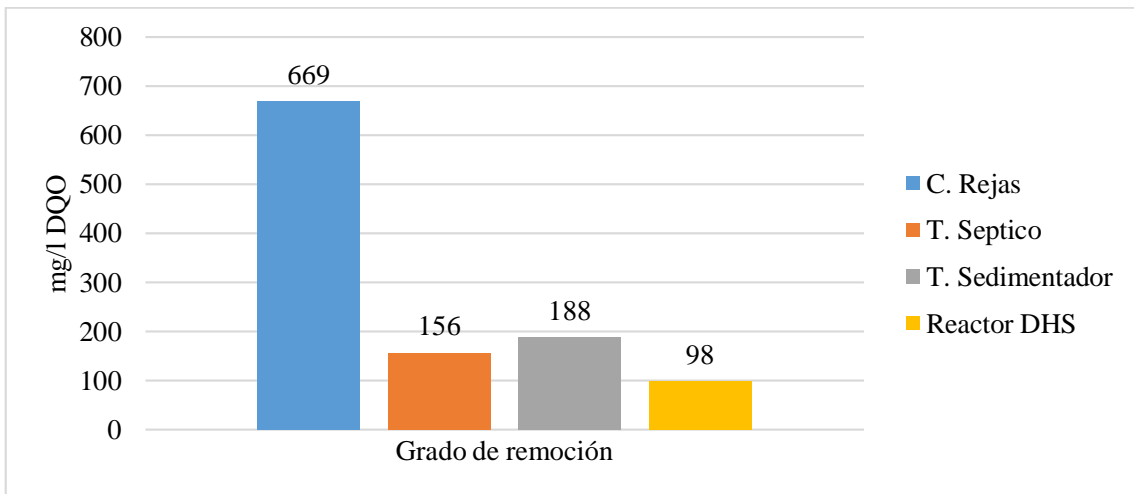
### 3.5.6. Remoción de DQO

La concentración obtenida en el agua residual cruda es 669 mg/l y en el efluente del reactor DHS – G6 se obtuvo un promedio de resultados igual a 98 mg/l, el cual nos indica que la remoción de la DQO se desarrolló adecuadamente en el proceso de tratamiento mediante la combinación de tanque séptico y sistema DHS-G6. En la Figura 3.5.6 se

puede observar que el promedio obtenido del resultado del efluente del sedimentador es mayor al valor del efluente del tanque séptico, esto se debe a que algunos datos obtenidos durante el periodo de estudio se obtuvo valores altos, pero también se obtuvo valores muy eficientes o adecuados. El promedio de resultados del reactor DHS-G6 obtenidos son favorables, debido a que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por las normas nacionales (LMP - 200 mg/l).

También es indispensable indicar que la DQO de las aguas residuales siempre es mayor que al de DBO, tal como se demuestra en los resultados obtenidos en la presente investigación, esto debido a que la mayor cantidad de compuestos cuya oxidación tiene lugar por la vía química frente a los que se oxidan por la vía biológica. Entonces esta relación de la DQO y la DBO se puede utilizar para el control de la calidad de las aguas residuales, ya que el resultado de la DQO se puede obtener en cuestión de horas a comparación de la DBO que se logra obtener recién a los 5 días.

**Figura 3.5.6.** Grado remoción de la DQO en todo el sistema.



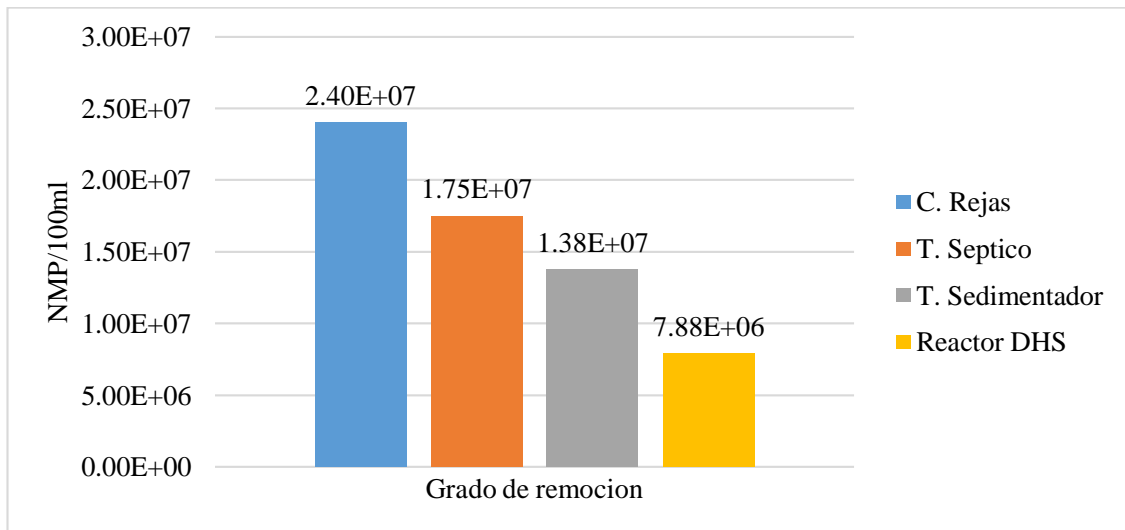
Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.7. Remoción de coliformes fecales.

La comparación de la eficiencia de tratamiento de cada uno de las operaciones unitarias desarrolladas en la presente investigación nos ilustran que en cada unidad siempre se da la remoción de los coliformes fecales, tal vez no sea en gran escala en los tratamientos primarios, pero en el reactor DHS-G6 se dio una remoción considerable en comparación con el promedio de resultados de las demás unidades. En la Figura 3.5.7 nos ilustra que la concentración en cada proceso de tratamiento va disminuyendo, es así que al ingreso del agua residual cruda se obtuvo una cantidad de  $3 \times 10^7$  NMP/100 ml de coliformes fecales y en el efluente del reactor se llegó a obtener una cantidad promedio de  $7.88 \times 10^6$  NMP/100 ml, el cual nos indica que se dio una pequeña remoción de coliformes fecales o termotolerantes.

Se puede indicar que no se logró una eficiente eliminación de coliformes fecales mediante la combinación del sistema tanque séptico y reactor DHS – G6; en este caso se puede aplicar un tratamiento terciario para eliminar estos contaminantes biológicos el cual puede ser mediante una desinfección u otro proceso de eliminación de patógenos, hasta lograr una cantidad por debajo de las normas nacionales establecidas de los LMP.

**Figura 3.5.7.** Grado remoción de coliformes fecales en todo el sistema.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Características de la calidad de agua tratada

Durante el funcionamiento del sistema DHS G-6, y con la combinación del sistema de tanque séptico se logró una eficiente remoción de la mayoría de los contaminantes físico químicos, así mismo se tuvo regular remoción de los contaminantes patógenos llegando a remover 67.2% de coliformes fecales al finalizar el flujo de agua a través de todo el sistema. Otro indicador importante de la contaminación con la carga orgánica es el DBO, el cual llegó a obtenerse una remoción total de 87.2% a través de todo el sistema. Y la mayor remoción obtenida a través de todo el sistema es con referencia a los SST, el cual llegó a removerse hasta el 93.3% de la concentración total del afluente.

**Figura 3.6.1.** Características de la calidad de agua del afluente (derecha) y efluente (izquierda) del reactor DHS.



Fuente: Elaboración propia.

Como característica de las aguas residuales es que se torna de un color marrón claro, y el efluente obtenido del reactor DHS se muestra que está libre de sólidos suspendidos y se torna de un color transparente al poner a la luz. En la Figura 3.6.1 se ilustra la comparación realizada de la calidad de agua que se tiene en el efluente del reactor DHS – G6, se aprecia que es de un color más transparente en comparación del agua que ingresa al reactor, el cual nos indica que se ha logrado remover los sólidos suspendidos totales y

la carga orgánica casi en su totalidad. Estos resultados se lograron a partir de los 2 meses de la puesta en marcha del reactor DHS – G6.

En la Figura 3.6.2 se muestra el punto de verificación de la calidad de agua y de la toma de muestras, se realizó en el clarificador, que se instaló después del reactor DHS, en el cual se recolecta el efluente y a través de un grifo que está instalado a una altura considerable se logra obtener la muestra; una función primordial que cumplía es de realizar la sedimentación de la materia sedimentable que se producía en el reactor. En los primeros meses de adaptación de la flora bacteriana, no se generaba sólidos sedimentables, luego del tiempo de adaptación, ya se observó que se tenía lodos en el fondo del sedimentador y una parte se pegaba a las paredes del sedimentador de lodos.

**Figura 3.6.2.** Sedimentador 2 en el efluente del reactor DHS-G6: (a) formación de lodos a 2 meses de la puesta en marcha; (b) formación de lodos en el sedimentador 2 a 4 meses del inicio de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

En los primeros meses de la puesta en marcha, solo se producía una pequeña cantidad de sólidos sedimentables, luego del día 80 se observó que ya se generaba mayor cantidad de sólidos, el cual nos indica que el reactor DHS estaba en su máximo funcionamiento, realizando la degradación de la materia orgánica y por otra parte el que se daba la muerte

microbiana que se muestra en pequeños sedimentos que se juntan con la materia orgánica ya degradada. El mantenimiento o la extracción de lodos se realizaron cada 2 semanas, considerando el nivel de lodo acumulado y viendo la formación de natas por la acumulación de algunos sólidos flotantes.

### 3.7. Características del medio filtrante.

Como se describió en la metodología, para la investigación se utilizó esponjas de poliuretano, endurecido con resina epóxica; estas esponjas se diseñaron en función a los antecedentes y considerando la porosidad, así como los diseños de espesor de las esponjas en el mercado. Durante el tiempo de investigación se verificó el comportamiento de las esponjas, la adaptación de los microorganismos, la saturación de los poros y el crecimiento larvas.

**Figura 3.7.1.** Características de las esponjas endurecidas al inicio y durante el periodo de investigación: (a) esponjas endurecidas al momento de la puesta en marcha; (b) características de las esponjas a los 3 meses.



(a)

(b)

Fuente: Elaboración propia.



En la Figura 3.7.1 se ilustra los cambios que se han dado en la estructura de las esponjas de poliuretano endurecidas, desde el inicio de los trabajos de investigación; en el cual se empezó con el corte de la esponja de poliuretano y el endurecimiento con resina epóxica, luego se realizó la instalación de estos dentro del reactor diseñado. En primer momento las esponjas endurecidas se encontraron libre de sólidos e impurezas; después de 1 mes de puesta en marcha y adaptación ya se verificaba la retención de algunos sólidos y de grasas que se mostraba en forma una mancha blanca; paralelamente se verificaron la aparición de huevos y larvas de dípteros.

**Figura 3.7.2.** Esponjas endurecidas en el periodo final de la investigación: (a) acumulación de grasas y lodo en la superficie de las esponjas; (b) características de la esponja endurecidas al finalizar la investigación.



(a)

(b)

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV**

### **IV. DISCUSIONES**

En este capítulo se analizará la variación y la eficiencia de tratamiento de los parámetros estudiados mediante la combinación del sistema DHS G-6, tanque séptico y sedimentador. Como se indicó en la metodología el estudio se realizó en el mismo lugar de la planta de tratamiento de aguas residuales existente de la localidad de Marian, donde para el estudio específico se utilizó los efluentes del tanque séptico de la PTAR, y se instaló un sistema piloto para el estudio del sistema Dow-flow hanging sponges con esponjas endurecidas DHS G-6. Mediante la aplicación de este sistema y la combinación con un tanque séptico se logró la remoción en diferentes niveles de cada parámetro estudiado, los mismos que se detallara más adelante. Para lograr una mayor remoción se se instaló un sedimentador piloto antes del ingreso al reactor DHS, este sedimentador se diseñó debido a que el efluente del tanque séptico contenía muchos sólidos suspendidos el cual obstruía las tuberías y el sistema de distribución de agua en el reactor DHS. La generación de muchos sólidos suspendidos según las observaciones realizadas en campo se debe a la falta de un adecuado diseño del tanque séptico existente y del sistema de pre tratamiento, ya que solamente existe una cámara de rejillas haciendo falta un desarenador.



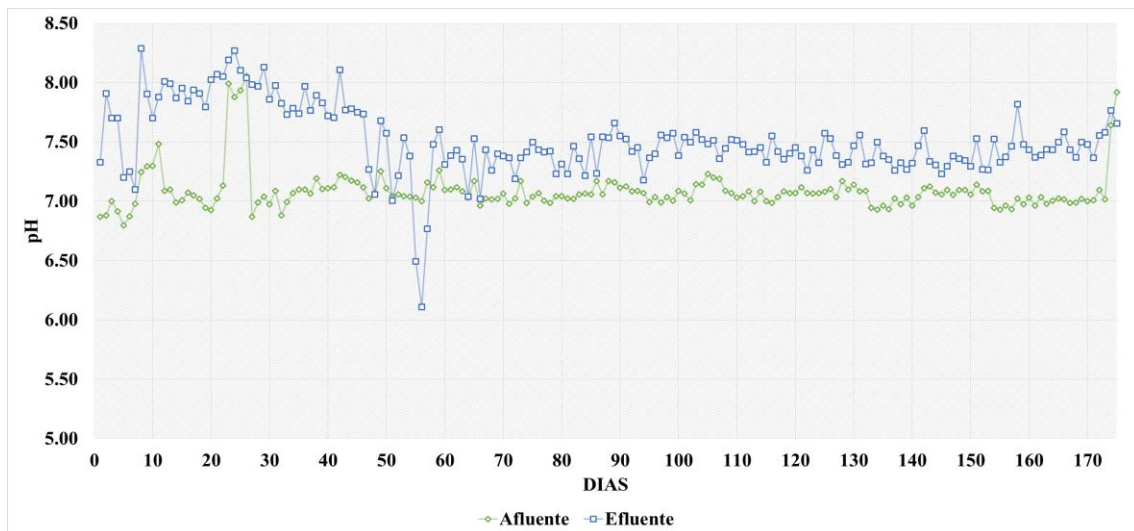
#### 4.1. Evaluación de la remoción de contaminantes mediante el sistema DHS G-6.

Se evalúa la variación de la concentración de los parámetros estudiados y su comportamiento durante todo el proceso de investigación. Los parámetros estudiados son los que se muestran a continuación, de los cuales se describirán la influencia en el proceso de tratamiento y su grado de remoción por cada día de la toma de datos. Como se muestra en los siguientes gráficos la duración de la investigación, con respecto a la obtención de datos es de 173 días, iniciando en el día 1 con la toma de datos de la temperatura de agua y pH, luego el día 18 se empezó a monitorear y a obtener los datos del afluente y efluente de los reactores DHS G-6.

##### 4.1.1. Variación del pH

Los valores de pH del afluente varía desde 6.80 a 8.06 y la valores registrados de pH en el efluente del reactor DHS varía desde 6.11 a 8.29; ahora el promedio de pH del afluente es 7.09 y el del efluente es de 7.51, tal como se observa en el Figura 4.1.1, el pH del ingreso al reactor es menor al del efluente o salida, esto se observa en la mayoría de los datos adquiridos, a excepción del último dato, donde el valor del afluente es mayor al del efluente.

**Figura 4.1.1.** Variación promedio del pH durante todo el tiempo de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

Durante la investigación se observó que el pH en el efluente del reactor DHS siempre tiende a aumentar, esto se debe a los procesos biológicos y químicos que se originan, como es el proceso de desnitrificación del nitrógeno orgánico a nitratos. Así mismo se verifica que la temperatura está estrechamente relacionada con la variación de temperatura, donde a mayor temperatura el pH tiende a disminuir y a la disminución de la temperatura el pH tiende a aumentar, por lo que se deduce que son proporcionales a las variaciones.

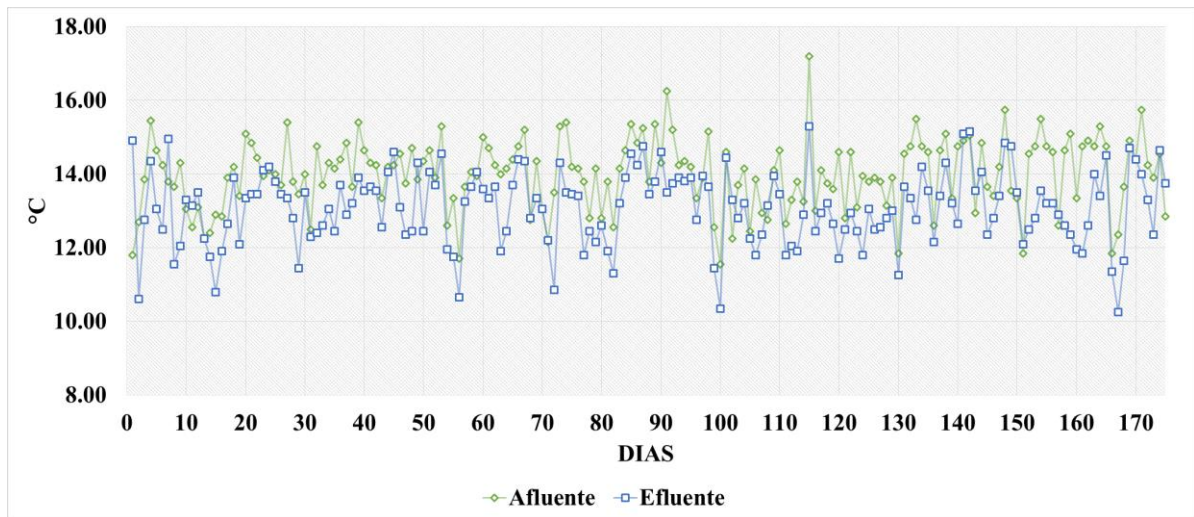
Como se sabe la concentración de los iones de hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia para el tratamiento de aguas residuales, debido a que el intervalo de concentración debe ser lo adecuado para la proliferación de la vida biológica que se encarga de los diversos contaminantes. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos.

#### **4.1.2. Variación de temperatura.**

La evaluación de la temperatura, durante el proceso de investigación varía según el Figura 4.1.2, donde se observa que los valores mínimos y máximos registrados en el afluente del reactor DHS es de 11.55 y 17.20 °C respectivamente, y el valor mínimo y máximo registrados del efluente es de 10.25 y 15.30 °C respectivamente, el cual se evaluó durante 173 días de funcionamiento del sistema de tratamiento mediante DHS-G6.

Además, se puede indicar que el promedio de las temperaturas registradas del afluente y del efluente del reactor DHS, es de 13.99 y 13.08 °C respectivamente. Se observa que la temperatura disminuye en efluente del reactor, asumimos que se debe que el sistema piloto instalado se encuentra dentro de una estructura con techo y el flujo de agua atraviesa el reactor DHS donde se da el tiempo de retención, lo cual disminuye el valor de la temperatura; a diferencia del afluente llega a través de tuberías, a partir del efluente del tanque séptico, donde por los rayos del sol aumenta la temperatura.

**Figura 4.1.2.** Variación promedio de la temperatura durante todo el tiempo de investigación.



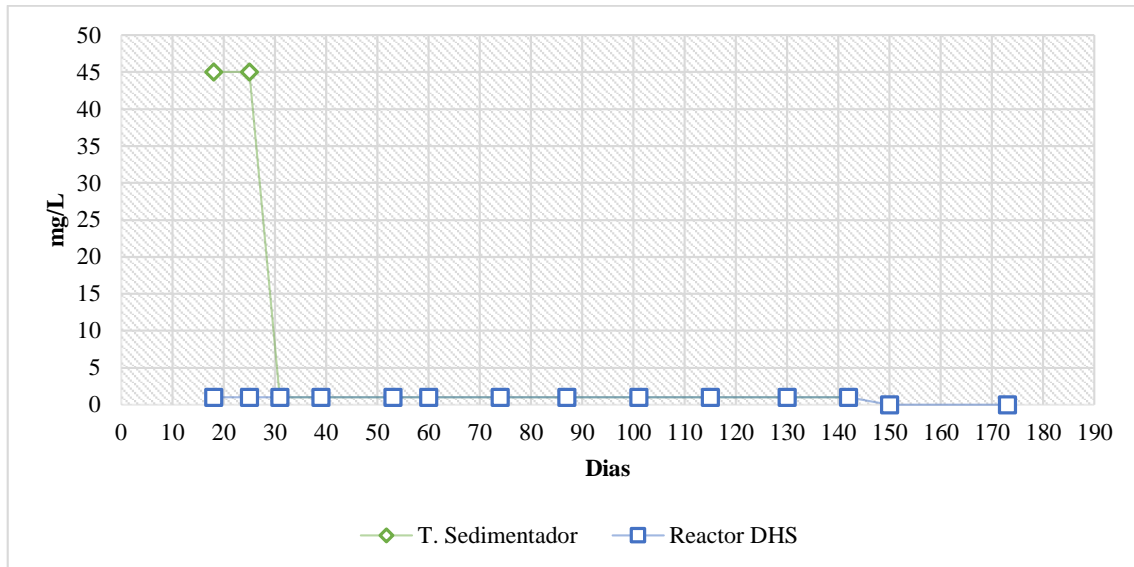
Fuente: Elaboración propia.

Los procesos fisicoquímicos y microbiológicos están asociados con la variación de la temperatura, ya que los procesos de crecimiento microbiano, así como la velocidad de adsorción en las esponjas endurecidas es más rápido cuando aumenta la temperatura. Así mismo la temperatura influye el proceso químico de cada parámetro estudiado, y en el flujo de aire dentro de las esponjas endurecidas.

#### 4.1.3. Variación de aceites y grasas.

En el Figura 4.1.3 se muestra la variación y el grado de tratamiento de los aceites y grasas evaluados. Se observa que en los primeros 30 días el afluente tenía una concentración de 45 mg/l de aceites y grasas; luego de este periodo los resultados nos muestran que se encuentra por debajo de 1 mg/l. Además, el análisis de resultados nos muestra que el efluente del reactor DHS da resultados menores a 1 mg/l por lo cual se define que se da una adecuada remoción de éste parámetro.

**Figura 4.1.3.** Gráfico de los datos obtenidos de aceites y grasas en el afluente y efluente del reactor DHS G-6.



Fuente: Elaboración propia.

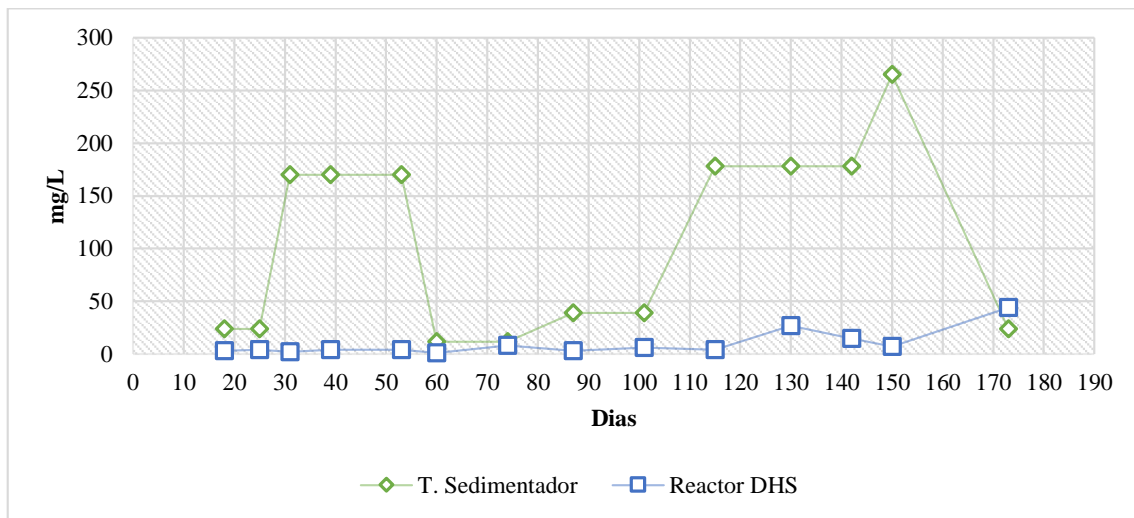
Evaluando la eficiencia de remoción de aceites y grasas, se tiene que en el sedimentador se puede remover eficientemente, esto se debe a que se instaló un sistema similar a un separador de grasas dentro del sedimentador piloto, el cual actuó eficientemente en la remoción. También se puede indicar que en el tanque séptico se dio una adecuada remoción, y se tiene que la eficiencia de remoción de 99.7 % haciendo uso de los procesos unitarios; tanque séptico, sedimentador y sistema DHS con esponjas endurecidas.

#### **4.1.4. Remoción de sólidos suspendidos totales.**

Durante la primera semana en el afluente del reactor DHS se registraron en baja concentración, luego del día 31 al día 53 la concentración aumenta y luego baja, es posible que el aumento se deba a que las muestras se hayan tomado durante el desarrollo de lluvias que aumenta el caudal de las aguas residuales producidas en la localidad de Marian, y por tanto sobrepasa el caudal de diseño del tanque séptico y no se da el tiempo de retención adecuada por el que la remoción de los SST se da en menor proporción, así mismo en el

día 150 en el afluente llega a su punto más alto alcanzando los 250 mg/l, el cual también se le atribuye al aumento de caudal a consecuencia de las lluvias que incrementa el caudal del agua residual.

**Figura 4.1.4.** Gráfico de los datos obtenidos los sólidos suspendidos totales en el reactor DHS G-6.



Fuente: Elaboración propia.

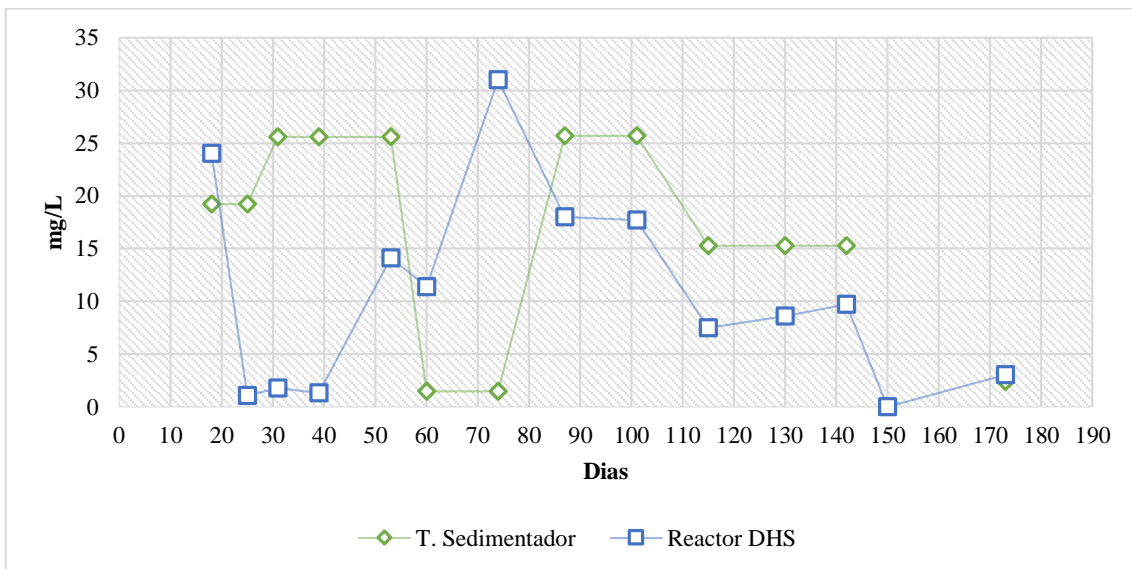
Por otra parte, el efluente del reactor DHS – G6 mantiene la tendencia de tener una eficiente remoción de los sólidos suspendidos totales donde el valor mínimo y máximo registrados son de 1 mg/l y 44 mg/l respectivamente, y el valor promedio es de 9.43 mg/l. En este aspecto la eficiencia de remoción de SST es de 91.1% en el reactor DHS y la eficiencia total del sistema de tratamiento (tanque séptico, sedimentador y DHS) es de 93.3%.

#### 4.1.5. Remoción de nitrógeno amoniacal

El nitrógeno amoniacal se produce por la descomposición de la urea, compuesto que se encuentra en las aguas residuales. En un medio aerobio como es el reactor DHS con esponjas endurecidas, la acción de determinadas bacterias oxida el nitrógeno amoniacal a nitritos y luego a nitratos. La finalidad de evaluar el nitrógeno amoniacal es verificar

como se lleva la nitrificación y desnitrificación hasta obtener el nitrógeno en forma de nitratos, el cual nos indicador que el residuo se ha establecido con respecto a la demanda de oxígeno.

**Figura 4.1.5.** Gráfico de los datos obtenidos del nitrógeno amoniacal en el reactor DHS G-6.



Fuente: Elaboración propia.

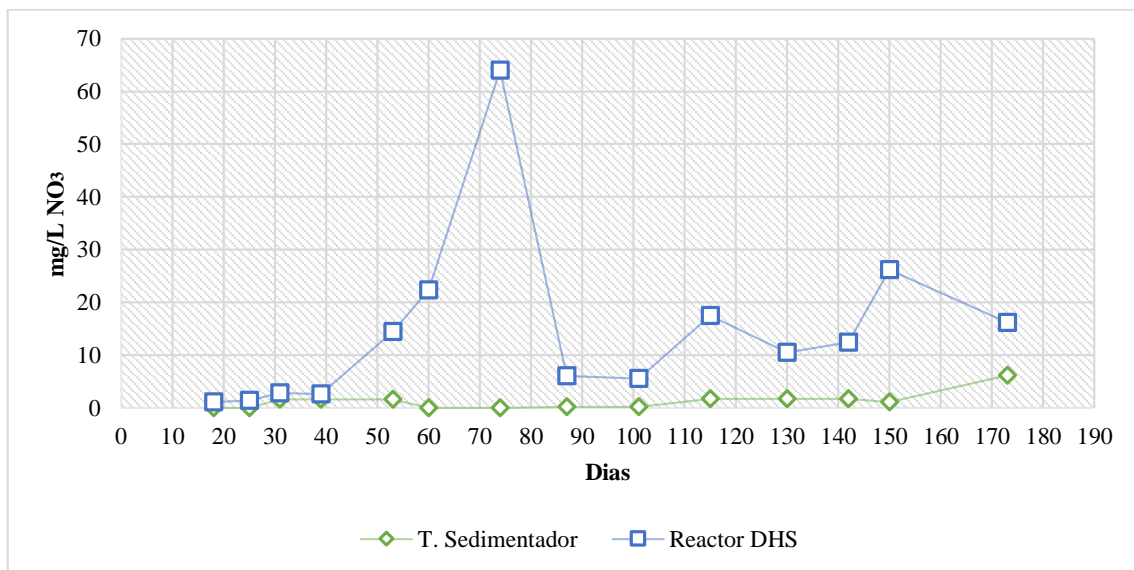
La eliminación de nitrógeno de forma aerobia se basa en dos procesos combinados de nitrificación y desnitrificación, que conllevan una producción de fango en forma de biomasa el que puede ser separado del agua residual por decantación.

La Figura 4.1.5. muestra la variación de la concentración del nitrógeno amoniacal tanto en el afluente y el efluente del reactor DHS; donde se observa que en la mayoría de los puntos del afluente los resultados muestran que tiene un mayor valor; y en los puntos del efluente se tiene variación de resultados, pero en su mayoría se logra una remoción. En este sentido los valores mínimos y máximos en el afluente son de 1.5 y 25.7 mg/l y en el efluente se registraron de 1.7 y 35 mg/l, por lo cual se tiene un desequilibrio de resultados.

#### 4.1.6. Remoción de nitratos.

Los resultados nos muestran que el nitrógeno orgánico representado por el nitrógeno amoniacal, se ha transformado eficientemente a nitratos, teniendo un valor promedio de 1.26 mg/l en afluente y de 14.54 mg/l en efluente del reactor DHS- G6. En la Figura 4.1.6. se muestra los resultados del efluente del reactor están por encima de los resultados del afluente, es así que en el día 74 se registra el valor más alto que es de 64 mg/l; de igual forma se puede apreciar en el grafico que en los primeros 50 días los valores registrados son bajos, pero después del tiempo de adaptación de los microorganismos encargados de la transformación se adquiere mayores valores de la concentración de nitratos en el efluente. Los valores mínimos y máximos obtenidos en afluente del reactor DHS – G6 es de 0.0034 y 6.2 mg/l, y el valor promedio es de 1.26 mg/l; es así que la concentración de nitratos en el afluente se mantiene con la misma tendencia durante todo el periodo de investigación. Se puede indicar que tanto en el tanque séptico y en el sedimentador la transformación de nitrógeno a nitratos es muy bajo; en cambio la eficiencia del reactor DHS es buen, alcanzando valores de eficiencia del 91.3%.

**Figura 4.1.6.** Gráfico de los datos obtenidos de nitratos en el afluente y efluente del reactor DHS G-6.

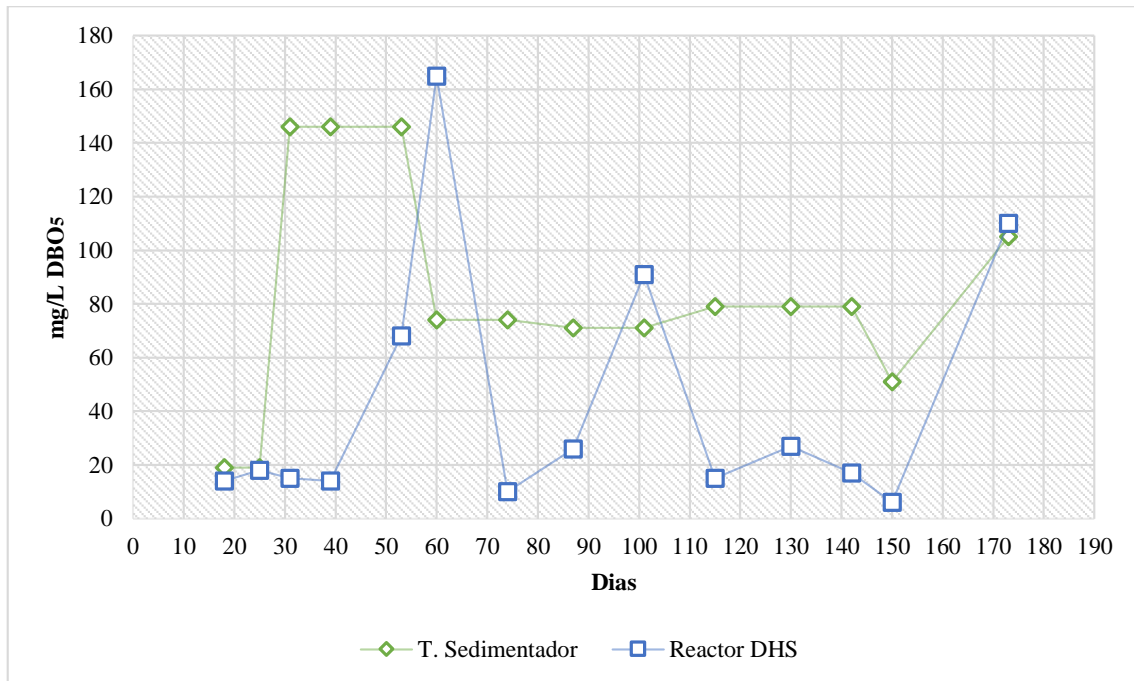


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.7. Variación de la demanda bioquímica de oxígeno.

La demanda bioquímica de oxígeno se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción de la oxidación bioquímica aerobia. La demanda de oxígeno de las aguas residuales es resultado de tres tipos de materiales: (1) materiales orgánicos carbónicos, utilizables como fuente de alimentación por organismos aerobios; (2) nitrógeno oxidable, derivado de la presencia de nitritos, amoníaco, y en general compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como alimentación para bacterias específicas (*Nitrosomonas* y *Nitrobacter*) y (3) compuestos químicos reductores (ion ferroso, sulfitos, sulfuros, que oxidan por oxígeno disuelto). (RAMALHO 1996).

**Figura 4.1.7.** Gráfico de los datos obtenidos de la DBO en el afluente y efluente del reactor DHS G-6.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la DBO, se muestran en el Figura 4.1.7, en el cual los datos registrados mínimos y máximos del afluente son de 19 y 146 mg/l respectivamente;



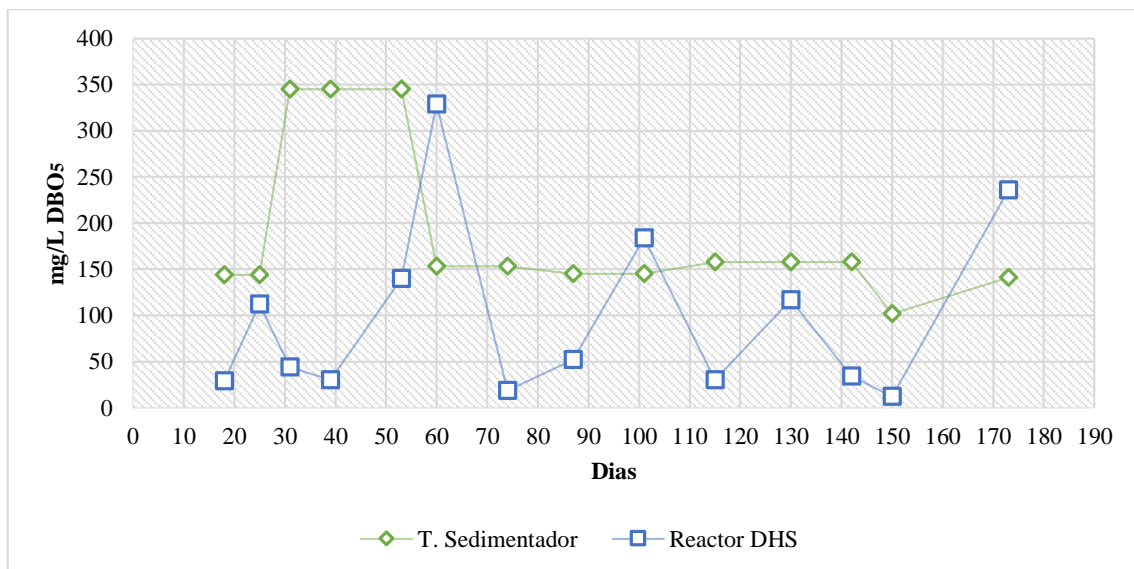
y los datos obtenidos en el efluente son de un mínimo de 6 mg/l y máximo de 165 mg/l; este último dato es superior al del afluente, por lo que se deduce que se tuvo un error de muestreo. El valor promedio del afluente y efluente es de 82.79 mg/l y 42.58 mg/l respectivamente, en el que se observa una remoción visible en el reactor DHS.

#### 4.1.8. Variación de la demanda química de oxígeno.

La demanda química de oxígeno 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)

En la Figura 4.1.8 se ilustra la variación de resultados obtenidos en afluente y efluente del reactor DHS, en el cual puede constatar que los resultados del efluente tienen algunos valores altos, que se atribuye a una inadecuada toma de muestra; estos datos que no concuerdan con la tendencia del resto de los datos son del día 60, 101 y 173; la mayoría de los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los valores del afluente.

**Figura 4.1.8.** Gráfico de los datos obtenidos de la DQO en el afluente y efluente del reactor DHS G-6.



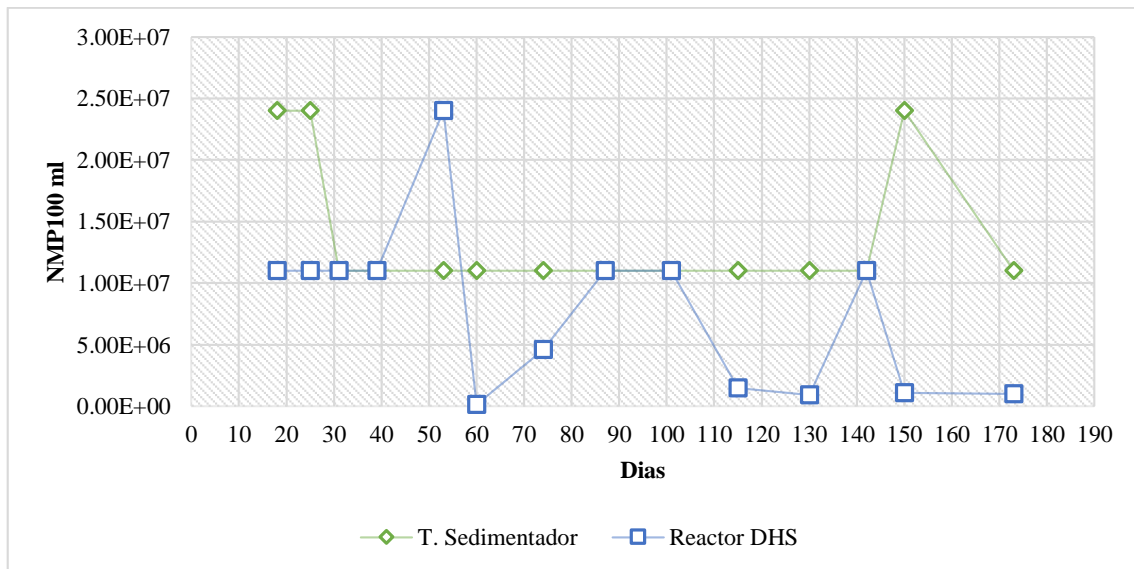
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al promedio de los datos obtenidos durante todo el tiempo de la investigación, se puede comprobar que en reactor DHS se ha logrado remover el 48.1% y con el sistema combinado con tanque séptico, sedimentador y reactor DHS – G6 se logró remover el 85.4% de la concentración de DQO. El valor promedio del afluente y efluente del reactor DHS son de 188.29 mg/l y 97.69 mg/l respectivamente.

#### 4.1.9. Variación de coliformes fecales.

Respecto al análisis de coliformes fecales o termotolerantes, se puede definir que se llegó a obtener una remoción total del 67.2%, con la combinación de los sistemas tanque séptico, sedimentador y reactor DHS. Según el Grafico 5.9 se ilustra que los resultados del afluente mantienen un resultado promedio de  $1.38 \times 10^7$ , y el del efluente mantiene un promedio de  $7.88 \times 10^6$ .

**Figura 4.1.9.** Gráfico de los datos obtenidos de los coliformes fecales en el afluente y efluente del reactor DHS G-6.



Fuente: Elaboración propia.

Según otros estudios realizados en Japón por (ONODERA 2014), atribuye que el reactor DHS proporcionó eficiencias de eliminación de aproximadamente  $2,5 \log_{10}$  tanto

para coliformes totales como fecales. Este rendimiento puede atribuirse a que se suministró suficiente oxígeno al medio esponjoso rígido y la buena eficacia de contacto que se consigue entre el sustrato de aguas residuales y el lodo retenido

#### 4.2. Discusión de la eficiencia de remoción por parámetro.

En la Tabla 4.2.1. se observa que el sistema combinado con un tanque séptico, sedimentador y sistema DHS G-6 da efectos positivos en la remoción de contaminantes, logrando la remoción de DBO en 87.2 %, así mismo el efecto de la eliminación del DQO llega a valores de remoción del 85.4 %; en caso de los SST con la combinación del sistema mencionado se logra una remoción promedio de 93.3 %. La mayor remoción o eliminación se logró en relación de aceites y grasas, en el cual se tuvo una eficiencia del 99.7%, determinándose que la mayor remoción se dio con el reactor DHS G-6.

**Tabla 4.2.1. Porcentaje de remoción de contaminantes en el tanque séptico, sedimentador y sistema DHS-G6.**

Parámetro	Unidad	Eficiencia de remoción			
		Tanque séptico	Sedimentador	Reactor DHS-G6	Sistema completo
Aceites y Grasas	%	84.3	83.7	89.7	99.7
SST	%	77.5	-	91.1	93.3
NH <sub>3</sub> -N	%	-	-	36.4	-
NO <sub>3</sub> -N	%	-	-	91.3	-
DBO <sub>5</sub>	%	70.9	14.7	48.6	87.2
DQO	%	76.7	-	48.1	85.4
Coliformes					
Fecales	%	27.1	21.2	42.9	67.2

Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la eliminación de los coliformes fecales no se logró los resultados esperados, solamente se obtuvo una eficiencia de remoción del 67.2% del promedio de

resultados en el efluente del reactor DHS. Finalmente, con relación a los nutrientes evaluados, la remoción del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) no fue significativa respecto al promedio de datos obtenidos, pero en el caso de los nitratos  $\text{NO}_3\text{-N}$  se logró un aumento de su concentración lo que significa que si se desarrolló la desnitrificación del nitrógeno orgánico de las aguas residuales.

#### 4.3. Discusión del análisis estadístico.

##### 4.3.1. Análisis estadístico para temperatura y pH.

Para el análisis estadístico de la temperatura y pH, se realizó en función a los resultados del afluente y efluente al reactor DHS el cual se muestra en la Tabla 4.3.1.

**Tabla 4.3.1. Datos obtenidos del pH al ingreso y salida del reactor DHS.**

N° Muestra	pH		Temperatura (°C)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
1	7.02	7.91	14.2	13.90
2	7.94	8.11	14	13.80
3	7.09	7.98	12.5	12.30
4	7.11	7.83	15.4	13.90
5	7.05	7.54	15.3	14.55
6	7.10	7.31	15	13.60
7	6.99	7.42	15.4	13.50
8	7.06	7.55	15.25	14.75
9	7.07	7.54	14.6	14.45
10	7.00	7.33	17.2	15.30
11	7.14	7.47	11.85	11.25
12	7.11	7.60	15.05	15.15
13	7.06	7.30	13.35	13.50
14	7.92	7.66	13.9	12.35

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Planteamiento de hipótesis para pH y temperatura.**

**Hi:** El pH y temperatura tiene efectos en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante el sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Ho:** El pH y temperatura no tiene efectos en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante el sistema DHS con esponjas endurecidas.

- Nivel de significancia para pH:

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

- Valor de P para pH:

$$\text{Lectura de P- valor} = 0.00016057 = 0.016\%$$

Con una probabilidad de error de 0.0161% el pH tiene efecto en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante el sistema DHS con esponjas endurecidas.

➤ **Criterios para la decisión estadística.**

**Tabla 4.3.2. Datos estadísticos para pH y temperatura.**

<b>pH</b>	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>
	<b>(Afluente)</b>	<b>(Efluente)</b>
Media	7.18785714	7.60785714
Varianza	0.10003736	0.06606429
Observaciones	14	14
Coefficiente de correlación de Pearson	0.46767941	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-5.23653038	
P(T<=t) una cola	8.028 x10 <sup>-5</sup>	
Valor crítico de t (una cola)	1.7709334	
P(T<=t) dos colas	<b>0.00016057</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.16036866	

Fuente: Elaboración propia.

- Toma de decisión para pH:  
El pH tiene efectos en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante el sistema DHS con esponjas endurecidas.
- Nivel de significancia para temperatura:  
 $\alpha = 0.05 = 5\%$
- Valor de P para temperatura:  
Lectura de P- valor = 0.00188704 = 0.189%

Con una probabilidad de error de 0.189% la temperatura tiene efecto en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante el sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.3. Datos estadísticos para la temperatura.**

<b>Temperatura</b>	<b>Variable 1 (Afluente)</b>	<b>Variable 2 (Efluente)</b>
Media	14.5	13.7357143
Varianza	1.82461538	1.30747253
Observaciones	14	14
Coefficiente de correlación de Pearson	0.83830744	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	3.88267362	
P(T<=t) una cola	0.00094352	
Valor crítico de t (una cola)	1.7709334	
P(T<=t) dos colas	<b>0.00188704</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.16036866	

Fuente: Elaboración propia.

- Toma de decisión para la temperatura:
- La temperatura tiene efectos en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante el sistema DHS con esponjas endurecidas.

➤ **Toma de decisión para pH y la temperatura:**

El pH y temperatura tienen efectos en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante el sistema DHS con esponjas endurecidas.

#### **4.3.2. Análisis estadístico para coliformes Fecales**

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de los coliformes fecales, se realizó en función a los resultados del afluente y efluente al reactor DHS el cual se muestra en la siguiente Tabla 4.3.4.

➤ **Planteamiento de hipótesis para coliformes fecales:**

**Hi:** Se obtuvo una remoción eficiente de coliformes fecales en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Ho:** No se obtuvo una remoción eficiente de Coliformes fecales en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

➤ **Criterios para la decisión estadística.**

- Nivel de significancia para temperatura:  
 $\alpha = 0.05 = 5\%$
- Valor de P para coliformes:  
Lectura de P- valor = 0.0251 = 2.51%

Con una probabilidad de error de 2.51 % se obtuvo una remoción eficiente de coliformes fecales en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.4. Datos de coliformes fecales al ingreso y salida del reactor DHS.**

<b>N°</b>	<b>Afluente</b>	<b>Efluente</b>
<b>Muestra</b>	<b>NMP/100 ml</b>	<b>NMP/100 ml</b>
1	$2.40 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$
2	$2.40 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$
3	$1.10 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$
4	$1.10 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$
5	$1.10 \times 10^7$	$2.40 \times 10^7$
6	$1.10 \times 10^7$	$1.50 \times 10^5$
7	$1.10 \times 10^7$	$4.60 \times 10^6$
8	$1.10 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$
9	$1.10 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$
10	$1.10 \times 10^7$	$1.50 \times 10^6$
11	$1.10 \times 10^7$	$9.30 \times 10^5$
12	$1.10 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$
13	$2.40 \times 10^7$	$1.10 \times 10^6$
14	$1.10 \times 10^7$	$1.00 \times 10^6$

Fuente: Elaboración propia

- Toma de decisión para coliformes fecales:

Se obtuvo una remoción eficiente de coliformes fecales en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.



**Tabla 4.3.5. Datos estadísticos para coliformes.**

<b>Coliformes fecales</b>	<b>Variable 1 (Afluente)</b>	<b>Variable 2 (Efluente)</b>
Media	13785714.3	7877142.86
Varianza	$3.064 \times 10^{13}$	$4.4678 \times 10^{13}$
Observaciones	14	14
Coefficiente de correlación de Pearson	-	0.01436259
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	2.52956396	
P(T<=t) una cola	0.01257282	
Valor crítico de t (una cola)	1.7709334	
P(T<=t) dos colas	<b>0.02514563</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.16036866	

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.3.3. Análisis estadístico para la demanda bioquímica de oxígeno.**

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de la DBO, se realizó en función a los resultados del afluente y efluente al reactor DHS el cual se muestra en la siguiente tabla 4.3.6.

##### **➤ Planteamiento de hipótesis para DBO:**

**Hi:** Se obtuvo una remoción eficiente de la DBO en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Ho:** No se obtuvo una remoción eficiente de la DBO en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.6. Datos obtenidos de la DBO al ingreso y salida del reactor DHS.**

<b>N° Muestra</b>	<b>Afluente (mg/l)</b>	<b>Efluente (mg/l)</b>
1	19	14.00
2	19	18.00
3	146	15.00
4	146	14.00
5	146	68.00
6	74	165.00
7	74	10.10
8	71	26.00
9	71	91.00
10	79	15.00
11	79	27.00
12	79	17.00
13	51	6.00
14	105	110.00

Fuente: Elaboración propia

➤ **Criterios para la decisión estadística.**

- Nivel de significancia para temperatura:

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

- Valor de P para DBO:

$$\text{Lectura de P- valor} = 0.0246 = 2.46\%$$

Con una probabilidad de error de 2.46 % se obtuvo una remoción eficiente de la DBO en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

- Toma de decisión para la DBO:

Se obtuvo una remoción eficiente de la DBO en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.7. Datos estadísticos para la DBO.**

<b>DBO</b>	<b>Variable 1 (Afluente)</b>	<b>Variable 2 (Efluente)</b>
Media	82.7857143	42.5785714
Varianza	1700.33516	2295.9172
Observaciones	14	14
Coeficiente de correlación de Pearson	0.12469411	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	2.54164943	
P(T<=t) una cola	0.01228887	
Valor crítico de t (una cola)	1.7709334	
P(T<=t) dos colas	<b>0.02457773</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.16036866	

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.4. Análisis estadístico para la demanda química de oxígeno.**

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de la DBO, se realizó en función a los resultados del afluente y efluente al reactor DHS el cual se muestra en la siguiente tabla:

##### **➤ Planteamiento de hipótesis para DQO:**

**Hi:** Se obtuvo una remoción eficiente de la DQO en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Ho:** No se obtuvo una remoción eficiente de la DQO en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.8. Datos obtenidos de la DQO al ingreso y salida del reactor DHS.**

N° Muestra	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)
1	144	29.00
2	144	112.00
3	345	44.00
4	345	30.00
5	345	140.00
6	153	329.00
7	153	18.70
8	145	52.00
9	145	184.00
10	158	30.00
11	158	117.00
12	158	34.00
13	102	12.00
14	141	236.00

Fuente: Elaboración propia

➤ **Criterios para la decisión estadística.**

- Nivel de significancia para DQO:

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

- Valor de P para DQO:

$$\text{Lectura de P- valor} = 0.0271 = 2.71\%$$

Con una probabilidad de error de 2.71 % se obtuvo una remoción eficiente de la DQO en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.9. Datos estadísticos para la DQO.**

<b>DQO</b>	<b>Variable 1 (Afluente)</b>	<b>Variable 2 (Efluente)</b>
Media	188.285714	97.6928571
Varianza	7405.45055	9149.39764
Observaciones	14	14
Coefficiente de correlación de Pearson	-	0.12025548
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	2.4898121	
P(T<=t) una cola	0.01355218	
Valor crítico de t (una cola)	1.7709334	
P(T<=t) dos colas	<b>0.02710436</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.16036866	

Fuente: Elaboración propia.

- Toma de decisión para la DQO:

Se obtuvo una remoción eficiente de la DQO en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

#### **4.3.5. Análisis estadístico para los sólidos suspendidos totales.**

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de SST, se realizó en función a los resultados del afluente y efluente al reactor DHS el cual se muestra en la siguiente Tabla 4.3.10.

##### **➤ Planteamiento de hipótesis para SST:**

**Hi:** Se obtuvo una remoción eficiente de la SST en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Ho:** No se obtuvo una remoción eficiente de la SST en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.10. Datos obtenidos de la SST al ingreso y salida del reactor DHS.**

N° Muestra	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)
1	24	3.00
2	24	4.00
3	170	2.00
4	170	4.00
5	170	4.00
6	12	1.00
7	12	8.00
8	39	3.00
9	39	6.00
10	178	4.00
11	178	27.00
12	178	15.00
13	265	7.00
14	24	44.00

Fuente: Elaboración propia

➤ **Criterios para la decisión estadística.**

- Nivel de significancia para SST:

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

- Valor de P para SST:

$$\text{Lectura de P- valor} = 0.00135 = 0.135\%$$

Con una probabilidad de error de 0.135% se obtuvo una remoción eficiente de SST en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.11. Datos estadísticos para la SST.**

SST	Variable 1 (Afluente)	Variable 2 (Efluente)
Media	105.928571	9.42857143
Varianza	7687.91758	144.725275
Observaciones	14	14
Coefficiente de correlación de Pearson	-	0.04058831
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	4.05766509	
P(T<=t) una cola	0.00067835	
Valor crítico de t (una cola)	1.7709334	
P(T<=t) dos colas	<b>0.0013567</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.16036866	

Fuente: Elaboración propia.

- Toma de decisión para la SST:

Se obtuvo una remoción eficiente de SST en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

#### 4.3.6. Análisis estadístico para los aceites y grasas.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de los aceites y grasas, se realizó en función a los resultados del afluente y efluente al reactor DHS el cual se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4.3.12. Datos obtenidos de los aceites y grasas al ingreso y salida del reactor DHS.**

<b>N° Muestra</b>	<b>Afluente (mg/l)</b>	<b>Efluente (mg/l)</b>
1	45	1.00
2	45	1.00
3	1	1.00
4	1	1.00
5	1	1.00
6	1	1.00
7	1	1.00
8	1	1.00
9	1	1.00
10	1	1.00
11	1	1.00
12	1	1.00

Fuente: Elaboración propia

➤ **Planteamiento de hipótesis para los aceites y grasas:**

**Hi:** Se obtuvo una remoción eficiente de los aceites y grasas en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Ho:** No se obtuvo una remoción eficiente de los aceites y grasas en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

➤ **Criterios para la decisión estadística.**

- Nivel de significancia para AyG:

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

- Valor de P para AyG:



Lectura de P- valor = 0.1648 = 16.48%

Con una probabilidad de error de 16.48% no se obtuvo una remoción eficiente de los aceites y grasas en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

- Toma de decisión para la SST:

No se obtuvo una remoción eficiente de los aceites y grasas en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.13. Datos estadísticos para los aceites y grasas.**

Aceites y grasas	Variable 1 (Afluente)	Variable 2 (Efluente)
Media	7.28571429	1
Varianza	255.296703	0
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	-	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	1.47196014	
P(T<=t) una cola	0.08241172	
Valor crítico de t (una cola)	1.7709334	
P(T<=t) dos colas	<b>0.16482345</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.16036866	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.7. Análisis estadístico para los nitratos.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de NO<sub>3</sub>, se realizó en función a los resultados del afluente y efluente al reactor DHS el cual se muestra en la siguiente Tabla 4.3.14.

➤ **Planteamiento de hipótesis para NO<sub>3</sub>:**

**Hi:** Se obtuvo una remoción eficiente del NO<sub>3</sub> en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Ho:** No se obtuvo una remoción eficiente del NO<sub>3</sub> en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.14. Datos obtenidos de la NO<sub>3</sub> al ingreso y salida del reactor DHS.**

N° Muestra	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)
1	0.018	1.10
2	0.018	1.40
3	1.6	2.90
4	1.6	2.70
5	1.6	14.50
6	0.0034	22.40
7	0.0034	64.00
8	0.194	6.10
9	0.194	5.60
10	1.7	17.50
11	1.7	10.50
12	1.7	12.50
13	1.1	26.20
14	6.2	16.20

Fuente: Elaboración propia

➤ **Criterios para la decisión estadística.**

- Nivel de significancia para NO<sub>3</sub>:

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

- Valor de P para NO<sub>3</sub>:

Lectura de P- valor = 0.00998 = 0.998%

Con una probabilidad de error de 0.998% se obtuvo una remoción eficiente del NO<sub>3</sub> en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

- Toma de decisión para del NO<sub>3</sub>.

Se obtuvo una remoción eficiente del NO<sub>3</sub> en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.15. Datos estadísticos del NO<sub>3</sub>.**

NO <sub>3</sub>	Variable 1 (Afluente)	Variable 2 (Efluente)
Media	1.25934286	14.5428571
Varianza	2.60559393	265.858022
Observaciones	14	14
Coefficiente de correlación de Pearson	-	0.06875163
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-3.0131905	
P(T<=t) una cola	0.00499121	
Valor crítico de t (una cola)	1.7709334	
P(T<=t) dos colas	<b>0.00998242</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.16036866	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.8. Análisis estadístico para nitrato amoniacal.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos del  $\text{NH}_3\text{-N}$ , se realizó en función a los resultados del afluente y efluente al reactor DHS el cual se muestra en la siguiente Tabla 4.3.16.

➤ **Planteamiento de hipótesis para  $\text{NH}_3$ :**

**Hi:** Se obtuvo una remoción eficiente del  $\text{NH}_3\text{-N}$  en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Ho:** No se obtuvo una remoción eficiente del  $\text{NH}_3\text{-N}$  en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.16. Datos obtenidos del  $\text{NH}_3\text{-N}$  al ingreso y salida del reactor DHS.**

N° Muestra	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)
1	19.2	24.00
2	19.2	1.07
3	25.6	1.79
4	25.6	1.34
5	25.6	14.10
6	1.5	11.40
7	1.5	31.00
8	25.7	18.00
9	25.7	17.70
10	15.3	7.50
11	15.3	8.60
12	15.3	9.70
13	2.39	3.04

Fuente: Elaboración propia

➤ **Criterios para la decisión estadística de NH<sub>3</sub>-N.**

- Nivel de significancia para temperatura:

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

- Valor de P para NH<sub>3</sub>-N:

$$\text{Lectura de P- valor} = 0.2122 = 21.22\%$$

Con una probabilidad de error de 21.22% se obtuvo una remoción eficiente del NH<sub>3</sub>-N en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

- Toma de decisión para del NH<sub>3</sub>-N.

No se obtuvo una remoción eficiente del NH<sub>3</sub>-N en el tratamiento del efluente de un tanque séptico mediante un sistema DHS con esponjas endurecidas.

**Tabla 4.3.17. Datos estadísticos del NH<sub>3</sub>-N.**

NH <sub>3</sub>	Variable 1 (Afluente)	Variable 2 (Efluente)
Media	16.7607692	11.48
Varianza	90.4015077	85.78925
Observaciones	13	13
Coefficiente de correlación de Pearson	-	0.18532635
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	12	
Estadístico t	1.31755869	
P(T<=t) una cola	0.1061265	
Valor crítico de t (una cola)	1.78228756	
P(T<=t) dos colas	<b>0.21225301</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.17881283	

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V

### 5.1.CONCLUSIONES

- El sistema DHS tipo esponjas endurecidas, tuvo una eficiente remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos.
- La DBO es el principal indicador de la carga orgánica y mediante la aplicación del sistema DHS – G6, se logró una remoción total de 87.2 %. El valor obtenido del agua residual cruda es de 333 mg/l y en el efluente del reactor DHS – G6 se obtuvo un valor promedio de 43 mg/l, el cual nos indica que el sistema es bastante eficiente con respecto a la remoción de la DBO.
- La remoción de la DQO se dió de manera eficiente, logrando una remoción total de 85.4%, donde el resultado obtenido del agua residual cruda es de 669 mg/l y en el efluente del reactor DHS - G6 es de 98 mg/l.
- Se logró una remoción muy eficiente con respecto a los sólidos suspendidos totales SST, el cual fue del 93.3% al final del sistema de tratamiento median DHS - G6. Se puede afirmar que es uno de los parámetros que alcanzó la mayor remoción; en el que se pudo observar que el resultado obtenido en el agua residual cruda y en la salida del reactor son de 140 y 9 mg/l respectivamente.
- Con respecto a la remoción de aceites y grasas, se obtuvo una eficiencia alta, llegando a remover el 99.7% mediante el sistema aplicado tanque séptico y reactor DHS – G6;

donde los valores promedio obtenidos en el ingreso del agua cruda fue de 325 mg/l y en la salida del reactor DHS – G6 se obtuvieron resultados menores a 1 mg/l.

- La remoción de nutrientes estudiados, en este caso el nitrógeno amoniacal y nitratos se dió de manera eficiente; principalmente por la desnitrificación del nitrógeno orgánico se logró obtener valores considerables de nitratos, donde en el agua residual cruda se obtuvo una concentración de tan solo 0.05 mg/l y en la salida del reactor DHS – G6 se logró obtener una concentración promedio de 14.5 mg/l. Con respecto a la remoción del nitrógeno amoniacal los resultados obtenidos fueron muy disperso durante el desarrollo de la investigación donde el valor más bajo obtenido fue en el primer mes, llegándose a obtener un valor mínimo de 1.07 mg/l.
- Los coliformes fecales han sido removidos en un 67.2% en todo el sistema, se observó que no resulto ser tan eficiente en la eliminación de coliformes fecales; sin embargo, se obtuvo que la mayor remoción se desarrolló en el reactor DHS-G6, llegándose a remover hasta un 42.9% en esta unidad.
- El rango de intervalo obtenido del pH y temperatura fueron óptimas y se encontraron dentro adecuadas para el desarrollo de los microorganismos encargados de la degradación biológica. En este caso la variación promedio del pH fue desde 7.3 a 8.11 en el efluente del reactor DHS-G6, de igual forma la temperatura fluctuó desde un mínimo de 11.25°C hasta un máximo de 15.30°C; ambos parámetros se han mantenido constantes dentro del intervalo óptimo para el desarrollo de las bacterias.
- El análisis de pruebas estadístico T Student para una sola muestra aplicados a todos los parámetros estudiados a un intervalo de confianza del 95% y un nivel de significancia de 5%, muestran una eficiente de remoción de contaminantes con una probabilidad de error menor al 5%. A excepción del parámetro de nitrógeno amoniacal nos muestra el P-valor mayor al 0.05; esto debido a que los resultados obtenidos han sido muy dispersos y se tiene mayor probabilidad de error.
- Los resultados obtenidos en el efluente del reactor DHS-G6, cumplen con las normas nacionales de descarga de aguas residuales, que en este caso son las normas de los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales. Por ello el uso de un sistema DHS con esponjas endurecidas es una alternativa de tratamiento eficaz de las aguas residuales domésticas.

## 5.2.RECOMENDACIONES

- Que el presente estudio de investigación sirva como base para el desarrollo de nuevos estudios referentes al sistema DHS – G6 enfocados en las zonas rurales y de la sierra de nuestro país; ya que los antecedentes nos indican que solamente se han desarrollado estudios en la capital y otros países como Japón e India. Nos enfocamos a su aplicación debido a que el sistema es eficiente, fácil de operar bajo costo de mantenimiento.
- Es recomendable que los estudios de sistemas de tratamiento de aguas residuales a escala piloto se desarrollen con flujo continuo, es decir la muestra sea de una descarga de una población o comunidad, tal como se desarrolló la presente investigación; debido a que los parámetros estudiados son más reales y exactos a la realidad.
- Para realizar estudios a escala piloto de efluentes de tanques sépticos, en caso de que no tenga un pre tratamiento es necesario instalar un sedimentador piloto para evitar la acumulación de sólidos de gran tamaño obstruyan las tuberías y sistema de distribución a reactores DHS.
- El sistema de distribución de las aguas residuales al reactor DHS debe ser mantenido constantemente, con la finalidad de evitar obstrucción en los agujeros de salida de las aguas residuales.
- Es necesario que los parámetros de temperatura, pH y otros datos de campo se determinen insitu, para garantizar la fiabilidad de los resultados.



## CAPÍTULO VI

### 6.1. FERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, LALIT K. "TREATMENT OF RAW SEWAGE IN A TEMPERATE CLIMATE USING A UASB REACTOR AND THE HANGING SPONGE CUBES PROCESS." *Wat. Sci. Tech.*, 1997: 433-440.

GARCIA, ESPIGARES, and PEREZ LÓPEZ. *ASPECTOS SANITARIOS DEL ESTUDIO DE LAS AGUAS*. GRANADA: SERVICIO DE PUBLICACIONES, 1985.

HARADA, and HIDEKI. *Desarrollo de tecnología de tratamiento de aguas residuales tipo consumo mínimo de energía*. INFORME CIENTIFICO, INDIA: Programa Internacional de Cooperación Científica y Tecnológica para Asuntos Globales, 2008.

HARADA, H., M. TANDUKAR, and A. OHASHI. "PERFORMANCE COMPARISON OF A PILOT-SCALE UASB AND DHS SYSTEM AND ACTIVATED SLUDGE PROCESS FOR THE TREATMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER." *WATER RESEARCH*, 2007: 2697-2705.

HIDEKI, and HARADA. "INDIAN JAPAN INTERNATIONAL COLLABORATION FOR AN INNOVATION SEWAGE TREATMENT TECHNOLOGY WITH COST-EFFECTIVE AND MINIMUM ENERGY REQUIREMENT." *SCIENCE AND TECHNOLOGY*, MARZO 2008: 9-11.

- MACHDAR, IZARUL, and SHIGEKI UEMURA. "POTENTIAL OF COMBINATION OF UASB AND REACTOR AS A NOVEL SEWAGE TREATMENT SYSTEM FOR DEVELOPING COUNTRIES: LONG-TERM EVALUATION." *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING*, 2006: 166.
- METCALF & EDDY, INC. "*INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACIÓN*". MADRID: McGRAW-HILL, 1995.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. *NORMAS DE SANEAMIENTO*. LIMA: GRAFICA ARSAM, 2007.
- MUÑOZ CASTRO, CELIA. *CALIDAD DEL AGUA*. TESIS, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 2009.
- OHASHI, A., A. TAWFIK, and H. HARADA. "SEWAGE TREATMENT IN A COMBINED UP-FLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB) DOWN FLOW HANGING SPONGE (DHS) SYSTEM" *BIOCHEMICAL ENGINEERING JOURNAL*, 2006: 210-2019.
- ONODERA, TAKASHI. "DEVELOPMENT OF A SIXTH-GENERATION DOWN-FLOW HANGING SPONGES (DHS) REACTOR USING RIGID SPONGE MEDIA FOR POST-TREATMENT OF UASB TREATING MUNICIPAL SEWAGE." *BIORESOURCE TECHNOLOGY*, 2014: 93-100.
- RAMALHO, RUBENS S. "*TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*". ESPAÑA: REVERTÉ S.A., 1996.
- RODRIGUEZ, LINA MARCELA PARRA. "OPERACION DE UN FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA) HASTA ALCANSAR EL ESTADO ESTABLE." TESIS, COLOMBIA, 2006.
- ROJAS RAMOS , RAFAEL FRANCOIS , and LUIS ANGEL VISURRAGA MARIÑO . "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON TECNOLOGÍA D.H.S. A ESCALA PILOTO." TESIS, LIMA, 2012.
- ROSALES ESCALANTE, ELIAS. "*TANQUES SEPTICOS. CONCEPTOS TEORICOS BASE Y APLICACIONES*". COSTA RICA: INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA, 2008.
- STEVEN, CASTILLO VIDAL, and AMANCIO CASTRO DIANA. ""ESTUDIO DEL SISTEMA DOWNFLOW HANGING SPONGE (DHS) TIPO BLOQUES PRISMATICOS EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DE UN REACTOR

ANAEROBIO DE MANTO DE LODOS Y FLUJO ASCENDENTE". " TESIS, LIMA - PERU, 2012.

SUMINO, H. , I. MACHDAR, and Y. SEKIGUCHI. "COMBINATION OF A UASB REACTOR AND A CURTAIN TYPE DHS (DOWNFLOW HANGING SPONGE) REACTOR AS A COST-EFFECTIVE SEWAGE TREATMENT SYSTEM FOR DEVELOPING COUNTRIES." *WATER SCIENCE & TECHNOLOGY* 42 (2000): 83-88.

TAKASHAKI, and YAMAGUCHI. ""PERFORMANCE OF A PILOT ESCALE SEWAGE TREATMENT: AN UP FLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB) AND A DOWN FLOW HANGING SPONGE (DHS) REACTORS COMBINED SYSTEM BY SULFUR-REDOX REACTION PROCESS UNDER LOW-TEMPERATURE CONDITIONS". " *BIORESOURCE TECHNOLOGY*, 2010: 753-757.

TANDUKAR, M., S. UEMURA, and A. OHASHI. "OMBINING UASB AND THE "FOURTH GENERATION" DOWN-FLOW HANGING SPONGE REACTOR FOR MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT." *WATER SCIENCE & TECHNOLOGY*, 2006: 209-218.

TARNAWIECK OSSIO, VERONICA S., and JORGE E. TAPIA ACUÑA. ""EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ESPONJAS COLGANTES DHS DE PRIMERA GENERACION DEL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DEL REACTOR UASB." TESIS, LIMA-PERU, 2013.

TAWFIK, A., A. OHASHI, and H. HARADA. ""OPTIMIZATION OF THE PERFORMANCE OF AN INTEGRATED ANAEROBIC-AEROBIC SYSTEM FOR DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT". " *WATER SCIENCE & TECHNOLOGY*, 2008: 185-194.

AGRILIFE, TEXAS A&M. *SISTEMAS INDIVIDUALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS*. OCTUBRE 30, 2013. <http://aglifesciences.tamu.edu/baen/wp-content/uploads/sites/24/2017/01/L-5345S.-Trickling-Filter-Spanish-Version.pdf> (accessed OCTUBRE 20, 2017).

ALIANZA POR EL AGUA. *FILTRO PERCOLADOR, ALIANZA POR EL AGUA*. MAYO 2013. <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t8.html> (accessed NOVIEMBRE 19, 2017).

- BRICOBLOG. *Todo sobre las resinas Epoxi*. OCTUBRE 28, 2013.  
<https://www.bricoblog.eu/todo-sobre-las-resinas-epoxi-o-poliepoxico/> (accessed NOVIEMBRE 10, 2017).
- EPOXEMEX. *EPOXEMEX Resinas epóxicas*. 2001.  
[http://www.epoxi.depintur.com/que\\_es\\_el\\_epoxi.html](http://www.epoxi.depintur.com/que_es_el_epoxi.html) (accessed OCTUBRE 15, 2017).
- ESTRUCPLAN. *INGENIERIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. MAYO 20, 2008. <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=2515> (accessed OCTUBRE 02, 2017).
- MARSILLI, ALEJANDRO. *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. DICIEMBRE 15, 2005. [www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm](http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm) (accessed NOVIEMBRE 07, 2017).
- POLIURETANOS. *POLIURETANOS*. junio 2014.  
<http://www.poliuretanos.com/productos/especialidades/alta-densidad.html> (accessed NOVIEMBRE 2017).
- RESINAS EPÓXICAS. *RESINAS EPÓXICAS*. enero 31, 2006.  
<https://www.quiminet.com/articulos/resinas-epoxicas-un-polifacetico-componente-5409.htm> (accessed octubre 14, 2017).
- SISTEMA UNIVERSITARIO TEXAS A Y M, LA EPA. *FOUR TEXAS AYM SYSTEM AGENCIES HIT WITH PENALTIES BY EPA*. NOVIEMBRE 29, 2016.  
<http://elpenultimobloguero.blogspot.pe/> (accessed OCTUBRE 25, 2017).
- SYNERGY, NyF. *NyF DE COLOMBIA: TRATAMIENTO DE AGUAS*. JUNIO 2014.  
<http://www.nyfdecolombia.com/plantas/tratamiento-de-aguas-residuales> (accessed 10 20, 2017).

# **ANEXOS**

## ANEXO 01: Diseño de sistema DHS de sexta generación

### 1. Cálculo de caudal de diseño

$$Qd = \frac{Volumen}{TRH}$$

Vol.: Volumen del recipiente

TRH: Tiempo de retención hidráulica considerado (1.5 hrs de acuerdo a estudios anteriores).

#### Cálculo de volúmenes

##### \* Volumen de reactores:

Reactor N° 01:

Ancho	=	14.52 cm
Largo	=	15.00 cm
Profundidad	=	53.00 cm
Volumen 01	=	11543.4 cm <sup>3</sup>

Reactor N° 02:

Ancho	=	14.52 cm
Largo	=	15.00 cm
Profundidad	=	53.00 cm
Volumen 02	=	11543.4 cm <sup>3</sup>
		0.0115 m <sup>3</sup>

##### \* Volumen de esponjas

Diámetro externo	=	4.50 cm
Espesor	=	2.54 cm
Diámetro interno	=	2.20 cm
Vol. total externo	=	40.40 cm <sup>3</sup>
Vol. Espacio interno	=	9.66 cm <sup>3</sup>
Volumen Esponja	=	30.7 cm <sup>3</sup>

\* Cantidad de esponjas en cada contenedor:

% de volumen de esponjas que ocupan =

**58.59%**

**\* Cantidad de esponjas**

cantidad esponjas = 220 unidades

volumen total esponjas = 6763.148 cm<sup>3</sup>

porosidad de esponja = 88.00%

porosidad con resina= 63.00%

volumen real = 4260.783497 cm<sup>3</sup>

0.004260783 m<sup>3</sup>

TRH = 1.5 hrs

**\* Caudal de diseño** = 0.002840522 m<sup>3</sup>/h

0.000789034 l/s

68.17253595 l/dia

**ANEXO 02: Registro de datos obtenidos en campo**

**Tabla 1.A: Registro de datos de pH en afluente y efluente del reactor DHS.**

N° SEMANA	Resultado horario de pH								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	pH Afluente			pH Efluente			pH AF.	Ph EF.	pH AF.	pH EF.
			Hora		Prom edio	Hora		Prom edio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 01	1	07/11/2016	6.80	6.94	6.87	7.01	7.65	7.33	6.87	7.33	6.90	7.46
	2	08/11/2016	6.88	6.88	6.88	7.91	7.91	7.91	6.88	7.91		
	3	09/11/2016	7.10	6.90	7.00	7.60	7.80	7.70	7.00	7.70		
	4	10/11/2016	6.89	6.94	6.92	7.73	7.67	7.70	6.92	7.70		
	5	11/11/2016	6.85	6.75	6.80	6.90	7.50	7.20	6.80	7.20		
	6	12/11/2016	6.79	6.96	6.88	6.86	7.64	7.25	6.88	7.25		
	7	13/11/2016	6.90	7.06	6.98	6.97	7.23	7.10	6.98	7.10		
SEMANA 02	8	14/11/2016	7.46	7.03	7.25	8.47	8.11	8.29	7.25	8.29	7.22	7.95
	9	15/11/2016	7.50	7.09	7.30	7.93	7.88	7.91	7.30	7.91		
	10	16/11/2016	7.42	7.18	7.30	7.53	7.87	7.70	7.30	7.70		
	11	17/11/2016	7.85	7.12	7.49	8.01	7.75	7.88	7.49	7.88		
	12	18/11/2016	7.12	7.06	7.09	8.07	7.95	8.01	7.09	8.01		
	13	19/11/2016	7.21	6.99	7.10	8.23	7.75	7.99	7.10	7.99		
	14	20/11/2016	7.05	6.93	6.99	8.02	7.72	7.87	6.99	7.87		

N° SEMANA	Resultado horario de pH								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	pH Afluente			pH Efluente			pH AF.	Ph EF.	pH AF.	pH EF.
			Hora		Promedio	Hora		Promedio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 03	15	21/11/2016	7.00	7.02	7.01	8.05	7.86	7.96	7.01	7.96	7.01	7.93
	16	22/11/2016	7.08	7.07	7.08	7.93	7.76	7.85	7.08	7.85		
	17	23/11/2016	7.11	6.99	7.05	8.17	7.71	7.94	7.05	7.94		
	18	24/11/2016	7.08	6.96	7.02	7.97	7.85	7.91	7.02	7.91		
	19	25/11/2016	6.99	6.90	6.95	7.78	7.81	7.80	6.95	7.80		
	20	26/11/2016	6.94	6.91	6.93	7.92	8.13	8.03	6.93	8.03		
	21	27/11/2016	7.07	6.98	7.03	8.16	7.98	8.07	7.03	8.07		
SEMANA 04	22	28/11/2016	7.16	7.11	7.14	8.08	8.02	8.05	7.14	8.05	7.55	8.09
	23	29/11/2016	8.09	7.89	7.99	8.28	8.10	8.19	7.99	8.19		
	24	30/11/2016	7.90	7.86	7.88	8.31	8.23	8.27	7.88	8.27		
	25	01/12/2016	7.85	8.02	7.94	8.21	8.00	8.11	7.94	8.11		
	26	02/12/2016	8.08	8.03	8.06	8.05	8.03	8.04	8.06	8.04		
	27	03/12/2016	6.85	6.89	6.87	8.11	7.86	7.99	6.87	7.99		
	28	04/12/2016	6.96	7.02	6.99	8.02	7.92	7.97	6.99	7.97		
SEMANA 05	29	05/12/2016	7.00	7.08	7.04	8.10	8.16	8.13	7.04	8.13	7.02	7.86
	30	06/12/2016	6.88	7.07	6.98	7.79	7.93	7.86	6.98	7.86		
	31	07/12/2016	7.09	7.09	7.09	7.92	8.03	7.98	7.09	7.98		
	32	08/12/2016	6.69	7.07	6.88	7.87	7.78	7.83	6.88	7.83		
	33	09/12/2016	7.03	6.96	7.00	7.74	7.72	7.73	7.00	7.73		
	34	10/12/2016	7.08	7.06	7.07	7.91	7.66	7.79	7.07	7.79		
	35	11/12/2016	7.23	6.97	7.10	7.84	7.64	7.74	7.10	7.74		
SEMANA 06	36	12/12/2016	7.11	7.09	7.10	7.98	7.96	7.97	7.10	7.97	7.13	7.86
	37	13/12/2016	7.06	7.07	7.07	7.90	7.63	7.77	7.07	7.77		
	38	14/12/2016	7.21	7.18	7.20	7.91	7.88	7.90	7.20	7.90		
	39	15/12/2016	7.04	7.17	7.11	7.74	7.92	7.83	7.11	7.83		
	40	16/12/2016	7.12	7.10	7.11	7.72	7.72	7.72	7.11	7.72		
	41	17/12/2016	7.10	7.14	7.12	7.55	7.86	7.71	7.12	7.71		
	42	18/12/2016	7.23	7.22	7.23	8.22	8.00	8.11	7.23	8.11		
SEMANA 07	43	19/12/2016	7.20	7.21	7.21	7.83	7.71	7.77	7.21	7.77	7.14	7.58
	44	20/12/2016	7.15	7.20	7.18	7.71	7.85	7.78	7.18	7.78		
	45	21/12/2016	7.18	7.14	7.16	7.83	7.67	7.75	7.16	7.75		
	46	22/12/2016	7.13	7.11	7.12	7.82	7.65	7.74	7.12	7.74		
	47	23/12/2016	7.04	7.01	7.03	7.41	7.13	7.27	7.03	7.27		
	48	24/12/2016	7.06	7.08	7.07	7.22	6.90	7.06	7.07	7.06		
	49	25/12/2016	7.16	7.35	7.26	7.70	7.66	7.68	7.26	7.68		
SEMANA 08	50	26/12/2016	7.16	7.06	7.11	7.67	7.48	7.58	7.11	7.58	7.05	7.05
	51	27/12/2016	7.01	7.08	7.05	7.12	6.89	7.01	7.05	7.01		
	52	28/12/2016	7.02	7.10	7.06	6.73	7.70	7.22	7.06	7.22		
	53	29/12/2016	7.05	7.04	7.05	7.57	7.50	7.54	7.05	7.54		
	54	30/12/2016	7.06	7.02	7.04	7.61	7.15	7.38	7.04	7.38		
	55	31/12/2016	7.06	7.00	7.03	6.41	6.58	6.50	7.03	6.50		
	56	01/01/2017	6.99	7.01	7.00	6.15	6.07	6.11	7.00	6.11		



N° SEMANA	Resultado horario de pH								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	pH Afluente			pH Efluente			pH AF.	Ph EF.	pH AF.	pH EF.
			Hora		Prom edio	Hora		Prom edio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 09	57	02/01/2017	7.11	7.21	7.16	5.96	7.58	6.77	7.16	6.77	7.13	7.33
	58	03/01/2017	7.11	7.13	7.12	7.51	7.45	7.48	7.12	7.48		
	59	04/01/2017	7.28	7.24	7.26	7.67	7.54	7.61	7.26	7.61		
	60	05/01/2017	7.12	7.07	7.10	7.41	7.21	7.31	7.10	7.31		
	61	06/01/2017	7.09	7.11	7.10	7.48	7.29	7.39	7.10	7.39		
	62	07/01/2017	7.18	7.06	7.12	7.24	7.62	7.43	7.12	7.43		
	63	08/01/2017	7.08	7.09	7.09	7.37	7.34	7.36	7.09	7.36		
SEMANA 10	64	09/01/2017	7.04	7.02	7.03	7.08	7.00	7.04	7.03	7.04	7.04	7.30
	65	10/01/2017	7.12	7.22	7.17	7.61	7.45	7.53	7.17	7.53		
	66	11/01/2017	6.95	6.98	6.97	6.73	7.31	7.02	6.97	7.02		
	67	12/01/2017	7.03	7.02	7.03	7.46	7.41	7.44	7.03	7.44		
	68	13/01/2017	6.98	7.05	7.02	7.22	7.30	7.26	7.02	7.26		
	69	14/01/2017	6.99	7.05	7.02	7.37	7.43	7.40	7.02	7.40		
	70	15/01/2017	7.02	7.11	7.07	7.38	7.38	7.38	7.07	7.38		
SEMANA 11	71	16/01/2017	6.99	6.97	6.98	7.45	7.28	7.37	6.98	7.37	7.04	7.38
	72	17/01/2017	7.00	7.05	7.03	7.25	7.13	7.19	7.03	7.19		
	73	18/01/2017	7.15	7.19	7.17	7.24	7.49	7.37	7.17	7.37		
	74	19/01/2017	7.00	6.97	6.99	7.44	7.39	7.42	6.99	7.42		
	75	20/01/2017	7.07	7.01	7.04	7.55	7.45	7.50	7.04	7.50		
	76	21/01/2017	7.00	7.14	7.07	7.50	7.37	7.44	7.07	7.44		
	77	22/01/2017	7.02	6.99	7.01	7.40	7.43	7.42	7.01	7.42		
SEMANA 12	78	23/01/2017	6.99	6.98	6.99	7.54	7.31	7.43	6.99	7.43	7.04	7.32
	79	24/01/2017	7.03	7.06	7.05	7.29	7.17	7.23	7.05	7.23		
	80	25/01/2017	7.05	7.04	7.05	7.26	7.37	7.32	7.05	7.32		
	81	26/01/2017	7.01	7.04	7.03	7.39	7.07	7.23	7.03	7.23		
	82	27/01/2017	7.04	7.00	7.02	7.44	7.49	7.47	7.02	7.47		
	83	28/01/2017	7.05	7.07	7.06	7.55	7.17	7.36	7.06	7.36		
	84	29/01/2017	7.07	7.06	7.07	6.93	7.50	7.22	7.07	7.22		
SEMANA 13	85	30/01/2017	7.07	7.05	7.06	7.60	7.49	7.55	7.06	7.55	7.12	7.51
	86	01/02/2017	7.19	7.15	7.17	7.40	7.07	7.24	7.17	7.24		
	87	02/02/2017	7.04	7.08	7.06	7.58	7.51	7.55	7.06	7.55		
	88	03/02/2017	7.26	7.08	7.17	7.55	7.52	7.54	7.17	7.54		
	89	04/02/2017	7.15	7.17	7.16	7.75	7.57	7.66	7.16	7.66		
	90	05/02/2017	7.14	7.09	7.12	7.66	7.44	7.55	7.12	7.55		
SEMANA 14	91	06/02/2017	7.07	7.18	7.13	7.57	7.48	7.53	7.13	7.53	7.06	7.42
	92	07/02/2017	7.02	7.15	7.09	7.38	7.46	7.42	7.09	7.42		
	93	08/02/2017	7.08	7.10	7.09	7.48	7.43	7.46	7.09	7.46		
	94	09/02/2017	7.03	7.11	7.07	7.35	7.01	7.18	7.07	7.18		
	95	10/02/2017	7.09	6.90	7.00	7.49	7.24	7.37	7.00	7.37		
	96	11/02/2017	7.02	7.05	7.04	7.19	7.61	7.40	7.04	7.40		
	97	12/02/2017	6.95	7.03	6.99	7.58	7.54	7.56	6.99	7.56		

N° SEMANA	Resultado horario de pH								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	pH Afluente			pH Efluente			pH AF.	Ph EF.	pH AF.	pH EF.
			Hora		Promedio	Hora		Promedio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 15	98	13/02/2017	7.01	7.06	7.04	7.48	7.59	7.54	7.04	7.54	7.07	7.52
	99	14/02/2017	7.02	6.99	7.01	7.63	7.52	7.58	7.01	7.58		
	100	15/02/2017	7.10	7.08	7.09	7.41	7.36	7.39	7.09	7.39		
	101	16/02/2017	7.08	7.05	7.07	7.49	7.59	7.54	7.07	7.54		
	102	17/02/2017	7.03	6.99	7.01	7.51	7.49	7.50	7.01	7.50		
	103	18/02/2017	7.08	7.21	7.15	7.65	7.51	7.58	7.15	7.58		
	104	19/02/2017	7.12	7.16	7.14	7.55	7.49	7.52	7.14	7.52		
SEMANA 16	105	20/02/2017	7.17	7.29	7.23	7.60	7.37	7.49	7.23	7.49	7.12	7.47
	106	21/02/2017	7.17	7.23	7.20	7.61	7.42	7.52	7.20	7.52		
	107	22/02/2017	7.21	7.17	7.19	7.35	7.37	7.36	7.19	7.36		
	108	23/02/2017	7.05	7.13	7.09	7.36	7.53	7.45	7.09	7.45		
	109	24/02/2017	7.10	7.04	7.07	7.59	7.45	7.52	7.07	7.52		
	110	25/02/2017	6.99	7.07	7.03	7.48	7.55	7.52	7.03	7.52		
	111	26/02/2017	7.05	7.04	7.05	7.50	7.46	7.48	7.05	7.48		
SEMANA 17	112	27/02/2017	7.03	7.14	7.09	7.39	7.44	7.42	7.09	7.42	7.04	7.42
	113	28/02/2017	7.00	7.00	7.00	7.42	7.42	7.42	7.00	7.42		
	114	01/03/2017	7.08	7.08	7.08	7.47	7.44	7.46	7.08	7.46		
	115	02/03/2017	7.00	7.00	7.00	7.33	7.33	7.33	7.00	7.33		
	116	03/03/2017	6.99	6.98	6.99	7.55	7.55	7.55	6.99	7.55		
	117	04/03/2017	7.02	7.05	7.04	7.43	7.41	7.42	7.04	7.42		
	118	05/03/2017	7.07	7.10	7.09	7.37	7.34	7.36	7.09	7.36		
SEMANA 18	119	06/03/2017	7.07	7.07	7.07	7.42	7.39	7.41	7.07	7.41	7.08	7.41
	120	07/03/2017	7.06	7.08	7.07	7.48	7.43	7.46	7.07	7.46		
	121	08/03/2017	7.11	7.13	7.12	7.40	7.36	7.38	7.12	7.38		
	122	09/03/2017	7.08	7.06	7.07	7.33	7.19	7.26	7.07	7.26		
	123	10/03/2017	7.05	7.08	7.07	7.45	7.42	7.44	7.07	7.44		
	124	11/03/2017	7.04	7.10	7.07	7.29	7.36	7.33	7.07	7.33		
	125	12/03/2017	7.09	7.07	7.08	7.65	7.50	7.58	7.08	7.58		
SEMANA 19	126	13/03/2017	7.12	7.09	7.11	7.60	7.46	7.53	7.11	7.53	7.11	7.43
	127	14/03/2017	7.06	7.01	7.04	7.43	7.34	7.39	7.04	7.39		
	128	15/03/2017	7.17	7.17	7.17	7.32	7.30	7.31	7.17	7.31		
	129	16/03/2017	7.06	7.14	7.10	7.11	7.55	7.33	7.10	7.33		
	130	17/03/2017	7.18	7.10	7.14	7.49	7.45	7.47	7.14	7.47		
	131	18/03/2017	7.04	7.13	7.09	7.63	7.49	7.56	7.09	7.56		
SEMANA 20	132	20/03/2017	7.11	7.07	7.09	7.29	7.34	7.32	7.09	7.32	6.98	7.35
	133	21/03/2017	6.98	6.91	6.95	7.36	7.29	7.33	6.95	7.33		
	134	22/03/2017	6.93	6.93	6.93	7.55	7.45	7.50	6.93	7.50		
	135	23/03/2017	7.04	6.89	6.97	7.41	7.35	7.38	6.97	7.38		
	136	24/03/2017	6.91	6.96	6.94	7.46	7.24	7.35	6.94	7.35		
	137	25/03/2017	6.99	7.06	7.03	7.33	7.19	7.26	7.03	7.26		
	138	26/03/2017	6.88	7.07	6.98	7.27	7.38	7.33	6.98	7.33		

N° SEMANA	Resultado horario de pH								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	pH Afluente			pH Efluente			pH AF.	Ph EF.	pH AF.	pH EF.
			Hora		Promedio	Hora		Promedio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 21	139	27/03/2017	7.04	7.02	7.03	7.29	7.25	7.27	7.03	7.27	7.06	7.36
	140	28/03/2017	6.97	6.96	6.97	7.30	7.34	7.32	6.97	7.32		
	141	29/03/2017	7.05	7.02	7.04	7.46	7.48	7.47	7.04	7.47		
	142	30/03/2017	7.08	7.14	7.11	7.57	7.62	7.60	7.11	7.60		
	143	31/03/2017	7.12	7.13	7.13	7.36	7.31	7.34	7.13	7.34		
	144	01/04/2017	7.05	7.10	7.08	7.36	7.25	7.31	7.08	7.31		
145	02/04/2017	7.05	7.07	7.06	7.19	7.27	7.23	7.06	7.23	7.09	7.35	
SEMANA 22	146	03/04/2017	7.08	7.11	7.10	7.31	7.28	7.30	7.10			7.30
	147	04/04/2017	7.04	7.07	7.06	7.35	7.41	7.38	7.06			7.38
	148	05/04/2017	7.09	7.10	7.10	7.33	7.39	7.36	7.10			7.36
	149	06/04/2017	7.14	7.05	7.10	7.36	7.33	7.35	7.10			7.35
	150	07/04/2017	7.06	7.06	7.06	7.26	7.33	7.30	7.06			7.30
	151	08/04/2017	7.18	7.10	7.14	7.56	7.50	7.53	7.14	7.53		
152	09/04/2017	7.04	7.13	7.09	7.25	7.29	7.27	7.09	7.27	6.98	7.47	
SEMANA 23	153	10/04/2017	7.11	7.07	7.09	7.26	7.27	7.27	7.09			7.27
	154	11/04/2017	6.98	6.91	6.95	7.50	7.55	7.53	6.95			7.53
	155	12/04/2017	6.93	6.93	6.93	7.30	7.36	7.33	6.93			7.33
	156	13/04/2017	7.04	6.89	6.97	7.35	7.40	7.38	6.97			7.38
	157	14/04/2017	6.91	6.96	6.94	7.45	7.48	7.47	6.94			7.47
	158	15/04/2017	6.99	7.06	7.03	7.84	7.80	7.82	7.03	7.82		
159	16/04/2017	6.88	7.07	6.98	7.46	7.50	7.48	6.98	7.48	7.01	7.45	
SEMANA 24	160	17/04/2017	7.04	7.02	7.03	7.42	7.45	7.44	7.03			7.44
	161	18/04/2017	6.97	6.96	6.97	7.36	7.38	7.37	6.97			7.37
	162	19/04/2017	7.05	7.02	7.04	7.38	7.40	7.39	7.04			7.39
	163	20/04/2017	6.96	7.00	6.98	7.31	7.57	7.44	6.98			7.44
	164	21/04/2017	6.97	7.04	7.01	7.38	7.49	7.44	7.01			7.44
	165	22/04/2017	6.99	7.06	7.03	7.51	7.49	7.50	7.03	7.50		
166	23/04/2017	7.05	6.98	7.02	7.63	7.54	7.59	7.02	7.59	7.19	7.52	
SEMANA 25	167	24/04/2017	6.98	6.99	6.99	7.29	7.58	7.44	6.99			7.44
	168	25/04/2017	6.97	7.01	6.99	7.25	7.49	7.37	6.99			7.37
	169	26/04/2017	7.02	7.02	7.02	7.53	7.47	7.50	7.02			7.50
	170	27/04/2017	7.02	6.98	7.00	7.52	7.44	7.48	7.00			7.48
	171	28/04/2017	7.00	7.02	7.01	7.37	7.36	7.37	7.01			7.37
	172	29/04/2017	7.11	7.08	7.10	7.54	7.57	7.56	7.10			7.56
	173	30/04/2017	7.02	7.01	7.02	7.59	7.57	7.58	7.02			7.58
	174	01/05/2017	7.53	7.75	7.64	7.88	7.65	7.77	7.64			7.77
	175	02/05/2017	7.95	7.89	7.92	7.73	7.58	7.66	7.92	7.66		
<b>minimo</b>			6.69	6.75	6.80	5.96	6.07	6.11	6.80	6.11	6.90	7.05
<b>maximo</b>			8.09	8.03	8.06	8.47	8.23	8.29	8.06	8.29	7.55	8.09
<b>promedio</b>			7.09	7.09	7.09	7.52	7.50	7.51	7.09	7.51	7.09	7.51

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.A: Registro de datos de temperatura en afluente y efluente del reactor  
DHS.**

N° SEMANA	Resultado horario de temperatura								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	T° Afluente °C			T° Efluente °C			T° AF.	T° EF.	T° AF.	T° EF.
			Hora		Prom edio	Hora		Prom edio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 01	1	07/11/2016	11.30	12.30	11.80	11.20	18.60	14.90	11.80	14.90	13.79	13.30
	2	08/11/2016	12.70	12.70	12.70	10.60	10.60	10.60	12.70	10.60		
	3	09/11/2016	12.20	15.50	13.85	10.20	15.30	12.75	13.85	12.75		
	4	10/11/2016	13.40	17.50	15.45	11.40	17.30	14.35	15.45	14.35		
	5	11/11/2016	12.40	16.90	14.65	9.90	16.20	13.05	14.65	13.05		
	6	12/11/2016	11.30	17.20	14.25	8.20	16.80	12.50	14.25	12.50		
	7	13/11/2016	9.20	18.40	13.80	9.90	20.00	14.95	13.80	14.95		
SEMANA 02	8	14/11/2016	8.30	19.00	13.65	8.10	15.00	11.55	13.65	11.55	13.04	12.51
	9	15/11/2016	9.10	19.50	14.30	8.60	15.50	12.05	14.30	12.05		
	10	16/11/2016	9.60	16.50	13.05	10.30	16.30	13.30	13.05	13.30		
	11	17/11/2016	8.80	16.30	12.55	10.20	16.10	13.15	12.55	13.15		
	12	18/11/2016	8.00	18.20	13.10	10.60	16.40	13.50	13.10	13.50		
	13	19/11/2016	6.80	17.70	12.25	7.10	17.40	12.25	12.25	12.25		
	14	20/11/2016	6.50	18.30	12.40	7.10	16.40	11.75	12.40	11.75		
SEMANA 03	15	21/11/2016	7.60	18.20	12.90	7.10	14.50	10.80	12.90	10.80	13.89	12.59
	16	22/11/2016	6.60	19.10	12.85	6.20	17.60	11.90	12.85	11.90		
	17	23/11/2016	8.70	19.10	13.90	8.90	16.40	12.65	13.90	12.65		
	18	24/11/2016	10.70	17.70	14.20	10.70	17.10	13.90	14.20	13.90		
	19	25/11/2016	8.20	18.60	13.40	9.10	15.10	12.10	13.40	12.10		
	20	26/11/2016	12.90	17.30	15.10	10.70	16.00	13.35	15.10	13.35		
	21	27/11/2016	12.60	17.10	14.85	10.80	16.10	13.45	14.85	13.45		
SEMANA 04	22	28/11/2016	9.90	19.00	14.45	9.70	17.20	13.45	14.45	13.45	14.20	13.59
	23	29/11/2016	12.00	15.90	13.95	12.30	15.90	14.10	13.95	14.10		
	24	30/11/2016	11.90	16.30	14.10	12.20	16.20	14.20	14.10	14.20		
	25	01/12/2016	12.20	15.80	14.00	12.60	15.00	13.80	14.00	13.80		
	26	02/12/2016	11.10	16.30	13.70	11.40	15.50	13.45	13.70	13.45		
	27	03/12/2016	13.90	16.90	15.40	11.30	15.40	13.35	15.40	13.35		
	28	04/12/2016	11.00	16.60	13.80	11.00	14.60	12.80	13.80	12.80		
SEMANA 05	29	05/12/2016	9.20	17.70	13.45	9.40	13.50	11.45	13.45	11.45	13.84	12.54
	30	06/12/2016	12.30	15.70	14.00	12.00	15.00	13.50	14.00	13.50		
	31	07/12/2016	10.20	14.80	12.50	10.40	14.20	12.30	12.50	12.30		
	32	08/12/2016	13.40	16.10	14.75	11.00	13.80	12.40	14.75	12.40		
	33	09/12/2016	11.30	16.10	13.70	11.10	14.10	12.60	13.70	12.60		
	34	10/12/2016	12.50	16.10	14.30	10.80	15.30	13.05	14.30	13.05		
	35	11/12/2016	11.20	17.10	14.15	11.00	13.90	12.45	14.15	12.45		

N° SEMANA	Resultado horario de temperatura								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	T° Afluente °C			T° Efluente °C			T° AF.	T° EF.	T° AF.	T° EF.
			Hora		Promedio	Hora		Promedio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 06	36	12/12/2016	10.90	17.90	14.40	11.10	16.30	13.70	14.40	13.70	14.50	13.49
	37	13/12/2016	10.90	18.80	14.85	11.20	14.60	12.90	14.85	12.90		
	38	14/12/2016	9.80	17.50	13.65	10.20	16.20	13.20	13.65	13.20		
	39	15/12/2016	14.10	16.70	15.40	11.70	16.10	13.90	15.40	13.90		
	40	16/12/2016	12.20	17.10	14.65	12.10	15.00	13.55	14.65	13.55		
	41	17/12/2016	11.50	17.10	14.30	11.30	16.00	13.65	14.30	13.65		
SEMANA 07	42	18/12/2016	10.30	18.20	14.25	11.30	15.80	13.55	14.25	13.55	14.09	13.34
	43	19/12/2016	11.60	15.10	13.35	11.90	13.20	12.55	13.35	12.55		
	44	20/12/2016	10.40	18.00	14.20	11.10	17.00	14.05	14.20	14.05		
	45	21/12/2016	11.90	16.60	14.25	13.00	16.20	14.60	14.25	14.60		
	46	22/12/2016	14.10	15.00	14.55	12.90	13.30	13.10	14.55	13.10		
	47	23/12/2016	11.10	16.40	13.75	10.60	14.10	12.35	13.75	12.35		
SEMANA 08	48	24/12/2016	13.30	16.10	14.70	11.00	13.90	12.45	14.70	12.45	13.69	12.73
	49	25/12/2016	11.10	16.60	13.85	13.00	15.60	14.30	13.85	14.30		
	50	26/12/2016	10.80	17.90	14.35	11.20	13.70	12.45	14.35	12.45		
	51	27/12/2016	11.80	17.50	14.65	12.20	15.90	14.05	14.65	14.05		
	52	28/12/2016	12.20	15.60	13.90	12.10	15.30	13.70	13.90	13.70		
	53	29/12/2016	14.60	16.00	15.30	13.20	15.90	14.55	15.30	14.55		
SEMANA 09	54	30/12/2016	9.90	15.30	12.60	10.60	13.30	11.95	12.60	11.95	14.23	13.35
	55	31/12/2016	12.10	14.60	13.35	10.40	13.10	11.75	13.35	11.75		
	56	01/01/2017	9.50	13.90	11.70	9.80	11.50	10.65	11.70	10.65		
	57	02/01/2017	11.00	16.30	13.65	10.90	15.60	13.25	13.65	13.25		
	58	03/01/2017	12.00	16.10	14.05	11.90	15.40	13.65	14.05	13.65		
	59	04/01/2017	10.90	17.00	13.95	11.20	16.90	14.05	13.95	14.05		
SEMANA 10	60	05/01/2017	13.70	16.30	15.00	11.90	15.30	13.60	15.00	13.60	14.09	13.44
	61	06/01/2017	11.20	18.20	14.70	11.30	15.40	13.35	14.70	13.35		
	62	07/01/2017	12.80	15.70	14.25	11.60	15.70	13.65	14.25	13.65		
	63	08/01/2017	13.50	14.50	14.00	11.30	12.50	11.90	14.00	11.90		
	64	09/01/2017	11.20	17.10	14.15	11.10	13.80	12.45	14.15	12.45		
	65	10/01/2017	13.20	15.60	14.40	12.50	14.90	13.70	14.40	13.70		
SEMANA 11	66	11/01/2017	11.90	17.60	14.75	11.50	17.30	14.40	14.75	14.40	14.07	12.79
	67	12/01/2017	14.70	15.70	15.20	13.30	15.40	14.35	15.20	14.35		
	68	13/01/2017	10.40	15.10	12.75	11.20	14.40	12.80	12.75	12.80		
	69	14/01/2017	14.00	14.70	14.35	12.80	13.90	13.35	14.35	13.35		
	70	15/01/2017	11.90	14.20	13.05	12.30	13.80	13.05	13.05	13.05		
	71	16/01/2017	10.40	13.90	12.15	11.50	12.90	12.20	12.15	12.20		
72	17/01/2017	12.60	14.40	13.50	8.90	12.80	10.85	13.50	10.85			
73	18/01/2017	10.70	19.90	15.30	10.70	17.90	14.30	15.30	14.30			
74	19/01/2017	11.50	19.30	15.40	12.20	14.80	13.50	15.40	13.50			
75	20/01/2017	10.90	17.50	14.20	11.00	15.90	13.45	14.20	13.45			
76	21/01/2017	13.20	15.10	14.15	11.40	15.40	13.40	14.15	13.40			
77	22/01/2017	12.90	14.70	13.80	11.00	12.60	11.80	13.80	11.80			

N° SEMANA	Resultado horario de temperatura								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	T° Afluente °C			T° Efluente °C			T° AF.	T° EF.	T° AF.	T° EF.
			Hora		Prom edio	Hora		Prom edio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 12	78	23/01/2017	10.40	15.20	12.80	10.30	14.60	12.45	12.80	12.45	13.56	12.50
	79	24/01/2017	13.40	14.90	14.15	10.90	13.40	12.15	14.15	12.15		
	80	25/01/2017	11.10	14.50	12.80	11.30	13.90	12.60	12.80	12.60		
	81	26/01/2017	12.50	15.10	13.80	10.80	13.00	11.90	13.80	11.90		
	82	27/01/2017	9.20	15.90	12.55	9.50	13.10	11.30	12.55	11.30		
	83	28/01/2017	11.90	16.40	14.15	11.20	15.20	13.20	14.15	13.20		
	84	29/01/2017	11.60	17.70	14.65	11.70	16.10	13.90	14.65	13.90		
SEMANA 13	85	30/01/2017	12.30	18.40	15.35	12.30	16.80	14.55	15.35	14.55	14.82	14.23
	86	01/02/2017	11.60	18.10	14.85	11.80	16.70	14.25	14.85	14.25		
	87	02/02/2017	12.80	17.70	15.25	13.20	16.30	14.75	15.25	14.75		
	88	03/02/2017	10.10	17.50	13.80	10.40	16.50	13.45	13.80	13.45		
	89	04/02/2017	13.80	16.90	15.35	12.10	15.50	13.80	15.35	13.80		
	90	05/02/2017	11.50	17.10	14.30	12.70	16.50	14.60	14.30	14.60		
SEMANA 14	91	06/02/2017	12.00	20.50	16.25	12.10	14.90	13.50	16.25	13.50	14.50	13.65
	92	07/02/2017	13.70	16.70	15.20	11.40	16.10	13.75	15.20	13.75		
	93	08/02/2017	12.10	16.40	14.25	11.80	16.00	13.90	14.25	13.90		
	94	09/02/2017	11.70	17.00	14.35	11.60	16.02	13.81	14.35	13.81		
	95	10/02/2017	12.30	16.10	14.20	12.50	15.30	13.90	14.20	13.90		
	96	11/02/2017	12.00	14.70	13.35	11.30	14.20	12.75	13.35	12.75		
	97	12/02/2017	11.80	16.00	13.90	12.80	15.10	13.95	13.90	13.95		
SEMANA 15	98	13/02/2017	13.90	16.40	15.15	12.00	15.30	13.65	15.15	13.65	13.42	12.74
	99	14/02/2017	12.60	12.50	12.55	11.00	11.90	11.45	12.55	11.45		
	100	15/02/2017	8.70	14.40	11.55	8.60	12.10	10.35	11.55	10.35		
	101	16/02/2017	10.90	18.30	14.60	11.70	17.20	14.45	14.60	14.45		
	102	17/02/2017	11.10	13.40	12.25	12.90	13.70	13.30	12.25	13.30		
	103	18/02/2017	12.30	15.10	13.70	10.80	14.80	12.80	13.70	12.80		
	104	19/02/2017	12.10	16.20	14.15	10.10	16.30	13.20	14.15	13.20		
SEMANA 16	105	20/02/2017	9.20	15.70	12.45	9.90	14.60	12.25	12.45	12.25	13.34	12.68
	106	21/02/2017	13.10	14.60	13.85	10.70	12.90	11.80	13.85	11.80		
	107	22/02/2017	10.80	15.10	12.95	11.20	13.50	12.35	12.95	12.35		
	108	23/02/2017	10.70	14.80	12.75	11.20	15.10	13.15	12.75	13.15		
	109	24/02/2017	11.50	16.70	14.10	12.60	15.30	13.95	14.10	13.95		
	110	25/02/2017	13.70	15.60	14.65	11.20	15.70	13.45	14.65	13.45		
	111	26/02/2017	11.10	14.20	12.65	11.00	12.60	11.80	12.65	11.80		
SEMANA 17	112	27/02/2017	10.30	16.30	13.30	10.60	13.50	12.05	13.30	12.05	14.06	12.96
	113	28/02/2017	13.80	13.80	13.80	11.90	11.90	11.90	13.80	11.90		
	114	01/03/2017	10.50	16.00	13.25	10.70	15.10	12.90	13.25	12.90		
	115	02/03/2017	17.20	17.20	17.20	15.30	15.30	15.30	17.20	15.30		
	116	03/03/2017	11.30	14.70	13.00	11.30	13.60	12.45	13.00	12.45		
	117	04/03/2017	11.60	16.60	14.10	10.90	15.00	12.95	14.10	12.95		
	118	05/03/2017	11.30	16.20	13.75	11.80	14.60	13.20	13.75	13.20		

N° SEMANA	Resultado horario de temperatura								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	T° Afluente °C			T° Efluente °C			T° AF.	T° EF.	T° AF.	T° EF.
			Hora		Prom edio	Hora		Prom edio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 18	119	06/03/2017	11.30	15.90	13.60	11.50	13.80	12.65	13.60	12.65	13.78	12.44
	120	07/03/2017	12.00	17.20	14.60	9.60	13.80	11.70	14.60	11.70		
	121	08/03/2017	11.20	14.40	12.80	11.50	13.50	12.50	12.80	12.50		
	122	09/03/2017	13.10	16.10	14.60	11.60	14.30	12.95	14.60	12.95		
	123	10/03/2017	10.90	15.30	13.10	11.10	13.80	12.45	13.10	12.45		
	124	11/03/2017	13.00	14.90	13.95	10.80	12.80	11.80	13.95	11.80		
	125	12/03/2017	10.90	16.70	13.80	11.00	15.10	13.05	13.80	13.05		
SEMANA 19	126	13/03/2017	10.80	17.00	13.90	11.10	13.90	12.50	13.90	12.50	13.53	12.63
	127	14/03/2017	13.30	14.30	13.80	12.20	12.90	12.55	13.80	12.55		
	128	15/03/2017	11.20	15.10	13.15	11.40	14.20	12.80	13.15	12.80		
	129	16/03/2017	12.60	15.20	13.90	11.30	14.70	13.00	13.90	13.00		
	130	17/03/2017	8.90	14.80	11.85	9.10	13.40	11.25	11.85	11.25		
	131	18/03/2017	14.00	15.10	14.55	12.80	14.50	13.65	14.55	13.65		
SEMANA 20	132	20/03/2017	11.70	17.80	14.75	11.60	15.10	13.35	14.75	13.35	14.56	13.39
	133	21/03/2017	13.70	17.30	15.50	11.60	13.90	12.75	15.50	12.75		
	134	22/03/2017	11.90	17.60	14.75	12.30	16.10	14.20	14.75	14.20		
	135	23/03/2017	13.40	15.80	14.60	12.00	15.10	13.55	14.60	13.55		
	136	24/03/2017	9.30	15.90	12.60	10.10	14.20	12.15	12.60	12.15		
	137	25/03/2017	13.50	15.80	14.65	11.30	15.50	13.40	14.65	13.40		
	138	26/03/2017	14.30	15.90	15.10	13.00	15.60	14.30	15.10	14.30		
SEMANA 21	139	27/03/2017	11.10	15.60	13.35	11.70	14.70	13.20	13.35	13.20	14.21	13.72
	140	28/03/2017	13.00	16.50	14.75	11.80	13.50	12.65	14.75	12.65		
	141	29/03/2017	13.10	16.70	14.90	13.70	16.50	15.10	14.90	15.10		
	142	30/03/2017	14.00	16.10	15.05	13.90	16.40	15.15	15.05	15.15		
	143	31/03/2017	10.50	15.40	12.95	11.70	15.40	13.55	12.95	13.55		
	144	01/04/2017	13.70	16.00	14.85	12.20	15.90	14.05	14.85	14.05		
	145	02/04/2017	10.60	16.70	13.65	10.70	14.00	12.35	13.65	12.35		
SEMANA 22	146	03/04/2017	11.30	15.50	13.40	11.50	14.10	12.80	13.40	12.80	13.81	13.41
	147	04/04/2017	11.70	16.70	14.20	12.10	14.70	13.40	14.20	13.40		
	148	05/04/2017	15.10	16.40	15.75	14.50	15.20	14.85	15.75	14.85		
	149	06/04/2017	11.50	15.60	13.55	13.20	16.30	14.75	13.55	14.75		
	150	07/04/2017	9.80	16.90	13.35	10.50	16.50	13.50	13.35	13.50		
	151	08/04/2017	8.90	14.80	11.85	11.20	13.00	12.10	11.85	12.10		
	152	09/04/2017	14.00	15.10	14.55	12.20	12.80	12.50	14.55	12.50		
SEMANA 23	153	10/04/2017	11.70	17.80	14.75	12.10	13.50	12.80	14.75	12.80	14.56	12.94
	154	11/04/2017	13.70	17.30	15.50	13.10	14.00	13.55	15.50	13.55		
	155	12/04/2017	11.90	17.60	14.75	12.80	13.60	13.20	14.75	13.20		
	156	13/04/2017	13.40	15.80	14.60	12.50	13.90	13.20	14.60	13.20		
	157	14/04/2017	9.30	15.90	12.60	11.70	14.10	12.90	12.60	12.90		
	158	15/04/2017	13.50	15.80	14.65	11.60	13.60	12.60	14.65	12.60		
159	16/04/2017	14.30	15.90	15.10	11.90	12.80	12.35	15.10	12.35			

N° SEMANA	Resultado horario de temperatura								Promedio Diario		Promedio Semanal	
	N°	Fecha	T° Afluente °C			T° Efluente °C			T° AF.	T° EF.	T° AF.	T° EF.
			Hora		Prom edio	Hora		Prom edio				
			7:00	15:00		7:00	15:00					
SEMANA 24	160	17/04/2017	11.10	15.60	13.35	10.50	13.40	11.95	13.35	11.95	14.24	12.81
	161	18/04/2017	13.00	16.50	14.75	10.80	12.90	11.85	14.75	11.85		
	162	19/04/2017	13.10	16.70	14.90	11.20	14.00	12.60	14.90	12.60		
	163	20/04/2017	13.10	16.40	14.75	11.80	16.20	14.00	14.75	14.00		
	164	21/04/2017	14.40	16.20	15.30	11.90	14.90	13.40	15.30	13.40		
	165	22/04/2017	13.00	16.50	14.75	12.70	16.30	14.50	14.75	14.50		
	166	23/04/2017	11.70	12.00	11.85	11.10	11.60	11.35	11.85	11.35		
SEMANA 25	167	24/04/2017	7.80	16.90	12.35	7.60	12.90	10.25	12.35	10.25	14.07	13.23
	168	25/04/2017	12.10	15.20	13.65	9.00	14.30	11.65	13.65	11.65		
	169	26/04/2017	12.00	17.80	14.90	12.40	17.00	14.70	14.90	14.70		
	170	27/04/2017	12.50	16.30	14.40	13.60	15.20	14.40	14.40	14.40		
	171	28/04/2017	14.00	17.50	15.75	12.00	16.00	14.00	15.75	14.00		
	172	29/04/2017	12.90	15.60	14.25	11.90	14.70	13.30	14.25	13.30		
	173	30/04/2017	10.10	17.70	13.90	10.30	14.40	12.35	13.90	12.35		
	174	01/05/2017	12.20	16.90	14.55	13.00	16.30	14.65	14.55	14.65		
	175	02/05/2017	10.50	15.20	12.85	11.50	16.00	13.75	12.85	13.75		
<b>minimo</b>			6.50	12.00	11.55	6.20	10.60	10.25	11.55	10.25	13.04	12.44
<b>maximo</b>			17.20	20.50	17.20	15.30	20.00	15.30	17.20	15.30	14.82	14.23
<b>promedio</b>			11.68	16.31	13.99	11.26	14.90	13.08	13.99	13.08	14.00	13.08

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.A: Registro de caudal de descarga generado en la localidad de Marian, durante una semana.**

N°	FECHA	HORA	T1 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	TIEMPO PROM. (SEG)	VOL. PROM (l/s)	CAUDAL (l/s)
1	14/09/2016	07:00 a.m.	6.80	7.00	7.60	7.20	7.20	7.16	4.00	0.56
2	14/09/2016	08:00 a.m.	7.10	7.10	7.00	7.10	7.10	7.08	4.00	0.56
3	14/09/2016	09:00 a.m.	8.50	8.10	7.70	8.50	8.50	8.26	4.00	0.48
4	14/09/2016	10:00 a.m.	6.70	7.30	7.00	6.90	7.30	7.04	4.00	0.57
5	14/09/2016	11:00 a.m.	9.20	9.30	9.20	9.30	9.50	9.30	4.00	0.43
6	14/09/2016	12:00 p.m.	7.20	6.80	6.50	7.10	6.80	6.88	4.00	0.58
7	14/09/2016	01:00 p.m.	10.30	10.20	10.70	10.50	10.70	10.48	4.00	0.38
8	14/09/2016	02:00 p.m.	12.00	11.90	11.70	11.50	11.30	11.68	4.00	0.34
9	14/09/2016	03:00 p.m.	9.70	9.90	9.60	9.90	9.70	9.76	4.00	0.41
10	14/09/2016	04:00 p.m.	8.00	8.30	8.00	7.90	7.40	7.92	4.00	0.51
11	14/09/2016	05:00 p.m.	8.10	8.10	8.20	8.40	8.20	8.20	4.00	0.49
12	14/09/2016	06:00 p.m.	10.56	9.92	10.63	10.29	10.18	10.32	4.00	0.39
13	14/09/2016	07:00 p.m.	9.90	9.99	10.10	10.15	9.85	10.00	4.00	0.40
14	14/09/2016	08:00 p.m.	10.89	10.90	11.15	11.16	10.50	10.92	4.00	0.37
15	14/09/2016	09:00 p.m.	11.20	11.40	11.10	11.40	11.30	11.28	4.00	0.35



N°	FECHA	HORA	T1 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	TIEMPO PROM. (SEG)	VOL. PROM (ltr.)	CAUDAL (l/s)
16	14/09/2016	10:00 p.m.	11.77	11.11	12.40	11.74	11.23	<b>11.65</b>	<b>4.00</b>	<b>0.34</b>
17	14/09/2016	11:00 p.m.	11.83	12.20	11.88	11.99	12.25	<b>12.03</b>	<b>4.00</b>	<b>0.33</b>
18	15/09/2016	12:00 a.m.	12.60	12.50	13.10	12.22	12.37	<b>12.56</b>	<b>4.00</b>	<b>0.32</b>
19	15/09/2016	01:00 a.m.	14.70	13.21	13.50	13.99	13.58	<b>13.80</b>	<b>4.00</b>	<b>0.29</b>
20	15/09/2016	02:00 a.m.	15.20	14.76	14.38	14.50	14.71	<b>14.71</b>	<b>4.00</b>	<b>0.27</b>
21	15/09/2016	03:00 a.m.	13.48	13.60	13.14	13.50	13.58	<b>13.46</b>	<b>4.00</b>	<b>0.30</b>
22	15/09/2016	04:00 a.m.	9.59	10.50	9.85	9.92	10.17	<b>10.01</b>	<b>4.00</b>	<b>0.40</b>
23	15/09/2016	05:00 a.m.	12.11	11.40	11.47	11.64	12.48	<b>11.82</b>	<b>4.00</b>	<b>0.34</b>
24	15/09/2016	06:00 a.m.	9.56	9.22	9.83	9.26	10.15	<b>9.60</b>	<b>4.00</b>	<b>0.42</b>
25	15/09/2016	07:00 a.m.	7.18	7.28	7.23	7.30	7.15	<b>7.23</b>	<b>4.00</b>	<b>0.55</b>
26	15/09/2016	08:00 a.m.	7.25	7.10	7.80	7.11	7.15	<b>7.28</b>	<b>4.00</b>	<b>0.55</b>
27	15/09/2016	09:00 a.m.	9.07	8.90	9.02	9.04	8.95	<b>9.00</b>	<b>4.00</b>	<b>0.44</b>
28	15/09/2016	10:00 a.m.	8.96	8.45	9.02	9.05	9.16	<b>8.93</b>	<b>4.00</b>	<b>0.45</b>
29	15/09/2016	11:00 a.m.	8.12	8.46	8.95	8.98	8.02	<b>8.51</b>	<b>4.00</b>	<b>0.47</b>
30	15/09/2016	12:00 p.m.	7.95	7.56	7.48	7.46	7.45	<b>7.58</b>	<b>4.00</b>	<b>0.53</b>
31	15/09/2016	01:00 p.m.	7.01	6.89	6.98	7.14	6.28	<b>6.86</b>	<b>4.00</b>	<b>0.58</b>
32	15/09/2016	02:00 p.m.	6.71	6.76	6.74	6.78	6.63	<b>6.72</b>	<b>4.00</b>	<b>0.59</b>
33	15/09/2016	03:00 p.m.	8.30	8.03	7.89	7.90	8.03	<b>8.03</b>	<b>4.00</b>	<b>0.50</b>
34	15/09/2016	04:00 p.m.	4.25	4.11	4.33	4.54	4.40	<b>4.33</b>	<b>4.00</b>	<b>0.92</b>
35	15/09/2016	05:00 p.m.	6.04	5.83	5.86	6.39	6.11	<b>6.05</b>	<b>4.00</b>	<b>0.66</b>
36	15/09/2016	06:00 p.m.	11.85	11.53	11.19	11.59	11.12	<b>11.46</b>	<b>4.00</b>	<b>0.35</b>
37	15/09/2016	07:00 p.m.	9.92	7.98	7.77	7.77	7.58	<b>8.20</b>	<b>4.00</b>	<b>0.49</b>
38	15/09/2016	08:00 p.m.	6.03	6.59	6.20	6.03	6.11	<b>6.19</b>	<b>4.00</b>	<b>0.65</b>
39	15/09/2016	09:00 p.m.	5.48	4.96	5.16	5.75	5.47	<b>5.36</b>	<b>4.00</b>	<b>0.75</b>
40	15/09/2016	10:00 p.m.	3.65	3.96	3.80	3.84	3.66	<b>3.78</b>	<b>4.00</b>	<b>1.06</b>
41	15/09/2016	11:00 p.m.	6.30	5.88	6.14	6.30	5.82	<b>6.09</b>	<b>4.00</b>	<b>0.66</b>
42	16/09/2016	12:00 a.m.	6.71	6.99	6.64	6.89	6.71	<b>6.79</b>	<b>4.00</b>	<b>0.59</b>
43	16/09/2016	01:00 a.m.	7.44	7.13	7.36	7.18	6.84	<b>7.19</b>	<b>4.00</b>	<b>0.56</b>
44	16/09/2016	02:00 a.m.	7.22	6.81	6.95	7.02	7.15	<b>7.03</b>	<b>4.00</b>	<b>0.57</b>
45	16/09/2016	03:00 a.m.	7.09	7.29	7.41	6.92	7.00	<b>7.14</b>	<b>4.00</b>	<b>0.56</b>
46	16/09/2016	04:00 a.m.	7.32	7.85	7.64	7.80	7.53	<b>7.63</b>	<b>4.00</b>	<b>0.52</b>
47	16/09/2016	05:00 a.m.	6.74	6.95	6.46	6.57	6.94	<b>6.73</b>	<b>4.00</b>	<b>0.59</b>
48	16/09/2016	06:00 a.m.	6.45	6.21	6.38	6.31	6.63	<b>6.40</b>	<b>4.00</b>	<b>0.63</b>
49	16/09/2016	07:00 a.m.	7.11	7.05	6.81	6.74	6.50	<b>6.84</b>	<b>4.00</b>	<b>0.58</b>
50	16/09/2016	08:00 a.m.	8.79	8.48	8.25	8.35	8.68	<b>8.51</b>	<b>4.00</b>	<b>0.47</b>
51	16/09/2016	09:00 a.m.	8.67	8.07	8.30	8.18	8.24	<b>8.29</b>	<b>4.00</b>	<b>0.48</b>
52	16/09/2016	10:00 a.m.	7.92	7.12	7.10	7.22	7.64	<b>7.40</b>	<b>4.00</b>	<b>0.54</b>
53	16/09/2016	11:00 a.m.	7.62	7.67	7.90	7.95	7.42	<b>7.71</b>	<b>4.00</b>	<b>0.52</b>
54	16/09/2016	12:00 p.m.	6.81	6.71	6.54	6.92	6.57	<b>6.71</b>	<b>4.00</b>	<b>0.60</b>
55	16/09/2016	01:00 p.m.	12.62	12.52	12.28	12.57	12.41	<b>12.48</b>	<b>4.00</b>	<b>0.32</b>
56	16/09/2016	02:00 p.m.	11.81	11.90	11.70	11.92	11.68	<b>11.80</b>	<b>4.00</b>	<b>0.34</b>
57	16/09/2016	03:00 p.m.	9.68	9.81	9.82	9.18	9.00	<b>9.50</b>	<b>4.00</b>	<b>0.42</b>
58	16/09/2016	04:00 p.m.	12.53	12.43	12.81	12.98	12.50	<b>12.65</b>	<b>4.00</b>	<b>0.32</b>
59	16/09/2016	05:00 p.m.	13.33	13.57	13.37	13.48	13.51	<b>13.45</b>	<b>4.00</b>	<b>0.30</b>
60	16/09/2016	06:00 p.m.	15.63	15.54	15.66	15.68	15.93	<b>15.69</b>	<b>4.00</b>	<b>0.25</b>

N°	FECHA	HORA	T1 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	TIEMPO PROM. (SEG)	VOL. PROM (ltr.)	CAUDAL (l/s)
61	16/09/2016	07:00 p.m.	8.90	8.61	8.83	8.93	8.89	<b>8.83</b>	<b>4.00</b>	<b>0.45</b>
62	16/09/2016	08:00 p.m.	8.60	8.53	8.49	8.70	8.60	<b>8.58</b>	<b>4.00</b>	<b>0.47</b>
63	16/09/2016	09:00 p.m.	6.70	6.79	6.49	6.70	6.68	<b>6.67</b>	<b>4.00</b>	<b>0.60</b>
64	16/09/2016	10:00 p.m.	7.90	7.80	7.40	7.80	7.70	<b>7.72</b>	<b>4.00</b>	<b>0.52</b>
65	16/09/2016	11:00 p.m.	6.30	5.20	5.50	6.20	5.40	<b>5.72</b>	<b>4.00</b>	<b>0.70</b>
66	17/09/2016	12:00 a.m.	4.90	5.35	5.35	5.40	5.30	<b>5.26</b>	<b>4.00</b>	<b>0.76</b>
67	17/09/2016	01:00 a.m.	5.80	6.00	6.20	6.40	6.60	<b>6.20</b>	<b>4.00</b>	<b>0.65</b>
68	17/09/2016	02:00 a.m.	6.90	7.80	8.10	8.40	8.60	<b>7.96</b>	<b>4.00</b>	<b>0.50</b>
69	17/09/2016	03:00 a.m.	7.80	8.10	7.10	8.20	8.30	<b>7.90</b>	<b>4.00</b>	<b>0.51</b>
70	17/09/2016	04:00 a.m.	8.40	8.40	8.20	8.30	8.40	<b>8.34</b>	<b>4.00</b>	<b>0.48</b>
71	17/09/2016	05:00 a.m.	7.80	8.50	8.80	8.60	8.50	<b>8.44</b>	<b>4.00</b>	<b>0.47</b>
72	17/09/2016	06:00 a.m.	5.50	5.70	5.90	5.70	5.70	<b>5.70</b>	<b>4.00</b>	<b>0.70</b>
73	17/09/2016	07:00 a.m.	7.36	7.86	7.81	7.69	7.70	<b>7.68</b>	<b>4.00</b>	<b>0.52</b>
74	17/09/2016	08:00 a.m.	8.25	8.77	8.86	8.60	8.54	<b>8.60</b>	<b>4.00</b>	<b>0.46</b>
75	17/09/2016	09:00 a.m.	9.41	9.59	9.39	9.44	9.40	<b>9.45</b>	<b>4.00</b>	<b>0.42</b>
76	17/09/2016	10:00 a.m.	7.01	6.70	6.98	6.94	7.00	<b>6.93</b>	<b>4.00</b>	<b>0.58</b>
77	17/09/2016	11:00 a.m.	6.07	6.30	6.05	6.52	6.58	<b>6.30</b>	<b>4.00</b>	<b>0.63</b>
78	17/09/2016	12:00 p.m.	8.57	9.37	8.58	8.55	8.62	<b>8.74</b>	<b>4.00</b>	<b>0.46</b>
79	17/09/2016	01:00 p.m.	7.98	7.27	7.60	7.30	7.49	<b>7.53</b>	<b>4.00</b>	<b>0.53</b>
80	17/09/2016	02:00 p.m.	5.89	6.86	6.97	6.78	6.74	<b>6.65</b>	<b>4.00</b>	<b>0.60</b>
81	17/09/2016	03:00 p.m.	7.49	8.31	7.76	7.55	7.68	<b>7.76</b>	<b>4.00</b>	<b>0.52</b>
82	17/09/2016	04:00 p.m.	6.61	6.54	6.90	6.33	6.35	<b>6.55</b>	<b>4.00</b>	<b>0.61</b>
83	17/09/2016	05:00 p.m.	7.73	6.37	7.69	7.74	7.67	<b>7.44</b>	<b>4.00</b>	<b>0.54</b>
84	17/09/2016	06:00 p.m.	8.59	9.05	9.08	9.05	8.90	<b>8.93</b>	<b>4.00</b>	<b>0.45</b>
85	17/09/2016	07:00 p.m.	7.81	7.55	7.59	7.53	7.56	<b>7.61</b>	<b>4.00</b>	<b>0.53</b>
86	17/09/2016	08:00 p.m.	9.55	10.07	9.53	9.72	9.83	<b>9.74</b>	<b>4.00</b>	<b>0.41</b>
87	17/09/2016	09:00 p.m.	10.87	10.83	10.61	10.75	10.73	<b>10.76</b>	<b>4.00</b>	<b>0.37</b>
88	17/09/2016	10:00 p.m.	11.73	11.78	11.67	11.69	11.71	<b>11.72</b>	<b>4.00</b>	<b>0.34</b>
89	17/09/2016	11:00 p.m.	11.74	11.67	11.73	11.69	11.73	<b>11.71</b>	<b>4.00</b>	<b>0.34</b>
90	18/09/2016	12:00 a.m.	12.37	12.43	12.33	12.40	12.43	<b>12.39</b>	<b>4.00</b>	<b>0.32</b>
91	18/09/2016	01:00 a.m.	13.23	13.27	13.18	13.24	13.28	<b>13.24</b>	<b>4.00</b>	<b>0.30</b>
92	18/09/2016	02:00 a.m.	14.51	14.50	14.61	14.57	14.49	<b>14.54</b>	<b>4.00</b>	<b>0.28</b>
93	18/09/2016	03:00 a.m.	13.63	13.70	13.55	13.60	13.69	<b>13.63</b>	<b>4.00</b>	<b>0.29</b>
94	18/09/2016	04:00 a.m.	9.57	10.08	9.55	9.58	9.52	<b>9.66</b>	<b>4.00</b>	<b>0.41</b>
95	18/09/2016	05:00 a.m.	9.22	9.13	9.17	9.27	9.19	<b>9.20</b>	<b>4.00</b>	<b>0.43</b>
96	18/09/2016	06:00 a.m.	8.53	9.01	8.73	8.57	8.63	<b>8.69</b>	<b>4.00</b>	<b>0.46</b>
97	18/09/2016	07:00 a.m.	9.44	9.42	9.53	9.24	9.58	<b>9.44</b>	<b>4.00</b>	<b>0.42</b>
98	18/09/2016	08:00 a.m.	8.89	8.68	8.39	8.51	8.40	<b>8.57</b>	<b>4.00</b>	<b>0.47</b>
99	18/09/2016	09:00 a.m.	8.33	8.55	8.42	8.07	8.27	<b>8.33</b>	<b>4.00</b>	<b>0.48</b>
100	18/09/2016	10:00 a.m.	5.51	5.56	5.88	5.89	5.76	<b>5.72</b>	<b>4.00</b>	<b>0.70</b>
101	18/09/2016	11:00 a.m.	7.16	7.16	7.41	7.49	7.13	<b>7.27</b>	<b>4.00</b>	<b>0.55</b>
102	18/09/2016	12:00 p.m.	10.56	10.80	10.73	10.82	10.88	<b>10.76</b>	<b>4.00</b>	<b>0.37</b>
103	18/09/2016	01:00 p.m.	10.10	10.03	10.25	10.30	10.30	<b>10.20</b>	<b>4.00</b>	<b>0.39</b>
104	18/09/2016	02:00 p.m.	9.35	9.49	9.75	9.59	9.29	<b>9.49</b>	<b>4.00</b>	<b>0.42</b>
105	18/09/2016	03:00 p.m.	8.50	7.80	7.10	7.90	8.10	<b>7.88</b>	<b>4.00</b>	<b>0.51</b>
106	18/09/2016	04:00 p.m.	7.10	6.60	6.30	6.80	6.70	<b>6.70</b>	<b>4.00</b>	<b>0.60</b>

N°	FECHA	HORA	T1 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	T2 (seg.)	TIEMPO PROM. (SEG)	VOL. PROM (litr.)	CAUDAL (l/s)
107	18/09/2016	05:00 p.m.	4.30	4.00	5.20	4.88	4.60	4.60	4.00	0.87
108	18/09/2016	06:00 p.m.	3.55	4.35	3.51	3.20	4.10	3.74	4.00	1.07
109	18/09/2016	07:00 p.m.	3.60	4.10	3.80	3.78	4.20	3.90	4.00	1.03
110	18/09/2016	08:00 p.m.	4.90	4.59	4.89	4.68	4.40	4.69	4.00	0.85
111	18/09/2016	09:00 p.m.	4.89	4.80	5.87	5.90	5.60	5.41	4.00	0.74
112	18/09/2016	10:00 p.m.	4.60	5.01	4.89	5.09	4.79	4.88	4.00	0.82
113	18/09/2016	11:00 p.m.	6.40	6.08	5.90	6.10	5.70	6.04	4.00	0.66
114	19/09/2016	12:00 a.m.	6.44	6.00	6.10	6.32	6.13	6.20	4.00	0.65
115	19/09/2016	01:00 a.m.	6.34	6.37	6.08	6.03	6.10	6.18	4.00	0.65
116	19/09/2016	02:00 a.m.	6.14	6.25	6.20	6.11	6.05	6.15	4.00	0.65
117	19/09/2016	03:00 a.m.	6.24	6.19	5.35	5.44	5.18	5.68	4.00	0.70
118	19/09/2016	04:00 a.m.	5.55	6.10	6.15	5.08	5.41	5.66	4.00	0.71
119	19/09/2016	05:00 a.m.	5.15	5.10	6.33	6.10	5.37	5.61	4.00	0.71
120	19/09/2016	06:00 a.m.	5.77	6.04	5.51	5.62	5.42	5.67	4.00	0.71
121	19/09/2016	07:00 a.m.	4.43	4.51	4.50	4.66	4.61	4.54	4.00	0.88

<b>PROMEDIO</b>	:	<b>0.52 l/s</b>
<b>MAXIMO</b>	:	<b>1.07 l/s</b>
<b>MINIMO</b>	:	<b>0.25 l/s</b>

Fuente: Elaboración propia.

### ANEXO 03: Registro de datos obtenidos en laboratorio.

**Tabla 4.A: Datos obtenidos de la descarga de agua residual cruda que ingresa a la PTAR Marian.**

Parámetro	Unidad	A. Residual cruda - c.rejas
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	-
Temperatura	°C	-
Aceites y grasas	mg/l	325
Sólidos totales en Suspensión	mg/l	140
N-amoniacal	mg/l NO4-N	10.6
Nitratos	mg/l NO3	0.05
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l DBO5	333
Demanda química de oxígeno	mg/l DQO	669
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100ml	2.40E+07

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.A: Datos obtenidos de la descarga de agua residual cruda que ingresa a la PTAR Marian.**

Parámetro	Unidad	N° de Muestra	
		01	02
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	-	-
Temperatura	°C	-	-
Aceites y grasas	mg/l	102	0
Sólidos totales en suspensión	mg/l	16	47
N-amoniacal	mg/l NO4-N	19.8	3.16
Nitratos	mg/l NO3	0.02	6.2
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l DBO5	72	122
Demanda química de oxígeno	mg/l DQO	164	148
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100ml	2.40E+07	1.10E+07

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5.A: Datos obtenidos de los parámetros en el afluente al reactor DHS.**

N°	Fecha	(pH)	T°	AyG	SST	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DBO5	DQO	C.F
			°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
1	16/11/2016	7.02	14.2	45	24	19.2	0.018	19	144	2.40E+07
2	-	7.94	14	45	24	19.2	0.018	19	144	2.40E+07
3	07/12/2016	7.09	12.5	1	170	25.6	1.6	146	345	1.10E+07
4	-	7.11	15.4	1	170	25.6	1.6	146	345	1.10E+07
5	-	7.05	15.3	1	170	25.6	1.6	146	345	1.10E+07
6	04/01/2017	7.10	15	1	12	1.5	0.0034	74	153	1.10E+07
7	-	6.99	15.4	1	12	1.5	0.0034	74	153	1.10E+07
8	01/02/2017	7.06	15.25	1	39	25.7	0.194	71	145	1.10E+07
9	-	7.07	14.6	1	39	25.7	0.194	71	145	1.10E+07
10	03/03/2017	7.00	17.2	1	178	15.3	1.7	79	158	1.10E+07
11	-	7.14	11.85	1	178	15.3	1.7	79	158	1.10E+07
12	-	7.11	15.05	1	178	15.3	1.7	79	158	1.10E+07
13	07/04/2017	7.06	13.35		265		1.1	51	102	2.40E+07
14	02/05/2017	7.92	13.9		24	2.39	6.2	105	141	1.10E+07
Mínimo		6.99	11.85	1	12	1.5	0.0034	19	102	1.10E+07
Máximo		7.94	17.2	45	265	25.7	6.2	146	345	2.40E+07
Promedio		7.19	14.50	8.33	105.9	16.76	1.26	82.79	188.2	1.38E+07

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6.A: Datos obtenidos de los parámetros en el afluente al reactor DHS.**

N°	Fecha	(pH)	T°	AyG	SST	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DBO	DQO	C.F
			°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
1	24/11/2016	7.91	13.90	1.00	3.00	24.00	1.10	14.00	29.00	1.10E+07
2	01/12/2016	8.11	13.80	1.00	4.00	1.07	1.40	18.00	112.0	1.10E+07
3	07/12/2016	7.98	12.30	1.00	2.00	1.79	2.90	15.00	44.00	1.10E+07
4	15/12/2016	7.83	13.90	1.00	4.00	1.34	2.70	14.00	30.00	1.10E+07
5	29/12/2017	7.54	14.55	1.00	4.00	14.10	14.50	68.00	140.0	2.40E+07
6	05/01/2017	7.31	13.60	1.00	1.00	11.40	22.40	165.0	329.0	1.50E+05
7	19/01/2017	7.42	13.50	1.00	8.00	31.00	64.00	10.10	18.70	4.60E+06
8	02/02/2017	7.55	14.75	1.00	3.00	18.00	6.10	26.00	52.00	1.10E+07
9	16/02/2017	7.54	14.45	1.00	6.00	17.70	5.60	91.00	184.0	1.10E+07
10	02/03/2017	7.33	15.30	1.00	4.00	7.50	17.50	15.00	30.00	1.50E+06
11	17/03/2017	7.47	11.25	1.00	27.0	8.60	10.50	27.00	117.0	9.30E+05
12	30/03/2017	7.60	15.15	1.00	15.0	9.70	12.50	17.00	34.00	1.10E+07
13	07/04/2017	7.30	13.50	0.00	7.00		26.20	6.00	12.00	1.10E+06
14	02/05/2017	7.66	12.35	0.00	44.0	3.04	16.20	110.0	236.0	1.00E+06
Mínimo		7.30	11.25	0	1	1.07	1.1	6	12	1.50E+05
Máximo		8.11	15.3	1	44	31	64	165	329	2.40E+07
Promedio		7.61	13.74	0.86	9.43	11.48	14.54	42.58	97.69	7.88E+06

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.A: Datos obtenidos de los parámetros en el cuerpo receptor actual de la PTAR Marian.**

Parámetro	Unidad	Cuerpo receptor
Potencial de Hidrogeno (pH)	Und. de pH	-
Temperatura	°C	-
Aceites y Grasas	mg/l	50
Sólidos Totales en Suspensión	mg/l	15
N-Amoniacal	mg/l NO <sub>4</sub> -N	0.89
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	0.014
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	11
Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	30
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100ml	2.40E+07

Fuente: Elaboración propia.



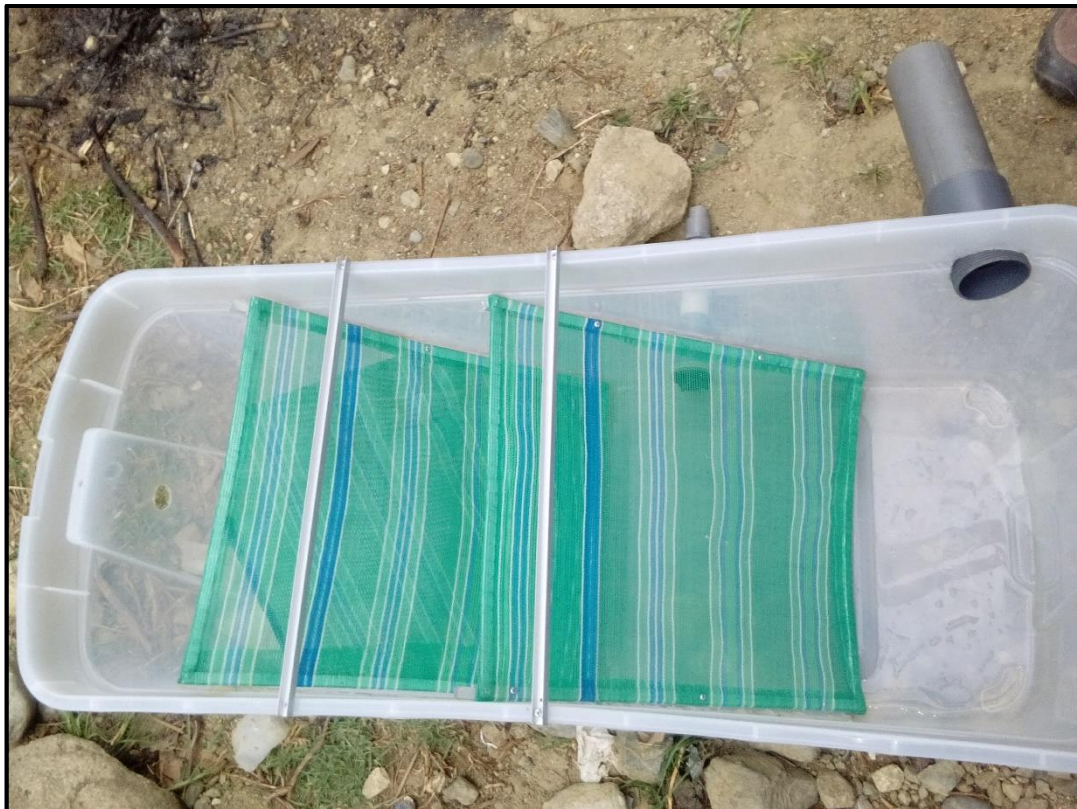
**ANEXO 04: Registro fotográfico de todo el proceso de investigación.**

**Figura 1.A:** Ubicación de la caseta donde se instaló el reactor DHS.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.A:** Proceso de fabricación del sedimentador piloto.



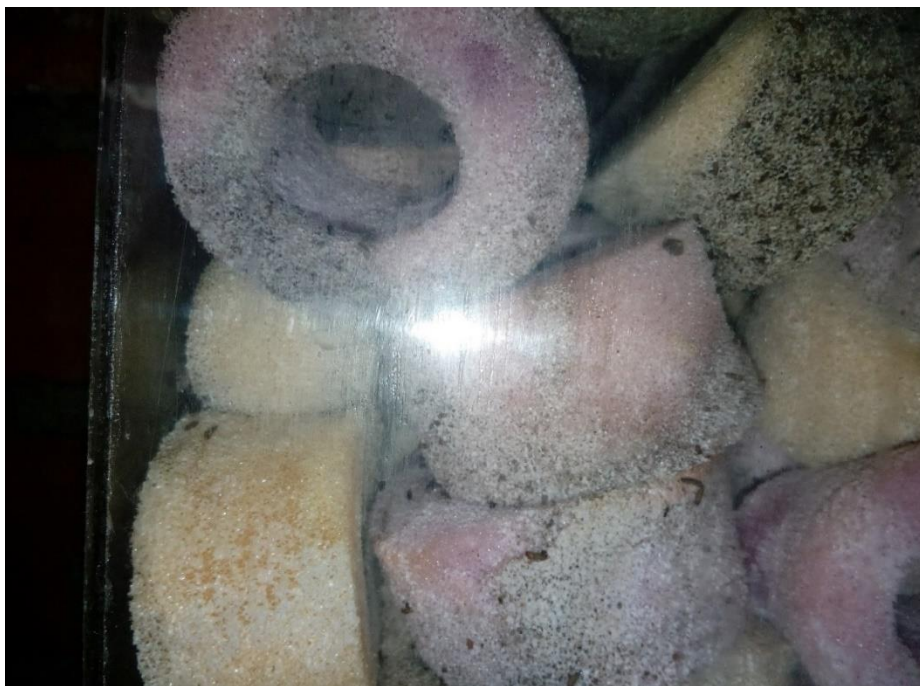
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.A:** Configuración del reactor DHS y sistema de distribución de caudales.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4.A:** Aparición de nematodos y larvas en la superficie de las esponjas a un mes de la puesta en marcha del reactor DHS.



Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5.A:** Estructura de la esponja rígida al finalizar la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6.A:** Distribuidor de caudal del reactor DHS G-6.



Fuente: Elaboración propia.



**Figura 0.1.A-Afluyente y efluente del reactor DHS G-6.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 0.2.A-Afluyente y efluente del reactor DHS G-6.**



Fuente: Elaboración propia.

## **ANEXO 05: Normas legales.**

### **5.1. Constitución política del Perú 1993**

#### **Artículo 66° y 68°**

Los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento y es quien fija las condiciones de su utilización; determina la política nacional del ambiente y está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

### **5.2. Ley de reforma sobre descentralización: Ley N° 27680**

#### **Artículo 192° y 195°**

Los gobiernos regionales promueven el desarrollo, fomentan los servicios públicos de su responsabilidad en armonía con las políticas y planes nacionales y locales de desarrollo.

Tiene competencia para promover y regular actividades y/o servicios en materia de agricultura, saneamiento, salud y medio ambiente conforme a ley. Además, tiene competencia para organizar, reglamentar y administrar los servicios públicos locales de su responsabilidad.

### **5.3. Ley general de salud: Ley N° 26842**

#### **Artículo 96° y 104°**

Los residuos procedentes de establecimientos donde que manipulen sustancias o productos peligrosos, deben ser sometidos al tratamiento y disposición que señalan las normas correspondientes. Estos residuos no deben ser vertidos directamente a fuentes, cursos o reservorios de agua, bajo responsabilidad.

Toda persona natural o jurídica está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, aire, suelo, sin haber adoptado las precauciones de

depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del medio ambiente.

#### **5.4. Ley general del ambiente: Ley N° 28611**

##### **Artículo 29° De las normas transitorias de calidad ambiental de carácter especial**

La Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con las autoridades competentes, pueden dictar las normas ambientales transitorias de aplicación específica en zonas ambientalmente críticas o afectadas por desastres, con el propósito de contribuir a su recuperación o superar las situaciones de emergencia. Su establecimiento, no excluye la aprobación de otras normas, parámetros, guías o directrices, orientados a prevenir el deterioro ambiental, proteger la salud o la conservación de los recursos naturales y la diversidad biológica y no altera la vigencia de los ECA y LMP que sean aplicables.

##### **Artículo 31° Del estándar de calidad ambiental**

El Estándar de Calidad ambiental – ECA, es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos, biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. Es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas.

##### **Artículo 32° Del límite máximo permisible**

El límite máximo permisible – LMP, es la medida de la concentración del 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, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental

establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas.

#### **Artículo 120° De la protección de la calidad de las aguas**

El Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país; promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reusó, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

#### **Artículo 121° Del vertimiento de aguas residuales**

El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas domésticas, industriales o cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni que se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a los establecidos en los estándares de calidad ambiental correspondientes y normas legales vigentes.

#### **Artículo 122° Del tratamiento de residuos líquidos**

Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente autorizados a o a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia.

**5.5. Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua: Decreto Supremo N° 015-2015- MINAM**

El Ministerio del ambiente dictará las normas para la implementación de los estándares de calidad ambiental para el agua (Ver Tabla 06.A), como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso.

**Tabla 8.A: Estándares de calidad ambiental (ECA)**

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	100	100

Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/l	0,2	0,5
Cobalto	mg/l	0,05	1
Cromo Total	mg/l	0,1	1
Hierro	mg/l	5	**
Litio	mg/l	2,5	2,5
Magnesio	mg/l	**	250
Manganeso	mg/l	0,2	0,2
Mercurio	mg/l	0,001	0,01
Niquel	mg/l	0,2	1
Plomo	mg/l	0,05	0,05
Selenio	mg/l	0,02	0,05

Fuente: MINAM

## 5.6. Disposiciones para la implementación de los ECA para agua: Decreto Supremo N° 023-2009 MINAM

### Artículo 2° y 7°

Aprueban disposiciones para implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua. A partir del 01 de abril del 2010. Y hacen referencia a que

precisa cada categoría de los ECA para agua. Así como cuáles son los cuerpos de agua que se encuentran exceptuados de la aplicación de los ECA.

### **5.7. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR domesticas o municipales: Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM**

#### **Artículo 1°**

Con la finalidad de controlar excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente, el Ministerio del Ambiente publicó en el diario El Peruano el Decreto Supremo N°003-2010-MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), (Ver Cuadro N° 11.2) en el sector Vivienda.

#### **Artículo 3°**

Sobre el Cumplimiento de los LMP de efluentes de PTAR, sostiene que estos niveles (LMP) no se aplicarán a las PTAR que cuenten con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario con disposición final a través de emisario submarino.

**Tabla 9.A: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de efluentes para vertido a cuerpos de agua</b>
Aceites y Grasas	mg/l	20
Coliformes termo tolerantes	NMP/100 ml	10 000
DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
DQO	mg/l	200
pH	Unidad	6.5 - 8.5
Solidos totales en suspensión	Unidad	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: MINAN

## **5.8. Ley marco para el crecimiento de la inversión privada: Decreto Legislativo N°757**

Garantiza la libre iniciativa y las inversiones privadas en todos los sectores de la actividad económica y en cualquiera de las formas empresariales o contractuales permitidas por la Constitución y las Leyes.

### **Artículo 53° y 55°**

Las EPS deberán contar con la correspondiente certificación de que cumplen con las normas de calidad físico- químico y bacteriológico del agua potable y las condiciones de tratamiento de desagües para su disposición final. Los directores de dichas empresas, en caso de que las mismas no cuenten con los certificados de calidad con la periodicidad requerida por el ministerio de salud, incurrirán en el delito previsto en el artículo 305 del código penal.

## **5.9. Ley orgánica de gobiernos regionales: Ley N° 27902**

Dentro de las funciones específicas de los Gobiernos Regionales está el de formular, aprobar, ejecutar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia ambiental y de ordenamiento territorial, implementando el Sistema de Gestión Ambiental en coordinación con las Comisiones Ambientales Regionales.

## **5.10. Ley orgánica de municipalidades: Ley N° 27972**

### **Artículo 80° Saneamiento, Salubridad y Salud**

Las Municipalidades en materia de saneamiento, salubridad y salud, tienen que ejercen las siguientes funciones. Funciones específicas exclusivas de las municipalidades provinciales:

Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial. Funciones compartidas de las Municipalidades Provinciales: Administrar y reglamentar directamente o por concesión



el servicio de agua potable, alcantarillado, cuando por economías de escala resulte eficiente centralizar provincialmente el servicio.

#### **Art. 141° Competencias adicionales**

Las municipalidades rurales, además de las competencias básicas, tienen a cargo aquellas relacionadas con la promoción de la gestión sostenible de los recursos naturales: suelo, agua, flora, fauna, biodiversidad, con la finalidad de luchar contra la degradación ambiental.

### **5.11. Ley de creación, organización y funciones del MINAM: Decreto Legislativo N° 1013.**

#### **Artículo 1° Finalidad de la ley**

Mediante esta ley se crea el Ministerio del Ambiente, establece su ámbito de competencia y regular su estructura orgánica y sus funciones.

#### **Artículo 3° Objeto y objetivos específicos del Ministerio del Ambiente**

El objeto del Ministerio del Ambiente es la conservación del ambiente, de modo tal que se propicie y asegure el uso sostenible, responsable racional y ético de los recursos naturales y del medio que los sustenta, que permita contribuir al desarrollo integral social, económico y cultural de la persona humana, en permanente armonía con su entorno, y así asegurar a las presentes y futuras generaciones el derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida.

#### **Artículo 6° Funciones generales**

b) Garantiza el cumplimiento de las normas ambientales, realizando funciones de fiscalización, supervisión, evaluación y control, así como ejercer la potestad sancionadora

en materia de su competencia y dirigir el régimen de fiscalización y control ambiental y el régimen de incentivos previsto por la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

#### **Artículo 7° Funciones específicas**

d) 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 y ser aprobados mediante decreto supremo.

e) Aprobar los lineamientos, metodologías, los procesos y los planes para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) en los diversos niveles de gobierno.

### **5.12. Ley de recursos hídricos: Ley N° 29338 (2009)**

#### **Título preliminar**

#### **Artículo II Finalidad**

La ley de recursos hídricos tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

#### **Artículo III Principios**

Principio de sostenibilidad: El Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno.

#### **Título I: Disposiciones generales**

#### **Artículo 5° El agua comprendida en la ley**

El agua cuya regulación es materia de la presente Ley comprende lo siguiente:

1.- La de los ríos y sus afluentes, desde su origen natural (...)

8.- La residual.

## **Título II: Sistema nacional de gestión de los recursos hídricos**

### **Capítulo I: Finalidad e integrantes**

#### **Artículo 9° Creación del sistema nacional de gestión de los recursos hídricos**

Créase el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos con el objeto de articular el accionar del Estado, para conducir los procesos de gestión integrada y de conservación de los recursos hídricos en los ámbitos de cuencas, de los ecosistemas que lo conforman y de los bienes asociados; así como, para establecer espacios de coordinación y concertación entre las entidades de la administración pública y los actores involucrados en dicha gestión con arreglo a la presente Ley.

#### **Artículo. 10° Finalidad del sistema nacional de gestión de los recursos hídricos**

El Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos es parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y tiene por finalidad el aprovechamiento sostenible, la conservación y el incremento de los recursos hídricos, así como el cumplimiento de la política y estrategia nacional de recursos hídricos y el plan nacional de recursos hídricos en todos los niveles de gobierno y con la participación de los distintos usuarios del recurso.

#### **Artículo 11° Conformación e integrantes del sistema nacional de gestión de los recursos hídricos**

El Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos está conformado por el conjunto de instituciones, principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos mediante los cuales el Estado desarrolla y asegura la gestión integrada, participativa y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, la preservación de la calidad y el incremento de los recursos hídricos.

Integran el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos:

1. La Autoridad Nacional;
2. Los Ministerios del Ambiente; de Agricultura; de Vivienda, Construcción y Saneamiento; de Salud; de la Producción; y de Energía y Minas;
3. Los gobiernos regionales y gobiernos locales a través de sus órganos competentes;
4. Las organizaciones de usuarios agrarios y no agrarios;
5. Las entidades operadoras de los sectores hidráulicos, de carácter sectorial y multisectorial;
6. Las comunidades campesinas y. comunidades nativas; y
7. Las entidades públicas vinculadas con, la gestión de los recursos hídricos.

#### **Capítulo IV: Funciones de los gobiernos regionales y gobiernos locales**

Artículo 25° Ejercicio de las funciones de los gobiernos regionales y gobiernos locales

Los gobiernos regionales y gobiernos locales, a través de sus instancias correspondientes, intervienen en la elaboración de los planes de gestión de recursos hídricos de las cuencas. Participan en los Consejos de Cuenca y desarrollan acciones de control y vigilancia, en coordinación con la Autoridad Nacional, para garantizar el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos. La infraestructura hidráulica mayor pública que transfiera el gobierno nacional a los gobiernos regionales es operada bajo los lineamientos y principios de la Ley, y las directivas que emita la Autoridad Nacional.

#### **Título III: Usos de los recursos hídricos**

**Artículo 34° Condiciones generales para el uso de los recursos hídricos**

El uso de los recursos hídricos se encuentra condicionado a su disponibilidad. El uso del agua debe realizarse en forma eficiente y con respeto a los derechos de terceros, de acuerdo con lo establecido en la Ley, promoviendo que se mantengan o mejoren las

características físico-químicas del agua, el régimen hidrológico en beneficio del ambiente, la salud pública y la seguridad nacional.

## **Título IV: Derechos de uso de agua**

### **Capítulo I: Disposiciones generales**

#### **Artículo 44° Derechos de uso de agua**

Para usar el recurso agua, salvo el uso primario, se requiere contar con un derecho de uso otorgado por la Autoridad Administrativa del Agua con participación del Consejo de Cuenca Regional o Interregional, según corresponda. Los derechos de uso de agua se otorgan, suspenden, modifican o extinguen por resolución administrativa de la Autoridad Nacional, conforme a ley.

#### **Artículo 45° Clases de derechos de uso de agua**

Los derechos de uso de agua son los siguientes:

1. Licencia de uso.
2. Permiso de uso.
3. Autorización de uso de agua.

### **Capítulo III: Otros derechos de uso de agua**

#### **Artículo 59° Permiso de uso sobre aguas residuales**

El permiso de uso sobre aguas residuales, otorgado por la Autoridad Nacional, es un derecho de uso de duración indeterminada, mediante el cual se otorga a su titular la facultad de usar una determinada cantidad de agua variable, proveniente de filtraciones resultantes del ejercicio del derecho de los titulares de licencias de uso. Los titulares de licencias que producen las filtraciones no son responsables de las consecuencias o de los

perjuicios que puedan sobrevenir si variara la calidad, el caudal o volumen, u oportunidad o si dejara de haber sobrantes de agua en cualquier momento o por cualquier motivo.

## **Título V: Protección del agua.**

### **Artículo 73° Clasificación de los cuerpos de agua**

Los cuerpos de agua pueden ser clasificados por la Autoridad Nacional teniendo en cuenta la cantidad y calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas que establezca.

### **Artículo 75° Protección del agua**

La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios. La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le corresponda.

Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales. El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua.

## **Artículo 76° Vigilancia y fiscalización del agua**

La Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa, fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por autoridad del ambiente.

También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso.

## **Artículo 79° Vertimiento de agua residual**

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas.

### **Artículo 80° Autorización de vertimiento**

Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.

2. Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.

La autorización de vertimiento se otorga por un plazo determinado y prorrogable, de acuerdo con la duración de la actividad principal en la que se usa el agua y está sujeta a lo establecido en la Ley y en el Reglamento.

### **Artículo 81° Evaluación de impacto ambiental**

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, para la aprobación de los estudios de impacto ambiental relacionados con el recurso hídrico se debe contar con la opinión favorable de la Autoridad Nacional.

### **Artículo 82° Reutilización de agua residual**

La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional.

El titular de una licencia' de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere, autorización. La distribución de las aguas residuales tratadas debe considerar la oferta hídrica de la cuenca.



### **Artículo 83° Prohibición de vertimiento de algunas sustancias**

Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece la relación de sustancias prohibidas.

### **Título VI: Régimen económico por el uso del agua**

#### **Artículo 92° Retribución económica por el vertimiento de agua residual**

a retribución por el vertimiento de agua residual es el pago que el titular del derecho efectúa por verter agua residual en un cuerpo de agua receptor. Este pago debe realizarse en función de la calidad y volumen del vertimiento.

### **Título XII: Las infracciones y sanciones**

#### **Artículo 120° Infracción en materia de agua**

Constituye infracción en materia de agua, toda acción u omisión tipificada en la presente Ley. Constituyen infracciones las siguientes:

1. Utilizar el agua sin el correspondiente derecho de uso;
4. Afectar o impedir el ejercicio de un derecho de uso de agua;
5. Dañar u obstruir los cauces o cuerpos de agua y los correspondientes bienes asociados;
8. Contaminar el agua transgrediendo los parámetros de calidad ambiental vigentes;
9. Realizar vertimientos sin autorización;
10. Arrojar residuos sólidos en cauces o cuerpos de agua natural o artificial.

### **Artículo 121° Calificación de las infracciones**

Las infracciones en materia de agua son calificadas como leves, graves y muy graves, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Afectación o riesgo a la salud de la población;
5. Impactos ambientales negativos, de acuerdo con la legislación vigente;
6. Reincidencia; y
7. Costos en que incurra el Estado para atender los daños generados.

### **Artículo 122° Tipos de sanciones**

Concluido el procedimiento sancionador, la autoridad de aguas competente puede imponer, según la gravedad de la infracción cometida y las correspondientes escalas que se fijen en el Reglamento, las siguientes sanciones administrativas:

1. Trabajo comunitario en la cuenca en materia de agua o
2. Multa no menor de (0,5) Unidades Impositivas Tributarias (UIT) ni mayor de diez mil (10000) UIT.

### **Artículo 125° Responsabilidad civil y penal**

Las sanciones administrativas que la Autoridad Nacional imponga son independientes de la responsabilidad de naturaleza civil o penal correspondiente.

### **5.13. Resolución Jefatural N°0351-ANA**

Mediante esta resolución, se modifica la R.J. N°0291-2009-ANA referente al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reusos de aguas residuales tratadas.

Artículo único: Modifíquese el artículo 7 de la Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA

Para efectos de la aplicación de lo establecido en el artículo 4 de la presente resolución (Disposiciones sobre clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo a su calidad), deberá adoptarse la clasificación de los cuerpos establecida en la Resolución Directoral N° 1152-2005-DIGESA/SA, hasta el 31 de marzo 2010.

Las solicitudes de autorización de vertimientos de aguas residuales o renovaciones que se presenten a partir del 01 de abril del 2012, se otorgarán tomándose en cuenta obligatoriamente los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

En este caso los ríos como cuerpo receptor son las que se reciben vertimientos de las aguas residuales, deberán ser consideradas en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Otras Actividades, aprobados por el precitado Decreto Supremo. La calidad del efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales, deberá cumplir con los parámetros señalados para esta categoría.

La zona de medición para verificar el cumplimiento de los valores referidos en el presente artículo, no excederá los 300 metros mar adentro a partir de la línea de baja marea. TUPA MINSAL Y SUS ÓRGANOS DESCONCENTRADOS: D.S. N° 013-2009-SA, unifica y estandariza los procedimientos administrativos que se siguen ante las distintas instancias del MINSAL, sus órganos desconcentrados y organismos públicos descentralizados.

#### **5.14. Ley del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental: Ley N° 27446**

Por la presente ley se da la creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) y establecimiento de un proceso uniforme que comprenda los requerimientos, etapas y alcances de las evaluaciones del impacto ambiental de proyectos de inversión.

## **Artículo 1° Objeto de la ley**

La presente ley tiene como finalidad:

La creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto ambiental (SEIA), como un sistema único coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión.

## **Artículo 5° Criterios de protección ambiental**

Para efectos de la clasificación de los proyectos de inversión que queden comprendidos dentro del SEIA, la autoridad competente deberá ceñirse a los siguientes criterios:

- b) La protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua, del suelo, como la incidencia que puedan producir el ruido y los residuos sólidos, líquidos, y emisiones gaseosas y radiactivas.
- c) La protección de los recursos naturales, especialmente las aguas, el suelo, la flora y la fauna.

## **Artículo 15° Seguimiento y control**

La autoridad competente será responsable de efectuar la función de seguimiento, supervisión y control de la evaluación del impacto ambiental, aplicando las sanciones administrativas a los infractores.

El seguimiento, supervisión y control se podrá ejecutar a través de empresas o instituciones que se encuentren debidamente calificadas e inscritas en el registro que para el efecto abrirá la autoridad competente.

Las empresas o instituciones que elaboren los estudios de impacto ambiental no podrán participar en la labor de seguimiento, supervisión y control de los mismos.

### **5.15. Ley general de servicios de saneamiento. Ley N° 26338**

Ley que regula la prestación de los servicios de saneamiento en los ámbitos rurales y urbanos.

#### **Artículo 4°, 8° y 9°**

Corresponde al estado a través de sus entidades competentes regular, supervisar la prestación de servicios de saneamiento, así como establecer los derechos y obligaciones de las EPS y proteger los derechos de los usuarios a través de sus organismos reguladores: Ministerio de la Presidencia – Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

#### **Artículo 10°**

Uno de los sistemas que integran los servicios de saneamiento es el Servicio de Alcantarillado Sanitario y Pluvial al que le corresponde el tratamiento y disposición de las aguas servidas.

### **5.16. Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento: D.S. N° 09-95-PRES**

#### **Capítulo I: De la prestación de servicios**

#### **Artículo 17°**

Los niveles de calidad del servicio, serán establecidos por la superintendencia para cada EPS y en los siguientes aspectos:

- Calidad del agua potable, continuidad del suministro, modalidad de distribución.
- Modalidad de disposición de las aguas servidas o de la eliminación de excretas.
- Calidad del efluente de modo que no afecte las condiciones del cuerpo receptor y del medio ambiente.

### **Capítulo III: De las funciones, derechos y obligaciones de las entidades prestadoras en general.**

#### **Artículo 55°**

Las EPS, de acuerdo con la ley general tienen las siguientes Funciones:

- La recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, recolección de las aguas pluviales y disposición sanitaria de excretas.
- La operación, mantenimiento y renovación de las instalaciones y equipos utilizados en la prestación de los servicios de saneamiento de acuerdo a las normas técnicas correspondiente a lo establecido en el presente Reglamento.
- La prestación de los servicios, en los niveles y demás condiciones establecidas en el reglamento de prestación de servicios, la normatividad vigente y contrato de explotación.
- La formulación y ejecución de los planes maestros.
- El asesoramiento en aspectos técnicos y administrativos a las localidades del ámbito rural de su responsabilidad.
- La aprobación y supervisión de los proyectos a ser efectuados por terceros, dentro de su ámbito de responsabilidad.

#### **Artículo 56°**

Son derechos de la EPS lo siguiente:

- Cobrar por el servicio de prestado de acuerdo al sistema tarifario establecido en la ley el reglamento de servicio de saneamiento.

Cobrar moras y suspender el servicio en caso de incumplimiento de pago durante 2 meses consecutivos.

- Anular conexiones clandestinas, cobrar por daños de bienes de la empresa.
- Percibir contribuciones con carácter reembolsable, para financiar ampliaciones de los servicios.

### **5.17. Directiva N° 180-97 SUNASS**

Medidas inmediatas para evitar la propagación del cólera y otras enfermedades.

#### **5.- Obligaciones específicas de las EPS**

- Mantener en buenas condiciones operativas las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Dotar a las plantas de tratamiento de aguas residuales de las instalaciones necesarias para la higiene del personal.
- Denunciar ante las autoridades competentes a los que extraigan ilícitamente las aguas residuales del sistema de alcantarillado.
- Controlar la calidad del agua residual tratada, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
- Definir la zona de influencia de las descargas de agua residuales a través del monitoreo del curso o cuerpo receptor de esta agua, e informar mediante anuncios o carteles ubicadas en zonas cercanas sobre la peligrosidad del uso de estos cursos o cuerpos receptores con fines recreacionales, agrícola o de pesca. Las EPS deberá denunciar ante las autoridades el uso de las aguas residuales para los fines indicados.
- Las EPS deben establecer un estricto control en los emisores principales para conocer la tendencia de la presencia del bacilo cólera.

### **5.18. Código del medio ambiente: D.L. °613**

#### **Artículo 107° Competencia sobre la calidad de las aguas**

Es de responsabilidad del Ministerio de Salud garantizar la calidad del agua para consumo y en general, para las demás actividades en que su uso es necesario.

#### **Artículo 113° y 114° Infracciones y Sanciones Administrativas**

La violación de las normas que contiene este código y las disposiciones que emanen de él constituyen infracciones administrativas y serán sancionadas por la autoridad

competente. Las infracciones de las normas ambientales, son sujeto pasible de las siguientes sanciones administrativas:

- Multa de 0.5 a 200 UIT, si existe internamiento de residuos tóxicos peligrosos.
- Imposición de obligaciones compensatorias.
- Suspensión o cancelación de licencia de funcionamiento al que genero la infracción.

#### **5.19. Resolución Ministerial N° 0030-84. S.A./DVM**

##### **Artículo 1° y 4°**

La autoridad sanitaria delega al Ministerio de Agricultura (Administradores técnicos de Distritos de riego) las funciones de control, vigilancia y sanción por la utilización de las aguas servidas con fines de irrigación; las multas que se apliquen se abonarán al Banco de la Nación a la cuenta del Ministerio de Salud – Dirección general de medio ambiente.

#### **5.20. Código Penal: D.L. N° 635**

##### **Título XIII: Delitos contra la ecología.**

##### **Capítulo único: Delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente.**

##### **Artículo 304° Contaminación del ambiente**

El que, infringiendo las normas sobre protección del medio ambiente, lo contamina vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años o con ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días-multa. Si el agente actuó por culpa, la pena será privativa de libertad no mayor de un año o prestación de servicio comunitario de diez a treinta jornadas.



### **Artículo 305° Formas agravadas**

La pena será privativa de libertad de 2 a 4 años y con trescientos sesenta y cinco a setecientos treinta días – multa cuando:

- Los actos previstos en el artículo 304 ocasionan peligro para la salud de las personas o para sus bienes.
- El agente actuó clandestinamente en el ejercicio de su actividad.
- Los actos contaminantes afectan gravemente los recursos naturales que constituyen la base de la actividad económica.

Si como efecto de la actividad contaminante, producen lesiones graves o muerte la pena será:

- Privativa de libertad no menor de tres ni mayor de seis años y de trescientos sesenta y cinco a setecientos días multa en caso de lesiones graves.
- Privativa de libertad no menor de cuatro ni mayor de ocho años y de setecientos treinta a mil cuatrocientos sesenta días – multa en caso de muerte.

### **Artículo 307° Incumplimiento de normas sanitarias**

El que deposita, comercializa o vierte desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados o sin cumplir con las normas sanitarias y de protección del Medio Ambiente, será privado de libertad no mayor de 02 años. Si el agente es funcionario público, la pena será no menor de uno ni mayor de tres años, e inhabilitación e uno a dos años.

**ANEXO 06: Copia de resultados de análisis de laboratorio.**

## INFORME DE ENSAYO AG170463

**CLIENTE** Razón Social : JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ  
 Dirección : Jr. Progreso s/n Shancayan  
 Atención : Castillejo Lopez Wilmer

**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Domestico  
 Procedencia : Centro poblado de Marian  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170303

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

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 02/Mayo/2017  
 Fecha de análisis : 02 de Mayo al 09 de Mayo/2017  
 Cotización N° : CO160818

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA		
					Código del cliente	G - 6F	HC - F
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1	44	24	47
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO <sub>x</sub> -N	Azul Indófenol (*)	0.010	3.040	2.390	3.160
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral (*)	1.0	16.2	6.2	6.2
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1	110	105	122
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25	236	141	148
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS						
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2	1000000	11000000	11000000

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

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

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



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

Huaraz, 09 de Mayo de 2017



## INFORME DE ENSAYO AG170347

**CLIENTE** Razón Social : JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ  
 Dirección : Jr. Progreso s/n Shancayan  
 Atención : Castillejo Lopez Wilmer

**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Domestico  
 Procedencia : Centro poblado de Marian  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170224

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

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 30/Marzo/2017  
 Fecha de análisis : 30 de Marzo al 06 de Abril/2017  
 Cotización N° : CO160818

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 3K
					Fecha de muestreo	30/03/2017
					Hora de muestreo	15:10
					Código del Laboratorio	AG170437
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FISIQUÍMICOS</b>					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		15
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amónico	mg/l NO <sub>3</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		9.700
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		12.5
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		17
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		34
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS</b>					
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

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

Huaraz, 06 de Abril de 2017



Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604



## INFORME DE ENSAYO AG170313

**CLIENTE** Razón Social : JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ  
 Dirección : Jr. Progreso s/n Shancayan  
 Atención : Castillejo Lopez Wilmer  
**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Domestico  
 Procedencia : Centro poblado de Marian  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170197  
**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia: : No indica  
**LABORATORIO** Fecha de recepción : 17/Marzo/2017  
 Fecha de análisis : 17 de Marzo al 24 de Marzo/2017  
 Cotización N° : CO160818

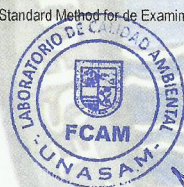
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 2K
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	17/03/2017
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	15:40
					Código del Laboratorio	AG170396
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		27
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO <sub>3</sub> -N	Azul Indófenol (*)	0.010		8.600
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		10.5
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		27
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		117
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		930000

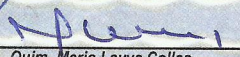
(\*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

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

Huaraz, 24 de Marzo de 2017



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



## INFORME DE ENSAYO AG170252

**CLIENTE** Razón Social : Juan Carlos Aquino Mariluz  
 Dirección : Jr. Progreso s/n Shancayan  
 Atención : Castillejo Lopez Wilmer  
**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Domestico  
 Procedencia : Centro poblado de Marian  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170165  
**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia: : No indica  
**LABORATORIO** Fecha de recepción : 02/Marzo/2017  
 Fecha de análisis : 02 de Marzo al 09 de Marzo/2017  
 Cotización N° : CO160818

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 1K
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	02/03/2017
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	13:50
					Código del Laboratorio	AG170328
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		4
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO <sub>x</sub> -N	Azul Indófenol (*)	0.010		7.500
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		17.5
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		15
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		30
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		1500000

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

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

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

Huaraz, 09 de Febrero de 2017



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



## INFORME DE ENSAYO AG170172

**CLIENTE** Razón Social : JUAN CARLOS AQUÍÑO MARILUZ  
 Dirección : Jr. Progreso s/n Shancayan - Independencia  
 Atención : Castillejo Lopez Wilber

**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Domestico  
 Procedencia : Centro poblado de Marian  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170127

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

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 16/Febrero/2017  
 Fecha de análisis : 16 de Febrero al 23 de Febrero/2017  
 Cotización N° : CO160818

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6-01 N
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	16/02/2017
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	14:00
					Código del Laboratorio	AG170246
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FISIQUÍMICOS</b>					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		6
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amóniacal	mg/l NO <sub>x</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		17.700
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral (*)	1.0		5.6
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		91
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		184
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

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

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

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

Huaraz, 23 de Febrero de 2017



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



## INFORME DE ENSAYO AG170103

**CLIENTE** Razón Social : Juan Carlos Aquino Mariluz  
 Dirección : Jr. Progreso s/n Shancayan  
 Atención : Castillejo Lopez Wilber  
**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Domestico  
 Procedencia : Centro poblado de Marian  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170088  
**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica  
**LABORATORIO** Fecha de recepción : 02/Febrero/2017  
 Fecha de análisis : 02 de Febrero al 09 de Febrero/2017  
 Cotización N° : CO160818

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	E6-08
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	02/02/2017
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	13:30
					Código del Laboratorio	AG170173
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-Amóniacal	mg/l NO <sub>x</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		18.000
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		6.1
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		26
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		52
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

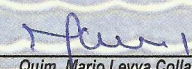
(\*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

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

Huaraz, 09 de Febrero de 2017



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



## INFORME DE ENSAYO AG170070

<b>CLIENTE</b>	<b>Razón Social</b> : JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ
	<b>Dirección</b> : Jr. Progreso S/N - Shancayan
	<b>Atención</b> : Castillejo Lopez Wilmer
<b>MUESTRA</b>	<b>Producto declarado</b> : Agua Residual
	<b>Matriz</b> : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	<b>Procedencia</b> : Centro Poblado de Marian
	<b>Ref./Condición</b> : Cadena de Custodia CC170055
<b>MUESTREO</b>	<b>Responsable</b> : Muestra proporcionada por el cliente
	<b>Referencia:</b> : No indica
<b>LABORATORIO</b>	<b>Fecha de recepción</b> : 19/Enero/2017
	<b>Fecha de análisis</b> : 19 de Enero al 26 de Enero/2017
	<b>Cotización N°</b> : CO160818

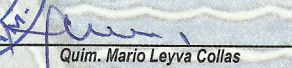
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 07
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	19/01/2017
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	07:30
					Código del Laboratorio	AG170128
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	ml / l / hora	APHA 2540 F (*)	1		8
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		31
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		64
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO <sub>x</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		10.100
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		18.7
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		4600000

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

<sup>1</sup> 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, 26 de Enero de 2017



## INFORME DE ENSAYO AG170013

<b>CLIENTE</b>	<b>Razón Social</b> : JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ <b>Dirección</b> : Jr. Progreso S/N - Shancayan <b>Atención</b> : Castillejo Lopez Wilmer
<b>MUESTRA</b>	<b>Producto declarado</b> : Agua Residual <b>Matriz</b> : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica <b>Procedencia</b> : Centro Poblado de Marian <b>Ref./Condición</b> : Cadena de Custodia CC170013
<b>MUESTREO</b>	<b>Responsable</b> : Muestra proporcionada por el cliente <b>Referencia:</b> : No indica
<b>LABORATORIO</b>	<b>Fecha de recepción</b> : 05/Enero/2017 <b>Fecha de análisis</b> : 05 de Enero al 12 de Enero/2017 <b>Cotización N°</b> : CO160818


CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 06
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	05/01/2017
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	14:00
					Código del Laboratorio	AG170013
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ01	Áceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 F (*)	1		< 1
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		165
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		329
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO <sub>3</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		11.400
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		22.4
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		150000

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

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

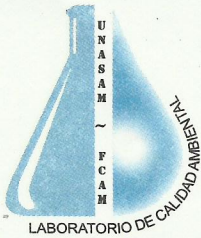
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



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

Huaraz, 12 de Enero de 2017





## INFORME DE ENSAYO AG160959

<b>CLIENTE</b>	<b>Razón Social</b> : JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ <b>Dirección</b> : Jr. Progreso S/N - Shancayan <b>Atención</b> : Castillejo Lopez Wilmer
<b>MUESTRA</b>	<b>Producto declarado</b> : Agua Residual <b>Matriz</b> : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica <b>Procedencia</b> : Centro Poblado de Marian <b>Ref./Condición</b> : Cadena de Custodia CC160693
<b>MUESTREO</b>	<b>Responsable</b> : Muestra proporcionada por el cliente <b>Referencia:</b> : No indica
<b>LABORATORIO</b>	<b>Fecha de recepción</b> : 29/Diciembre/2016 <b>Fecha de análisis</b> : 29 de Diciembre al 05 de Enero/2017 <b>Cotización N°</b> : CO160818


CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 05
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	29/12/2016
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	08:00
					Código del Laboratorio	AG161104
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 F (*)	1		4
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO <sub>2</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		14.100
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		14.5
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		68
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		140
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		24000000

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

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

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



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

Huaraz, 05 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 AG160940

<b>CLIENTE</b>	<b>Razón Social</b>	: JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ
	<b>Dirección</b>	: Jr. Progreso S/N - Shancayan
	<b>Atención</b>	: Castillejo Lopez Wilmer
<b>MUESTRA</b>	<b>Producto declarado</b>	: Agua Residual
	<b>Matriz</b>	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	<b>Procedencia</b>	: Centro Poblado de Marían
	<b>Ref./Condición</b>	: Cadena de Custodia CC160675
<b>MUESTREO</b>	<b>Responsable</b>	: Muestra proporcionada por el cliente
	<b>Referencia:</b>	: No indica
<b>LABORATORIO</b>	<b>Fecha de recepción</b>	: 15/Diciembre/2016
	<b>Fecha de análisis</b>	: 15 de Diciembre al 22 de Diciembre/2016
	<b>Cotización N°</b>	: CO160818


CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 04
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	15/12/2016
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	17:30
					Código del Laboratorio	AG161085
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 F (*)	1		4
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO <sub>3</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		1.340
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		2.7
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		14
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		30
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

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

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

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



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

Huaraz, 22 de Diciembre de 2016



## INFORME DE ENSAYO AG160921

**CLIENTE** Razón Social : JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ  
 Dirección : Jr. Progreso S/N - Shancayan  
 Atención : Castillejo Lopez Wilmer

**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Centro Poblado de Marian  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160659

**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° : CO160818

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 3
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	07/12/2016
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	14:00
					Código del Laboratorio	AG161061
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		2
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amoniacal	mg/l NO <sub>3</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		1.790
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrospectral (*)	1.0		2.9
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		15
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		44
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

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

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

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



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

Huaraz, 15 de Diciembre de 2016



## INFORME DE ENSAYO AG160887

**CLIENTE** Razón Social : JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ  
 Dirección : Jr. Progreso S/N - Shancayan  
 Atención : Castillejo Lopez Wilmer

**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Centro Poblado de Marian  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160641

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

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 01/Diciembre/2016  
 Fecha de análisis : 01 de Diciembre al 09 de Diciembre/2016  
 Cotización N° : CO160818

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 02
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	01/12/2016
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	10:00
					Código del Laboratorio	AG161027
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		4
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO <sub>2</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		1.070
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		1.4
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		18
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		112
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		1100000

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

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

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



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

Huaraz, 09 de Diciembre de 2016



## INFORME DE ENSAYO AG160873

**CLIENTE** Razón Social : JUAN CARLOS AQUIÑO MARILUZ  
 Dirección : Jr. Progreso S/N - Shancayan  
 Atención : Castillejo Lopez Wilmer

**MUESTRA** Producto declarado : Agua Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Centro Poblado de Marian  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160631

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

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 24/Noviembre/2016  
 Fecha de análisis : 24 de Noviembre al 01 de Diciembre/2016  
 Cotización N° : CO160818

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	G6 - 01
					Fecha de muestreo <sup>†</sup>	24/11/2016
					Hora de muestreo <sup>†</sup>	10:30
					Código del Laboratorio	AG161013
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1		3
<b>NU</b>	<b>ANÁLISIS DE NUTRIENTES</b>					
NU03	N-Amoniaco	mg/l NO <sub>3</sub> -N	Azul Indofenol (*)	0.010		24.000
NU04	Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	Nitrospectral (*)	1.0		1.1
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		14
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		29
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

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

<sup>†</sup> Datos proporcionados por el cliente

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



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

Huaraz, 09 de Diciembre de 2016