

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACION

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**“IMPLEMENTACIÓN DE HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DEL PROYECTO DON JAVIER 79,
YARABAMBA – AREQUIPA”**

**TESIS PARA OPTAR
TÍTULO PROFESIONAL INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

EGOAVIL GUILLERMO GEORGE LUIS

ASESOR

GALARZA ZAPATA EDWIN JAIME

JURADO

DR. ARGUEDAS MADRID CESAR JORGE

DR. ZAMORA TALAVERANO NOÉ SABINO

DR. ALVA VELASQUEZ MIGUEL

MAG. GÓMEZ ESCRIBA BENIGNO PAULO

LIMA - PERU

2018



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se la dedico a mis padres por el enorme esfuerzo y trabajo que realizaron para brindarme una educación. Son mi inspiración para mejorar día a día; a ellos, todo.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco con mucho amor a mis padres y hermana por el constante apoyo y consejos brindados a lo largo de mi vida, en especial en el aspecto educativo.

A la Srta. Sandra Montes Huamán por su cariño, consejos, apoyo y motivación para la culminación del trabajo de investigación.

A mi querida Universidad Nacional Federico Villarreal y la Facultad de Ingeniería Geográfica Ambiental y Ecoturismo por albergarme en sus aulas durante el periodo universitario. Además de la plana docente que me impartió conocimiento y desarrollo profesional.

A la empresa Junefield Group S.A. por permitir el desarrollo de este trabajo de investigación; al personal de apoyo Rubén Allasi, Henry Puma, Cesar Tone y Omar Tito por su entusiasmo y colaboración más allá del deber. Asimismo a mi amigo y compañero de trabajo y aula Ronald Mestanza por su apoyo en la gestión del trabajo de campo.

A mi asesor Ing. Edwin Galarza Zapata por transmitirme conocimiento y orientación de los aspectos técnicos y metodológicos durante la elaboración y revisión del trabajo de investigación.



RESUMEN

El sistema de tratamiento de agua residual doméstica (ARD) del campamento del proyecto Don Javier 79, ubicado en Yarabamba, Arequipa, consta de los procesos de pre-tratamiento, tratamiento primario y disposición por infiltración. Considera a biodigestores como un tratamiento primario cuya eficiencia no es suficiente para cumplir con la normativa D.S. N° 003-2010-MINAM (Límites Máximos Permisibles para Efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residual Doméstica).

Este trabajo de investigación tiene por objetivo principal implementación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el sistema de tratamiento de agua residual doméstica (ARD) del proyecto Don Javier 79, con la finalidad de optimizarlo; sumando al sistema, un tratamiento secundario que garantice el cumplimiento de los LMP.

Como objetivos secundarios del presente trabajo de investigación: se ha realizado el diseño del humedal artificial, que se basó en el método para remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Comparar los parámetros físico – químicos y microbiológicos del Agua Residual Doméstica, en un periodo de 7 meses, con los Límites Máximos Permisibles, posterior a la implementación del Humedal artificial

Luego de la evaluación del ARD después de ser tratado por el humedal artificial, concluye que este ha mejorado significativamente el sistema de tratamiento de ARD cuya eficiencia se demuestra en la reducción del nivel de los contaminantes hasta en 98.3% el nivel de contaminantes.

Palabras clave: Humedal Artificial, Agua Residual Doméstica, Contaminantes, Límites Máximos Permisibles, Demanda Bioquímica de Oxígeno.



ABSTRACT

The domestic wastewater treatment system (ARD) of the Don Javier 79 project camp, located in Yarabamba, Arequipa, consists of the pre-treatment, primary treatment and infiltration disposal processes. Considers biodigesters as a primary treatment whose efficiency is not sufficient to comply with the D.S. N ° 003-2010-MINAM (Maximum Permissible Limits for Effluents from Domestic Residual Water Treatment Plants).

This research work has the main objective of implementing an artificial wetland of subsurface flow in the domestic wastewater treatment system (ARD) of the Don Javier 79 project, in order to optimize it; adding to the system, a secondary treatment that guarantees compliance with the LMP.

As secondary objectives of the present research work: the design of the artificial wetland was carried out, which was based on the method for the removal of the Biochemical Oxygen Demand (BOD). Compare the physical-chemical and microbiological parameters of the Domestic Residual Water, in a period of 7 months, with the Maximum Permissible Limits, after the implementation of the artificial Wetland

After the evaluation of the ARD after being treated by the artificial wetland, it concludes that this has significantly improved the ARD treatment system whose efficiency is demonstrated in the reduction of the level of pollutants up to 98.3% the level of contaminants.

Keywords: Artificial Wetland, Domestic Residual Water, Contaminants, Maximum Permissible Limits, Biochemical Oxygen Demand.



ÍNDICE

	<i>Pág.</i>
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	11
1. ASPECTOS METODOLÓGICOS	13
1.1. ANTECEDENTES	13
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.2. FORMULACIÓN OPERATIVA DEL PROBLEMA	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. HIPÓTESIS	17
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	17
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	17
1.5. VARIABLES	18
1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	19
2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	20
2.1. MARCO LEGAL	20
2.2. MARCO TEÓRICO	21
2.2.1. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA (ARD).-.....	21
2.2.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	22
2.2.3. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.....	25
2.2.4. HUMEDAL ARTIFICIAL.....	28
2.2.5. PROCESOS DE TRATAMIENTO EN HUMEDAL ARTIFICIAL	29
2.2.6. TIPOS DE HUMEDAL ARTIFICIAL.....	31
2.2.7. COMPONENTES DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL.....	36
2.2.8. MECANISMOS DE REMOCIÓN EN EL HUMEDAL ARTIFICIAL	41
2.3. MARCO CONCEPTUAL	45
3. MATERIALES Y METODOLOGÍA	48
3.1. MATERIALES Y EQUIPOS	48
3.2. TIPO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	49



3.2.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	49
3.3. METODOLOGÍA	49
3.3.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	49
3.3.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DE DON JAVIER 79.....	50
3.3.3. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DEL PROYECTO DON JAVIER 79.....	54
3.3.4. DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL (HAFS).....	54
3.3.5. IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL	58
3.3.6. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DEL EFLUENTE.....	61
3.3.7. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS MONITOREOS	61
3.3.8. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL	61
3.3.9. CÁLCULO DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.....	62
4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	63
4.1. UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO	63
4.2. MEDIO AMBIENTE FÍSICO	64
4.2.1. TOPOGRAFÍA Y PAISAJE	64
4.2.2. CLIMA Y METEOROLOGÍA	64
4.2.3. TEMPERATURA.....	65
4.2.4. PRECIPITACIÓN	65
4.2.5. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS.....	65
4.2.6. SUELOS.....	66
4.2.7. HIDROLOGÍA	66
4.3. AMBIENTE BIOLÓGICO	67
4.3.1. ZONAS DE VIDA.....	67
4.3.2. FLORA Y FAUNA.....	68
4.4. AMBIENTE SOCIAL.....	68
5. RESULTADOS	70
5.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DEL PROYECTO DON JAVIER 79	70
5.1.1. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	70
5.1.2. TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	70
5.2. DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL.....	72
5.2.1. CAUDAL DE DISEÑO.....	72
5.2.2. PARÁMETROS DE DISEÑO	73
5.2.3. DIMENSIONAMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.....	74
5.3. CONDICIONES PREVIAS AL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.....	76
5.3.1. PRE-TRATAMIENTO	76



5.3.2. TRATAMIENTO PRIMARIO	77
5.3.3. DISPOSICIÓN FINAL	77
5.4. IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE ARD	78
5.4.1. PRIMERA ETAPA: UBICACIÓN Y EXCAVACIÓN	78
5.4.2. SEGUNDA ETAPA: IMPERMEABILIZACIÓN	80
5.4.3. TERCERA ETAPA: COLOCACIÓN DEL SUSTRATO Y TUBERÍAS	80
5.4.4. CUARTA ETAPA: SELECCIÓN Y SEMBRADO DE LA VEGETACIÓN	83
5.4.5. QUINTA ETAPA: ACOPLA AL SISTEMA	84
5.5. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CIERRE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL	84
5.6. COSTOS	85
5.6.1. ANALISIS COSTO – BENEFICIO	86
5.7. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL	89
5.7.1. PH	90
5.7.2. TEMPERATURA	91
5.7.3. ACEITES Y GRASAS	92
5.7.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	94
5.7.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	95
5.7.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	96
5.7.7. COLIFORMES TERMOTOLERANTES	98
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	100
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
7.1. CONCLUSIONES	101
7.2. RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS	106



LISTA DE CUADROS

DESCRIPCIÓN

	Pág.
Cuadro N° 1: Variable Independiente	18
Cuadro N° 2: Variable Dependiente	18
Cuadro N° 3: Procesos de Remoción de Contaminantes en Humedales Artificiales	29
Cuadro N° 4: Ventajas y Desventajas del Humedal Artificial	31
Cuadro N° 5: Ventajas y Desventajas del Humedal Artificial	36
Cuadro N° 6: Plantas frecuentes utilizadas en los humedales.....	39
Cuadro N° 7: Recursos Utilizados en Campo	48
Cuadro N° 8: Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 003-2010-MINAM	62
Cuadro N° 9- Acceso a la Zona del Proyecto	64
Cuadro N° 10: Velocidad y Dirección del Viento Media Mensual.....	66
Cuadro N° 11: Especies de Flora en la Zona de Estudios.....	68
Cuadro N° 12: Especies de Fauna en la Zona de Estudio	68
Cuadro N° 13: Población del Proyecto Don Javier 79	69
Cuadro N° 14: Resultados de análisis de ARD del punto (AG-09), Marzo 2014.....	70
Cuadro N° 15: Costo de Implementación y Mantenimiento	87
Cuadro N° 16: Ahorro por Implementación de Alternativa.....	87
Cuadro N° 17: Estimación de Ahorro Total.....	87

LISTA DE TABLAS

DESCRIPCIÓN

	Pág.
Tabla N° 1: Características Típicas de los Medios para HAFS	56
Tabla N° 2: Temperatura Promedio del ARD.....	71
Tabla N° 3: Caudal Promedio Q (m ³ /d)	72
Tabla N° 4: Parámetros de Diseño del Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial.....	74
Tabla N° 5: Costos de Implementación del Humedal Artificial	85
Tabla N° 6: Resultados de Registro del pH de Mayo a Noviembre (2014)	90
Tabla N° 7: Resultados de Registro de la Temperatura de Mayo a Noviembre (2014).....	91
Tabla N° 8: Resultados de Análisis de Aceites y Grasas de Mayo a Noviembre (2014).....	93
Tabla N° 9: Resultados de Análisis de SST de Mayo a Noviembre (2014).....	94
Tabla N° 10: Resultados de Análisis de DBO ₅ de Mayo a Noviembre (2014).....	96
Tabla N° 11: Resultados de Análisis de DQO de Mayo a Noviembre (2014).....	97
Tabla N° 12: Resultados de Análisis de Coliformes Termotolerantes.....	98



LISTA DE GRÁFICAS

DESCRIPCIÓN

	Pág.
Gráfica N° 1: Comportamiento del pH de Marzo a Noviembre 2014	91
Gráfica N° 2: Comportamiento de la Temperatura de Marzo a Noviembre 2014	92
Gráfica N° 3: Comportamiento de Grasas y Aceites de Marzo a Noviembre 2014.....	93
Gráfica N° 4: Comportamiento de SST de Marzo a Noviembre 2014.....	95
Gráfica N° 5: Comportamiento de DBO ₅ de Marzo a Noviembre 2014.....	96
Gráfica N° 6: Comportamiento de DQO de Marzo a Noviembre 2014.....	97
Gráfica N° 7: Comportamiento de Coliformes Termotolerantes de Marzo a Noviembre 2014	99

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

DESCRIPCIÓN

	Pág.
Fotografía N° 1: Trampa de grasa que colecta el ARD del comedor.....	51
Fotografía N° 2: Cuatro Biodigestores Rotoplast de 7000 L cada uno.....	51
Fotografía N° 3: Zona de las zanjas de infiltración.....	52
Fotografía N° 4: Construcción de trampas de grasa.....	76
Fotografía N° 5: Biodigestores obstruidos.....	77
Fotografía N° 6: Limpieza de biodigestores.....	77
Fotografía N° 7: Plantado de Molles en zanjas de infiltración (abril 2014).....	77
Fotografía N° 8: Crecimiento de Molles (diciembre 2014)	77
Fotografía N° 9: Delimitación del área del humedal artificial.....	78
Fotografía N° 10: Excavación del lecho del humedal artificial.....	78
Fotografía N° 11: Extracción de tierra y piedras	79
Fotografía N° 12: Nivelación de la base a 5% de pendiente.....	79
Fotografía N° 13: Colocación de geomembrana en el lecho del humedal artificial.....	80
Fotografía N° 14: Colocación de la 1ra capa y 2da capa del sustrato.....	81
Fotografía N° 15: Colocación de la tubería de drenaje o salida de ARD.....	81
Fotografía N° 16: Colocación de la 3ra capa y 4ta capa del sustrato.....	82
Fotografía N° 17: Colocación de 04 tuberías para la dispersión del ARD por la superficie del humedal.....	82
Fotografía N° 18: Plantación de “Carrizo” y “Cola de Zorro”.....	83
Fotografía N° 19: Humedal Artificial (diciembre 2014).....	83
Fotografía N° 20: Acople de tuberías al sistema.....	84
Fotografía N° 21: Mantenimiento de biodigestores Rotoplast.....	84
Fotografía N° 22: Punto de Control AG-09	89
Fotografía N° 23: Punto de Control AG-10	90



INTRODUCCIÓN

Los residuos orgánicos representan en nuestros días uno de los factores contaminantes de mayor importancia en lo referido al daño sobre ecosistemas en general, con mayor sensibilidad el recurso agua para los intereses de algunos sectores sociales ya que es un factor importante para el desarrollo de sus actividades agrícolas, piscícolas, acuícolas, pesqueras, entre otros.

En el Perú, el 2013 se produjeron de 800 millones de m³ de aguas residuales domésticas, de este volumen sólo el 47.6% es tratado. En Arequipa sólo es tratada el 13.21% de un total de 38'781,846 m³ de agua residual producida (SUNASS, 2014). El objetivo es evacuar el efluente de las plantas de tratamiento de agua residual doméstica con menos porcentajes de contaminantes directamente en algún cuerpo receptor o usarlo en riego.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo solucionar el problema del sistema de tratamiento de agua residual doméstica del campamento del proyecto Don Javier 79, el cual no era adecuado debido a que no realizaba tratamiento secundario y como resultado de ello, el efluente final excedía los Límites Máximos Permisibles. Como solución tecnológica se implementó un humedal artificial de flujo subsuperficial cuya función será realizar un tratamiento secundario, optimizando el sistema de tratamiento; para ello se necesitará previamente diseñar el humedal artificial y posterior a su implementación, la evaluación de los parámetros del efluente final durante 7 meses para verificar la no excedencia de los Límites Máximos Permisibles.

Para este trabajo de investigación en el Capítulo I se describe el problema principal ¿De qué manera la implementación del humedal artificial mejorará el tratamiento de agua residual doméstica del proyecto Don Javier 79?, del cual partiremos para determinar nuestros objetivos e hipótesis que será demostrado a través de la medición de las variables.

En el Capítulo II se detalla el marco teórico que ayudará a entender el proceso del presente informe y la evolución del trabajo de investigación, cómo por ejemplo: el agua residual doméstica, sus características físicas, químicas y biológicas; el sistema de tratamiento de



agua residual y sus procesos; el humedal artificial, sus tipos, componentes y los mecanismos de remoción. Además del marco legal y marco conceptual.

En el Capítulo III se desarrolla la metodología de la investigación del tipo explicativo correlativo para demostrar la relación entre las variables dependientes e independientes y se describen los procesos para el cálculo de diseño e implementación del humedal artificial; recolección y análisis de muestras del agua residual doméstica por el método cuantitativo.

En el Capítulo IV se hace una descripción del ambiente físico, biológico y social del área de estudio, en este caso del área de influencia directa del proyecto de exploración Don Javier 79.

En el Capítulo V se detallan los resultados obtenidos para el cálculo de diseño e implementación del humedal, los resultados del análisis del agua residual y el comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos entre los meses de mayo a noviembre del 2014. Además se evaluó la eficiencia del humedal artificial.

Por último en el Capítulo VI se señalan las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de investigación.



CAPÍTULO I

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1. ANTECEDENTES

Cueva y Rivadeneira (2013), en su tesis, *“Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Mediante un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial con Vegetación Herbácea”*, muestran como objetivo principal tratar el Agua Residual de los efluentes de la Hacienda Zoila Luz, para lo cual se realizó un diagnóstico del agua residual para obtener los parámetros de diseño y construcción de un Sistema Artificial de Flujo Subsuperficial. Se construyeron 16 humedales de 4x1x0,6 , usando como sustrato: piedra, arena, ripio y tierra, y las especies vegetales, para disminuir los niveles de concentración de DBO₅, DQO, Aluminio, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Índice de Coliformes y Sólidos Totales. Luego de la evaluación del efluente después de ser tratado por el humedal artificial, concluye que el efluente disminuyó en un 75% el nivel de contaminantes.

Quispe C. (2014), en su tesina, *“Evaluación y Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Mediante un Humedal Artificial. Caso: Mina Regina, Puno”*, realiza un diagnóstico de las condiciones actuales del sistema de tratamiento y de la calidad del agua residual doméstica de la Mina Regina, el cual le muestra que el humedal artificial no tiene un diseño adecuado y el agua residual excede los Límites Máximos Permisibles, para ello propone la implementación de un humedal artificial de flujo subsuperficial que cumpla con los parámetros de diseño (largo-ancho), especies vegetales y adición de componentes auxiliares, que aseguren la remoción de los contaminantes por debajo de Límites Máximos Permisibles.

Araujo D. y Araujo Y. (2011), en su tesis, *“Alternativas para el manejo de aguas residuales municipales en la parroquia La Puerta, Municipio Valera, Estado Trujillo”*. Se enfocó en determinar la alternativa más adecuada de tratamiento para esa zona de estudio, para ello inventarió la estructura del sistema de abastecimiento, tratamiento y disposición de aguas residuales existentes en La Puerta, realizó el diagnóstico del sistema previamente



inventariado, formuló alternativas de tratamiento de aguas residuales, evaluó las alternativas formuladas, formuló el reuso de los efluentes del sistema de tratamiento.

Nina (2015), en su tesis, *“Evaluación de Biodigestor de Polietileno Rotoplast en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y Propuesta de Diseño de Biofiltro en la Comunidad de Oquebamba-Espinar”*, se enfocó en evaluar el funcionamiento del sistema de tratamiento de agua residual doméstica a través del monitoreo del efluente de los biodigestores para poder determinar los parámetros de diseño del (biofiltro) y humedal de flujo libre que lo recomienda como propuesta de tratamiento secundario para reducir el nivel de contaminantes del efluente y que no excedan los Límites Máximos Permisibles.

Baca (2012), en su tesis, *“Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona”*, se enfocó en demostrar la hipótesis de su investigación, la capacidad de remoción de los humedales artificiales; tuvo la necesidad de construir un piloto y luego experimentarlo con los efluentes de la Universidad Nacional del Callao, esto en razón de que las características del efluente son similares a las de San Juan de Marcona; este trabajo de investigación se justifica, ya que el área de estudio es de aspecto árido y carente de áreas verdes, los efluentes domésticos son evacuados por seis emisores de los cuales cinco son dirigidos al mar sin previo tratamiento y un emisor que descarga a una laguna de oxidación que no cuenta con la capacidad demandada. Concluyendo que esta alternativa puede ser replicada en otras problemáticas similares, es decir de disposición de disposición final de desagües y reutilización para riego.



1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el campamento del proyecto de exploración minera Don Javier 79 las aguas residuales domésticas (ARD) reciben tratamiento primario, pero no cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) que establece la norma peruana, D.S. N°003-2010-MINAM (LPM para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas residuales Domésticas o Municipales); esto se pudo evidenciar cuando se realizaron los monitoreos periódicos del agua residual. Esto se genera debido a los siguientes factores:

- Inadecuado sistema de tratamiento de agua residual; limitado pre tratamiento, el tratamiento primario (físico químico) es insuficiente, no existe tratamiento secundario; por lo tanto el sistema no garantiza que el efluente no exceda los LMP.
- Los 04 biodigestores (Rotoplast), que cumplen la función de tratamiento primario (físico-químico), se encuentran obstruidos con nata o grasa sólida que impiden el buen funcionamiento de estos; en algunos casos el tiempo de retención hidráulica en el biodigestor es cero.

El efluente doméstico ha sido caracterizado mediante análisis en laboratorio el cual nos muestra que los parámetros de la calidad del agua residual (Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Temperatura, Coliformes Termotolerantes, Grasas y aceites) son de elevada concentración, por encima de los Límites Máximos Permisibles.

Las consecuencias de estos problemas son: contaminación de la calidad del agua, contaminación de la calidad del suelo, generación de malos olores, perjuicio económico en mantenimiento, reparaciones constantes y posibles multas o sanciones administrativas de parte de las entidades fiscalizadoras OEFA u OSINERGMIN.



1.2.2. FORMULACIÓN OPERATIVA DEL PROBLEMA

Lo que se propone es optimizar el sistema de tratamiento de agua residual mediante el diseño e implementación de un humedal artificial de flujo subsuperficial (HAFS) como tratamiento secundario, mejoramiento del pre tratamiento y capacitación al personal de mantenimiento; con ello alcanzar que el Agua Residual Doméstica del campamento sea descargada a las zanjas de infiltración cumpliendo con lo que establece el D.S. N° 003-2010-MINAM; además de: cumplir el compromiso del Plan de Manejo Ambiental, preservar el paisaje, mantener el bienestar de los trabajadores y evitar multas o sanciones.

1.2.2.1. Problema Principal

- ¿De qué manera la implementación de un Humedal Artificial mejorará el tratamiento de Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79?

1.2.2.2. Problemas Secundarios

- ¿Cuáles son las características del Agua Residual Doméstica del Proyecto Don Javier 79 previo a la implementación del humedal artificial?
- ¿De qué manera se diseñará el Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial para el tratamiento de Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79?
- ¿De qué manera los parámetros físico – químicos y microbiológico del Agua Residual Doméstica, en un periodo de 7 meses, muestran la no excedencia de los Límites Máximos Permisibles?



1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Implementar el Humedal Artificial para el tratamiento de Agua Residual Doméstica del campamento Don Javier 79.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79, previo a la implementación del Humedal Artificial.
- Diseñar el Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial para el tratamiento de Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79.
- Comparar los parámetros físico – químicos y microbiológicos del Agua Residual Doméstica, en un periodo de 7 meses, con los Límites Máximos Permisibles, posterior a la implementación del Humedal Artificial.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La Implementación del Humedal Artificial mejora significativamente el tratamiento de Agua Residual Doméstica del campamento Don Javier 79.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- La caracterización del Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79 influye en el diseño del Humedal Artificial.
- El diseño del Humedal Artificial influye significativamente en el tratamiento de Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79.



- Los parámetros físico – químicos y microbiológicos del Agua Residual Doméstica, en un periodo de 7 meses, no exceden los Límites Máximos Permisibles.

1.5. VARIABLES

En el trabajo de investigación se utilizó las variables que aparecen a continuación en los Cuadros N° 1 y N° 2.

Cuadro N° 1: Variable Independiente

Variable Independiente	Dimensión	Indicadores	
Humedal Artificial del Proyecto Don Javier 79	Sustrato	Tipo de Sustrato	
	Vegetación	Tipo de Vegetación	
	Dimensiones	Caudal (m ³ /d)	
		Área Superficial (m ²)	
		Ancho del Lecho (m)	
		Largo del Lecho (m)	
	Tiempo de Retención Hidráulica (d)		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 2: Variable Dependiente

Variable Dependiente	Dimensión	Indicadores
Agua Residual Doméstica	Calidad	Aceites y Grasas (mg/L)
		pH (unidad)
		Temperatura (°C)
		Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) – (mg/L)
		Demanda Química de Oxígeno (DQO) – (mg/L)
		Sólidos Suspendidos Totales (SST) – (mg/L)
		Existencia de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)

Fuente: Elaboración propia.



1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La implementación del Humedal Artificial nace como una solución al problema que se presentó en el sistema de tratamiento de agua residual doméstica del proyecto Don Javier 79, cuyo efluente excede los Límites Máximos Permisibles debido a que no se cuenta con un tratamiento secundario que complemente en la reducción del nivel de los contaminantes.

El humedal artificial representa una alternativa viable ambiental, económica y social por reducir el nivel de contaminantes del efluente doméstico, aumentar la estética del paisaje del entorno, su bajo costo de operación (proceso natural), mejora la percepción sobre la gestión ambiental minera, y además puede ser replicado en otros proyectos mineros o pequeños centros poblados en costa, sierra o selva.

La descarga de efluente doméstico sin tratamiento adecuado previo, perjudica en la conservación de los aspectos físicos, químicos, biológicos del entorno que podría verse impactada; además del bienestar del personal del proyecto Don Javier 79.

Las repercusiones por no realizar un adecuado tratamiento al agua residual doméstica no se limita al aspecto ambiental, sino que además representaría un perjuicio económico para la empresa, por la posible imposición de sanciones de carácter monetario por parte de autoridades fiscalizadoras que pueden ir desde 10 hasta 1000 UIT (RCD N° 049-2013-OEFA).



CAPITULO II

2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. MARCO LEGAL

- Constitución Política del Perú, Art. 2° Inc. 22, Art.67° y Art. 68°.

Artículo 2°.- Toda persona tiene derecho:

(...)

22. A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Artículo 67°.- El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Artículo 68°.- El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

- Ley N° 17752, Ley General de Aguas, Título II, De la Conservación y Preservación del Agua.

Artículo 22°.- Está prohibido verter o emitir cualquier residuo, sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas, causando daños o poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna o comprometiendo su empleo para otros usos.

- D.L. N° 613, Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Cap. IV, Art. 14°.

Artículo 14°.- Es prohibida la descarga de sustancias contaminantes que provoquen degradación de los ecosistemas o alteren la calidad del ambiente, sin adoptarse las precauciones para la depuración. La autoridad competente se



encargará de aplicar las medidas de control y muestreo para velar por el cumplimiento de esta disposición.

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, Art. VI, Art. 32°, Art.74°.

Artículo VI.- Del principio de prevención

La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan.

Artículo 74°.- De la responsabilidad general

Todo titular de operaciones es responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generen sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales, como consecuencia de sus actividades. Esta responsabilidad incluye los riesgos y daños ambientales que se generen por acción u omisión.

- D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA (ARD).-

(Crites R. y Tchobanoglous G., 2000). Son las provenientes de las actividades domésticas de la vida diaria como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera, a su vez se clasifican en:

- Aguas de cocina (sales, materia orgánica, grasa, solidos, etc.).
- Aguas grises (Jabones, detergentes, líquidos de limpieza, etc.).
- Aguas negras (Procedente de la defecación del ser humano).



2.2.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

2.2.2.1. Características Físicas

- **Temperatura**

La temperatura de un agua residual varía de estación en estación y también con la posición geográfica. En regiones frías, la temperatura varía de 7 a 18°C mientras que en regiones cálidas la variación será de 13 a 30°C. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana está en el rango 25 a 35°C.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura, esta influye de forma muy significativa en las especies acuáticas influyendo en su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de materia orgánica. Puede también influir en las velocidades de las reacciones químicas, en los usos del agua y en la vida de la flora y la fauna acuática, puede provocar la coagulación de las proteínas de la materia orgánica y aumentar la toxicidad de algunas sustancias. (**García Z., 2012**).

- **Sólidos Totales**

El contenido de sólidos del agua es uno de los parámetros más significativos. La cantidad, el tamaño y el tipo dependen del agua específica. Por ejemplo, un agua residual fecal no tratada puede tener materia de partícula orgánica, incluyendo trozos de comida en el rango de milímetros, mientras que un agua tratada puede tener partículas en el rango de 10^{-6} mm. Los sólidos se clasifican como: sólidos totales, sólidos en suspensión, sólidos totales disueltos, sólidos totales volátiles y sólidos volátiles en suspensión. (**Barba L., 2002**)

- **Color y Olor**

El color y olor sirven como indicadores del grado de contaminación por residuos y su presencia en aguas residuales es signo de un pre tratamiento inadecuado antes de la descarga. (**García Z., 2012**),



La edad de un agua residual puede ser determinada cualitativamente en función de su color y olor. La importancia de ambos parámetros radica, sobre todo, en los efectos estéticos perjudiciales que pueden provocar sobre la sociedad, aunque también afectan negativamente sobre el medio receptor.

2.2.2.2. Características Químicas

- **pH**

El pH es un factor muy importante en los procesos de transformación química y biológica (**Romero J., 2005**),

La escala del pH mide qué tan ácida o básica es una sustancia. Varía de 0 a 14. Un pH de 7 es neutro. Si el pH es inferior a 7 es ácido y si es superior a 7 es básico. Cada valor entero de pH por debajo de 7 es diez veces más ácido que el valor siguiente más alto. (**US EPA, 2012**).

Las aguas residuales domésticas tienen un pH próximo al valor de 7, es decir son adecuadas para los microorganismos neutrófilos. Sin embargo, es necesario controlar el pH para que los procesos biológicos, durante el tratamiento, sean adecuados, debiendo encontrarse entre valores de 6,2 y 8,3 para que no se generen problemas de inhibición.

- **Materia Orgánica**

(**Nina R., 2015**) La materia orgánica está compuesta en un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergentes. Estos contaminantes son biodegradables, es decir, pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua, cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes de las aguas residuales domésticas.

El agua residual contiene también pequeñas cantidades de moléculas orgánicas sintéticas como agentes tensoactivos, fenoles y pesticidas usados en la agricultura.



- **Materia Inorgánica**

- Nitrógeno

En las aguas residuales el nitrógeno se encuentra en cuatro formas básicas: nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrito y nitrato. Si las aguas residuales son frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana. A medida que el agua se estabiliza, por oxidación bacteriana en medio aerobio se generan nitritos y posteriormente nitratos. El predominio de la forma de nitrato en un agua residual es un fiel indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno (CIDTA, 2013).

El nitrógeno es un elemento importante en las aguas residuales ya que es necesario para el crecimiento de los microorganismos. Si el agua residual no contiene suficiente nitrógeno pueden ocurrir problemas por deficiencia de nutrientes durante el tratamiento secundario. Pero también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas cuando se encuentra en elevadas concentraciones.

- Fosforo

En el agua residual el fósforo se encuentra en tres formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos. El ortofosfato es la forma más fácilmente asimilable por los microorganismos y se utiliza como un parámetro de control en los procesos biológicos de eliminación de fósforo. El fósforo, como el nitrógeno, es un elemento esencial para el crecimiento biológico, importante para los microorganismos. (CIDTA, 2013).

2.2.2.3. Características Biológicas

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



grupos de microorganismos que se pueden encontrar en las aguas residuales son: Bacterias, Protozoos y Virus. (CIDTA, 2013).

Las bacterias autótrofas y heterótrofas pueden dividirse, a su vez, en anaerobias, aerobias, o facultativas, según su necesidad de oxígeno.

Bacterias anaerobias: son las que consumen oxígeno procedente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir. Los procesos que provocan son anaerobios, caracterizados por la presencia de malos olores.

Bacterias aerobias: son aquellas que necesitan oxígeno procedente del agua para su alimento y respiración. El oxígeno disuelto que les sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua, y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica son procesos aerobios, caracterizados por la ausencia de malos olores.

Bacterias facultativas: algunas bacterias aerobias y anaerobias pueden llegar a adaptarse al medio opuesto, es decir, las aerobias a medio sin oxígeno disuelto y las anaerobias a aguas con oxígeno disuelto.

Bacterias Coliformes: bacterias que sirven como indicadores de contaminantes y patógenos. Son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente. Las bacterias coliformes incluyen los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*.

2.2.3. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

2.2.3.1. Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR)

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales. (MINAM, 2010).



2.2.3.2. Tratamiento Preliminar o Pre-tratamiento

El objetivo principal del tratamiento preliminar es eliminar todos los sólidos gruesos y/o visibles que transporta el agua residual. Si pasan a etapas posteriores de la línea de depuración se generan problemas y un deficiente funcionamiento de los procesos (**Lara, 1999**).

Ejemplos:

- Tamiz grueso y/o fino
- Remoción de arenas
- Remoción de grasas y aceites (Trampa de Grasas)

2.2.3.3. Tratamiento Primario

Esta etapa se encarga de la remoción de parte de los sólidos y materia orgánica suspendida presentes en el agua residual. El tratamiento primario persigue la reducción de Sólidos Suspendidos Totales (SST), se reduce la turbidez, y DBO, debido a que parte de los sólidos suspendidos son materia orgánica. Se eliminara también algo de contaminación bacteriológica (coliformes, estreptococos, etc.). De los SST se tratará de eliminar específicamente los sedimentables (**Lara, 1999**).

Ejemplos:

- Tanques sépticos.
- Tanques Imhof.
- Biodigestores

2.2.3.4. Tratamiento Secundario

Se encarga de remoción de compuestos orgánicos biodegradables, sólidos suspendidos. La desinfección también se incluye dentro del concepto de tratamiento secundario convencional. Su objetivo básico consiste en reducir la materia orgánica disuelta. El tratamiento básico es biológico. Se trata de eliminar tanto la materia orgánica coloidal como la que está en forma disuelta. En ésta



etapa se consigue importante rendimiento de eliminación de DBO. (**Hammeken, 2005**).

Ejemplos:

- Tanque séptico con reactor de película bacterial adherida.
- Lodos activados.
- Filtro percolador y biorres
- Biodiscos.
- Filtro de arena de flujo intermitente.
- Filtro de grava con recirculación.
- Lagunas.
- **Humedales artificiales.**
- Tratamiento acuático.
- Tratamiento en el suelo

2.2.3.5. Tratamiento Avanzado o Terciario

El tratamiento avanzado se encarga de la remoción de materiales disueltos o en suspensión que permanecen después del tratamiento biológico convencional. Este nivel se aplica en casos donde se requiere reutilizar el agua tratada o en el control de eutrofización de fuentes receptoras. (**Zambrano C., 2008**).

Ejemplos:

- Filtración rápida.
- **Humedales artificiales.**
- Desinfección de aguas residuales.
- Remoción de solidos residuales con filtración con membrana.
- Sistema de tratamiento con reutilización.



2.2.4. HUMEDAL ARTIFICIAL

Un Humedal Artificial es un sistema de tratamiento (estanque o cauce) poco profundo, construido por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas, y contado con los procesos naturales para tratar el agua residual. Los Humedales Artificiales tienen ventajas respecto de los sistemas de tratamiento alternativos, debido a que requieren poca o ninguna energía para operar. Si hay suficiente tierra barata disponible cerca de la instalación, puede ser una alternativa de costo efectivo. Los Humedales Artificiales proporcionan el hábitat para la vida silvestre, y son, estéticamente, agradables a la vista. (Llagas W. y Guadalupe E., 2006)

Los Humedales Artificiales han sido definidos como “sistemas de ingeniería, diseñados y construidos para utilizar las funciones naturales de los humedales, de la vegetación, los suelos y de sus poblaciones microbianas para el tratamiento de contaminantes en aguas residuales” (ITRC, 2003). Ver Figura N° 1.

Los Humedales Artificiales son filtros biológicos (biofiltros) de grava o piedra volcánica, sembrados con plantas de pantano, a través de los cuales circulan las aguas residuales pretratadas mediante un flujo horizontal o vertical. Las bacterias responsables de la degradación de la materia orgánica utilizan la superficie del lecho filtrante para fijarse y formar una película bacteriana que les permite actuar mejor en el proceso de degradación (MINAM, 2009).

Figura N° 1: Humedal Artificial



Fuente: Proyecto Ibarrola, Villamonte – España.



2.2.5. PROCESOS DE TRATAMIENTO EN HUMEDAL ARTIFICIAL

Los humedales artificiales son generalmente diseñados para la eliminación de los siguientes contaminantes en aguas residuales. Ver el **Cuadro N° 3**:

Materia orgánica (medida como DBO₅ y DQO, Demanda Biológica y Demanda Química de Oxígeno), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Nutrientes (por ejemplo nitrógeno y fósforo), Patógenos, Metales Pesados y otros contaminantes.

Los Humedales Artificiales son referidos a menudo como "simples sistemas de baja tecnología", pero los procesos implicados en este tratamiento están en realidad muy lejos de ser simples. Las actividades ocurren en diferentes zonas dentro del "lecho del filtro", siendo los siguientes componentes del sistema:

- Lecho de arena
- Zona radicular
- Detritus (material orgánico particular, como hojas secas)
- Poro de agua
- Poro de aire
- Plantas
- Raíces
- Biofilm: bacterias que crecen en la arena y están ligadas a las raíces

El proceso de tratamiento en el lecho de los Humedales Artificiales es el resultado de complejas interacciones entre todos estos componentes. Debido a esto, los humedales artificiales tienen diferentes espacios con condiciones de oxígeno que desencadenan los diversos procesos de oxidación y reducción de los contaminantes biodegradables.

Cuadro N° 3: Procesos de Remoción de Contaminantes en Humedales Artificiales

Contaminante	Proceso
Materia orgánica (MO) (medida como DBO ₅ o DQO)	<ul style="list-style-type: none"> • Las partículas de MO son eliminadas por la sedimentación y filtración, luego convertidas a DBO₅ soluble. • La MO soluble es fijada y adsorbida por el biofilm y degradadas por las bacterias adheridas en este.



Contaminante	Proceso
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación y filtración. • Descomposición durante los largos tiempos de retención por bacterias especializadas en el lecho de arena.
Nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrificación / Desnitrificación por el biofilm • Absorción de las plantas (influencia limitada)
Fósforo	<ul style="list-style-type: none"> • Retención en el lecho de arena (adsorción). • Precipitación con aluminio, hierro y calcio. • Absorción de las plantas (influencia limitada).
Patógenos	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación y filtración. • Absorción por el biofilm. • Depredación por protozoarios. • Eliminación de bacterias por condiciones ambientales desfavorables (temperatura y pH).
Metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación y adsorción. • Absorción de las plantas (influencia limitada).
Contaminantes Orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorción por el biofilm y partículas de arena. • Descomposición debido a lo largo del tiempo de retención y a las bacterias especializadas del suelo (no calculable).

Fuente: Revisión Técnica de Humedales Artificiales (Hoffmann 2011)

2.2.5.1. ¿Dónde puede ser utilizado?

El tratamiento del humedal puede ser aplicable en hogares u otros edificios que no estén conectados a una planta centralizada de tratamiento de aguas negras, y donde hay el espacio disponible. Un área más grande de terreno es necesaria para el tratamiento de humedal que para otras tecnologías. Los humedales tipo Flujo Subsuperficial pueden ser adaptados a muchos climas diferentes. La eficiencia del tratamiento tiende a disminuir con temperaturas más frías; la temperatura no afecta significativamente valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST), ya que estos son afectados por mecanismos físicos (US EPA, 1999).

2.2.5.2. Ámbitos de aplicación

- Aguas residuales de origen doméstico o municipal (municipios urbanos y rurales, centros de salud, campamentos, instalaciones hoteleras, clubes deportivos, escuelas, casas, villas, etc...).
- Aguas residuales de origen industrial (refinerías, fábricas de productos químicos, de papel, de curtiduría y textiles, de destilerías, mataderos, lácteos, conservas, azúcar, cervezas, etc...).



- Lixiviados de diferentes orígenes (de la agricultura, aeropuertos, autopistas, invernaderos, viveros, vertederos de basura, etc...).

2.2.5.3. Ventajas y Desventajas

Cuadro N° 4: Ventajas y Desventajas del Humedal Artificial

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Son menos costosos que otros sistemas de tratamiento. • Los gastos de operación y mantenimiento son bajos (energía y suministros). • Las operaciones y mantenimiento no requieren un trabajo permanente en la instalación. • Los humedales soportan las variaciones de caudal. • Facilitan el reciclaje y la reutilización del agua. • Proporcionan un hábitat para muchos organismos. • Pueden construirse en armonía con el paisaje. • Proporcionan muchos beneficios adicionales a la mejora de la calidad del agua, como el ser un hábitat para la vida salvaje y un realce de las condiciones estéticas de los espacios abiertos. • Son una aproximación sensible con el medio ambiente que cuenta con el favor público. 	<ul style="list-style-type: none"> • Generalmente requieren grandes extensiones de terreno, comparado con los tratamientos convencionales. El tratamiento con humedales puede ser relativamente más barato que otras opciones, solo en el caso de tener terreno disponible y asequible. • El rendimiento del sistema puede ser menos constante que el de un proceso convencional. El rendimiento del sistema puede ser estacional en respuesta a los cambios en condiciones ambientales, incluyendo lluvias y sequías. • Los componentes son sensibles a sustancias como el amoníaco y los pesticidas que llegan a ser tóxicos. • Se requiere una mínima cantidad de agua para que sobrevivan, pero no soportan estar completamente secos.

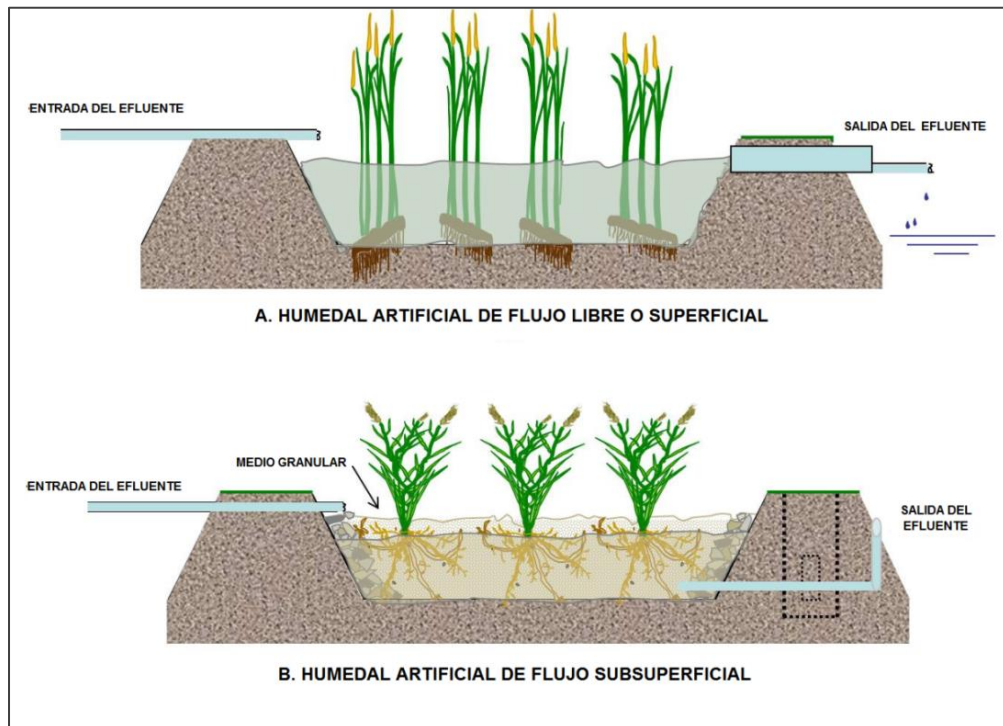
Fuente: (US EPA, 1999).

2.2.6. TIPOS DE HUMEDAL ARTIFICIAL

Según **US EPA (1999)**, existen dos tipos de Humedales Artificiales, de Flujo Libre o superficial y de Flujo Subsuperficial. Ver **Figura N° 2**.



Figura N° 2: Tipos de Humedal Artificial



Fuente: http://www.lamolina.edu.pe/proyectos/proyecto_AQUAtech/Diplomado_I/monografias/pdf/Ruth_Suica_Delgado.pdf

2.2.6.1. Humedal Artificial de Flujo Libre (HAFL)

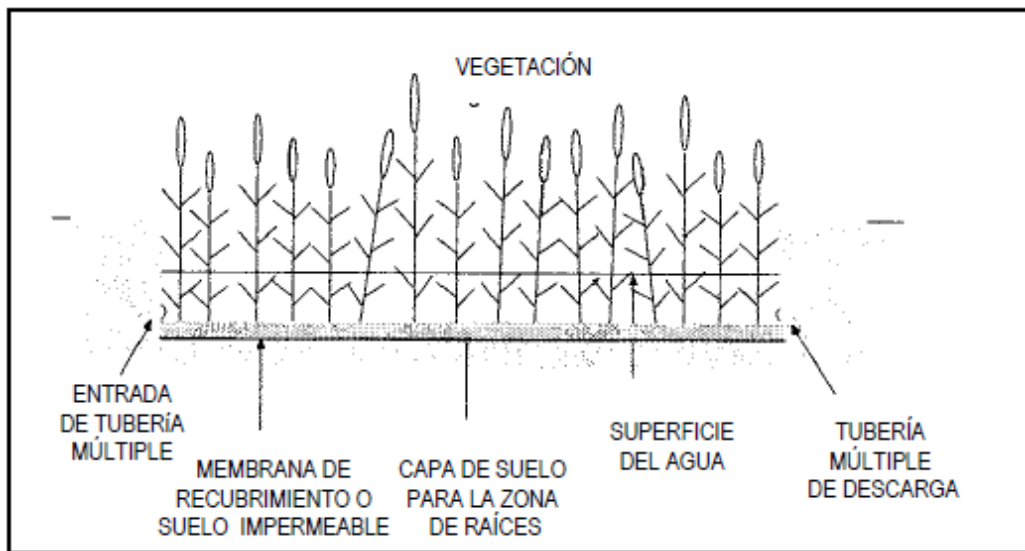
Estos sistemas consisten típicamente de estanques o canales, con alguna clase de barrera subterránea para prevenir la filtración, suelo u otro medio conveniente a fin de soportar la vegetación emergente, y agua en una profundidad relativamente baja (0,1 a 0,6 m) que atraviesa la unidad.

La profundidad baja del agua, la velocidad baja del flujo, y la presencia de tallos de planta y residuos regulan el flujo del agua. Se aplica agua residual pretratada a estos sistemas, y el tratamiento ocurre cuando el flujo de agua atraviesa lentamente el tallo y la raíz de la vegetación emergente. Ver **Figura N° 3**.



Se definen como humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS, *free water Surface wetlands*) aquellos sistemas en los cuales el agua está expuesta a la atmósfera. (US EPA, 2000)

Figura N° 3: Humedal Artificial de Flujo Libre



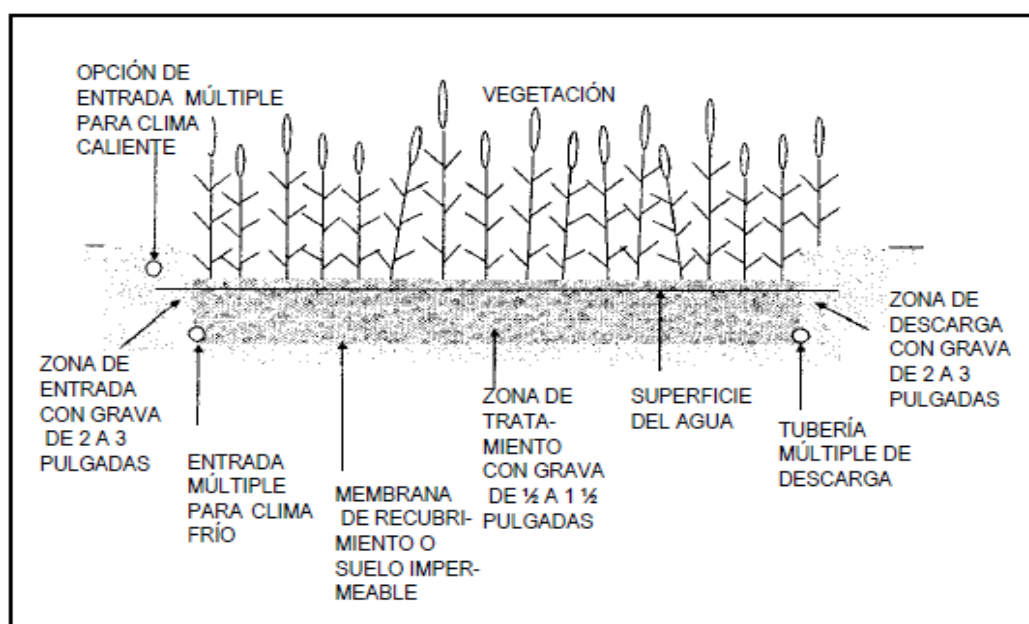
Fuente: EPA, 2000

2.2.6.2. Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial (HAFS)

Un humedal artificial de flujo subsuperficial (*subsurface flow wetlands*) está diseñado específicamente para el tratamiento de algún tipo de agua residual, o su fase final de tratamiento, y está construido típicamente en forma de un lecho o canal que contiene un medio apropiado. Un ejemplo de un humedal flujo subsuperficial se muestra en la **Figura 4**. La grava es el medio más utilizado en Estados Unidos y Europa, aunque también se ha utilizado roca triturada, grava, arena y otro tipo de materiales del suelo (US EPA, 2000).



Figura N° 4: Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial



Fuente: EPA, 2000

2.2.6.3. Diferencias entre Humedales de Flujo Libre y Humedales de Flujo Subsuperficial

La depuración de las aguas residuales en los humedales construidos se lleva a cabo, fundamentalmente, por la presencia de una población microbiana adherida a la superficie de las plantas en contacto con el agua residual y en el caso de los humedales con flujo subsuperficial se adiciona además los microorganismos adheridos al medio soporte. Debido a que el medio poroso brinda mayor área superficial para el crecimiento de los microorganismos la velocidad de remoción en los sistemas con flujo subsuperficial es mayor, por ello que requiere de menor área superficial para su implementación. Por otra parte, debido a que el agua en estos sistemas fluye por debajo de la superficie del medio, no se presentan problemas con el olor, desarrollo de los mosquitos y otros vectores, además de proporcionar protección térmica, lo que hace que estos sistemas puedan ser utilizados en lugares donde ocurran grandes nevadas. (Reed et al., 1995; Wittgren and Maehlum, 1997).

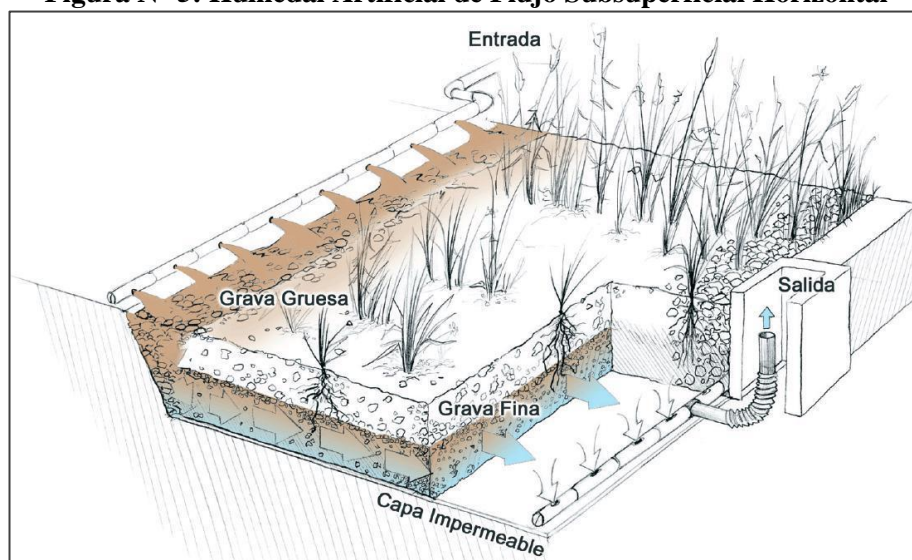
Sin embargo, a pesar de todas las ventajas antes expuestas hay que señalar que los humedales con flujo subsuperficial tienen como desventajas el costo del medio soporte utilizado, así como su traslado y colocación.



2.2.6.4. Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal

Este sistema se diseña con el objetivo de lograr tratamiento secundario y tratamiento avanzado a las aguas residuales. A estos sistemas se les ha llamado también de “root zone” o “rock-reed filters” generalmente son estanques o canales con el fondo relativamente impermeable rellenos con un medio poroso, el cual es sembrado con plantas emergente. El agua residual pretratada entra al lecho por un extremo del sistema y sale por el extremo opuesto, experimentando una circulación horizontal por el sustrato del humedal artificial. Ver **Figura N° 5**.

Figura N° 5: Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal



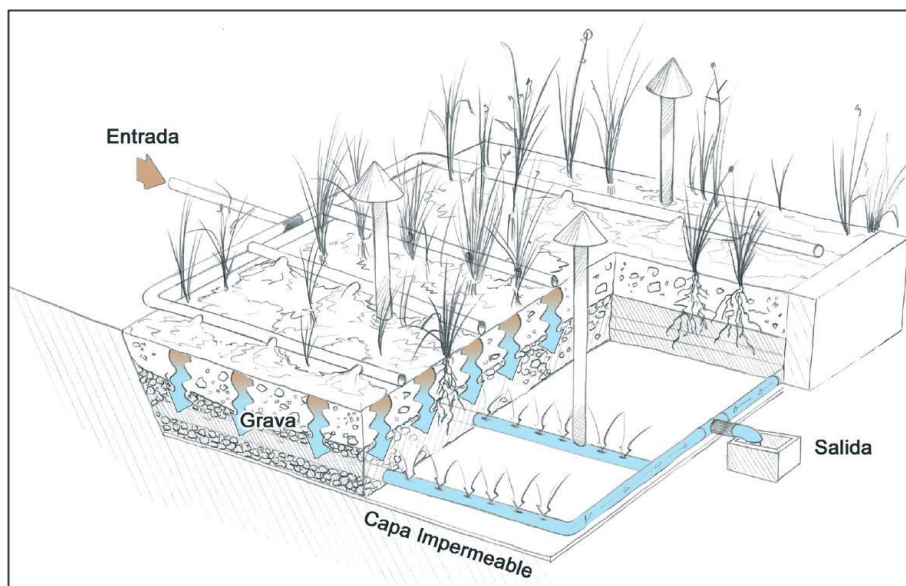
Fuente: <http://depuranatura.blogspot.pe/2011/05/humedal-de-flujo-subsuperficial.html>

2.2.6.5. Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical

Este sistema se diseña con el objetivo de lograr tratamiento secundario y tratamiento avanzado a las aguas residuales. En los humedales con flujo vertical el agua residual es aplicada uniformemente sobre la superficie del lecho y el efluente tratado sale por unos tubos perforados que se encuentran en el fondo del lecho, colocados paralelamente al eje longitudinal de éste, de manera que el agua residual circule verticalmente entre el sustrato del humedal que podría tener varias capas (arena, grava, roca) que actúan como filtro. Ver **Figura N° 6**.



Figura N° 6: Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical



Fuente: http://depuranatura.blogspot.pe/2011/05/humedal-de-flujo-subsuperficial_02.html

2.2.6.6. Comparación entre Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y Vertical.

Cuadro N° 5: Ventajas y Desventajas del Humedal Artificial

	Horizonta	Vertical
Funcionamiento	Continuo	Discontinuo
Estado oxidación	Más reducido	Más oxidado
Eficiencia	Más superficie	Menos superficie
Carga superficial	4-6 g DBO ₅ /m .d ²	20-40 g DBO ₅ /m .d ²
Nitrificación	Complicada	Se consigue
Operación	Sencilla	Más compleja

Fuente: O. Delgadillo, 2010.

2.2.7. COMPONENTES DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

2.2.7.1. Sustrato

Los sustratos en los humedales artificiales incluyen suelo, arena, grava, roca y materiales orgánicos como el compost. Sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido a la baja velocidad del agua y a la alta



productividad de estos sistemas. El sustrato, sedimentos y restos de vegetación, son importantes por varias razones:

- Albergan a muchos organismos vivientes en el humedal.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- El sustrato proporciona almacenamiento para muchos contaminantes a través del filtrado.

Las características físicas y químicas del suelo y otros sustratos se alteran cuando se inundan. En un sustrato saturado, el agua reemplaza los gases atmosféricos en los poros y el metabolismo microbiano consume el oxígeno disponible y aunque se presenta dilución de oxígeno de la atmósfera, puede darse lugar a la formación de un sustrato anóxico, lo cual será importante para la remoción de contaminantes como el nitrógeno y metales. (**Lara, 1999**).

2.2.7.2. Vegetación

La transferencia de oxígeno a la zona de la raíz es el mayor aporte que brindan las plantas. Su presencia física en el sistema (tallos, raíces y rizomas) permite la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión. Lo más importante en los HAFS es que las porciones sumergidas de las hojas y tallos se degradan y se convierten en restos de vegetación, que sirve como sustrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre. (**Lara, 1999**).

Las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escorrentía de varias maneras:

- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- Toman el carbono, nutrientes, y elementos de traza y los incorporan a los tejidos de la planta.






- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
 - El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
 - El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.
 - Cuando se mueren y se deterioran dan lugar a restos de vegetación.
-
- **Plantas utilizadas en los humedales**

Las plantas emergentes que frecuentemente se encuentran en los humedales, aparecen en el **Cuadro N°6**.



Cuadro N° 6: Plantas frecuentes utilizadas en los humedales

<ul style="list-style-type: none"> • <i>Typha domingensis</i> (totora).- Es robusta, capaz de crecer bajo diversas condiciones medioambientales, y se propaga fácilmente, por lo que representa una especie de planta ideal para un humedal artificial. También, es capaz de producir biomasa anual grande y tiene un potencial pequeño de remoción de Nitrógeno y Fósforo por la vía de la poda y la cosecha. Los rizomas de Totora plantados a intervalos de aproximadamente 60 cm. pueden producir una cubierta densa en menos de un año, tiene una relativamente baja penetración en grava de 30 cm. 	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cortaderia sp.</i> (cola de zorro).- Pertenecen a la familia de las ciperáceas, son perennes y crecen en grupos. Son plantas que crecen en un rango diverso de aguas interiores y costeras, pantanos salobres y humedales. Los Juncos, como también se les conoce, son capaces de crecer bien en agua desde 5 cm. a 3 m. de profundidad. Se encuentran juncos creciendo en un pH de 4 a 9, la mayoría de las especies tienen un crecimiento moderado y pueden lograr un buen cubrimiento en alrededor de un año con separaciones de 30 cm. Algunas variedades crecen más rápido y pueden cubrir en un año con un espaciamiento algo menor (entre 30 cm. y 60 cm.). 	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Arundo donax</i> (Carrizos).- Son plantas altas con un rizoma perenne extenso, logran un muy buen cubrimiento en un año con separación de 60 cm. Los sistemas que utilizan carrizos pueden ser más eficaces en la transferencia de oxígeno porque los rizomas penetran verticalmente, y más profundamente que los de las Totoras, aunque menos que los juncos. Los carrizos son muy usados para humedales artificiales porque presentan la ventaja de que tienen un bajo valor alimenticio, y por tanto, no se ven atacadas por animales como otros tipos de plantas. 	

Fuente: Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales (Lara, 1999).



2.2.7.3. Microorganismos

Los microorganismos cumplen un papel muy importante en los humedales artificiales debido a que su metabolismo regula las funciones del humedal. Los microorganismos incluyen bacterias, levaduras, hongos, y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono orgánico y muchos nutrientes.

La actividad microbiana:

- Transforma un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.
- Altera las condiciones de potencial redox del sustrato y así afecta la capacidad de proceso del humedal.
- Está involucrada en el reciclaje de nutrientes.

Algunas transformaciones microbianas son aeróbicas (es decir, requieren oxígeno libre) mientras otras son anaeróbicas (tienen lugar en ausencia de oxígeno libre). Muchas especies bacterianas son facultativas, es decir, son capaces de funcionar bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas en respuesta a los cambios en las condiciones medioambientales.

Las poblaciones microbianas se ajustan a los cambios en el agua que les llega y se pueden extender rápidamente cuando se tiene la suficiente energía. Cuando las condiciones medioambientales no son convenientes, muchos microorganismos se inactivan y puede permanecer inactivos durante años.

La comunidad microbiana de un humedal construido puede ser afectada por sustancias tóxicas, como pesticidas y metales pesados, y debe tenerse cuidado para prevenir que tales sustancias se introduzcan en las cadenas tróficas en concentraciones perjudiciales. (**Lara, 1999**).



2.2.7.4. Animales

Los humedales construidos proveen un hábitat para una rica diversidad de invertebrados y vertebrados.

Los animales invertebrados, como insectos y gusanos, contribuyen al proceso de tratamiento fragmentando el detritus consumiendo materia orgánica. Las larvas de muchos insectos son acuáticas y consumen cantidades significantes de materia durante sus fases larvales. Los invertebrados también tienen varios papeles ecológicos; por ejemplo, las ninfas de la libélula son rapaces importantes de larvas de mosquito.

Aunque los invertebrados son los animales más importantes en cuanto a la mejora de la calidad del agua, los humedales construidos también atraen a una gran variedad de anfibios, tortugas, pájaros, y mamíferos.

Los humedales construidos atraen variedad de pájaros, incluso patos silvestres. (Lara, 1999).

2.2.8. MECANISMOS DE REMOCIÓN EN EL HUMEDAL ARTIFICIAL

Los mecanismos principales de remoción son la conversión biológica, la filtración física, la sedimentación o la precipitación química, la absorción y la adsorción.

Con estos mecanismos se puede tratar con efectividad altos niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Nitrógeno, niveles significativos de metales, compuestos orgánicos y patógenos.

2.2.8.1. Remoción de DBO

La remoción de la DBO ocurre rápidamente por sedimentación y filtración de partículas entre la grava y las raíces. La DBO en estado disuelto o en forma coloidal continua siendo removida cuando entran en contacto con los microorganismos que crecen en la superficie de la grava, raíces y rizomas de las



plantas. La degradación de la materia orgánica es aerobia en micrositos de la superficie de las raíces de las plantas, pero en el resto del lecho sumergido ocurre por vías anaerobias: fermentación metánica y sulfato reducción. Estos procesos son muy dependientes de la temperatura por lo que se observan variaciones estacionales en la DBO del efluente.

En climas relativamente cálidos, la remoción de la DBO observada los primeros días es muy rápida y la remoción subsiguiente es limitada y se cree que está influida por la producción de DBO residual debida a la descomposición de los residuos de las plantas y otra materia orgánica natural presente en el humedal. Esto hace a estos sistemas únicos, ya que se produce DBO dentro del sistema y a partir de fuentes naturales; por tanto, no es posible diseñar un sistema para la salida de cero DBO, independientemente del tiempo de retención hidráulica.

El crecimiento biológico de organismos es sensible a la temperatura. Los organismos alcanzan un crecimiento óptimo a temperaturas relativamente altas, pero su reproducción continúa inclusive a temperaturas muy bajas (**Crites R. y Tchobanoglous G., 2000**).

2.2.8.2. Remoción de Sólidos Suspendidos

Gran parte de los sólidos en suspensión son removidos en el pre tratamiento y tratamiento primario mediante los procesos físicos.

Luego, en el HAFS son removidos de una manera muy efectiva y más o menos rápida, ocurriendo en la parte entre el 12 y el 20% inicial del área y consiguiendo siempre valores de salida inferiores a 20 mg/L, esto se da por procesos físicos de filtración y sedimentación.

Una parte de los sólidos en suspensión están formados por materia orgánica, algas o microorganismos, que son degradados hasta productos gaseosos (proceso biológico), por lo que los procesos de colmatación de los humedales suelen ser largos.



Como en el caso de la DBO_5 el rendimiento es independiente del tiempo de retención, siendo suficiente 1 día para alcanzar el máximo rendimiento, que es también independiente del aspecto (L:A).

En el diseño de HAFS, es importante tener en cuenta las posibles obstrucciones parciales del sustrato. Esto ocasionaría una reducción de la conductividad hidráulica del medio que no sería adecuado para el funcionamiento del sistema. Estas obstrucciones pueden evidenciarse cuando la entrada de agua se encuentra sumergida, por ello es recomendable que la entrada esté colocada sobre la superficie del medio (Lara, 1999).

2.2.8.3. Remoción de Patógenos

La remoción de microorganismos, incluyendo bacterias patógenas, virus y helmintos, se efectúa por filtración en el suelo, adsorción, desecación, radiación, predación y exposición a otras condiciones ambientales adversas. Debido a su gran tamaño los helmintos y protozoos se remueven en la superficie del suelo mediante filtración. Las bacterias se remueven del agua residual por filtración y adsorción, alcanzando valores habituales de remoción de 99.9% o más. La remoción de virus se presenta principalmente por adsorción (Crites R. y Tchobanoglous G., 2000).

La remoción de coliformes fecales en los humedales artificiales son, en general, capaces de una reducción de coliformes fecales de entre uno y dos logaritmos con tiempo de retención de 3 a 7 días que en muchos casos no es suficiente para satisfacer los requisitos de vertido que a menudo especifican < 200 NMP/100ml. Serían necesarios tiempos de retención superiores a 14 días para lograr reducciones de 3 o 4 logaritmos (Lara, 1999).

2.2.8.4. Remoción de Metales

Los mecanismos de remoción de los metales es la asimilación por parte de las plantas, adsorción y precipitación. Como los sedimentos orgánicos e inorgánicos están aumentando continuamente (a velocidad lenta) en los humedales, la disponibilidad de sitios de absorción frescos también está aumentando. Los dos



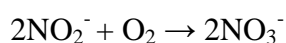
tipos de humedales artificiales tienen la misma capacidad potencial de remoción de los metales y esta capacidad se mantiene durante todo el periodo de funcionamiento del sistema.

Los metales pueden acumularse en los humedales artificiales, pero las concentraciones que normalmente tienen las aguas residuales no representan una amenaza para los valores del hábitat o para los posibles usos a largo plazo (**Lara, 1999**).

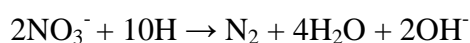
2.2.8.5. Remoción de Nitrógeno

En los HAFS, la remoción de nitrógeno ocurre como resultado de la incorporación del nitrógeno a los tejidos vegetales de los cultivos, por nitrificación/desnitrificación, y en menor proporción por volatilización de amonio e incorporación de este en el suelo (almacenamiento en suelo). La nitrificación y la desnitrificación son dos procesos que ocurren inclusive en suelos aerobios, ya que estas condiciones promueven la nitrificación y las zonas anóxicas del suelo permiten la desnitrificación (**Crites y Tchobanoglous, 2000**).

Nitrificación:



Desnitrificación:



2.2.8.6. Remoción de Fósforo

La remoción de Fósforo en la mayoría de los sistemas de humedales artificiales no es muy eficaz, debido a las pocas oportunidades de contacto entre el agua residual y el terreno.

El fósforo se encuentra en las aguas residuales en forma de fosfatos, ya sea disuelto o en partículas.



Los fosfatos orgánicos se forman por procesos biológicos, y en el agua residual son componentes de restos de alimentos y otros residuos orgánicos, y organismos. El fósforo inorgánico del agua residual procede generalmente de productos de limpieza; otra fuente posible son los fertilizantes agrícolas. El fósforo, junto el nitrógeno, es uno de los elementos más importantes en los ecosistemas. Sin embargo, a diferencia de nitrógeno, no hay un compuesto gaseoso significativo del fósforo que cierre el ciclo, sino que la tendencia, en la naturaleza, es a que el fósforo se acumule en sedimentos, cuando no es constituyente de organismos. Así pues, el principal mecanismo de remoción de fósforo de las aguas residuales necesariamente está basado en la acumulación en sedimentos y biomasa. (**Lara, 1999**).

El fósforo que está en forma de partículas (sólidos) puede depositarse por sedimentación en el fondo del humedal, o bien quedar atrapado entre la maraña que forman las plantas emergentes y adherirse en la superficie que forman las biopelículas, y desde allí quedar susceptible a sufrir otros procesos de tipo biológico (**Fernández, OPS 2009**).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Absorción.-** Es un proceso físico o químico en el cual átomos, moléculas o iones pasan de una primera fase a otra incorporándose al volumen de la segunda fase (**Gonzales M. 2007**).
- **Adsorción.-** Es un proceso mediante el cual se extrae materia de una fase y se concentra sobre la superficie de otra fase (generalmente sólida). Por ello se considera como un fenómeno sub-superficial. La sustancia que se concentra en la superficie o se adsorbe se llama "adsorbato" y la fase adsorbente se llama "adsorbente". (**D'Acunha y Sánchez, 2010**).

Las aplicaciones en las que se emplea éste proceso como separación son: purificar aguas residuales, quitar olores, sabores o colores no deseados por



ejemplo en aceites, jarabes de azúcar, en la des humidificación de gasolinas, o en el secado de aire.

- **Agua Residual.-** Son Aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que su calidad requiere un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. Se clasifican en Aguas residuales: Industriales, Domésticas y Municipales (OEFA 2014).
- **Biomasa.-** La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica (García S., 2012).
- **Contaminación Ambiental.-** Es la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona (Lilia A. 1997).
- **Límite Máximo Permisible (LMP).-** Medida de la concentración o 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, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. (MINAM, 2010).
- **DBO.-** La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en



general los residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales.

La prueba de la DBO₅ es un procedimiento experimental, tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por bacterias aerobias en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Las condiciones estándar del ensayo incluyen incubación en la oscuridad a 20°C por cinco días (**Dr. Calderón Labs.**).

- **DQO.-** Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Las sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables presentes en la muestra, se oxidan mediante refluo en solución fuertemente ácida (H₂SO₄) con un exceso conocido de dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) en presencia de sulfato de plata (AgSO₄) que actúa como agente catalizador, y de sulfato mercuríco (HgSO₄) adicionado para removerla interferencia de los cloruros (**Rodríguez C., 2007**).
- **OEFA.-** Es un organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, se encuentra adscrito al MINAM y se encarga de la fiscalización, supervisión, evaluación, control y sanción en materia ambiental, así como de la aplicación de incentivos. Es el ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (**MINAM, 2010**).



CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Los recursos utilizados en esta investigación se presentan en el **Cuadro N° 7**.

Cuadro N° 7: Recursos Utilizados en Campo

Recursos	Unidad	Cant.	Uso
Software			
Auto CAD	unid	1	Elaboración de cartografía e Informe Final de Tesis
ArcGIS	unid	1	
Microsoft Office	unid	1	
Equipos			
Cámara fotográfica	unid	1	Registro de fotografías y coordenadas
Alquiler de GPS	día	4	
Herramientas			
Lampa	unid	2	Implementación del humedal artificial
Pico	unid	2	
Carretilla	unid	1	
EPP			
Guantes de cuero	unid	4	Protección del personal durante mantenimiento de biodigestores y la implementación del humedal artificial
Guantes de nitrilo	unid	4	
Mascarilla 3m para gases	unid	3	
Mameluco	unid	5	
Lentes Oscuros	unid	5	
Wincha de 10 m	unid	1	
Maquinaria			
Retroexcavadora	Hora	2	Excavación del lecho
Materiales			
Geomembrana (paño de 15m x 6m)	m2	120	Implementación del humedal artificial
Grava	m3	12	
Arena Gruesa	m3	20	
Plantones	unid	300	
Tubo de desagüe de 2" x 3m	unid	13	
Tee de 2"	unid	2	
Codo de 2" x 45°	unid	5	
Codo de 2" x 90°	unid	2	
Tubo de desagüe 3" x 3m	unid	2	
Tee de 3"	unid	3	
Codo de 3" x 45°	unid	2	
Codo de 3" x 90°	unid	2	
Reducción de 3" a 2"	unid	1	
Pegamento para pvc	gal	1	
Pabulo (rollo x 100 m)	unid	1	

Fuente: Elaboración propia.



3.2. TIPO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de tipo **explicativo correlacional** ya que analiza la relación entre las variables de estudio y los diferentes factores que originan el problema en estudio y la influencia de estos. La variable independiente **Humedal Artificial** modificará la variable dependiente (**Agua Residual Doméstica**) que serán reflejados mediante valores cuantitativos por un laboratorio acreditado.

La investigación explicativa se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas. (Hernández Sampieri, 2010).

3.2.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método de la presente investigación es **cuantitativo** puesto que se va a medir la variable dependiente a través de instrumentos confiables, válidos y objetivos; para conocer la eficiencia del humedal artificial en el tratamiento de agua residual doméstica.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información recogida son documentos que contienen datos útiles para satisfacer la demanda de información o conocimiento respecto al presente trabajo de investigación que provienen de fuentes primarias y secundarias.

3.3.1.1. Fuentes Primarias

Se obtuvo información primaria la verificación in situ del sistema de tratamiento de ARD del proyecto Don Javier 79, antes, durante y después de la implementación del Humedal Artificial, como fotografías, informes, planos, el



Modificatoria del EIASd de Don Javier 79, además de información ex situ como tesis, publicaciones, libros, revistas científicas.

3.3.1.2. Fuentes Secundarias

Se recogió información secundaria de resúmenes de informes científicos, publicaciones, mapas e imágenes en páginas web, además de informes de ensayo de caracterización del ARD.

3.3.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DE DON JAVIER 79

El sistema de tratamiento de Agua Residual Doméstica de Don Javier 79 consta de:

- Pre – tratamiento
- Tratamiento Primario
- Disposición Final

3.3.2.1. Pre-Tratamiento

El Proyecto Don Javier 79 posee una trampa de grasa de 0.125 m³ ubicado después de las instalaciones de la cocina. Las aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos son derivados directamente a los 04 biodigestores. Ver **Fotografía N° 1**.

Se plantea la construcción de una trampa de grasa de 1m³ de capacidad que capte las aguas provenientes de la cocina y otra de similar dimensión que capte las aguas provenientes de los servicios higiénicos del campamento.



Fotografía N° 1: Trampa de grasa que colecta el ARD del comedor.

3.3.2.2. Tratamiento Primario

Consta de 04 biodigestores Rotoplast de 7000 litros cada uno (total 28 m³), instalados en paralelo para realizar el tratamiento físico – químico del ARD. **Ver Fotografía N° 2.**

Los biodigestores no presentan adecuada condición de funcionamiento, se encuentran obstruidos por nata acumulada. Se requiere de mantenimiento inmediato.



Fotografía N° 2: Cuatro Biodigestores Rotoplast de 7000 L cada uno.



3.3.2.3. Disposición Final

Para la infiltración del agua residual tratada, el sistema consta de 03 tubos perforados, colocados por debajo de la superficie del terreno en tres líneas paralelas de 10 m de largo cada una. Ver **Fotografía N° 3**.

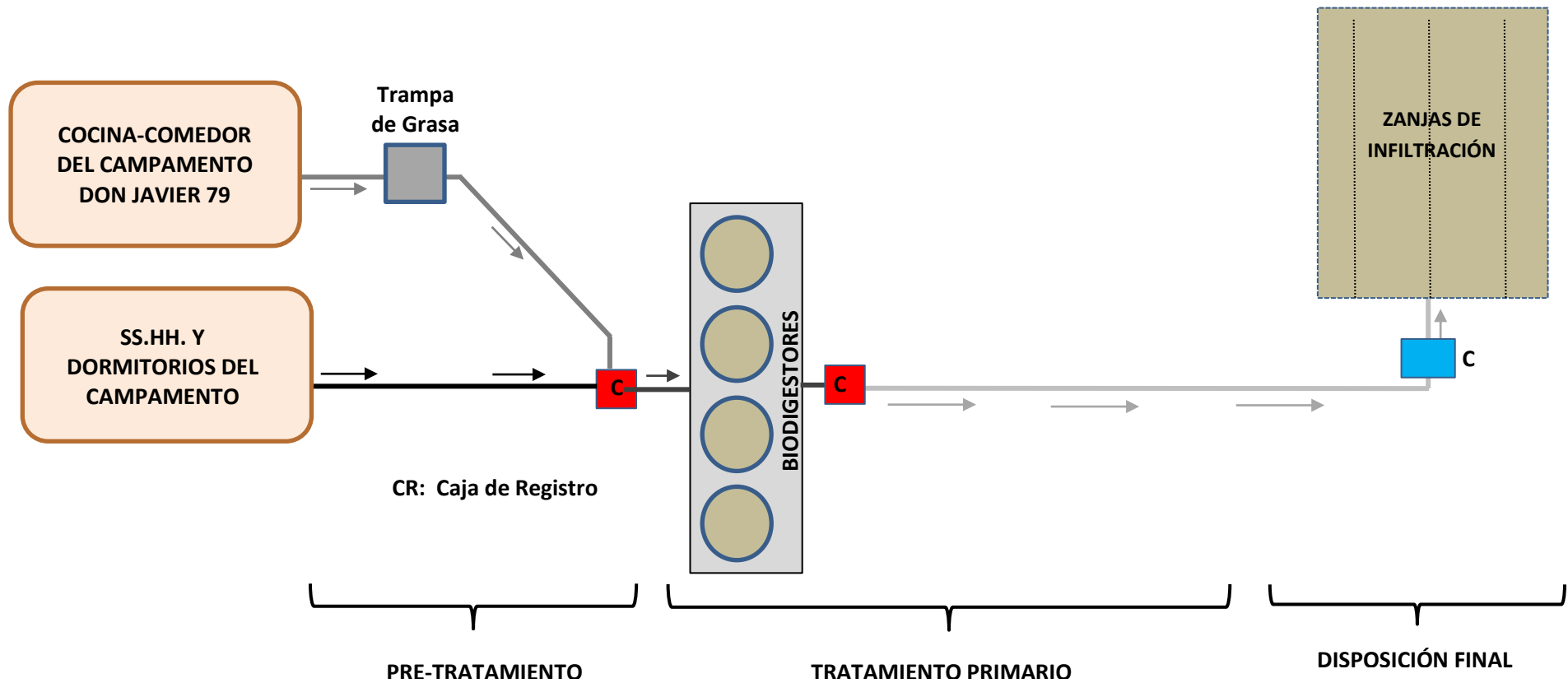
Se plantea ampliar las líneas de infiltración a 25 m cada una.



Fotografía N° 3: Zona de las zanjas de infiltración.



DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL PROYECTO DON JAVIER 79



Fuente: Elaboración Propia



3.3.3. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DEL PROYECTO DON JAVIER 79

3.3.3.1. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Se tomará dos muestras del efluente de ARD, tomados antes y después del tratamiento primario, en envases nuevos desinfectados. Mediante las pruebas físico - químicas y microbiológica realizadas en laboratorio acreditada por INACAL, se determinarán los niveles de concentración de DBO₅, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Grasas y aceites, pH, y Coliformes Termotolerantes (fecales). Este análisis del ARD nos mostrará las condiciones iniciales para el diseño del humedal artificial a implementar.

3.3.3.2. REGISTRO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL

Se realizará el registro de la temperatura del Agua Residual con un termómetro clínico, serán seis registros diarios (07:00, 10:00, 13:00, 16:00, 19:00 y a las 22:00 horas) durante una semana. La temperatura promedio del ARD será utilizada en los cálculos de diseño del Humedal Artificial.

3.3.4. DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL (HAFS)

Los sistemas de humedales artificiales pueden ser considerados como reactores biológicos y su rendimiento puede ser estimado mediante una cinética de primer orden de flujo a pistón para la remoción de la DBO. Por ello, para el diseño del humedal se va utilizar el “**Modelo de Diseño para Remoción de la DBO**”; para lo cual será necesario realizar lo siguiente:



3.3.4.1. CÁLCULO DEL CAUDAL DEL EFLUENTE

Para conocer el caudal del efluente se acudirá al administrador del campamento, para una entrevista y obtener datos de la cantidad de personal que labora dentro del Proyecto que hace uso de las instalaciones del campamento, en este caso los baños, cocina, duchas y lavaderos. Además de conocer los días de mayor afluencia en estas instalaciones.

El método de aforamiento será utilizado para calcular el caudal del efluente. Se registrará el tiempo de llenado de un recipiente de 4 litros, seis registros diarios (07:00, 10:00, 13:00, 16:00, 19:00 y a las 22:00 horas) durante una semana; de esta manera se calculará el caudal “Q” promedio en m³/día.

Ecuación 1:

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

Dónde:

Q = caudal

V = volumen

T = tiempo

3.3.4.2. CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE TEMPERATURA

Para calcular los parámetros de diseño es necesario conocer la constante de temperatura, para ello se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación 2:

$$K_T = K_{20} (1.06)^{(T-20)}$$

(Lara, 1999) El valor de la constante de temperatura (a 20°C) para la remoción de DBO para Humedales de flujo Subsuperficial es 1.104 d⁻¹.

$$K_T = 1.104 (1.06)^{(T-20)}$$



3.3.4.3. CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL

Tras la obtención del caudal, se debe determinar el área superficial Lara (1999); Sánchez (2005), sugieren la fórmula:

Ecuación 3:

$$As = \frac{Q(\ln(DBO_5)_e - \ln(DBO_5)_s)}{K_T(y)(n)}$$

Dónde:

As = Área Superficial

Q = Caudal

$\ln(DBO_5)_e$ = Concentración del contaminante al ingreso

$\ln(DBO_5)_s$ = Concentración del contaminante al Salida

KT = constante de temperatura en el humedal

y = Profundidad del Humedal

n = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal.

(Lara, 1999), la conductividad hidráulica del medio varía según los espacios vacíos de este, en la **Tabla N° 1** se muestran los valores estimados para algunos medios que se pueden utilizar para la construcción de Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial (HAFS).

Tabla N° 1: Características Típicas de los Medios para HAFS

Tipo de Material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Porosidad, n (%)	Conductividad Hidráulica Ks (m3/m2/d)
Arena fina	2	28-32	100-1.000
Arena gruesa	8	30-35	500-5.000
Grava fina	16	35-38	1.000-10.000
Grava media	32	36-40	10.000-50.000
Roca gruesa	128	38-45	50.000-250.000

Fuente: Lara (1999), Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales



3.3.4.4. TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

El diseño hidráulico de un humedal artificial es crítico para el éxito de su rendimiento. En los humedales artificiales de flujo subsuperficial se asumen condiciones uniformes de flujo a pistón, y el flujo debe superar la resistencia por fricción, provocado por el medio, y las raíces de las plantas.

Estudios realizados en USA, indican que la DBO₅ es eliminada rápidamente a la entrada del humedal, siendo suficiente un tiempo de retención de aproximadamente 2 días (Lahora A., 2003).

La retención hidráulica para alcanzar los niveles de contaminación aceptables para descargas se la consigue mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 4:

$$TRH = \frac{(As)(y)(n)}{Q}$$

Dónde:

TRH = tiempo de retención hidráulica en días

As = Área superficial, m²

y = profundidad del humedal, m

n = porosidad del medio, % expresado en decimales

3.3.4.5. CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE ASPECTO LARGO – ANCHO

Este aspecto es decisivo para el diseño del humedal, en particular para la relación longitud anchura (L:A), generalmente se recomendaba 10:1, sin embargo, no se ha encontrado ninguna relación entre el aspecto del humedal y su capacidad de eliminación de DBO₅, ya que humedales con relaciones de 2:1 hasta 17:1, tenían el mismo rendimiento en % de DBO₅ eliminada (Lahora A., 2003).

Para determinar la relación largo ancho de un humedal, se propone la relación 5:1.



Ecuación 5:

$$L = \frac{As}{W} \quad ; \quad L = 5W$$

Por lo tanto: $5W^2 = As$

3.3.5. IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

3.3.5.1. Etapas de la Implementación

La implementación del Humedal Artificial se realizará de acuerdo al siguiente procedimiento que consta de cinco etapas:

3.3.5.1.1. Primera Etapa: Ubicación y Excavación

- a) El humedal debe ubicarse a no menos de 200 m de alguna otra instalación del Proyecto.
- b) Ubicado en viento en contra con dirección al campamento
- c) Debe estar en cota inferior a los biodigestores para aprovechar la gravedad en la transmisión hidráulica.
- d) De preferencia cerca a las zanjas de infiltración.
- e) Se demarcará el área, previamente definido, de acuerdo a los parámetros de diseño calculados: largo, ancho y profundidad.
- f) La excavación se realizará, de preferencia con maquinaria pesada.
- g) La base del lecho ya excavado tendrá una pendiente de 5% y se retirará material excedente piedras y tierra.



3.3.5.1.2. Segunda Etapa: Impermeabilización

- a) Se realizará el termosellado de la geomembrana de 1 mm de espesor de acuerdo a las dimensiones del lecho (largo, ancho, profundidad).
- b) Se colocará la geomembrana en la superficie interna y anclada en los bordes superiores del lecho del humedal.
- c) Verificar si la geomembrana presenta algún orificio producto de la colocación para proceder a su parchado.

3.3.5.1.3. Tercera Etapa: Colocación de Sustrato y Tuberías Hidráulicas

El sustrato constará de 04 capas que se colocarán de la siguiente manera:

1. 1ra capa (inferior) será de grava de 2 pulgadas, colocada hasta una altura de 25 cm. Paralelamente se colocará la tubería agujerada de 4 pulgadas de diámetro para el drenaje del efluente, rodeada con roca de 4 pulgadas para mantener el flujo y evitar obstrucción.
2. 2da capa será de grava de $\frac{3}{4}$ de pulgada hasta una altura de 25 cm.
3. 3ra capa será de arena gruesa hasta una altura de 25 cm.
4. 4ta capa será de grava de $\frac{3}{4}$ de pulgada hasta una altura de 25 cm.

Las líneas para la dispersión del agua residual serán 4 tuberías de 2 pulgadas de diámetro y 15 m de largo, instaladas en paralelo a lo largo del humedal para propiciar el flujo vertical del agua residual.

3.3.5.1.4. Cuarta Etapa: Selección y Sembrado de la Vegetación

Se utilizarán especies que se adapten rápidamente a un humedal artificial, es decir, que se encuentren presentes en las riberas de los ríos o en humedales cercanas al área de estudio que faciliten su obtención.

Dada la importancia que las plantas representa para el éxito de tratamiento en el humedal artificial, la recolección de las especies de realizará cuidando no



dañar las raíces para que estas se adapten rápidamente al ambiente construido.

Para la colocación de las especies en el Humedal Artificial, la parte de la raíz debe ser colocada aproximadamente 10 cm debajo de la grava hasta que lleguen en contacto con la arena gruesa.

Las plantas serán colocadas con separación de 60 cm entre ellas; distribuidas en cinco líneas paralelas de 18 m de largo con separaciones de 75 cm entre cada línea.

3.3.5.1.5. *Quinta Etapa: Acople al Sistema*

- a) Se interrumpirá todo ingreso de agua residual al sistema por un lapso de 2 horas.
- b) Se hará un corte en la tubería que va desde los biodigestores hacia las zanjas de infiltración y se acoplarán a las tuberías de entrada y salida del Humedal Artificial.
- c) Se pone en funcionamiento el Humedal Artificial con el restablecimiento del ingreso de agua residual al sistema.

3.3.5.2. Operación y Mantenimiento del Humedal Artificial

Para mantener un buen estado de funcionamiento del sistema de tratamiento de ARD es necesario tener un manual de operación y mantenimiento, este procedimiento debe enfocarse en los factores más importantes para el rendimiento del tratamiento:

- Asegurar que el flujo del agua sea compartida en toda la superficie del humedal.
- Mantener las condiciones adecuadas para la vida de los microorganismos
- Mantener el crecimiento de la vegetación.



3.3.6. RECOLECCIÓN Y ANALISIS DE MUESTRAS DEL EFLUENTE

La recolección de muestra será puntual; se tomará directamente de la descarga o llenando un envase de capacidad de un galón, y de allí se extraerá a los envases de primer uso para los ensayos analíticos a realizar. Los muestreos se realizarán con una frecuencia mensual.

El muestreo se realizará en dos puntos de control: el efluente de los biodigestores antes del ingreso al Humedal Artificial (AG-09) y los efluentes después del tratamiento en el Humedal Artificial (AG-10); durante un periodo de 7 meses a partir del mes de Mayo.

La ejecución de análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológico del D.S. N° 003-2010-MINAM, se realizarán en laboratorios acreditados por INACAL, los datos obtenidos se analizarán y se ilustrarán en el Capítulo V.

3.3.7. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS MONITOREOS

El análisis estadístico que se empleará para llevar a cabo la evaluación del Humedal Artificial será un **análisis estadístico básico**, en donde se trabajarán los datos comparando los resultados de concentración de cada parámetro de las muestras de los dos puntos de monitoreo (AG-9 y AG-10) con los Límite Máximos Permisibles que se mencionan en el D.S. N° 003-2010-MINAM.

3.3.8. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

La eficiencia del humedal es normalmente evaluado para determinar la Variación de la calidad del agua entre la entrada y la salida.

La eficiencia en la remoción de contaminantes puede determinarse mediante un **análisis estadístico básico** de la diferencia entre la concentración a la entrada (AG-09) y la de salida del Humedal Artificial (AG-10) expresado en porcentaje (%) para cada parámetro.



Para evaluar la no excedencia de los Límites Máximos Permisibles, las concentraciones obtenidas para los puntos de control AG-09 y AG-10 serán comparados con Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 003-2010-MINAM. Ver **Cuadro N° 08**.

Cuadro N° 8: Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 003-2010-MINAM

Parámetro	Unidad	LMP
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200
pH	unidad	6.5 - 8.5
Solidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

3.3.9. CÁLCULO DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

Se elaborará un cuadro especificando los materiales, equipos, servicios, etc., que se utilizaron para el desarrollo del presente trabajo de investigación de Implementación de Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial. El valor de cada concepto será obtenido directamente de los comprobantes de pago o se obtendrá de manera referencial del valor en el mercado.



CAPÍTULO IV

4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La información de la descripción de la zona de estudio se recoge de primera mano de la Modificatoria del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto Don Javier 79, aprobado mediante R.D. N° 080-2014-MEM/DGAAM el 13 de febrero de 2014.

4.1. UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

La zona de estudio, el campamento del Proyecto de Exploración Minera Don Javier 79, se ubica en el distrito de Yarabamba, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa y está conformado por dos áreas de exploración: Cochizo 4 y Don Javier 79 con un total de 1200 ha de extensión. Dicho proyecto se encuentra ubicado a 20 minutos del distrito de Yarabamba, geográficamente en el flanco oriental de la vertiente del pacífico, a una altura que varía entre los 2,400 y 2,900 msnm. Ver **Anexo 3 – Mapa de Ubicación**.

El acceso al área de estudios y por ende al área del proyecto, se realiza a través de una carretera asfaltada, que viene desde Arequipa (15 Km) hasta el poblado de San Antonio y se continúa por un acceso de trocha carrozable (8 Km), para llegar al punto central del área de interés. El proyecto Don Javier 79 no se encuentra en una zona ANP o zona de Amortiguamiento. La ubicación del Proyecto se puede apreciar en el **Cuadro N° 7**.

Geográficamente se encuentra localizado entre las siguientes coordenadas:

- Longitud Oeste : 71°27'07.41" W
- Latitud Sur : 16°37'03.87" S

Sus Coordenadas UTM son:

- Este : 238632
- Norte : 8161400
- Zona : 19 K
- Altitud Promedio : 2900
- Datum : WGS 84



El acceso a la zona del proyecto es como se describe en el siguiente cuadro N° 9:

Cuadro N° 9- Acceso a la Zona del Proyecto

Tramo	Km.	Vía	Horas (Vehículo)
Lima – Ica	290	Asfaltada	3 h 30 m
Ica – Nazca	170	Asfaltada	3 h
Nazca – Arequipa	640	Asfaltada	9 h
Arequipa - Yarabamba	15	Asfaltada	30 m
Yarabamba - Don Javier 79	8	Afirmada	20 m
Total	1123		16 h 20 m

Fuente: Modificatoria del EIASd Don Javier 79, 2014.

4.2. MEDIO AMBIENTE FÍSICO

4.2.1. TOPOGRAFÍA Y PAISAJE

El proyecto de Exploración Don Javier 79 se encuentra desde las cotas 2400 hasta los 2900 msnm aproximadamente.

La topografía local adyacente al Proyecto “Don Javier 79” está compuesta por cerros con pendientes empinadas y de escasa vegetación (zonas eriazas). El paisaje alrededor del área del proyecto se presenta de ondulado a quebrado, con laderas que no superan los 300 metros de altura pero con pendientes mayores a 40%. La zona se ubica en la cuenca del río Quilca-Chili, que se encuentra ubicada al sur del Perú.

4.2.2. CLIMA Y METEOROLOGÍA

Según la Clasificación de Clima por Werren Thornthwaite, la zona tiene código D(o,i,p)B²H₂, clima semi árido, templado, con deficiencia de lluvia en otoño, invierno y primavera con humedad relativa calificada como seco. (SENAMHI, 2002)

El clima de la zona es muy típico de la sierra, presentan dos estaciones bien definidas: una plataforma lluviosa de Noviembre a Abril con precipitaciones y un nivel alto de humedad; y una plataforma seca de seis meses de Mayo a Octubre, con temperaturas bajas y sequedad durante el día y frío con vientos húmedos durante las



noches.

Asimismo, el clima está definido por un conjunto de parámetros meteorológicos (temperatura, humedad, nubosidad, viento, precipitación, etc.) que en un momento dado y en lugar determinado caracterizan el temporal del estado atmosférico, es decir es una combinación temporal.

4.2.3. TEMPERATURA

Según la estación meteorológica de La Pampilla, la temperatura promedio mensual más baja se registró el mes de Julio con 13.6 °C y la temperatura media mensual más alta se registró en el mes de Febrero 18.2 °C, en cuanto a las temperaturas medias mínimas la más baja fue en julio 5.6 °C y la temperatura media mensual máxima el valor más alto fue registrado en Febrero 24.2°C.

4.2.4. PRECIPITACIÓN

Considerando que el régimen hídrico para toda esta zona es inferior a los 2 mm de precipitación por año, los datos esperados año tras año serán de unos cuantos milímetros de lluvia. Para el año 2010, la estación La Pampilla registró una precipitación anual que asciende hasta 12.1 mm/año, Siendo la época de precipitaciones ocasionales en los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril. La precipitación para los meses de Mayo a Diciembre desciende hasta los 0 mm. La Precipitación Media Anual fue de 1.375 mm/año.

4.2.5. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS

En el Cuadro N° 10 se muestran la velocidad promedio mensual del viento 4.39 m/s. para la estación meteorológica de La Pampilla así como la dirección predominante del viento Oeste sur oeste para dicho mes.



Cuadro N° 10: Velocidad y Dirección del Viento Media Mensual

Año	2010												Vel Prom
Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	(m/s)
Vel. (m/s)	4.6	4.6	4.3	4.2	4.1	4	3.8	4.3	4.4	4.8	4.8	4.8	4.39
Dirección	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	

Fuente: SENAMHI - Estación Meteorológica La Pampilla para el periodo 2010 - Modificatoria del EIASd Don Javier 79, 2014.

4.2.6. SUELOS

Los suelos de las partes altas son de tipo Franco Arenoso limitada por factores climáticos. Los suelos de la zona media y baja son de origen coluvial, donde se propicia un contenido orgánico, con presencia abundante de piedra. Existe una moderada erosión de los suelos, es más acentuada conforme aumenta la pendiente y a veces severa en algunas partes adyacentes a las zonas de acceso.

4.2.7. HIDROLOGÍA

La zona se ubica en la cuenca del río Quilca-Chili, que se encuentra ubicada al sur del Perú, la cuenca del río Quilca-Chili está integrada por las sub-cuencas siguientes:

- Sub-cuenca río Chili (o sistema Chili Regulado)
- Sub-cuenca Oriental o del río Tingo Grande (sub-cuencas de los ríos Andamayo, Mollebaya y Yarabamba).
- Sub-cuenca de la Laguna de Salinas.
- Sub-cuenca del río Yura.
- Sub-cuenca del río Víctor(valle de Víctor)
- Sub-cuenca del río Siguas
- Sub-cuenca del río Quilca (Valle de Quilca)
- Sub- cuenca del río Yarabamba



4.2.7.1. Descripción de la Sub cuenca del río Yarabamba:

En la descripción hidrográfica de la red de cauces, ríos y quebradas de la Subcuenca del río Yarabamba, se ha identificada las quebradas que se localizan en el área de Influencia ambiental directa del Proyecto Minero y que nacen en el Cerro Santa Catalina, como son: Quebrada del Abra Grande, Quebrada Cortaderaz, Quebrada del Huarangal, Quebrada Cachihuasi, Quebrada la Despachana, Quebrada Platangal, Dichas quebradas solo transportan agua durante la época de lluvias, permaneciendo secos durante el resto del año.

4.3. AMBIENTE BIOLÓGICO

4.3.1. ZONAS DE VIDA

La zona donde se encuentra ubicado el Proyecto de Exploración Don Javier 79 pertenece a las zonas de vida (según Holdridge): desierto perárido – Montano Bajo Subtropical (dp – MBS) y matorral desértico - Montano Bajo Subtropical (md – MBS). La biotemperatura media anual varía entre 10.6°C y 16°C y el promedio de precipitación total por año es variable entre 63.5 y 102.2 mm. para la zona dp-MBS. La biotemperatura media anual varía entre 17°C y 12°C; y precipitación pluvial total, promedio anual, entre 120 y 222.2 milímetros para la zona de vida md-MBS. Fuente: Guía explicativa del Mapa Ecológico del Perú, INRENA 1994.

4.3.1.1. Características Físicas

La zona de estudio se encuentra ubicada entre los 2400 y los 2900 msnm, La configuración topográfica es predominantemente accidentada, con pendientes pronunciadas que sobrepasan el 40%, alternando con algunas áreas de topografía más suave (nuestro caso). La vegetación es escasa y se circunscribe a hierbas anuales de vida efímera, dominando las gramíneas así como arbustos, subarbustos y cactáceas de los géneros Cereus y Opuntia. Los suelos son retenedores de agua proveniente de la temporada de lluvia originando una tupida vegetación en laderas y flancos de los valles. **(Modificatoria del EIASd Don Javier 79).**



4.3.2. FLORA Y FAUNA

Las principales especies de flora y fauna registradas en la concesión Don Javier 79, se muestran en los **Cuadros N° 11 y N° 12** son:

Cuadro N° 11: Especies de Flora en la Zona de Estudios

Familia	Especie	Forma de crecimiento
Bromeliaceae	<i>Bromelia sp.</i>	Roseta
Cactaceae	<i>Echinopsis chalaensis</i>	Cactoide
Cactaceae	<i>Melocactus peruvianus</i>	Cactoide
Cactaceae	<i>Opuntia ignescens</i>	Cactoide
Asteraceae	<i>Senecio sp</i>	Subarbusto
Fabaceae	<i>Cassia sp</i>	Árbol
Euphorbiaceae	<i>Croton sp.</i>	Subarbusto
Equisetaceae	<i>Equisetum sp.</i>	Arbusto
Caryophyllaceae	<i>Stellaria sp.</i>	Hierba

Fuente: Informe Biológico – Modificación del EIASd Proyecto Don Javier 79

Cuadro N° 12: Especies de Fauna en la Zona de Estudio

Clase	Familia	Especie
Ave	Accipitridos	<i>Genanoaetus melanoleucus</i>
Ave	Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>
Mamífero	Camelido	<i>Lamma guanicoe</i>

Fuente: Informe Biológico – Modificación del EIASd Proyecto Don Javier 79

Respecto a los ecosistemas acuáticos, en el área del Proyecto no existen sistemas acuáticos dentro del área de influencia ambiental directa e indirecta. En su mayoría son quebradas secas.

4.4. AMBIENTE SOCIAL

La población del área de estudio a considerar es la cantidad total de trabajadores asentados en el campamento Don Javier 79. El titular minero contará con un promedio de 50 trabajadores, de los cuales el 52% será de la población de la zona. La Empresa Contratista contará con un aproximado de 100 trabajadores, de los cuales el 79% será de la población de la zona. El personal estará asentado en el campamento del Proyecto, excepto los que tienen régimen de trabajo con horario de oficina. Ver **Cuadro N° 13**.



Cuadro N° 13: Población del Proyecto Don Javier 79

EMPRESA	N° de Empleados u Obreros Régimen atípico	N° de Empleados u Obreros Horario de Oficina
Junefield Group S.A. (Titular)	40	10
Contratistas	80	20
TOTAL	150	

Fuente: Modificatoria del EIASd Don Javier 79, 2014.



CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DEL PROYECTO DON JAVIER 79

5.1.1. ANALISIS DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Se realizó el muestreo de agua residual al ingreso al sistema de tratamiento de agua residual, punto de monitoreo AG-09, al realizarle el análisis físico químico y microbiológico por el laboratorio, se obtuvo una DBO₅ de 730 mg/L, con este parámetro inicial se realizó el diseño hidráulico del humedal por “**Modelo para Remoción de la DBO**”. Los demás parámetros nos brindan el diagnóstico inicial de la calidad del agua residual antes de implementar el humedal artificial. Ver **Cuadro N° 15**.

Es preciso aclarar que el punto AG-09 antes de la implementación del Humedal Artificial se encontraba ubicado antes del ingreso a los biodigestores; es decir, antes de ingresar al sistema. Posteriormente a través de la Modificatoria del EIASd, el punto de control AG-09 se ubicó después de los biodigestores, antes de ingresar al Humedal Artificial.

Cuadro N° 14: Resultados de análisis de ARD del punto (AG-09), Marzo 2014

Parámetro	Método de Referencia	Resultado	Unidad
DBO ₅	EPA 405.1	730	mg/L
DQO	EPA 410.1	927	mg/L
Aceites y Grasas	EPA1664-A	45	mg/L
Sólidos Totales en Suspensión	SM 2540-D	102	mg/L
pH	EPA 150.1	7.4	-
Temperatura	EPA 170.1	20	°C
Coliformes Termotolerantes (fecales)	SM 9221 E1	1,3 x10⁶	NMP/100ml

Fuente: Informes de Ensayo. (Anexo 5)

5.1.2. TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Luego de tomar registro de la temperatura del Agua Residual Doméstica durante una semana desde el lunes 10 al 16 de febrero de 2014, con seis registros diarios



(07:00, 10:00, 13:00, 16:00, 19:00 y a las 22:00 horas), se obtuvo como resultado la temperatura promedio de **13°C**. Ver **Tabla N° 2**.

Tabla N° 2: Temperatura Promedio del ARD

Cálculo de Temperatura del Agua Residual Doméstica				
Día	Hora	Temperatura del Agua Residual (°C)	Promedio Diario (°C)	Promedio Semanal (°C)
Lunes 10/02/2014	07:00	10.4	12.28	13.01
	10:00	12.3		
	13:00	14.3		
	16:00	11.1		
	19:00	15.2		
	22:00	10.4		
Martes 11/02/2014	07:00	11	13.26	
	10:00	13.1		
	13:00	17.4		
	16:00	11.9		
	19:00	15.7		
	22:00	10.5		
Miércoles 12/02/2014	07:00	10.3	13.35	
	10:00	12.6		
	13:00	16.5		
	16:00	13.4		
	19:00	14.1		
	22:00	13.2		
Jueves 13/02/2014	07:00	11.3	12.95	
	10:00	12.4		
	13:00	16.3		
	16:00	11.5		
	19:00	13.8		
	22:00	12.4		
Viernes 14/02/2014	07:00	10.3	12.82	
	10:00	13.3		
	13:00	17.3		
	16:00	10.4		
	19:00	13.4		
	22:00	12.2		
Sábado 15/02/2014	07:00	11.1	13.40	
	10:00	14.2		
	13:00	17.7		
	16:00	11.9		
	19:00	13		
	22:00	12.5		
Domingo 16/02/2014	07:00	11.2	12.98	
	10:00	13.2		
	13:00	15.3		
	16:00	13.6		
	19:00	12.2		
	22:00	12.4		

Fuente: Elaboración Propia



5.2. DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

De acuerdo a la información teórica recogida y analizada, se considera la implementación de un **Humedal Artificial de Flujo Superficial Vertical**, debido a que sus características se ajustan a la zona de estudio que se encuentra a 2900 msnm, porque a diferencia al de Flujo Libre, son más adaptables a cambios bruscos de temperatura, requiere de menor área superficial, no genera olores y mosquitos; además que la remoción de los contaminantes puede llegar hasta un 90%.

De acuerdo a los resultados del análisis de la calidad del Agua Residual Doméstica realizado previamente, se va calcular los parámetros de diseño del Humedal Artificial que será por “**Modelo para Remoción de la DBO**”.

5.2.1. CAUDAL DE DISEÑO

Se obtuvo los promedios diarios de los aforamientos del efluente durante un periodo de 07 días, resultando un promedio general de caudal $Q = 9.67 \text{ m}^3/\text{d}$ como se observa en la **Tabla N° 3**:

Tabla N° 3: Caudal Promedio Q (m³/d)

Cálculo de Caudal de Diseño					
Día	Hora	Q instantáneo (L/s)	Promedio Diario (L/s)	Promedio Semanal (L/s)	Caudal - Q (m ³ /d)
Lunes 10/02/2014	07:00	0.088	0.1037	0.1119	9.67
	10:00	0.104			
	13:00	0.095			
	16:00	0.125			
	19:00	0.092			
	22:00	0.118			
Martes 11/02/2014	07:00	0.087	0.1063	0.1119	9.67
	10:00	0.111			
	13:00	0.099			
	16:00	0.131			
	19:00	0.089			
	22:00	0.121			
Miércoles 12/02/2014	07:00	0.082	0.1113	0.1119	9.67
	10:00	0.128			
	13:00	0.134			
	16:00	0.105			



Cálculo de Caudal de Diseño					
Día	Hora	Q instantáneo (L/s)	Promedio Diario (L/s)	Promedio Semanal (L/s)	Caudal - Q (m ³ /d)
	19:00	0.099			
	22:00	0.12			
Jueves 13/02/2014	07:00	0.093	0.1125		
	10:00	0.107			
	13:00	0.154			
	16:00	0.109			
	19:00	0.098			
	22:00	0.114			
Viernes 14/02/2014	07:00	0.089	0.1102		
	10:00	0.107			
	13:00	0.141			
	16:00	0.113			
	19:00	0.094			
	22:00	0.117			
Sábado 15/02/2014	07:00	0.128	0.1168		
	10:00	0.119			
	13:00	0.128			
	16:00	0.113			
	19:00	0.098			
	22:00	0.115			
Domingo 16/02/2014	07:00	0.096	0.1223		
	10:00	0.12			
	13:00	0.146			
	16:00	0.121			
	19:00	0.115			
	22:00	0.136			

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2. PARÁMETROS DE DISEÑO

Al elaborar el diseño hidráulico de los humedales (Modelo de Remoción de DBO) se consideró como factor limitante el DBO₅ del Agua Residual a la entrada, el cual es de 730 mg/L según el análisis en el punto de control AG-09 (**Cuadro N° 15**), el mismo que deberá ser según el diseño hidráulico de 100 mg/L a la salida del tratamiento (tomado como referencia al Límite Máximo Permisible para la DBO). El efluente tiene un caudal de **9.67** m³/d y la temperatura del Agua Residual es de **13°C** en promedio. Para poder alcanzar este grado de descontaminación en DBO₅ el diseño hidráulico exige utilizar medios filtrantes tales como arena y grava, una profundidad del humedal de **1 m**, un largo de **19 m**, un ancho de **3.8 m** (Ver **Anexo 6**), donde se implementaron las especies vegetales descontaminantes. Ver **Tabla N° 4**.



Tabla N° 4: Parámetros de Diseño del Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial

Descripción	Cantidad	Unidad
DBO _{5e}	730	mg/L
DBO _{5s} (*)	100	mg/L
Caudal	9.67	m ³ /d
Temperatura del ARD	13	°C
Medio (**)		
Roca Gruesa		
Porosidad N	40	%
Conductividad Hidráulica Ks	140.000	m ³ /m ² *d
Profundidad y ¹	0.25	m
Grava Media		
Porosidad N	39	%
Conductividad Hidráulica Ks	8.000	m ³ /m ² *d
Profundidad y ²	0.25	m
Arena Gruesa		
Porosidad N	35	%
Conductividad Hidráulica Ks	5.000	m ³ /m ² *d
Profundidad y ³	0.25	m
Grava Fina		
Porosidad N	38	%
Conductividad Hidráulica Ks	10.000	m ³ /m ² *d
Profundidad y ⁴	0.25	m
Dimensiones		
Profundidad del Humedal	1	m
Pendiente del lecho	5	%
Largo	19	m
Ancho	3.8	m
Tiempo de Retención Hidráulica	2.84	días
Relación Largo - Ancho	5:1	--

(*) Para las fórmulas de diseño se consideró el LMP 100 mg/L.

(**) Cómo el sustrato será de cuatro capas, el Ks será el promedio.

Fuente: Elaboración propia; Lara (1999), Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales

5.2.3. DIMENSIONAMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

5.2.3.1. Cálculo de la Constante de Temperatura:

T° = 13 °C en la **Ecuación 2:**

$$KT = 1.104 (1.06)^{(T^{\circ}-20)}$$

$$KT = 1.104 (1.06)^{(13-20)}$$

$$\mathbf{KT = 0.7341}$$



5.2.3.2. Cálculo del Área Superficial

Ecuación 3:
$$As = \frac{Q (\ln DBO_{5e} - \ln DBO_{5s})}{(K_T)(y)(n)}$$

$$As = \frac{9.67 \text{ m}^3/\text{d} (\ln 730 - \ln 100)}{0,7341/\text{d} \times 1.0 \text{ m} \times 0.38}$$

$$As = \frac{9.67 \text{ m}^3/\text{d} (1.9878)}{0,2789 \text{ m}/\text{d}}$$

$$As = 68.92 \text{ m}^2$$

5.2.3.3. Cálculo de Relación de Aspecto Largo – Ancho

Teniendo en cuenta la relación 5:1 que se usa frecuentemente para Humedales de Flujo Subsuperficial.

Ecuación 5:

$$L = \frac{As}{W} \quad ; \quad L = 5W$$

Dónde:

L = Largo; W = Ancho

$$L = \frac{68.92}{W}$$

$$(5W)(W) = 68.92$$

$$5W^2 = 70$$

$$W = 3.71$$

$$L = 5W$$

$$L = 18.5$$

Ajustando dimensiones:

$$W = 3.8$$

$$L = 19$$

$$As = 72.2 \text{ m}^2$$



5.2.3.4. Cálculo de Tiempo de Retención Hidráulica

Ecuación 4:
$$TRH = \frac{(As) (y) (n)}{Q}$$

$$TRH = \frac{(72.2 \text{ m}^2) (1.0 \text{ m}) (0.38)}{9.67 \text{ m}^3/\text{d}} = 2.84 \text{ días}$$

5.3. CONDICIONES PREVIAS AL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

Previo a la implementación se realizó mejoramiento y mantenimiento del sistema de tratamiento:

5.3.1. PRE-TRATAMIENTO

Se construyó dos trampas de grasa para captar las aguas provenientes del comedor y de las servicios higiénicos del campamento, ambos de 1m^3 de capacidad. Esto ayudará a la retención de sólidos, restos de alimentos y grasas. Ver **Fotografía N° 4**.

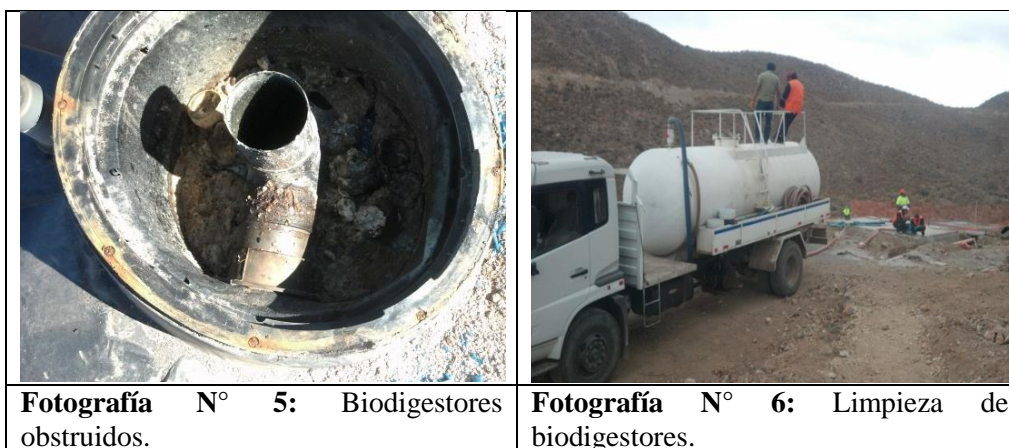


Fotografía N° 4: Construcción de trampas de grasa.



5.3.2. TRATAMIENTO PRIMARIO

Se realizó mantenimiento de los biodigestores, mediante la succión de agua de las cuatro cámaras para liberarlos de nata acumulada. Esto ayudará a mantener el tiempo de retención del agua residual dentro del biodigestor. Ver **Fotografía N° 5 y 6.**



5.3.3. DISPOSICIÓN FINAL

Se amplió las tres líneas de las zanjas de infiltración a 25 m cada, para mejorar la infiltración del ARD en el terreno. Además se plantó 45 plántones de Molle que es una especie vegetal de la zona que aprovechará el agua de infiltración para su crecimiento. Ver **Fotografía N° 7 y 8.**





5.4. IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE ARD

5.4.1. PRIMERA ETAPA: UBICACIÓN Y EXCAVACIÓN

1. Se ubicó una zona contigua a las zanjas de infiltración para una excavación en el terreno, de acuerdo a los parámetros de diseño obtenidos, 3,8 m de ancho, 19 m de largo y 1m de profundidad. La excavación se realizó con una retroexcavadora. Ver **Fotografía N° 9 y 10.**



Fotografía N° 9: Delimitación del área del humedal artificial.



Fotografía N° 10: Excavación del lecho del humedal artificial.



2. Se realizó la extracción de piedras del lecho del humedal y nivelación de la base a 5% de pendiente. Ver **Fotografía N° 11 y 12.**



Fotografía N° 11: Extracción de tierra y piedras



Fotografía N° 12: Nivelación de la base a 5% de pendiente.



5.4.2. SEGUNDA ETAPA: IMPERMEABILIZACIÓN

1. Se excavó un canal en el contorno del lecho para anclar la geomembrana de 1 mm de espesor que previamente fue termosellada de acuerdo a las dimensiones del lecho del humedal artificial. Esto impedirá alguna infiltración. Ver **Fotografía N° 13**.



Fotografía N° 13: Colocación de geomembrana en el lecho del humedal artificial

5.4.3. TERCERA ETAPA: COLOCACIÓN DEL SUSTRATO Y TUBERÍAS

Se colocó las capas filtrantes en el siguiente orden (Ver **Fotografía N° 14, 15, 16 y 17**):

- 1ra capa.- Grava de 2" desde la base hasta una altura de 25 cm (grava de 4" por la zona de drenaje), y colocación de tubería agujerada de 4" para el drenaje en la zona de salida del ARD tratada.
- 2da capa.- Grava de 3/4" hasta una altura de 25cm,
- 3ra capa.- 25 cm de arena gruesa
- 4ta capa.- 25 cm de grava de 3/4" y colocación de las cuatro líneas de dispersión de ARD (tubería agujerada de 2") sobre el lecho del humedal artificial (zona de entrada).



Fotografía N° 14: Colocación de la 1ra capa y 2da capa del sustrato.



Fotografía N° 15: Colocación de la tubería de drenaje o salida de ARD.



Fotografía N° 16: Colocación de la 3ra capa y 4ta capa del sustrato.



Fotografía N° 17: Colocación de 04 tuberías para la dispersión del ARD por la superficie del humedal.



5.4.4. CUARTA ETAPA: SELECCIÓN Y SEMBRADO DE LA VEGETACIÓN

Se utilizó 03 especies vegetales recolectadas de la ribera del río Yarabamba para implementar el humedal artificial: 40 estolones de “Cola de zorro” (*Cortadeira sp.*), 30 estolones de “Carrizo” (*Arundo donax*) y 50 estolones de “Totora” (*Typha domingensis*), las cuales fueron sembradas a lo largo de cinco líneas con separación de 60 cm entre cada planta. Ver **Fotografía N° 18 y 19**.



Fotografía N° 18: Plantación de “Carrizo” y “Cola de Zorro”.



Fotografía N° 19: Humedal Artificial (diciembre 2014)



5.4.5. QUINTA ETAPA: ACOUPLE AL SISTEMA

Se interrumpió todo ingreso de agua residual al sistema por un lapso de 2 horas para acoplar las tuberías de 2" del efluente de los biodigestores con la tubería de 2" del ingreso al humedal artificial.



Fotografía N° 20: Acople de tuberías al sistema.

5.5. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CIERRE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Se elaboró el Manual de Operación y Mantenimiento para asegurar las condiciones óptimas de funcionamiento del sistema de tratamiento, el mismo que se ha ejecutado desde la puesta en marcha del humedal artificial. Ver **Fotografía N° 21**.

El Manual de Operación, Mantenimiento y Cierre, puede visualizarse en el **Anexo 4**.



Fotografía N° 21: Mantenimiento de biodigestores Rotoplast.



5.6. COSTOS

El costos de ejecución del trabajo de investigación alcanza un monto de S/. 17,644.00 Nuevos Soles, para un área de 72.2 m²; es decir S/. 244.37 Nuevos Soles por m² y costo real del humedal artificial de S/. 86.47 Nuevos Soles. Ver **Tabla N° 5**.

Tabla N° 5: Costos de Implementación del Humedal Artificial

Ítem	Descripción/Proceso	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Total (S/.)
1	RECURSOS HUMANOS				
1.1	Investigador	unid	1	0	0
1.2	Personal de apoyo (gabinete)	día	5	30	150
1.3	Personal de apoyo (campo)	unid	5	80	400
2	TRABAJO DE GABINETE				
2.1	Laptop	unid	1	0	0
2.2	Impresiones	ciento	2	100	200
2.3	Útiles de escritorio	pack	1	30	30
2.4	hojas Bond	Millar	1	12	12
2.5	Fotocopias	ciento	3	10	30
3	TRABAJO DE CAMPO				
3.1	Equipos				
3.1.1	Cámara fotográfica	unid	1	300	300
3.1.2	Alquiler de GPS	día	4	30	120
3.2	Herramientas				0
3.2.1	Lampa	unid	2	30	60
3.2.2	Pico	unid	2	30	60
3.2.3	Carretilla	unid	1	150	150
3.3	EPP				0
3.3.1	Guantes de cuero	unid	4	10	40
3.3.2	Guantes de nitrilo	unid	4	9	36
3.3.3	Mascarilla 3m para gases	unid	3	80	240
3.3.4	Mameluco	unid	5	20	100
3.3.5	Lentes Oscuros	unid	5	5	25
3.3.6	Wincha de 10 m	unid	1	8	8
3.4	Maquinaria				0
3.4.1	Retroexcavadora	Hora	2	120	240
4	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL				
4.1	Monitoreo de 1 puntos de muestreo de agua residual	unid	1	1000	1000



Ítem	Descripción/Proceso	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Total (S/.)
5	IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL				
5.1	Geomembrana (paño de 15m x 6m)	m2	120	20	2,400
5.2	Grava	m3	12	100	1,200
5.3	Arena Gruesa	m3	20	80	1,600
5.4	Plantones	unid	300	1	300
5.5	Tubo de desagüe de 2" x 3m	unid	13	10	130
5.6	Tee de 2"	unid	2	2	4
5.7	Codo de 2" x 45°	unid	5	2	10
5.8	Codo de 2" x 90°	unid	2	2	4
5.9	Tubo de desagüe 3" x 3m	unid	2	15	30
5.10	Tee de 3"	unid	3	2	6
5.11	Codo de 3" x 45°	unid	2	2	4
5.12	Codo de 3" x 90°	unid	2	2	4
5.13	Reduccion de 3" a 2"	unid	1	3	3
5.14	Pegamento para pvc	gal	1	40	40
5.15	Pavilo (rollo x 100 m)	unid	1	8	8
5.16	Construcción de Trampa de grasa	unid	2	250	500
6	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
6.1	Personal	unid	1	1,000	1,000
6.2	Materiales	unid	1	200	200
6.3	Mantenimiento de Biodigestores	unid	1	1,000	1,000
7	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL				
7.1	Monitoreo mensual de agua residual	unid	6	1,000	6,000
	TOTAL				17,644

Fuente: Elaboración Propia

5.6.1. ANALISIS COSTO – BENEFICIO

Se ha calculado los costos de las diferentes alternativas para lograr la optimización del sistema de tratamiento de agua residual doméstica, en este caso el costo de implementación del Humedal Artificial y el costo de implementación del sistema convencional Lodos Activados, ambos como alternativas de tratamiento secundario. Adicional a ello se ha calculado el ahorro que se obtendría por la implementación de la alternativa menos costosa; y el ahorro por los efectos de la implementación (evitar multas).



La vida útil del humedal artificial es de 5 años, según cronograma de actividades del EIASd del Proyecto Don Javier.

Cuadro N° 15: Costo de Implementación y Mantenimiento

Alternativa de Tratamiento Secundario(5 años)	Humedal Artificial Costo (S/.)	Lodos Activados* Costo (S/.)
Implementación	15,444	96,750
Insumos	-	5,000
Mantenimiento	2,200	18,250
Total	17,644	120,000

Fuente: Elaboración Propia

(*) **Implementación** en base a la Cotización N°1400001 de Futura Ingenieros S.A.C.; **Insumos:** S/. 1000/año; **Mantenimiento:** 2h/hombre /día x 5años x S/.5. Ver Anexo 7.

Para el cálculo de Ahorro Total se estimará el ahorro de implementación de alternativa y el ahorro por cumplimiento de instrumento de gestión ambiental (descarga de efluente cumpliendo los LMP) que según la Tipificación de infracciones administrativas y escala de sanciones relacionadas con los Instrumentos de Gestión Ambiental y el desarrollo de actividades en zonas prohibidas, Resolución de Consejo Directivo N° 049-2013-OEFA., el incumplimiento de lo establecido en los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados, generando daño potencial a la flora o fauna, conlleva una multa de 10 a 1000 UIT (UIT 2018 = S/.4,150).

Cuadro N° 16: Ahorro por Implementación de Alternativa

Humedal Artificial Vs. Lodos Activados	Costo (S/.)
Humedal Artificial	17,644
Lodos Activados	120,000*
AHORRO	102,356

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 17: Estimación de Ahorro Total

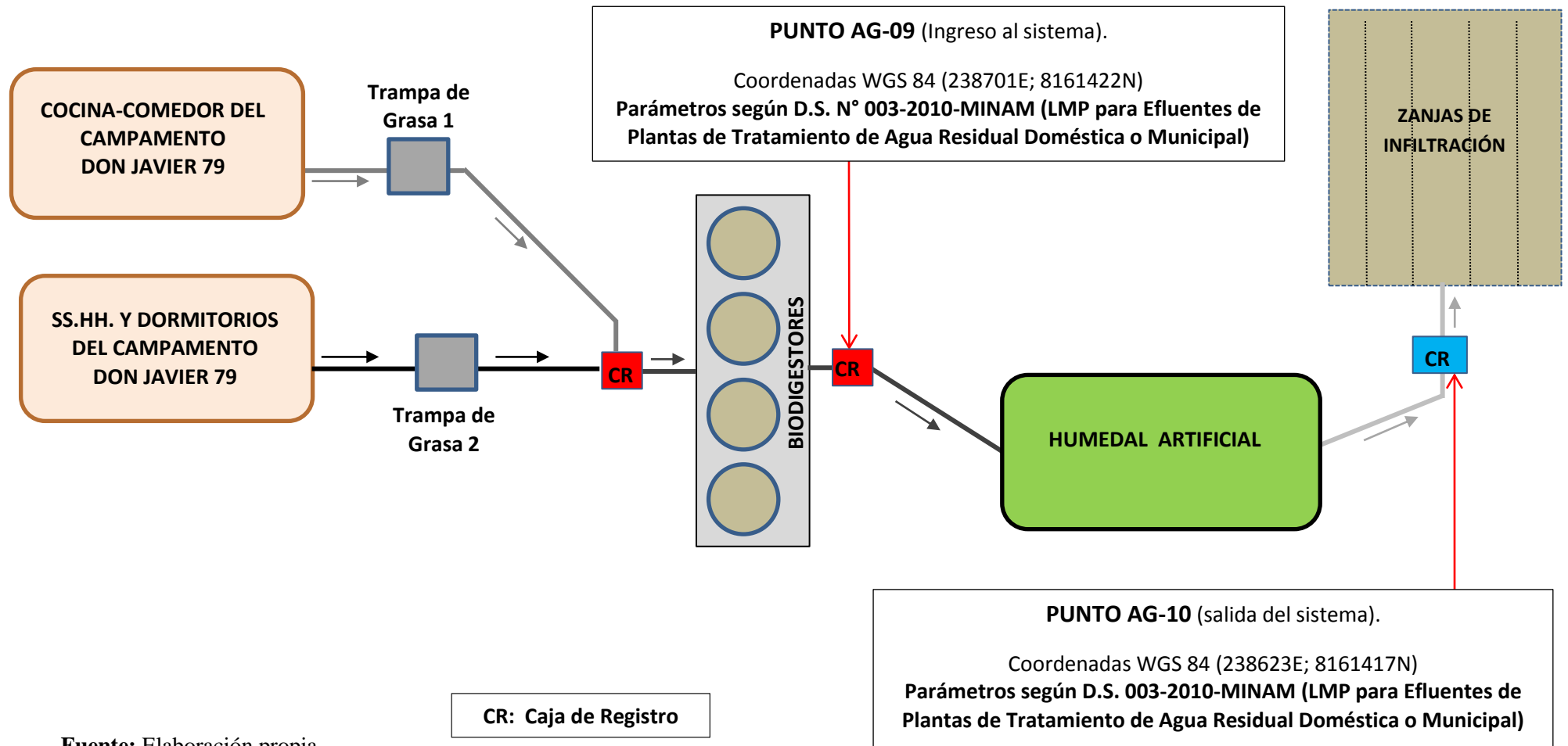
Estimación de Ahorro Total	Monto (S/.)
Ahorro por implementación	102,356
Ahorro en cumplimiento de obligación (10UIT)	41,500
TOTAL AHORRO	143,856

Fuente: Elaboración Propia

Con la Implementación del humedal Artificial en el proyecto Don Javier 79, Junefield Group S.A. ahorrará S/. **143,856.00** en 5 años.



DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL PROYECTO DON JAVIER 79 CON HUMEDAL ARTIFICIAL



Fuente: Elaboración propia



5.7. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

Se procedió a conocer los resultados obtenidos por los laboratorios INSPECTORATE S.A., CORPLAB S.A.C. y ENVIROLAB S.A. acreditados por INACAL las cuales se encargaron de recoger las muestras de los puntos de monitoreo de agua residual AG-09 (coordenadas 238701 E; 8161422 N) y AG-10 (238623 E; 8161417 N) para analizar los parámetros descritos en el D.S. N° 003–2010-MINAM, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Totales, Sólidos Totales en Suspensión, pH, Temperatura, Grasas y Aceites.

El recojo de muestras y análisis se realizaron durante 07 meses, desde mayo a noviembre 2014 en las cuales no se presenta precipitaciones en la zona de estudios; por lo tanto, los resultados obtenidos no han sufrido alteración por dilución con agua pluvial que ingresaría al humedal artificial. Ver **Fotografías N° 22 y 23**.

Fotografía N° 22: Punto de Control AG-09





Fotografía N° 23: Punto de Control AG-10



5.7.1. PH

En la Tabla N° 6 se muestra los valores de pH para el agua residual en la entrada y salida del humedal y los valores máximos y mínimos establecidos en la norma. Del total de los valores obtenidos en el transcurso de la evaluación del sistema; el valor del pH del agua que entra, en su mayoría, es más ácido que la de salida del humedal.

Tabla N° 6: Resultados de Registro del pH de Mayo a Noviembre (2014)

pH	Meses						
	Marzo*	Mayo	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
AG-9	7.4	7.4	7.34	7.43	7.4	7.76	
AG-10	7.6	7.8	7.4	7.24	7.6	7.39	6.7
LMP Máx.	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
LMP Mín.	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5

(*) Análisis para cálculo de diseño del humedal.

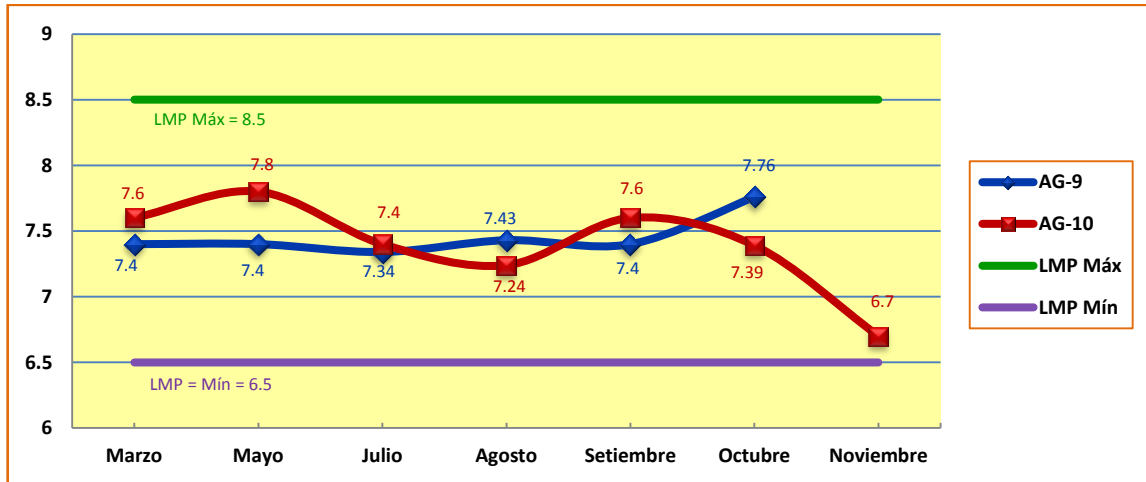
Fuente: Informes de Ensayos (Anexo 5).

En la Gráfica N° 1 se observa el comportamiento del pH con respecto al tiempo donde los registros en el punto AG-9, en su mayoría son más bajos que los registrados en el punto AG-10, es decir que el agua residual que sale del humedal es ligeramente más básico que el agua residual que ingresa al humedal, pero ambos, no



exceden el valor máximo ni están por debajo del valor mínimo establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM; garantizando los procesos biológicos dentro del humedal. Se comprueba que el humedal artificial tiene la propiedad amortiguadora de pH.

Gráfica N° 1: Comportamiento del pH de Marzo a Noviembre 2014



Fuente: Elaboración propia.

5.7.2. TEMPERATURA

En la Tabla N° 7 se puede observar los valores de la temperatura para la entrada y las salidas del humedal, la cual se puede decir que la temperatura no mostro ningún cambio apreciable en el sistemas.

Estos valores de temperatura son adecuados para que ocurran procesos biológicos tanto aerobios como anaerobios, con un crecimiento moderado de microorganismos encargados de la degradación de la materia orgánica.

Tabla N° 7: Resultados de Registro de la Temperatura de Mayo a Noviembre (2014)

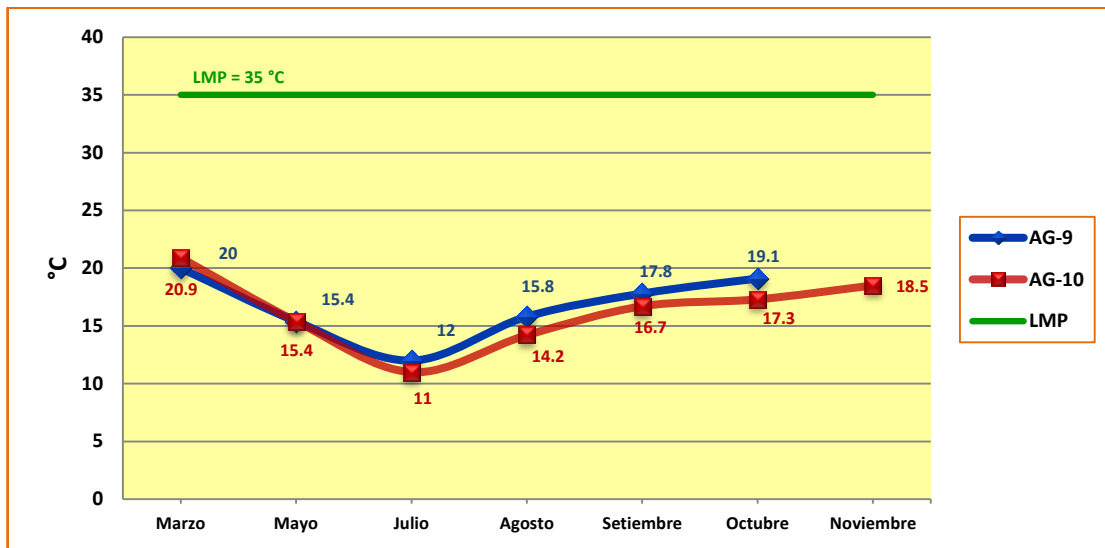
TEMPERATURA (°C)	Meses						
	Marzo*	Mayo	Julio	Agosto	Set.	Oct.	Nov.
AG-9	20	15.4	12	15.8	17.8	19.1	
AG-10	20.9	15.4	11	14.2	16.7	17.3	18.5
LMP	35	35	35	35	35	35	35

(*) Análisis para cálculo de diseño del humedal.

Fuente: Informes de Ensayos (Anexo 5).



Gráfica N° 2: Comportamiento de la Temperatura de Marzo a Noviembre 2014



Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica N° 2 se observa el comportamiento de la temperatura con respecto al tiempo para el agua residual del humedal en el punto de entrada (AG-09) y punto de salida (AG-10), donde la temperatura tiene variación acorde a las estaciones del año que para los meses de mayo y julio (invierno) denotan un descenso marcado llegando a 12 °C en el punto AG-09 y 11 °C en el punto AG-10. Para el mes de marzo alcanzó su punto más alto registrando 20.9 °C en el punto AG-10. Se aprecia que para los meses de muestreo no se ha registrado temperaturas que exceden el LMP de 35 °C establecido en el D.S. N° 003-2010-MINAM.

5.7.3. ACEITES Y GRASAS

Para la mayor eficiencia en el pre tratamiento, se construyó en el mes de abril, dos trampas de grasa con el objetivo de reducir la concentración de sólidos, grasas y aceites que se hace notorio en la Gráfica N° 3 de los reportes de monitoreo de marzo a noviembre del 2014. En el ingreso del ARD al humedal (punto AG-09) entre los meses de marzo y mayo, registra una variación descendente de 45 mg/L a 5 mg/L; pero a partir de julio a setiembre esta variación de contaminación es ascendente llegando hasta 53.2 mg/L, esto podría deberse a un inadecuado mantenimiento de la trampa de grasa y/o al incremento de personal eventual en el campamento.



Para el punto AG-10, a la salida del humedal, no se observa una variación significativa, los reportes indican que los valores se mantuvieron, durante el periodo de evaluación, siempre por debajo de 12 mg/L (marzo); es decir, no exceden el LMP de 20 mg/L, por lo tanto se cumple con lo dispuesto en el D.S. N° 003-2010-MINAM para el parámetro Grasas y Aceites.

Se registra una eficiencia del humedal con reducción del contaminante hasta en 43 mg/L, es decir **80.8%** en el mes de setiembre.

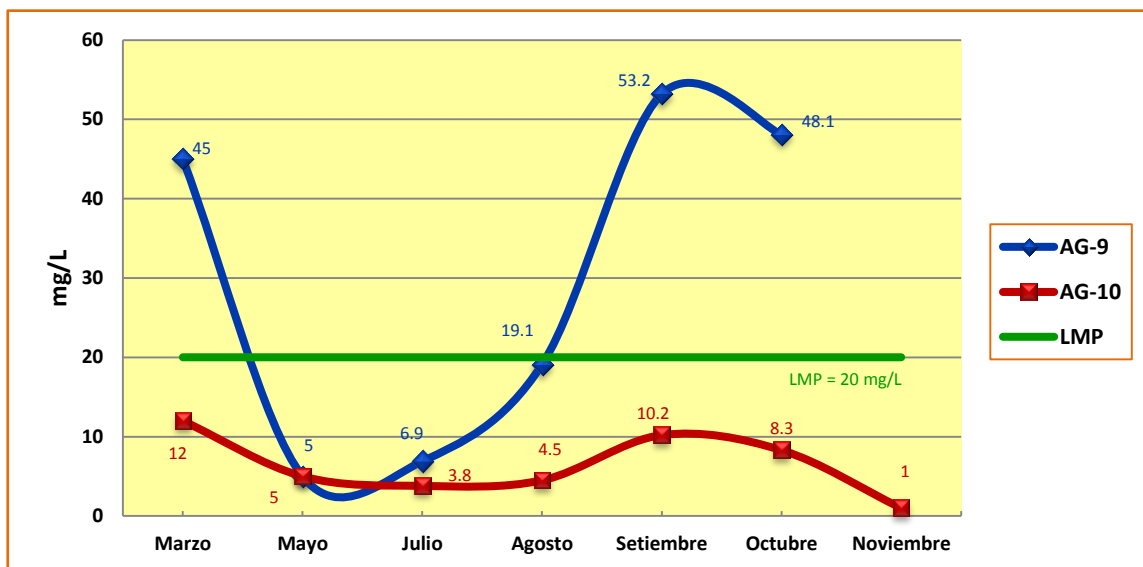
Tabla N° 8: Resultados de Análisis de Aceites y Grasas de Mayo a Noviembre (2014)

ACEITES Y GRASAS (mg/L)	Meses						
	Marzo*	Mayo	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
AG-9	45	5	6.9	19.1	53.2	48.1	
AG-10	12	5	3.8	4.5	10.2	8.3	1
LMP	20	20	20	20	20	20	20

(*) Análisis para cálculo de diseño del humedal.

Fuente: Informes de Ensayos (Anexo 5).

Gráfica N° 3: Comportamiento de Grasas y Aceites de Marzo a Noviembre 2014



Fuente: Elaboración propia.



5.7.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

En base a los resultados obtenidos de marzo a noviembre del 2014, se muestra la Gráfica N° 4 donde se puede observar que el ARD al ingreso del humedal, en el punto AG-09, presenta una contaminación con Sólidos Totales de 136 mg/L como valor máximo evidenciada en el mes de setiembre, la misma que luego de pasar por el humedal artificial, punto AG-10, puede llegar a 9 mg/L como en el mes de agosto. Esto se debería a que las raíces de las plantas reducen la velocidad hidráulica y el medio de contacto o sustrato de grava y arena gruesa actúan como filtro donde gran parte de los sólidos en suspensión son retenidos y algunos de mayor densidad sedimentan.

La gráfica muestra un comportamiento variable al ingreso del humedal punto AG-09 y tendencia más estable a la salida del humedal, punto AG-10.

En el mes de setiembre se observa un pico de 136 mg/L de SST debido al incremento de personal en el campamento del proyecto y que también podría deberse a un inadecuado mantenimiento de las trampas de grasa. Pero ese mismo mes en el punto AG-10 se registró 15 mg/L de SST, demostrando la eficiencia del humedal con la reducción del nivel del contaminante en **89.0%**.

En todos los resultados del monitoreo para el punto AG-10 no se excede el LMP de 150 mg/L, por lo tanto cumple con lo dispuesto en el D.S. N° 003-2010-MINAM.

Tabla N° 9: Resultados de Análisis de SST de Mayo a Noviembre (2014)

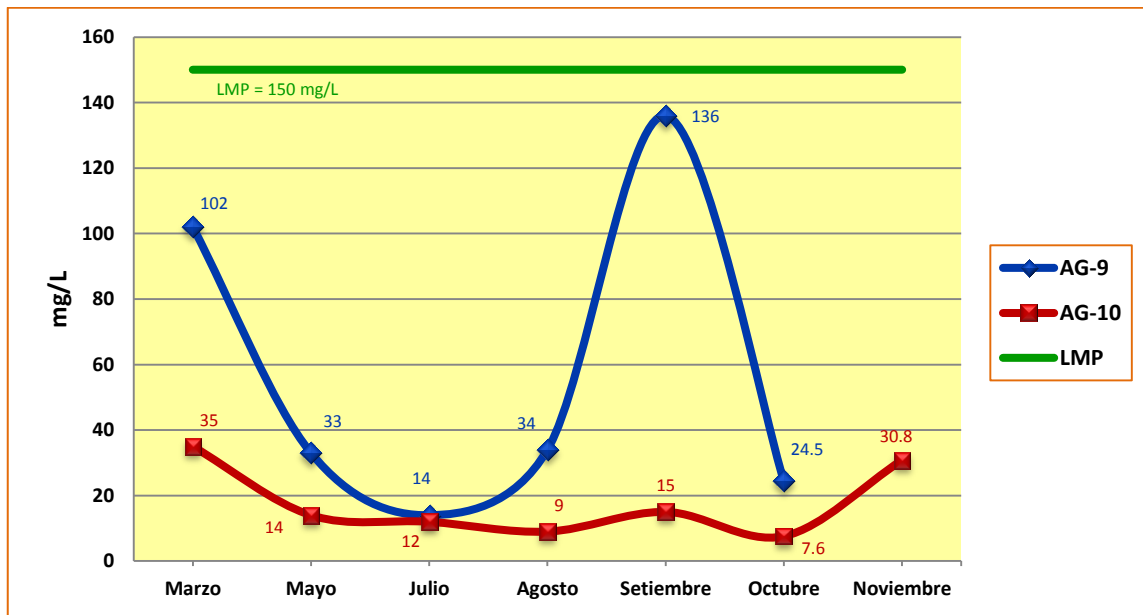
SST (mg/L)	Meses						
	Marzo*	Mayo	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
AG-9	102	33	14	34	136	24.5	
AG-10	35	14	12	9	15	7.6	30.8
LMP	150	150	150	150	150	150	150

(*) Análisis para cálculo de diseño del humedal.

Fuente: Informes de Ensayos (**Anexo 5**).



Gráfica N° 4: Comportamiento de SST de Marzo a Noviembre 2014



Fuente: Elaboración propia.

5.7.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

En la Gráfico N° 5 se ilustra el comportamiento de DBO₅ con respecto al tiempo, registrando los valores de la concentración entre los meses de marzo a noviembre del 2014. De estas se puede inferir que la construcción de la trampa de grasa (abril) benefició al tratamiento al impedir que mayor cantidad de residuos orgánicos ingresen al sistema, como es de evidencia en el punto de ingreso al humedal (AG-09) que registró en el mes de marzo de 730 mg/L y posteriormente para el mes de mayo pasó a 430 mg/L, variación que también se evidencia para el punto AG-10 con 190 mg/L en marzo a 17.8 mg/L para el mes de julio.

El comportamiento de los valores de concentración a la entrada del humedal (AG-09) es variable en comparación a las concentraciones registradas en el punto de salida (AG-10) donde se muestran más estables, esto se debe al tiempo de retención al que se expone el agua residual dentro del humedal.

Para mes de setiembre se experimentó un crecimiento de concentración en el punto (AG-09), esto estaría a asociado al incremento de personal dentro del campamento debido a un trabajo eventual en el Proyecto, registrando 550 mg/L. Sin embargo, para el punto AG-10 a partir del mes de julio hasta noviembre, los valores de las



concentraciones no excedieron el LMP de 100 mg/L, cumpliendo así lo exigidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM.

Se registra una eficiencia del humedal con reducción del contaminante hasta en 540.5 mg/L, es decir **98.3%** en el mes de setiembre.

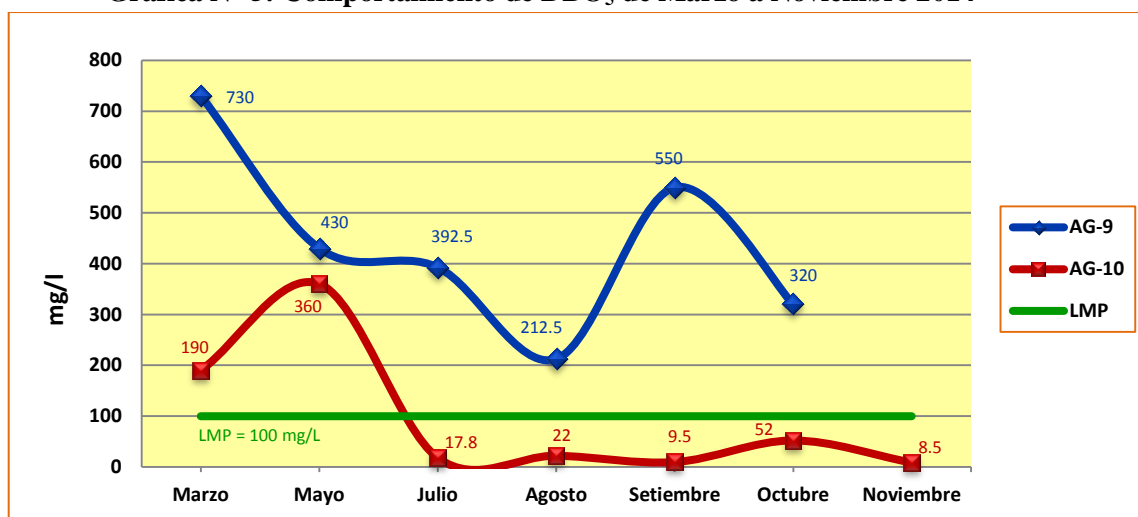
Tabla N° 10: Resultados de Análisis de DBO₅ de Mayo a Noviembre (2014)

DBO ₅ (mg/L)	Meses						
	Marzo*	Mayo	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
AG-9	730	430	392.5	212.5	550	320	
AG-10	190	360	17.8	22	9.5	52	8.5
LMP	100	100	100	100	100	100	100

(*) Análisis para cálculo de diseño del humedal.

Fuente: Informes de Ensayos (Anexo 5).

Gráfica N° 5: Comportamiento de DBO₅ de Marzo a Noviembre 2014



Fuente: Elaboración propia.

5.7.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

En la Gráfica N° 6 se muestra el comportamiento de DQO con respecto al tiempo, donde se aprecia una diferencia muy notoria de las concentraciones entre los puntos de entrada y salida.

Durante el tiempo de evaluación, el comportamiento de los valores de concentración a la entrada del humedal (AG-09) es variable en comparación a las concentraciones registradas en el punto de salida (AG-10) donde se muestran más estables, esto se



debe al tiempo de retención al que se expone el agua residual dentro del humedal. Esta propiedad también se evidencia en la remoción de la DBO₅.

El pico alto que se registra para el mes de setiembre estaría asociado al incremento de personal dentro del campamento debido a un trabajo eventual en el Proyecto. Sin embargo, la eficiencia del humedal respecto a este contaminante es reflejada en su reducción en ese mismo mes, que pasó de 975.1 mg/L en el punto AG-09 a 167.7 mg/L en el punto AG-10, es decir en 807.4 mg/L o en **82.8%**.

A partir del mes de julio los valores registrados en el punto AG-10 no exceden el LMP de 200 mg/L establecido por el D.S. N° 003-2010-MINAM.

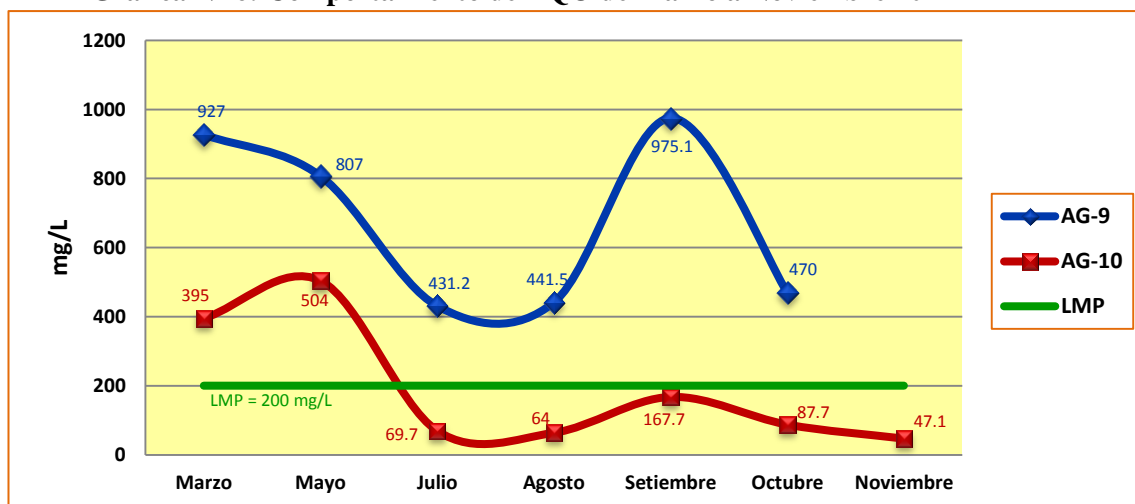
Tabla N° 11: Resultados de Análisis de DQO de Mayo a Noviembre (2014)

DQO (mg/L)	Meses						
	Marzo*	Mayo	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
AG-9	927	807	431.2	441.5	975.1	470	
AG-10	395	504	69.7	64	167.7	87.7	47.1
LMP	200	200	200	200	200	200	200

(*) Análisis para cálculo de diseño del humedal.

Fuente: Informes de Ensayos (Anexo 5).

Gráfica N° 6: Comportamiento de DQO de Marzo a Noviembre 2014



Fuente: Elaboración propia.



5.7.7. COLIFORMES TERMOTOLERANTES

En la Gráfica N° 7 se muestra las variaciones de las concentraciones de los Coliformes Fecales con respecto al tiempo, entre los meses de marzo a noviembre. Lo resultaron indican que el sistema de tratamiento tuvo éxito en cuanto la reducción de la carga de Coliformes Termotolerantes en el agua residual.

El tiempo de retención y la temperatura son factores importantes para los procesos biológicos que se dan para la remoción de los Coliformes Termotolerantes, siendo así que para el mes de setiembre se observa en el punto AG-10 (a la salida del humedal) un valor de 1.6×10^4 NMP/100ml que excede el LMP; producto del menor tiempo de retención del ARD en el humedal debido al incremento eventual de personal en el campamento haciendo uso de los SS.HH.

El comportamiento de los valores de concentración para el punto de entrada al humedal AG-09 no es variable a partir de julio con 1.6×10^5 NMP/100 ml hasta octubre con 2.4×10^5 NMP/100 ml. Por otra parte, los valores de concentración para el punto de salida AG-10 experimento un comportamiento variable, notorio en el mes de setiembre donde se registra un valor creciente que luego decrece llegando a 1.8×10^3 NMP/100ml en el mes de noviembre.

Se puede inferir que durante el tiempo de evaluación, el humedal artificial redujo la concentración de Coliformes Termotolerantes hasta en **99%**, en el mes de agosto, demostrando su eficiencia.

Tabla N° 12: Resultados de Análisis de Coliformes Termotolerantes de Mayo a Noviembre (2014)

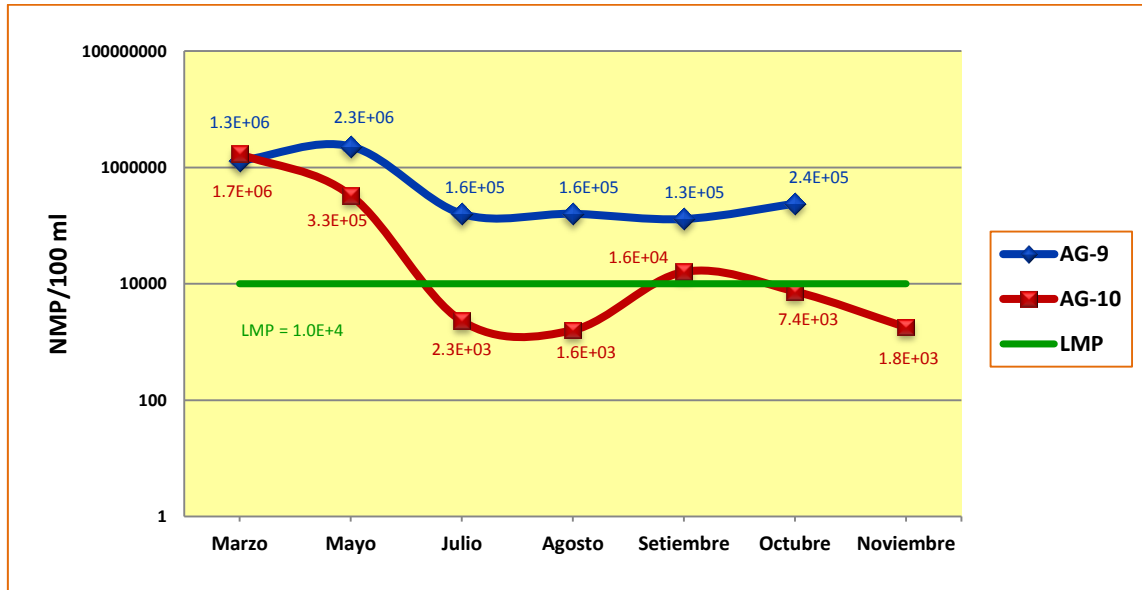
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	Meses						
	Marzo*	Mayo	Julio	Agosto	Set.	Oct.	Nov.
AG-9	1.3×10^6	2.3×10^6	1.6×10^5	1.6×10^5	1.3×10^5	2.4×10^5	
AG-10	1.7×10^7	3.3×10^5	2.3×10^3	1.6×10^3	1.6×10^4	7.4×10^3	1.8×10^3
LMP	1×10^4	1×10^4	1×10^4	1×10^4	1×10^4	1×10^4	1×10^4

(*) Análisis para cálculo de diseño del humedal.

Fuente: Informes de Ensayos (Anexo 5).



Gráfica N° 7: Comportamiento de Coliformes Termotolerantes de Marzo a Noviembre 2014



Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO VI

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos se observa que el Humedal Artificial implementado en el campamento Don Javier 79 se observa eficiencia en el Sistema de Tratamiento de ARD, con reducción en el parámetro DBO₅ en 98.3%. Estos difieren con los resultados obtenidos por **Cueva y Rivadeneira (2013)** en su tesis “*Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Mediante un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial con Vegetación Herbácea*”, donde se implementaron 16 humedales artificiales, obteniendo una reducción de DBO₅ en 79.6%.

El diseño del único humedal artificial de flujo subsuperficial propuesto para proyecto Don Javier 79 cuya relación de aspecto es de 5:1 (19 m x 3.8m), resultó óptimo para el tratamiento del ARD con mejores resultados en la reducción de contaminantes, en comparación a la relación de aspecto de los 16 humedales artificiales propuestos por **Cueva y Rivadeneira (2013)** para el tratamiento de ARD de la hacienda Zoila Luz cuya relación de aspecto fue de 4.5:1 (4.5 m x 1m).

Quispe (2014) en su trabajo de investigación “*Evaluación y Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Mediante un Humedal Artificial. Caso: Mina Regina, Puno*”, utilizó solo la especie vegetal *Typha spp.* para el lecho del humedal artificial implementado en la Mina Regina a 4000 msnm, cuyo diseño tenía un tiempo de retención 5.74 días y profundidad de lecho de 0.6 m; este sistema obtuvo resultados de eficiencia del humedal de hasta 98% en la reducción de la DBO₅. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, el humedal artificial implementado en el proyecto Don Javier 79 en su diseño con tiempo de retención de ARD de 2.84 días y 1 m de profundidad del lecho, obtiene una reducción de la DBO₅ hasta 98.3%, teniendo como uno de los factores determinantes para ello al clima y la utilización de tres especies vegetales: “Cola de zorro” (*Cortadeira sp.*), “Carrizo” (*Arundo donax*) y “Totora” (*Typha domingensis*) distribuidos en el lecho del humedal artificial



CAPÍTULO VI

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Después de Implementar el humedal artificial para el tratamiento de ARD del campamento Don Javier 79, luego de 7 meses de evaluación, se concluye que el humedal artificial ha mejorado significativamente el sistema de tratamiento de ARD cuya eficiencia se demuestra en la reducción del nivel de los contaminantes. La DBO₅ experimentó una reducción hasta 98.3%, DQO 82.8%, Grasas y Aceites 80.8%, SST 89.0%, y Coliformes Termotolerantes 99.0%; permitiendo que el efluente no exceda los LMP de la R.D. N° 003-2010-MINAM.
- Luego de diseñar el humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de ARD del campamento Don Javier 79 por el “Modelo para Remoción de DBO”, cuyas dimensiones obtenidas fue de 19 m de largo x 3.8 m de ancho x 1 m de profundidad, área de 72.2 m²; se concluye que este influyó positivamente para reducir los niveles de contaminación del ARD. Para la zona de estudio, con una población de 150 personas, las dimensiones con relación largo - ancho de 5:1 es apropiada para depurar de manera eficiente 9.67 m³ de agua residual por día con un tiempo de retención en el humedal de 2.84 días.
- Después de conocer el comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del ARD (pH, Temperatura, DQO, DBO₅, SST, Coliformes Termotolerantes, Grasas y Aceites), durante el periodo de 7 meses para el punto de control AG-10 (después del tratamiento), se concluye que los parámetros no exceden los LMP, excepto para el mes de setiembre para el parámetro Coliformes Termotolerantes, donde sí hubo excedencia debido a un incremento de personal y disminución del tiempo de retención en el sistema de tratamiento.



7.2. RECOMENDACIONES

Culminada la investigación, se puede plantear las siguientes recomendaciones:

- La implementación de humedal artificial como alternativa para el tratamiento secundario en sistemas de tratamiento de agua residual doméstica.
- Diseñar el humedal artificial de flujo subsuperficial por el “Modelo para Remoción de DBO”, teniendo en cuenta la relación de aspecto de 5:1 para zonas cuyas características sean semejantes a la zona de estudio donde se ubica el proyecto Don Javier 79.
- Complementar la implementación de humedal artificial con un sistema de sistema de desinfección para garantizar la no excedencia del parámetro coliformes termotolerantes. El efluente puede ser reutilizado para el riego superficial o de uso industrial como por ejemplo en la perforación diamantina o corte de testigos como podría ser en el caso del proyecto de exploración minera Don Javier 79.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuaestanques (08 de mayo de 2009). Índice de Plantas para Estanques: Typha [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://acuaestanques.wordpress.com/category/plantas-para-estanques/typha-espadana/>
- Baca, M. (2012). *Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona* (tesis de maestría). Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.
- Barba, L. (2002). *Conceptos Básicos de la Contaminación del Agua y Parámetros de Medición*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>
- Calderón Labs. (2014). *Demanda Bioquímica de Oxígeno*. Recuperado de http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm
- CIDTA. (2013). *Aula Virtual del Agua*. Recuperado de http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/u3c3s7.htm
- Crites, R. & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados*. Nueva York, Estados Unidos.
- Cueva, E., & Rivadeneira, F. (2013). *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un humedal artificial de flujo subsuperficial con vegetación herbácea* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Santo Domingo, Ecuador.
- D'Acunha B., & Sanchez, C. (22 de noviembre de 2010). Adsorción con Carbón Activado [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/43572556/adsorcion-con-carbon-activado>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2000). *Humedales de flujo subsuperficial*. Folleto informativo de tecnología de aguas residuales (EPA 832-F-00-023). Recuperado de: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/cs_00_023.pdf
- García, S. (2012). *Centrales Térmicas de Biomasa*. Recuperado de: <http://www.plantasdebiomasa.net/indice-libro-biomasa-renovetec.pdf>



- García, Z., (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Gonzales, M. (2007). *Diferencia entre Adsorción y absorción* [Mensaje en un blog]. Recuperado de http://www.mariogonzalez.es/blog/ciencia/070330-diferencia_entre_adsorcion_y_absorcion.html
- Hammeken A, (2005). *Análisis y Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Residual para el Municipio de San Andrés Cholula*. Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México.
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M. (2011). *Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas*. Recuperado de <http://ecotec.unam.mx/Ecotec/wp-content/uploads/Revision-Tecnica-de-Humedales-Artificiales.pdf>
- ITRC (2003) *Technical and Regulatory Guidance Document for Constructed Treatment Wetlands*. Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC). Recuperado de <https://www.itrcweb.org/GuidanceDocuments/WTLND-1.pdf>
- Lahora, A. (2003). Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: la EDAR de Los Gallardos (Almería). En M. Paracuellos (Ed), *Ecología, manejo y conservación de los humedales* (pp. 99-112). Almería, España: Instituto de Estudios Almerienses.
- Lara, J. (1999). *Depuración de Agua Residuales Municipales con Humedales Artificiales* (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Lilia A. (1997). *Capítulo 4 Contaminación Ambiental. Origen, Clases, Fuentes y Efectos* (pp.37-52). Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-01a4.pdf>
- Llagas, W. & Guadalupe, E. (2006). *Diseño de Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales en la UNMSM*. Instituto de Investigación. FIGMMG – UNMSM, Lima, Perú.
- Miguel, C. (30 de enero de 2013). Los Humedales Artificiales [Mensaje en un blog]: Recuperado de <http://www.iagua.es/blogs/carolina-miguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos>



- MINAM (2009). *Manual para Municipios Ecoeficientes*. Recuperado de http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/manual_para_municipios_ecoeficientes.pdf
- OPS/CEPIS (2003). *Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampas de Grasa*. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural, Lima, Perú.
- Organización Mundial de la Salud (1989). *Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura*. Recuperado de http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39333/WHO_TRS_778_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, C. (2007). *Demanda Química de Oxígeno por Reflujo Cerrado y Volumetría*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>
- Romero, J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales teorías y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SENAMHI (2002). *Método de Werren Thornthwaite, Mapa de Clasificación Climática del Perú*. Recuperado de <https://debconsulting.weebly.com/peruacute-clasif-climat-senamhi---wt.html>
- Zambrano, X. & Saltos, X. (2008). *Diseño del sistema de tratamiento para la depuración de las aguas residuales domésticas de la población San Eloy en la provincia de Manabí por medio de un sistema de tratamiento natural compuesto por un humedal artificial de flujo libre*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.



ANEXOS



ANEXO 1: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

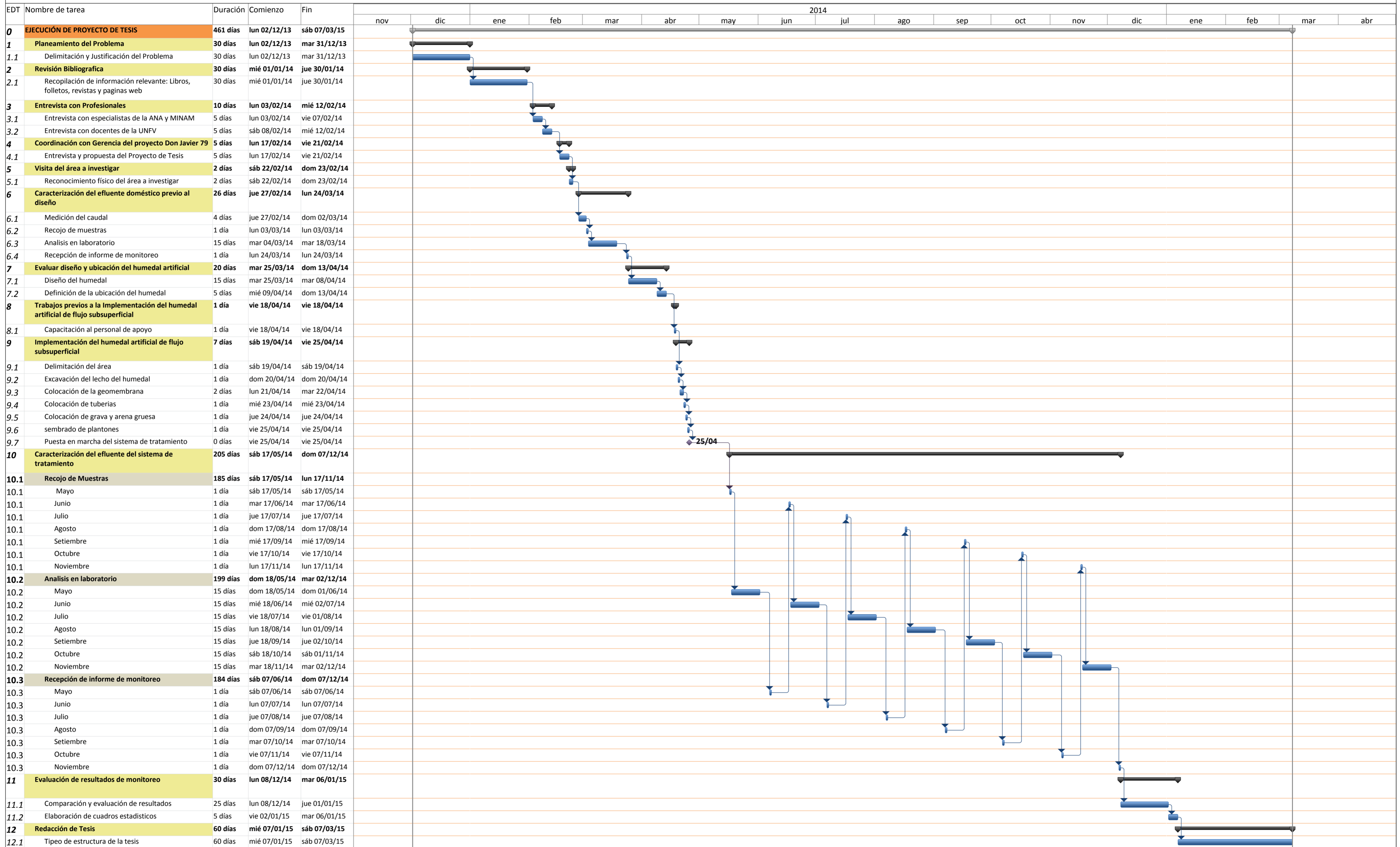
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	
<ul style="list-style-type: none"> ¿De qué manera la implementación de un Humedal Artificial mejorará el tratamiento de Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79? 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar el Humedal Artificial para el tratamiento de Agua Residual Doméstica del campamento Don Javier 79. 	<ul style="list-style-type: none"> La Implementación del Humedal Artificial mejora significativamente el tratamiento de Agua Residual Doméstica del campamento Don Javier 79. 	<p>Independiente: Implementación del Humedal Artificial</p> <p>Dependiente: Agua Residual Doméstica.</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicas	
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las características del Agua Residual Doméstica del Proyecto Don Javier 79 previo a la implementación del Humedal Artificial? 	<ul style="list-style-type: none"> Caracterizar el agua residual doméstica del proyecto Don Javier 79, previo a la implementación del Humedal Artificial. 	<ul style="list-style-type: none"> La caracterización del Agua Residual Doméstica influye en el diseño del Humedal Artificial.. 	<p>Independiente: Calidad del Agua Residual Doméstica.</p> <p>Dependiente: Diseño del Humedal Artificial.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ¿De qué manera se diseñará el Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial para el tratamiento de Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79? 	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar el Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial para el tratamiento de Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79. 	<ul style="list-style-type: none"> El diseño del Humedal Artificial influye significativamente en el tratamiento de Agua Residual Doméstica del proyecto Don Javier 79. 	<p>Independiente: Diseño del Humedal Artificial.</p> <p>Dependiente: Calidad del Agua Residual Doméstica.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ¿De qué manera los parámetros físico – químicos y microbiológico del Agua Residual Doméstica, en un periodo de 7 meses, muestran la no excedencia de los Límites Máximos Permisibles? 	<ul style="list-style-type: none"> Comparar los parámetros físico – químicos y microbiológico del Agua Residual Doméstica en un periodo de 7 meses con los Límites Máximos Permisibles. 	<ul style="list-style-type: none"> Los parámetros físico – químicos y microbiológico del Agua Residual Doméstica, en un periodo de 7 meses, no exceden los Límites Máximos Permisibles. 	<p>Dependiente: Calidad del Agua Residual Doméstica.</p> <p>Interviniente: Límites Máximos Permisibles.</p>

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 2: Cronograma

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



Proyecto: EJECUCIÓN DE PROYECTO DE
Autor: George L. Egoavil G.

Tarea
División

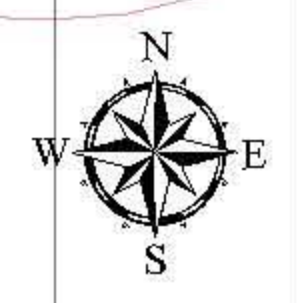
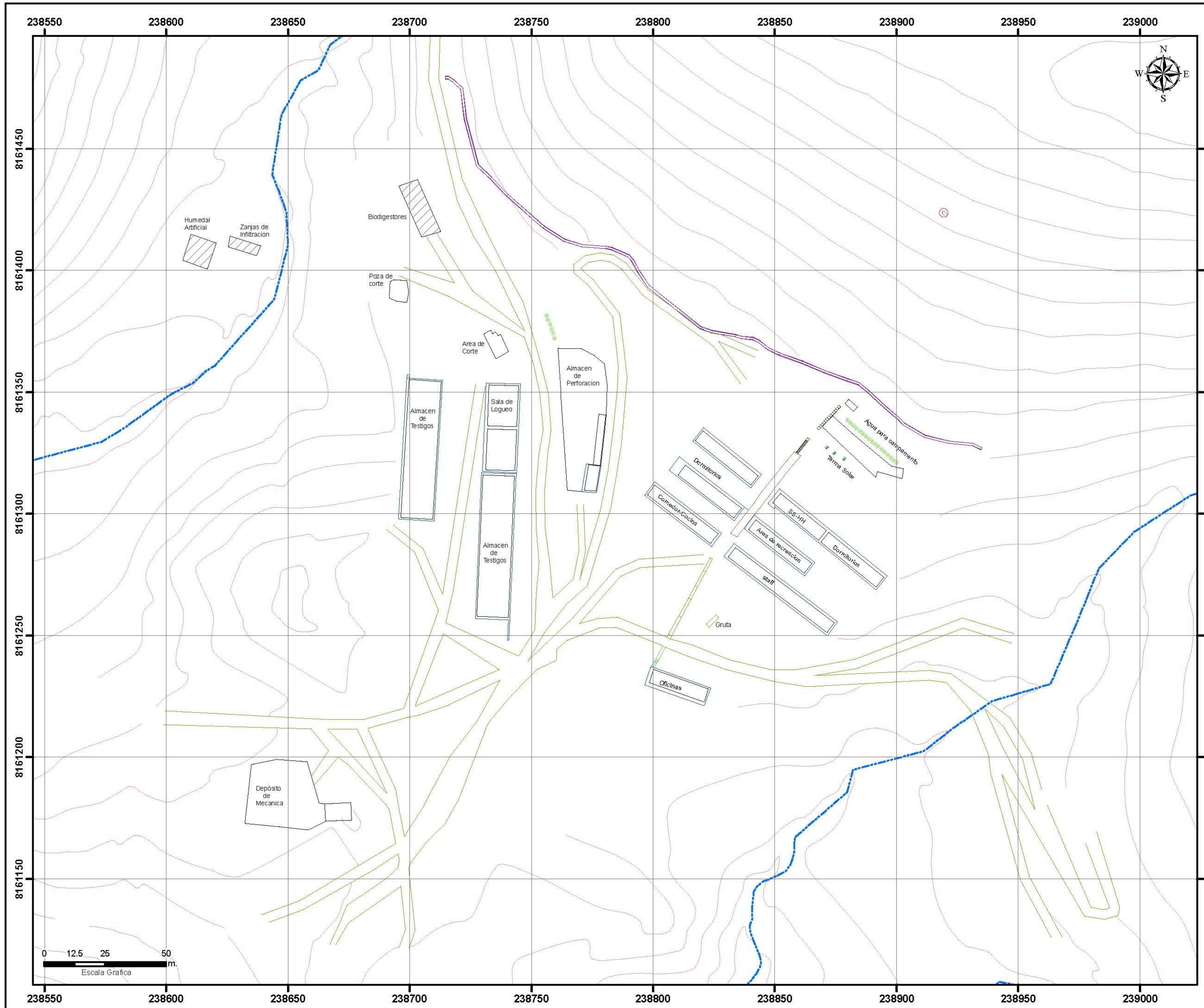
■ Hito
..... Resumen

◆ Resumen del proyecto
▬ Informe de resumen manual

▬ Resumen manual
▬ Progreso



ANEXO 3: Mapa de Ubicación



LEYENDA

CAMINO	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA
CONSTRUCCIONES	CURVAS DE NIVEL
CUNETAS	RIOS Y QUEBRADAS
VEREDA	



<p>UNFV FIGAE ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL</p>			
<p>Aprobado por: George Egoavil</p>	<p>PROYECTO DON JAVIER</p>		<p>Fecha: 2017</p>
<p>Elaborado por: George Egoavil</p>	<p>MAPA DE UBICACIÓN</p>		<p>Escala: 1:1,500</p>
<p>Fuente: Mod. ElAsd Don Javier 79</p>	<p>Dpto.-Prov: Arequipa</p>	<p>Dist: Yabamba</p>	<p>N° Mapa: 1/1</p>
<p>Proyección: UTM - PSAD56- Zona 18S</p>			



ANEXO 4: Manual de Operación y Mantenimiento del Humedal Artificial



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Este manual contiene la información pertinente en cuanto a la operación y el mantenimiento del humedal artificial y el filtro de grava.

1. HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

1.1. OPERACIÓN

La operación del humedal artificial es de cierto modo sencilla para el operario siempre y cuando siga las instrucciones que se numeran a continuación:

1. Vigilar, semanalmente, que el nivel de agua del tanque de almacenamiento esté por debajo de la superficie, que no se formen pequeños charcos. En caso esto suceda, verificar las tuberías de dispersión y drenar los charcos.
2. Comprobar, diariamente, que los agujeros de las tuberías de dispersión permitan el libre flujo del agua residual sin obstrucciones.
3. Inspeccionar las uniones de la tubería (codos), para evitar fugas, tanto a la entrada como a la salida.

1.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Aunque vigilar la correcta operación del humedal es un aspecto muy importante, también el operario deberá realizar una serie de acciones que se constituyen en lo que se denomina un mantenimiento preventivo con el fin de alargar la vida útil del humedal y evitar costos de reparación que se puedan generar por no hacer un mantenimiento.

A continuación se presenta lo que el operario deberá realizar:

1. Colocarse guantes de látex para no entrar en contacto directo con el agua residual ni con las raíces de las plantas.
2. Limpiar las flautas de dispersión, removiendo todo residuo u objeto extraño que se encuentre en éstas.
3. Limpiar las trampas de grasa del sistema de tratamiento con frecuencia de tres veces a la semana.
4. Cada año el operario deberá suspender el funcionamiento del sistema para realizar la succión de lodos de los biodigestores. Esto con el fin de asegurar el correcto funcionamiento del tratamiento primario del agua residual.
5. Examinar que la tubería de salida del humedal no esté obstruida, esto puede detectarse por la presión del chorro de agua de salida y la saturación del lecho filtrante.



6. Aprender a distinguir las plantas más viejas de las jóvenes, esto se hace identificando las plantas que hayan florecido en los últimos días, puesto que éstas han pasado su etapa de maduración y por lo tanto su capacidad de absorción de nutrientes comienza a disminuir.
7. Identificar las plantas maduras.
8. Cortar el estolón (de forma manual con tijeras de poda o algún otro elemento) que une la planta madre (individuo de mayor tamaño) con las plantas hijas.
9. Extraer las plantas maduras (planta madre), para dejar las plantas que tengan una mayor capacidad de absorción de nutrientes.

IMPORTANTE: solamente se sacarán las plantas que ya estén en periodo de decrecimiento o fase final.

10. Cortar el estolón (de igual forma que el numeral 8) que une las plantas marchitas de las que se encuentran en buen estado.
11. Extraer las plantas con presencia de marchitamiento.
12. Disponer las plantas retiradas en un costal.

2. FILTRO DE GRAVA.

Como unidad independiente el filtro de grava también debe tener una serie de acciones con el fin de que este sistema opere correctamente

2.1. OPERACIÓN

El operario deberá controlar los siguientes aspectos:

1. Verificar la ausencia de restos de flores, semillas, o cualquier objeto extraño que obstruyan el paso del agua residual por los orificios de los tubos dispersores de caudal del filtro.
2. Revisar que no se presente pérdidas de presión y por lo tanto el flujo de agua sea con menor fuerza a la salida.
3. Confirmar que las tuberías de dispersión no se encuentren inclinados, para proporcionar un flujo parejo a lo largo y ancho de la superficie del humedal.

2.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

1. Los sólidos que retiren del filtro se recogerán y se dispondrán en un contenedor de residuos.
2. Verificar que no existan fugas en la unión entre el codo del filtro y la tubería de salida. Diagrama del montaje de las unidades del sistema de tratamiento de agua residuales
3. Verificar que la malla de seguridad, se encuentre en perfectas condiciones para evitar el ingreso de animales.



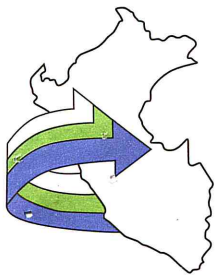
3. CIERRE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

Una vez alcanzada la vida útil del humedal artificial que es aproximadamente de 5 años; o la culminación de las operaciones de exploración del proyecto Don Javier 79, se procederá a su cierre, realizando las siguientes actividades:

1. Desmantelar la línea de alimentación de agua residual domestica al humedal artificial.
2. Retirar la vegetación de humedal artificial para su disposición final como residuo orgánico en el relleno sanitario del proyecto Don Javier 79.
3. Dejar aireado el lecho del humedal por 10 días para que el remanente de agua se evapore por acción de la temperatura.
4. Encapsular el lecho del humedal con la geomembrana que cubre los bordes, colocar una capa de 20 cm de *top soil* sobre el área superficial del humedal artificial y revegetar con especies vegetales de la zona.



ANEXO 5: Informes de Ensayo



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011

INFORME DE ENSAYO N° 1403650



Registro N° LE-011

Solicitante: JUNEFIELD GROUP S.A.
Domicilio Legal: Av. República de Panamá Nro. 3545 Dpto.1301
San Isidro - Lima
Tipo de Muestra: Agua de Efluente Doméstico
Plan de Muestreo: LM-2.3-03 (ENVIROLAB)
Solicitud de Análisis: MAR-650
Procedencia de la Muestra: Proyecto Don Javier 79
Fecha de Ingreso: 2014-03-31
Código ENVIROLAB PERU: 1403650
Referencia: Cotización N° 00019758

Código de Lab.:	1403650-01	Fecha de Muestreo:	2014-03-29		
Análisis	Método de Referencia	Límite de Cuantificación	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
pH	EPA 150.1	...	(1) 7.4	...	2014-03-29
Accites y Grasas	EPA 1664-A	5	45	mg/L	2014-03-31
DBO ₅	EPA 405.1	3	730	mg/L	2014-03-31
DQO	EPA 410.1	6	927	mg/L	2014-03-31
Sólidos Totales en Suspensión	SM 2540-D	1	102	mg/L	2014-04-02
Temperatura	EPA 170.1	...	(1) 20.0	°C	2014-03-29
*Coliformes Termotolerantes	SM 9221 E1	...	1 300 000	NMP/100mL	2014-03-31

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.

Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

La muestra llegó preservada al Laboratorio.

Nota: (1) Parámetro realizado en el muestreo.

A6 - 09 - EFL: Punto de muestreo ubicado en el ingreso del sistema de tratamiento.

Coordenadas: 19K 238721 / UTM 8161430

Observaciones: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

- * Los métodos subcontratados en la matriz indicada, son acreditados por el SNA.

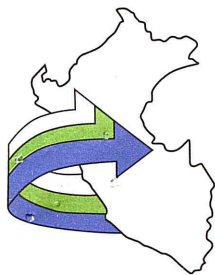
-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.

Page 1 / 3

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU

Tel: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe



ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
CON REGISTRO N° LE-011



Registro N° LE-011

INFORME DE ENSAYO N° 1403650

Solicitante: JUNEFIELD GROUP S.A.
Domicilio Legal: Av. República de Panamá Nro. 3545 Dpto.1301
San Isidro - Lima
Tipo de Muestra: Agua de Efluente Doméstico
Plan de Muestreo: LM-2.3-03 (ENVIROLAB)
Solicitud de Análisis: MAR-650
Procedencia de la Muestra: Proyecto Don Javier 79
Fecha de Ingreso: 2014-03-31
Código ENVIROLAB PERU: 1403650
Referencia: Cotización N° 00019758

Código de Lab.:	1403650-02	Fecha de Muestreo:	2014-03-29			
Análisis	Método de Referencia	Límite de Cuantificación	Descripción:	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
pH	EPA 150.1	...	A6 - 10 - EFL	(1) 7.6	...	2014-03-29
Aceites y Grasas	EPA 1664-A	5		12	mg/L	2014-03-31
DBO ₅	EPA 405.1	3		190	mg/L	2014-03-31
DQO	EPA 410.1	6		395	mg/L	2014-03-31
Sólidos Totales en Suspensión	SM 2540-D	1		35	mg/L	2014-04-02
Temperatura	EPA 170.1	...		(1) 20.9	°C	2014-03-29
*Coliformes Termotolerantes	SM 9221 E1	...		1 700 000	NMP/100mL	2014-03-31

"N.D." Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado.

Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

La muestra llegó preservada al Laboratorio.

Nota: (1) Parámetro realizado en el muestreo.

A6 - 10 - EFL: Punto de muestreo ubicado a la salida del sistema de tratamiento.

Coordenadas: 19K 238863 / UTM 8161510

Observaciones: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

- * Los métodos subcontratados en la matriz indicada, son acreditados por el SNA.

-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

-Dependiendo del parámetro a ser analizado las muestras tendrán un tiempo de custodia máximo de 7 días calendario después de entregado el Informe de Ensayo.

Page 2 / 3

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU

Telf: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Web: www.envirolabperu.com.pe



Inassa
ENVIROLAB

NSF Envirolab

LABORATORIO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-011

INFORME FINAL



Dirección de Entrega:

George Egoavil
Junefield Group S.A.
Av. República de Panamá Nro. 3545
Dpto.1301 Alt. Torre Wiese - San Isidro
Lima, Lima
Peru

Solicitante: C0210820

Junefield Group S.A.
Av. República de Panamá Nro. 3545
Dpto.1301 Alt. Torre Wiese - San Isidro
Lima, Lima
Peru

Resultado	Completo	Fecha de Informe	2014-06-19
Procedencia	Campamento del Proyecto Don Javier 79 Yarabamba - Arequipa		
Producto	Agua		
Tipo de Servicio	Análisis		
Informe de Ensayo N°	J-00141334		
Coordinador de Proyecto	Maria Elizabeth Quiroz Chipoco		

Gracias por utilizar los servicios de NSF Envirolab. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.

Informe Autorizado por

Ing. Melina Granados Chuco
Asistente de Jefatura del Laboratorio

C.I.P. N° 101700

Fecha de Emisión

2014-06-19

Enrique Quevedo Bacigalupo
Jefe de Laboratorio

Tel: (511) 616-5400

Fax: (511) 616-5418

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU
Email: envirolab@envirolabperu.com.pe

Web: www.envirolabperu.com.pe

FI20140619120501

J-00141334

pág 1 de 4

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



Información General

Matriz: Agua
Solicitud de Análisis: Cotización N° 21017
Muestreado por: NSF Envirolab
Procedencia: Campamento del Proyecto Don Javier 79 Yarabamba - Arequipa
Plan de Muestreo: LM-2.3-03
Referencia: Sistema de tratamiento de agua residual del campamento proyecto Don Javier 79

Identificación de Laboratorio: S-0001043226
Tipo de Muestra: Agua Residual
Identificación de Muestra: AG-09
Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2014-06-01
Fecha y hora de Muestreo: 2014-05-31 09:05
Descripción del Punto de Muestra: Punto de muestreo ubicado en el ingreso al Sistema de Tratamiento
Coordenadas UTM (Sistema WGS 84): 19K 0238701 E / 8161423 N

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado
N.D.: Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis ().		
Microbiología		
# Coliformes Termotolerantes (N). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed.	2014-06-06	
Coliformes Termotolerantes		2300000 NMP/100 mL
Química		
Aceites y Grasas en Agua. EPA Method 1664 A-1999	2014-06-04	
Aceites y Grasas (1L)		ND(<5) mg/L
DBO5 en Aguas. EPA Method 405.1, Revised March 1983	2014-06-06	
DBO5		430 mg/L
DQO en Agua. EPA Method 410.1, Revised March 1983	2014-06-05	
DQO		807 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión en Agua. SMEWW Part 2540-D, 22nd Ed 2012	2014-06-04	
Sólidos Totales en Suspensión		33 mg/L
Temperatura en Agua. EPA Method 170.1, Revised March 1983	2014-05-31	
Temperatura		15.4 °C
pH en Agua. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2014-05-31	
pH		7.4

Identificación de Laboratorio: S-0001043227
Tipo de Muestra: Agua Residual
Identificación de Muestra: AG-10
Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2014-06-01
Fecha y hora de Muestreo: 2014-05-31 09:40
Descripción del Punto de Muestra: Punto de muestreo ubicado a la salida del Sistema de Tratamiento
Coordenadas UTM (Sistema WGS 84): 19K 0238623 E / 8161419 N

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado
N.D.: Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis ().		
Microbiología		
# Coliformes Termotolerantes (N). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed.	2014-06-06	
		330000 NMP/100 mL



Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado
N.D.: Significa No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis ().		
Microbiología (Continúa...)		
Coliformes Termotolerantes		
Química		
Aceites y Grasas en Agua. EPA Method 1664 A-1999	2014-06-04	
Aceites y Grasas (1L)		ND(<5) mg/L
DBO5 en Aguas. EPA Method 405.1, Revised March 1983	2014-06-06	
DBO5		360 mg/L
DQO en Agua. EPA Method 410.1, Revised March 1983	2014-06-05	
DQO		504 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión en Agua. SMEWW Part 2540-D, 22nd Ed 2012	2014-06-04	
Sólidos Totales en Suspensión		14 mg/L
Temperatura en Agua. EPA Method 170.1, Revised March 1983	2014-05-31	
Temperatura		15.4 °C
pH en Agua. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2014-05-31	
pH		7.8

Nota(s):

Parámetros realizados en el muestreo: pH y Temperatura.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE-031

INSPECTORATE

Pág. 01/1

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 74771L/14-MA-MB

Cliete : Junefield Group S.A.
Dirección : Av. Kennedy 2001-A Ampliación Paucarpata
Arequipa
Producto : Agua
Cantidad de muestra : 10
Presentación : Frascos de plástico y vidrio proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.
Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el Cliente
Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2014-06-30; Hora 11:10/11:40
S/S 001613-14-LMA
Referencia del Cliente : Agua Residual - C037/14
Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2014-07-01; Hora: 10:30 (Microbiológico)
Fecha de Inicio de Análisis : 2014-07-01; Hora: 10:50 (Microbiológico)
Fecha de Término de Análisis : 2014-07-08
Solicitud de Análisis : 04646/14

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra Declarado por el Cliente	Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L O ₂	Aceites y Grasas mg/L	Sólidos Totales Suspendedos mg/L	Coliformes Fecales NMP/100ml	Demanda Química de Oxígeno mg/L O ₂
04646-17338	AG-9	392,5	6,9	14,0	>16x10 ⁴	431,2
04646-17339	AG-10	17,8	3,8	12,0	23	69,7
Limite de Cuantificación		2,0	1,0	3,0	1,8	20,0

Métodos:

Demanda Bioquímica de Oxígeno : EPA 405.1 1999 Biochemical Oxygen Demand, 5 Dias, 20°C
Aceites y Grasas : EPA 1664 Rev B, Febrero. 2010. Method 1664, Revision B: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Sólidos Totales Suspendedos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Coliformes Fecales : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 22nd Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
Demanda Química de Oxígeno : EPA 410.1 1999 Chemical Oxygen Demand, Titrimetric, Mid-level

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante y preservadas.

El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.

Nota: Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestreo, manipulación y almacenamiento establecidos en las normas analíticas.

Callao, 09 de Julio del 2014

**Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company**

**ING. EVELYN P. QUISPE LOROÑA
C.I.P. 98232
LABORATORIO MEDIO AMBIENTE**

**Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company**

**ELGA TERESA ZACARIAS CARO
C.B.P. 1183
JEFE DE LABORATORIO MICROBIOLOGIA**

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada

No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

<"valor" significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado

A excepción de los productos percibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.

Este tiempo variará desde 7 días hasta 6 meses como máximo.

**Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax: (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe**



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO No LE - 031



Registro N° LE-031

Pág. 01/1

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 85975L/14-MA-MB

Cliente : JUNEFIELD GROUP SA
Dirección : Av. República de Panamá N° 3545
Producto : Agua
Cantidad de muestra : 10
Presentación : Frascos de plástico y vidrio proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.
Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el Cliente
Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2014-07-31; Hora 11:00/11:30 S/S 002123-14-LMA
Referencia del Cliente : Proyecto Don Javier - Agua Residual Doméstica - C041/14
Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2014-08-01; Hora: 10:30 (Microbiológico)
Fecha de Inicio de Análisis : 2014-08-01; Hora: 11:00 (Microbiológico)
Fecha de Término de Análisis : 2014-08-07
Solicitud de Análisis : 05737/14

Table with 7 columns: Código de Laboratorio, Descripción de Muestra, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Sólidos Totales Suspendedos, Coliformes Fecales, Demanda Química de Oxígeno. Rows include AG-9, AG-10, and Límite de Cuantificación.

Métodos:
Demanda Bioquímica de Oxígeno: EPA 405.1 1999 Biochemical Oxygen Demand, 5 Dyas, 20°C
Aceites y Grasas: EPA 1664 Rev B, Febrero. 2010. Method 1664, Revision B: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Sólidos Totales Suspendedos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Coliformes Fecales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E. 22nd Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
Demanda Química de Oxígeno: EPA 410.1 1999 Chemical Oxygen Demand, Titrimetric, Mid-level

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante y preservadas.
El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.
Nota: Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestreo, manipulación y almacenamiento establecidos en las normas analíticas.
Callao, 07 de Agosto del 2014

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company
ING. YANI MORALES H.
C.I.P. 135922
JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company
BLGA TERESA ZACARIAS CARO
C.B.P. 1183
JEFE DE LABORATORIO MICROBIOLOGIA

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C
Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada
No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
< "valor" significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.
Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INDECOPI-SNA CON REGISTRO No LE - 031



Registro N° LE-031

Pág. 01/1

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 97100L/14-MA-MB

Cliente : JUNEFIELD GROUP SA
Dirección : Av. República de Panamá N° 3545
Producto : Agua
Cantidad de muestra : 10
Presentación : Frascos de plástico y vidrio proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.
Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el Cliente
Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2014-09-02; Hora 10:30/11:00 S/S 002379-14-LMA
Referencia del Cliente : Arequipa - Yarabamba / Proyecto Don Javier - Agua Residual - C043/14
Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2014-09-03; Hora: 10:00 (Microbiológico)
Fecha de Inicio de Análisis : 2014-09-03; Hora: 10:25 (Microbiológico)
Fecha de Término de Análisis : 2014-09-09
Solicitud de Análisis : 06695/14

Table with 7 columns: Código de Laboratorio, Descripción de Muestra, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Sólidos Totales Suspendedos, Coliformes Fecales, Demanda Química de Oxígeno. Rows include AG-9, AG-10, and Límite de Cuantificación.

Métodos:

Demanda Bioquímica de Oxígeno: EPA 405.1 1999 Biochemical Oxygen Demand, 5 Dyas, 20°C
Aceites y Grasas: EPA 1664 Rev B, Febrero. 2010. Method 1664, Revision B: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Sólidos Totales Suspendedos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Coliformes Fecales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 22nd Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
Demanda Química de Oxígeno: EPA 410.2 1999 Chemical Oxygen Demand, Trimeric Low-Level

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante y preservadas. El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.

Nota: Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestreo, manipulación y almacenamiento establecidos en las normas analíticas.

Callao, 15 de Setiembre del 2014

Inspectorate Services Perú S.A.C. A Bureau Veritas Group Company

[Signature]

ING. YANI MORALES H. C.I.P. 135922

JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Inspectorate Services Perú S.A.C. A Bureau Veritas Group Company

[Signature]

BLGA. TERESA ZACARIAS CARO C.B.P. 1183

JEFE DE LABORATORIO MICROBIOLOGIA

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada. No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. < "valor" significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado. A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo

INFORME DE ENSAYO: 27919/2014

RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestras del ítem: 1

N° ALS - Corplab	314685/2014-1.0	314688/2014-1.0	
Fecha de Muestreo	06/10/2014	06/10/2014	
Hora de Muestreo	11:45:00	11:00:00	
Tipo de Muestra	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica	
Identificación	AG-9	AG-10	
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD
001 DATOS DEL CLIENTE			
pH*	2209	Unid. pH	7,76
Temperatura de la muestra*	2210	°C	19,1
014 ANALISIS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Fecales	8825	NMP/100mL	1,8
			240000
			7400

Observaciones:

* Los métodos indicados no han sido acreditados por INDECOPI-SNA.

CONTROLES DE CALIDAD

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Control Blancos				
Control Estándares				
Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis	
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	Negativo	-	09/10/2014	
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	Positivo	-	09/10/2014	

La fecha de análisis de los controles de calidad corresponde a la fecha de inicio de análisis de las muestras.

LD = Límite de detección

DESCRIPCIÓN Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp. del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la Muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
AG-9	Cliente	Agua Residual Doméstica	06/10/2014	06/10/2014	---	Proporcionado por el cliente	Entrada al sistema de tratamiento Área de Biodigestores
AG-10	Cliente	Agua Residual Doméstica	06/10/2014	06/10/2014	---	Proporcionado por el cliente	Salida del sistema de tratamiento Área Humedal Artificial

REFERENCIAS DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO

* Los métodos indicados no han sido acreditados por INDECOPI-SNA.

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
8825	AQP	Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure
2209	PER	pH - Proporcionado por el cliente*	---	---
2210	PER	Temperatura - Proporcionado por el cliente*	---	---



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO No LE - 031



Registro N° LE-031

Pág. 01/1

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 108314L/14-MA

Cliente : JUNEFIELD GROUP SA
Dirección : Av. República de Panamá N° 3545
Producto : Agua
Cantidad de muestra : 8
Presentación : Frascos de plástico y vidrio proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.
Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el Cliente
Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2014-10-06; Hora 11:00/11:45 S/S 002776-14-LMA
Referencia del Cliente : Arequipa - Yarabamba / Proyecto Don Javier - Agua Residual Doméstica - C046/14
Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2014-10-07
Fecha de Inicio de Análisis : 2014-10-07
Fecha de Término de Análisis : 2014-10-17
Solicitud de Análisis : 07757/14

Table with 6 columns: Código de Laboratorio, Descripción de Muestra, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Sólidos Totales Suspendedos, Demanda Química de Oxígeno. Rows include AG-9, AG-10, and Límite de Cuantificación.

Métodos:
Demanda Bioquímica de Oxígeno: EPA 405.1 1999 Biochemical Oxygen Demand, 5 Dyas, 20°C
Aceites y Grasas: EPA 1664 Rev B, Febrero. 2010. Method 1664, Revision B: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Sólidos Totales Suspendedos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Demanda Química de Oxígeno: EPA 410.1 1999 Chemical Oxygen Demand, Titrimetric, Mid-level

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante.
El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.
Nota: Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestreo, manipulación y almacenamiento establecidos en las normas analíticas.
Callao, 17 de Octubre del 2014

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

Signature of Ing. Yani Morales H.
ING. YANI MORALES H.
C.I.P. 135922
JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada
No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
<"valor" significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.
Este tiempo variará desde 7 días hasta 6 meses como máximo.



INFORME DE ENSAYO: 33235/2014

RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestras del ítem: 1

N° ALS - Corplab	376191/2014-1.0
Fecha de Muestreo	20/11/2014
Hora de Muestreo	11:30:00
Tipo de Muestra	Agua Residual Doméstica
Identificación	AG-10

Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD
001 DATOS DEL CLIENTE			
pH*	2209	Unid. pH	6,70
Temperatura de la muestra*	2210	°C	18,5
014 ANALISIS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Fecales	8825	NMP/100mL	1,8 1800

Observaciones:

* Los métodos indicados no han sido acreditados por INDECOPI-SNA.

CONTROLES DE CALIDAD

Control Estándares

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	Negativo	-	26/11/2014
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	Positivo	-	26/11/2014

La fecha de análisis de los controles de calidad corresponde a la fecha de inicio de análisis de las muestras.

LD = Límite de detección

DESCRIPCIÓN Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp. del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la Muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
AG-10	Cliente	Agua Residual Doméstica	20/11/2014	20/11/2014	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

REFERENCIAS DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO

* Los métodos indicados no han sido acreditados por INDECOPI-SNA.

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
8825	AQP	Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure
2209	PER	pH - Proporcionado por el cliente*	---	---
2210	PER	Temperatura - Proporcionado por el cliente*	---	---



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO No LE - 031



Registro N° LE-031

Pág. 01/1

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 120234L/14-MA

Cliente : JUNEFIELD GROUP SA
Dirección : Av. República de Panamá N° 3545
Producto : Agua
Cantidad de muestra : 4
Presentación : Frascos de plástico y vidrio proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.
Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el Cliente
Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2014-11-20 Hora: 11:30 S/S 003432-14-LMA
Referencia del Cliente : Proyecto Don Javier - Agua Residual Doméstica - C050/14
Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2014-11-29
Fecha de Inicio de Análisis : 2014-11-29
Fecha de Término de Análisis : 2014-12-12
Solicitud de Análisis : 09393/14

Table with 5 columns: Código de Laboratorio, Descripción de Muestra, Demanda Bioquímica de Oxígeno (*), Aceites y Grasas, and Demanda Química de Oxígeno. It shows results for sample AG-10 and a quantification limit.

Métodos:

- (*Demanda Bioquímica de Oxígeno EPA 405.1 1999 Biochemical Oxygen Demand, 5 Dyas, 20°C
Aceites y Grasas EPA 1664 Rev B, Febrero. 2010. Method 1664, Revision B: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
(*Sólidos Totales Suspended SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Demanda Química de Oxígeno EPA 410.2 1999 Chemical Oxygen Demand, Tritrimetric Low-Level

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante y preservadas.

El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.

Nota: Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestreo, manipulación y almacenamiento establecidos en las normas analíticas.

(* Los métodos indicados no han sido acreditados por INDECOPI-SNA
Callao, 13 de Diciembre del 2014

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

ING. YANI MORALES H.
C.I.P. 135922

JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada

No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

<valor> significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.

Este tiempo variará desde 7 días hasta 6 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016

www.inspectorate.com.pe



ANEXO 6: Plano de Diseño del Humedal Artificial



ANEXO 7: Cotización de Lodos Activados

12 DE ENERO DEL 2014



**JUNEFIELD
GROUP S.A.**

**N° 140003 - SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNA
PLANTA DE TARATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS - LODOS ACTIVADOS**

FUTURA INGENIEROS SAC | Ing. Wilian Gonzales

Datos Generales del Proveedor:

RAZÓN SOCIAL : FUTURA INGENIEROS SAC (RUC 20556042153)
DIRECCIÓN FISCAL : Urb. Portada del sol 3ra etapa. Mz N'1. Lt 18. La Molina - Lima
RUC : 20556042153
CONTACTO COMERCIAL : Ing. Wilian Gonzales
CARGO : Key Account Manager
TELÉFONO/CEL. : Of. 01-732 6471 / Celular: 938 161 818
E-MAIL : wgonzales@futuraing.com / www.futuraing.com.pe

Datos del Cliente:

RAZÓN SOCIAL : Junefield Group S.A.
CONTACTO : Ing. George Egoavil
CARGO : Coordinador de Medio Ambiente
DIRECCION : Arequipa
E-MAIL : gegoavil@junefieldperu.com
TELÉFONO/CEL. :

CONTROL DE REVISIÓN			
FECHA	REVISION	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLES
12/01/2014	Ver. 01	Propuesta Técnica-Económica para la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas PTARD MBBR	Ing. Wilian Gonzales Ing. Carlos Franco

1.- INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

El cliente ha suministrado la siguiente información de interés para el diseño del sistema de tratamiento.

Nota: Se consideran los parámetros de entrada estándar ya que no se cuenta con la caracterización físico química del efluente.

Datos Generales	
Ubicación	La Joya - Arequipa
Naturaleza del efluente	Aguas residuales domésticas
Caudal de diseño	0.41 M3/H (10 m3 /día)
Horario en que se generan efluentes	24 horas/día
Disposición final del agua tratada	Riego de áreas verdes
Calidad máxima del efluente crudo	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	300 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	600 mg/L
Aceites y Grasas	60 mg/L
Sólidos Totales Suspendidos	300 mg/L
pH	6.5-8.5
Coliformes totales	Estándar
Temperatura	< 15 °C
Aporte industrial	Ningún tipo de aporte de efluente industrial distinto a un agua residual doméstica.
Calidad del agua tratada según DS 004-2017 MINAM	
Demanda Bioquímica de Oxígeno*	< 30 mg/L
Demanda Química de Oxígeno*	< 100 mg/L
Aceites y Grasas*	< 5 mg/L
Sólidos Totales Suspendidos*	< 30 mg/L
pH	6.5-8.5
Coliformes totales	< 1000 NMP/100ml
Huevos de Helminthos	< 1 Huevo/L
E. Coli	< 1000 NMP / 100ml

*Valores establecidos por el proveedor, la normativa actual no especifica los valores de estos parámetros.

6.- PROPUESTA ECONOMICA:

En el siguiente cuadro se resume los precios asociados a la implementación del sistema completo de tratamiento:

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Soles)	Sub-Total (Soles)
1	Suministro e instalación de PTAR MBBR en Fibra de Vidrio	Unid.	01	82,000	82,000
SUB-TOTAL (S/.)					82,000
IGV 18% (S/.)					14,760
TOTAL (S/.)					96,760.00

7.- CONDICIONES COMERCIALES:

Emitir Orden de Compa :

- ✓ Razón Social : FUTURA INGENIEROS S.A.C
- ✓ RUC : 20556042153
- ✓ Dirección Fiscal : Huaca de la Luna, Mz. N1, Lote 18. Urb. Portada del sol, La Molina - Lima.

Forma de pago :

- ✓ Para equipos: 50% de adelanto con OC, 45 % Contra entrega de equipos, 5 % contra finalización de la instalación.
- ✓ Instalación: 50 % adelanto con OS antes de iniciar el servicio. 50% al finalizar la instalación.

BANCO DE CREDITO DEL PERU:

- ✓ Cuenta corriente en SOLES : 191-2140845-0-95
- ✓ Código de cuenta interbancario : 0021910021408450955

Tiempo de entrega :

- ✓ Equipos: 08 semanas.

- ✓ Instalación: 2 semanas adicionales.
- ✓ Arranque y puesta en marcha: 4-6 semanas adicionales.

Lugar de Entrega : Puesto en Nuestro Almacén de Lima.
Validez de oferta : 23 de Febrero del 2014.
Garantía : 01 año contra defectos de fabricación.

Atentamente,

Ing. Wilian Gonzales
Key Account Manager
wgonzales@futuraing.com
Cel. 938.161.818



ANEXO 8: Tratamiento de Agua Residual Doméstica (%) 2013 - SUNASS

Tratamiento de Aguas Residuales (%)
(Volumen tratado/Volumen volcado)

Código	Siglas	Tipo	Volumen volcado a la red	Volumen tratado de A.S.	2013	2012	2011
001	EMUSAP AMAZONAS	P	979 183	0	-	-	-
002	SEDA HUANUCO S.A.	G	10 023 803	0	-	-	-
003	EMAPACOP S.A.	M	8 497 517	0	-	-	-
004	EPS SEDALORETO S.A.	G	10 410 486	0	-	-	-
005	EMAPA CAÑETE S.A.	M	6 100 561	428 890	7,03	8,63	9,12
006	EMSA PUNO S.A.	G	5 767 299	2 993 712	51,91	59,22	64,18
007	EPSSMU S.R.LTDA	P	1 190 657	0	-	-	-
008	AGUAS DE TUMBES	G	6 613 401	1 803 995	27,28	26,09	24,74
009	EMAPA PASCO S.A.	P	1 448 576	0	-	-	-
010	EMAPISCO S.A.	M	7 899 909	6 331 145	80,14	100,00	100,00
011	SEDACAJ S.A.	M	6 250 679	0	-	-	14,84
012	EPS TACNA S.A.	G	13 999 041	10 406 880	74,34	77,47	89,28
013	EMAPAVIGS S.A.C.	P	1 767 124	1 764 172	99,83	91,91	69,25
014	SEDACHIMBOTE S.A.	G	16 960 603	9 365 360	55,22	56,31	57,84
015	EPSASA	G	10 680 041	10 666 622	99,87	99,98	99,17
016	EMAPA SAN MARTIN S.A.	M	7 057 164	0	-	-	4,17
017	EMAPAT S.R.LTDA.	M	1 608 334	0	-	-	-
018	SEMAPACH S.A.	G	13 849 801	13 849 801	100,00	99,77	100,00
019	EPS SELVA CENTRAL S.A.	M	6 818 965	1 566 749	22,98	25,43	25,78
020	EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA.	P	1 695 958	0	-	-	9,35
021	EMAPA HUANCAMELICA S.A.C	P	2 105 898	0	-	-	-
022	EPS MOQUEGUA S.A.	M	4 092 797	2 081 376	50,85	51,82	51,48
023	EMAPA Y S.R.L.	P	486 929	0	-	-	-
024	EMAPA HUARAL S.A.	M	3 989 985	0	-	-	-
025	EMAPA HUACHO S.A.	M	4 811 427	0	-	-	-
026	SEDAPAL	S	403 200 443	206 644 780	51,25	21,27	20,65
027	EPS ILO S.A.	M	3 569 512	2 440 350	68,37	14,83	90,50
028	SEDALIB S.A.	G	30 262 142	17 530 830	57,93	58,18	59,39
029	EPSEL S.A.	G	34 136 561	31 832 729	93,25	90,58	89,91
030	SEDAPAR S.A.	G	38 781 846	5 122 781	13,21	14,97	14,75
031	SEDACUSCO S.A.	G	13 052 924	10 047 254	76,97	93,85	93,76
032	EPS GRAU S.A.	G	40 107 689	17 497 813	43,63	45,47	44,33
033	EPS CHAVIN S.A.	M	6 132 859	7	0,00	-	-
034	EMAQ S.R.LTDA.	P	3 785 783	0	-	-	-
035	EMAPAB S.R.LTDA.	P	1 641 069	0	-	-	-
036	SEMAPA BARRANCA S.A.	M	4 861 482	146 154	3,01	-	-
037	EMAPICA S.A.	G	15 401 888	15 395 393	99,96	99,97	100,00
038	EMPSSAPAL S.A.	P	1 564 691	40 992	2,62	-	-
039	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	P	2 194 095	0	-	-	-
040	EPS NOR PUNO S.A.	P	660 858	283 824	42,95	45,10	45,46
041	SEDAJULIACA S.A.	G	7 404 561	4 259 596	57,53	53,76	66,18
042	EPS MANTARO S.A.	M	3 197 019	0	-	3,60	3,67
043	EMUSAP ABANCAJ S.A.	P	2 788 210	0	-	-	-
044	EMSAP CHANKA S.R.L.	P	665 426	0	-	-	-
045	EPS MARAÑON S.R.L.	M	7 573 236	6 307 200	83,28	96,01	91,83
046	SEDAM HUANCAYO S.A.C.	G	17 236 393	0	-	-	-
047	EMSAPA CALCA S.R.L.	P	0	0	S.I.	-	S.I.
048	EPS AGUAS DEL ALTIPLANO	P	815 328	193 104	23,68	37,93	25,42
050	EMSAPA YAULI S.R.L.L.	P	362 778	0	-	-	-
051	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	P	486 554	0	-	-	-
Tipo de empresa		Tipo	Volumen volcado a la red	Volumen tratado de A.S.	2013	2012	2011
Total		T	794 989 485	379 001 508	47,67	32,05	32,83
SEDAPAL		S	403 200 443	206 644 780	51,25	21,27	20,65
EPS Grandes		G	284 688 479	150 772 765	52,96	53,53	57,94
EPS Medianas		M	82 461 446	19 301 870	23,41	16,74	22,82
EPS Pequeñas		P	24 639 118	2 282 093	9,26	27,16	24,04

