

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

SEDE JAÉN



“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEPURADOR DE *Guadua angustifolia* Kunth DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

CJORINDA MARÍA QUINDE TAPIA

JAÉN – PERÚ

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de Febrero de 1,962
"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
SECCIÓN JAÉN

Bolívar N° 1342 - Plaza de Armas - Telfs. 431907 - 431080
JAÉN - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los cinco días del mes de Julio del año dos mil diecisiete, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 174-2017-FCA-UNC, de fecha 17 de mayo de 2017, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**Evaluación del efecto depurador de *Guadua angustifolia* Kunth de aguas residuales de la ciudad de Jaén - Cajamarca**". Ejecutado por la Bachiller en Ciencias Forestales **doña CLORINDA MARÍA QUINDE TAPIA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las diecisiete horas y ocho minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando a la sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **QUINCE (15)**; por tanto, la Bachiller queda expedita para que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las diecinueve horas con cero minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.


Ing. M.Sc. Segundo M. Tafur Santillán
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. Germán Pérez Hurtado
SECRETARIO


Ing. Leiver Flores Flores
VOCAL


Dr. Ing. Segundo P. Vaca Marquina
ASESOR

DEDICATORIA

Se lo dedico a quien forja mi vida, mi Padre Celestial, el que me ha inspirado para que este proyecto forme parte de una solución ambiental en esta ciudad.

A mi madre Meregilda Tapia Mondragón, fiel amiga y sabia consejera que día a día se esfuerza por ver a sus hij@s triunfar.

A mi padre Rubén Quinde Aldaz, por las frases motivadoras, por su deseo de vernos superados, esto es suyo papá.

A mis hermanitos Juan Carlos y Adaluz, estaremos siempre unidos para lograr nuestros objetivos, gracias hermanos por darme su apoyo moral que de todas formas ha contribuido a culminar este trabajo, es suyo.

A todos los profesionales y amigos que aportaron su granito de arena y creyeron en mí para que esta investigación fuese posible.

A usted, que está leyendo estas líneas, le va a servir muchísimo, aprovéchelo.

Clorinda

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca, por ser oportunos brindando consejos, entre ellos: Marcela Arteaga, Leiwer Flores, Germán Pérez y Rigoberto Marín; los aprecio mucho.

A mi asesor el Dr. Segundo Vaca Marquina, quien me ha guiado en el complicado proceso. Gracias a sus buenas intenciones y de ver a su alumna progresar me ha dado ánimos para culminar este trabajo.

Al señor Roberto A. Enríquez Calderón, Gerente de la EPS Marañón, quien desde el primer momento decidió apoyar esta interesante investigación.

A la Gerencia Técnica Administrativa y Logística de la EPS Marañón S.R.L., que gracias al financiamiento se hizo posible el presente estudio.

Al ing. Ramón Torrejón, por sus frases de inspiración.

Al Ing. Alberto Cieza, por brindarme todos los conocimientos posibles además de su tiempo en situaciones adversas.

A los ingenieros Helder Aguirre de los Ríos y Fernando Aguirre de los Ríos por brindar facilidades para agilizar este estudio.

A CICAP, por la asistencia técnica en la propagación del bambú.

A Gian Marco, un excelente profesional y con mucho potencial en temas de investigación, gracias por despertar en mí interés e inclinarme a este apasionante mundo.

Al Ing. Martín Dávila Barturén, por ser mi brazo derecho en la ejecución de la investigación, contagiando su alegría y darme la tranquilidad que necesité.

Al Doctor Iván Andrés Sánchez Ortiz, especialista en investigación ambiental de la Universidad Federal De Viçosa por brindarme información.

Al Doctor Julio Palomino Cadenas, Docente de la UNASAM, gracias por sus observaciones y apreciaciones oportunas.

Al Ing. Néstor Estacio Castañeda, por enseñarme a dar soluciones rápidas y prácticas ante cualquier imprevisto.

Al ing. M. Cs. Jorge Antonio Delgado Soto, por enseñarme técnicas fáciles y hacer que las horas en laboratorio no sean tan aburridas, indispensables en este trabajo de investigación.

A mis amigos, Alex Anticona, Rocío Vásquez, Yocep Goicochea, Flavio Marcaroni, me gustó mucho trabajar en equipo, sin ustedes nada hubiera sido posible, muchas gracias.

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
ÍNDICE	
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. Bases teóricas	17
Origen, características e importancia de la <i>Guadua angustifolia</i>	17
Kunth	
Partes de la <i>Guadua angustifolia</i> Kunth	18
El bambú y su impacto ambiental	19
Generalidades de aguas residuales	21
Composición de las aguas residuales	22
Impactos negativos de las aguas residuales	23
Niveles de tratamiento de las aguas residuales	24
Utilización de plantas de bambú en el tratamiento de aguas	25
residuales	
Razones para el tratamiento de las aguas residuales	28
Reúso de las aguas residuales en el mundo	28
Parámetros importantes en el tratamiento de aguas residuales	29
Demanda bioquímica de oxígeno	30
Demanda química de oxígeno	30
S.A.A.M. (detergentes)	31
Nitratos	31
Coliformes fecales o termotolerantes	32
Mecanismos de remoción	33
Normatividad en el estado peruano	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1. Ubicación del área de investigación	37

3.2. Materiales	37
3.3. Metodología	38
3.3.1. Trabajo de campo	38
3.3.2. Trabajo de gabinete	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1. Resultados	52
Georreferenciación	52
Monitoreo del efluente de la laguna de estabilización	52
Evaluación del desarrollo del material vegetativo	53
Textura de suelo y tiempo de retención hidráulica	53
Monitoreo del efluente pos-tratado	54
Resultado estadístico	58
a. Demanda bioquímica de oxígeno	58
b. Demanda química de oxígeno	59
c. S.A.A.M. (detergentes)	60
d. Nitratos	61
e. Número de coliformes fecales o termotolerantes	62
Eficiencia de remoción	65
a. Demanda bioquímica de oxígeno	66
b. Demanda química de oxígeno	66
c. S.A.A.M. (detergentes)	67
d. Nitratos	68
e. Número de coliformes fecales o termotolerantes	69
4.2. Discusión	70
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
5.1. Conclusiones	74
5.2. Recomendaciones	75
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXO	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Clasificación taxonómica de los bambúes	17
Tabla 2:	Composición general de las aguas residuales	23
Tabla 3:	Límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales según Decreto supremo N° 003-2010-MINAM	35
Tabla 4:	Sistema de tratamiento, control y estaciones	37
Tabla 5:	Resultados del análisis de aguas residuales del efluente de la PTAR con geomembrana.	53
Tabla 6:	Supervivencia del material vegetativo por cada sistema	53
Tabla 7:	Regeneración del material vegetativo por cada sistema	53
Tabla 8:	Tiempo de retención hidráulica por cada unidad experimental	54
Tabla 9:	Resultado de análisis del efluente pos-tratado: agosto 2016	54
Tabla 10:	Resultado de análisis del efluente pos-tratado: septiembre 2016	55
Tabla 11:	Resultado de análisis del efluente pos-tratado: octubre 2016	55
Tabla 12:	Variables estadísticas de estudio de DBO ₅ con los sistemas de tratamiento	59
Tabla 13:	Variables estadísticas de estudio de DQO con los sistemas de tratamiento	60
Tabla 14:	Variables estadísticas de estudio de S.A.A.M detergentes con los sistemas de tratamiento	61
Tabla 15:	Variables estadísticas de estudio de nitrato con los sistemas de tratamiento	62
Tabla 16:	Variables estadísticas de estudio de coliformes fecales o termotolerantes con los sistemas de tratamiento	63
Tabla 17:	Resumen del resultado del análisis estadístico con sistema de tratamiento de los meses de agosto, septiembre y octubre, 2016	64
Tabla 18:	Comparación de los análisis y efectividad del sistema de tratamiento con material vegetativo	65

ANEXO

- Anexo 1: Resultado del análisis de agua residual tratada por el sistema de tratamiento, en el mes de agosto, 2016.
- Anexo 2: Resultado del análisis de agua residual tratada por el sistema de tratamiento, en el mes de septiembre, 2016.
- Anexo 3: Resultado del análisis de agua residual tratada por el sistema de tratamiento, en el mes de octubre, 2016.
- Anexo 4: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo de evaluación.
- Anexo 5: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo de evaluación.
- Anexo 6: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo de evaluación.
- Anexo 7: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo de evaluación.
- Anexo 8: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de demanda química de oxígeno en el tiempo de evaluación.
- Anexo 9: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de demanda química de oxígeno en el tiempo de evaluación.
- Anexo 10: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de demanda química de oxígeno en el tiempo de evaluación.

- Anexo 11: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de demanda química de oxígeno en el tiempo de evaluación.
- Anexo 12: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de S.A.A.M. detergentes en el tiempo de evaluación.
- Anexo 13: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de S.A.A.M. detergentes en el tiempo de evaluación.
- Anexo 14: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de S.A.A.M. detergentes en el tiempo de evaluación.
- Anexo 15: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de S.A.A.M. detergentes en el tiempo de evaluación.
- Anexo 16: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de nitrato en el tiempo de evaluación
- Anexo 17: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de nitrato en el tiempo de evaluación.
- Anexo 18: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de nitrato en el tiempo de evaluación.
- Anexo 19: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de nitrato en el tiempo de evaluación.

Anexo 20: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de coliformes fecales o termotolerantes en el tiempo de evaluación.

Anexo 21: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de coliformes fecales o termotolerantes en el tiempo de evaluación.

Anexo 22: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de coliformes fecales o termotolerantes en el tiempo de evaluación.

Anexo 23: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de coliformes fecales o termotolerantes en el tiempo de evaluación.

Anexo 24: Gráfica de eficiencia de remoción de DBO5 en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración.

Anexo 25: Gráfica de eficiencia de remoción de DQO en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración.

Anexo 26: Gráfica de eficiencia de remoción de S.A.A.M. detergentes en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración.

Anexo 27: Gráfica de eficiencia de remoción de nitrato en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración.

Anexo 28: Gráfica de eficiencia de remoción de coliformes fecales o termotolerantes en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración.

Anexo 29: Resultado del Monitoreo de los efluentes de las PTAR de la ciudad de Jaén, E.P.S. Marañon y SGS del Perú.

Anexo 30: Panel fotográfico.

RESÚMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto depurador con *Guadua angustifolia* Kunth las aguas residuales de la ciudad de Jaén, Cajamarca, Perú; estableciendo un sistema ecológico con filtro natural para tratamiento de efluentes de aguas residuales domésticas, contribuyendo en su reutilización como una alternativa de riego, buscando el equilibrio medio-ambiental. Se instalaron cuatro sistemas, partiendo de un cilindro de material metálico con cobertura de cemento, donde se colocó veinticuatro chusquines de bambú, distanciados a 15 cm. El proceso consistió en la siembra de chusquines de bambú en un sustrato de proporción 3:1 (arena y tierra), acompañado de una porción de grava, acondicionando pequeños agujeros para el filtro y recolección del agua residual pos - tratado. Se instalaron 4 cilindros con el mismo sustrato, 3 para el tratamiento (material vegetativo) y uno como testigo (sin plantas); se aplicó el riego durante cuatro meses con agua de abastecimiento público para la adaptación del material vegetativo al sistema y posteriormente, se regaron durante tres meses con aguas residuales domésticas, provenientes de la planta de tratamiento; se recolectaron muestras de aguas cada treinta días durante el periodo de riego, las cuales se sometió de inmediato al análisis físico-químico como: demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), detergentes, análisis de aniones de nitrógeno y análisis microbiológico de coliformes fecales o termotolerantes por el Laboratorio SGS del Perú S.A.C. (debidamente acreditado). Luego de la investigación se concluyó que la *Guadua angustifolia* Kunth, actúa en la remoción y depuración de coliformes fecales o termotolerantes, bajo el sistema de tratamiento con material vegetativo y es menos eficiente en la remoción de nitrato; cumpliendo los estándares nacionales de calidad ambiental de categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), mediante el uso del sistema de tratamiento de aguas residuales con material vegetativo, contempladas en el Decreto Supremo N° 015-2015–MINAM.

Palabras claves: Sistema de tratamiento, eficiencia de remoción, *Guadua angustifolia* Kunth, efluente.

ABSTRAC

The objective of the investigation was to determine the purifying effect with *Guadua angustifolia* Kunt of the waste water of the city of Jaen, Cajamarca, Peru; establishing an ecological system with natural filter for treatment of effluents of domestic wastewater, contributing to its reuse as an irrigation alternative, seeking the environmental balance. Four systems were installed, starting from a cylinder of metallic material with concrete cover, where thirty bamboo chusquines were placed, distanced to 30 cm. The process consisted of planting bamboo shoots on a substrate of 3:1 ratio (sand and earth), accompanied by a portion of gravel, conditioning small holes for the filter and collecting treated wastewater. Four cylinders were installed with the same substrate, 3 for the treatment (vegetative material) and one as a control (without plants); irrigation was applied for four months with public water for the adaptation of the vegetative material to the system and later; subsequently, irrigated for three months with domestic wastewater from the treatment plant; water samples were collected every thirty days during the irrigation period, which were immediately submitted to physical-chemical analysis as: biochemical demand for oxygen (BOD5), chemical oxygen demand (COD), detergents, analysis of nitrogen anions and microbiological analysis of total or thermo tolerant coliforms by the SGS Laboratory of Peru SAC (duly accredited). After the investigation it is concluded that the *Guadua angustifolia* Kunt, acts as in the removal and purification of fecal or thermo tolerant coliforms, under the treatment system with vegetative material and is less efficient in nitrate removal; complying with the national standards of environmental quality of category 3 (irrigation of vegetables and animal drink), through the use of the wastewater treatment system with vegetative material, contemplated in Supreme Decree N° 015-2015-MINAM.

Key words: System of treatment, removal efficiency, *Guadua angustifolia* Kunt, effluent.

I. INTRODUCCIÓN

La Amazonía peruana alberga un gran número de especies de bambúes y otras gramíneas bambusiformes de la familia botánica Poaceae y subfamilia Bambusoideae, que se agrupa en la mayoría de las hierbas leñosas, con tallo rígido, que pueden formar bosques de bambúes sin ninguna presencia de árbol (Olivier 2008). La reforestación con bambú puede ser significativa en la contribución urgente de problemas ambientales por ser un gran productor de oxígeno y un gran retenedor de dióxido de carbono (Torres 2003) citado por (Delgado *et al.* 2013).

La principal característica del bambú es su gran importancia en la ecología, entre ellas la remediación de aguas residuales, transformando así, los nutrientes encontrados en aguas residuales en biomasa y el exceso del agua lo utiliza para la transpiración, convirtiéndose en un purificador de agua (Gib 2005). Las aguas residuales afectan a las actividades agropecuarias, forestales, necesidades urbanas e industriales, en el mundo se usa cerca de 65 % del agua dulce disponible para irrigación, 20 % en las industrias y 15 % para uso doméstico (Lazarova y Bahri 2005) citado por (Zamorano *et al.* 2013). Un experimento realizado con *Guadua angustifolia* Kunth, utilizando agua residual, presenta mayor eficiencia en la remoción de los atributos químicos, especialmente en fosfato, con 90.5 % de remoción y amoniaco, con 93.9 % de remoción (Quege de Araújo y Ucker 2013).

Por otra parte, la disposición final de las aguas residuales producidas por las diferentes actividades humanas ya sea para uso doméstico o industrial representa un serio problema que va en aumento y se va agravando cuando se trata de grandes urbanizaciones. Hacer frente a este problema plantea un dilema crucial, ya que el agua residual puede constituir una fuente alternativa importante para el riego de los cultivos, sin embargo, su uso para este fin, sin un adecuado tratamiento, puede convertirse en un problema mayor, por todos los riesgos que esto supone. En efecto, se ha consignado información a nivel mundial, sobre muchos casos de brotes de enfermedades, intoxicaciones masivas y se ha propiciado la degradación de diversos cuerpos naturales de agua (Delgadillo *et al.* 2010).

La disposición de aguas residuales sin tratamiento de efluentes contaminan los cuerpos de agua natural. A su vez, por infiltración en el subsuelo contaminan las aguas subterráneas, por lo que se convierten en focos infecciosos para la salud de las poblaciones, así como para la flora y fauna del lugar. El presente trabajo busca una elección adicional al tratamiento de aguas residuales, de forma sostenible, con filtro natural bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), donde la principal característica es su gran importancia ecológica, entre ellas la remediación de aguas residuales, transformando así, los nutrientes encontrados en biomasa y el exceso de agua lo utiliza para la transpiración, convirtiéndose en un purificador de agua, brindando una contribución urgente de los problemas ambientales por ser un gran productor de oxígeno y un gran retenedor de dióxido de carbono.

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto depurador con *Guadua angustifolia* Kunth de las aguas residuales de la ciudad de Jaén, Cajamarca; los objetivos específicos fueron:

- Adaptar un sistema de tratamiento de aguas residuales utilizando la especie *Guadua angustifolia* Kunth como material vegetativo.
- Verificar la tolerancia de la especie de *Guadua angustifolia* Kunth a la aplicación de aguas residuales.
- Comparar la media porcentual de la eficiencia de remoción ocasionada por las diferentes estaciones de sistema de tratamiento.
- Establecer y analizar las relaciones estadísticas de los respectivos resultados de los parámetros físico-químicos, aniones y microbiológico a ser evaluados.
- Evaluar el comportamiento de la evapotranspiración con la eficiencia de remoción del medio de sistema de tratamiento.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La situación existente del bambú en Perú se encuentra en proceso de investigación, es un material que se encuentra subutilizado y muy mal gestionado en su aprovechamiento de los bosques naturales presentes en este país. La cantidad de plantaciones naturales de Bambú, son pocas en comparación con sus países vecinos, además el desconocimiento general hacia esta planta y sus aplicaciones comerciales, inciden en la falta de promoción para su reforestación y manejo adecuado.

Un trabajo final de master sobre el reúso del agua residual se llevó a cabo en la ciudad de Lima-Perú, en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en la zona costera, teniendo como resultado que los porcentajes de remoción de DBO₅ obtenidos en el humedal son óptimos, teniendo valores entre 68 % y 86 % de remoción, estos resultados se dieron gracias al reúso del sustrato de grava y plantas fitodepuradoras existente en los humedales colmatados (Rodríguez 2013).

Marín y Correa (2010), evaluaron la remoción de contaminantes de tipo orgánico de las aguas residuales con *Guadua angustifolia* Kunth, demostrando que dicha especie es ideal para realizar tratamientos terciarios en aguas residuales.

Torres y Uribe (2003) establecieron que los anillos de la *Guadua angustifolia* Kunth., pueden ser un material de relleno para ser utilizado en el filtro anaeróbico, en el estudio de tratamiento de aguas residuales de proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaeróbico.

García y Giraldo (2014), evaluaron el efecto depurador de la *Guadua angustifolia* Kunth utilizando por separado sustrato de arena y grava, dando como resultado que la arena tiene mejores remociones y un mejor rendimiento que la grava para eliminar contaminantes de aguas residuales.

El Perú viene progresivamente desarrollando la Gestión de Recursos Hídricos y la protección a la salud pública, bajo un sistema de tratamiento sistémico con adecuación de factores ambientales como son el uso eficiente

del agua y adecuación de las aguas residuales domésticas e industriales. La población es consciente del cuidado del medio ambiente, de tal manera que, el estado, los inversionistas y la actividad privada comprende e incorpora marcos normativos con instrumentos de control de efluentes, reúso de aguas residuales y prevención de riesgos a la salud, como mejoramiento de calidad de vida de las población peruana.

La mayor proporción de las aguas residuales generadas en el país no son tratadas o presentan un solo tratamiento, muchas veces sin mantenimiento por su alto costo, vertiéndose directamente a los cauces naturales, al mar, al río, a la quebrada, y en algunos casos son usados para fines agrícolas. Por razones medio ambientales, salud pública y social, las aguas residuales domésticas y/o industriales, no pueden ser eliminadas evacuándolas directamente a las fuentes naturales o reusándolas para usos con fines agrícolas.

Con respecto al tratamiento de las aguas residuales de la ciudad Jaén cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada a 5.0 km de la ciudad en la cota 622 msnm. El sistema está compuesto por dos baterías de lagunas de estabilización, cada batería consta de una laguna anaerobia, seguida de una laguna facultativa. La capacidad de tratamiento de cada batería de lagunas es de 50 l/s, por tanto la planta de tratamiento puede tratar hasta 100 l/s. El agua residual tratada es descargada al río Jaén, a unos 300 metros de distancia de las lagunas (Sunass 2011). Los agricultores de arroz de la ciudad de Jaén, Cajamarca, usan y manipulan sin protección alguna, los reservorios de las plantas de tratamiento de aguas residuales para riego de sus cultivos, siendo estas aguas del pre tratamiento y de los efluentes del tratamiento primario, perjudicando la salud pública, existiendo altos riesgos de transmisión de enfermedades.

2.2. Bases teóricas

Origen, características e importancia de la *Guadua angustifolia* Kunth

La palabra bambú tiene muchos orígenes, en las festividades chinas se lanzaban tallos segmentados de bambú al fuego y sonaban “bam...boo”, otras personas manifiestan que este nombre se debe a un error lingüístico de origen malayo (Morán 2008).

Se atribuye el origen al comienzo de la civilización en Asia, es decir al inicio de las cosas humanas o relacionadas con el hombre (Hidalgo 1974).

Pertenece a la división Angiospermae, clase Mnocotiledoneae, orden Poales, familia Poaceae, subfamilia Bambusoideae, tribu Bambuseae, a la Subtribu Guaduiinae, y al género *Guadua* (Zea 2013). Los bambúes son consideradas las gramíneas más grandes del mundo, se caracterizan por su larga duración en el tiempo con sistema radicular bien desarrollado, poseen cañas macizas en su mayoría hueca (Marín y Correa 2010). Se le considera un cultivo forestal y su explotación depende del manejo que es una oportunidad económica y ambiental; es un buen medio para la conservación del suelo y el agua, sus raíces son fuertes, fibrosas; reduce la erosión de cuencas hidrográficas y protege riberas de los ríos (INBAR 2012).

Existe una clasificación taxonómica de los bambúes, generado por (Londoño y Botero 2006) (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de los bambúes

	América	Asia, África, Australia	Total
Géneros	41	60-67	101-108
Especies	70	700-900	1200-1400

En la naturaleza existen algo de 1400 especies, se estima que América posee el 46 % de bambú, Brasil alberga alrededor de 141 especies leñosas, luego Colombia con 72 especies, Venezuela con 60, Ecuador 44, Costa Rica y México con 39 especies a excepción de Europa y las zonas árticas que no poseen de manera natural las plantas de bambú (Londoño y Botero 2006).

Especies de Bambú como *Guadua angustifolia* Kunth contribuye a la disminución de la erosión de los suelos y a su protección y conservación, al tener más de 20,0 kg de raíces que detienen la capa vegetal, propicia la regulación hídrica almacenando hasta 30 000 T/ha-1 de agua y eleva el contenido de materia orgánica al aportar unas 30 t.ha-1 de biomasa (Botero 2004).

El bambú es el recurso más renovable para detener la deforestación del planeta por tener grandes atributos: es la planta de mayor crecimiento, es un protector del medio ambiente, ya que es un procesador de bióxido de carbono (12 T/ha^{-1}), mucho más eficiente que la mayoría de árboles del bosque tropical por lo que los bosques de bambú colaboran en la reconstrucción de la atmósfera ofreciendo un aire de mayor calidad (Scaglione 2004).

El bambú contribuye a la recuperación y conservación de los suelos, eliminando la erosión del mismo. Cuando es plantado en cuencas hidrográficas de ríos, lagunas, etc. En invierno toma agua para almacenar tanto en sus raíces como en su tallo, y luego por efecto de concentración, el agua es regresada nuevamente al caudal de los ríos y quebradas en épocas secas, evitando la formación de cárcavas y disminuyendo las pérdidas de agua por evaporación (Álvarez *et al.* 2003).

Partes de la *Guadua angustifolia* Kunth

Investigaciones establecen que se pueden diferenciar entre 5 y 6 partes de la *Guadua*, iniciando desde el rizoma hasta la parte foliar (Figura 1).

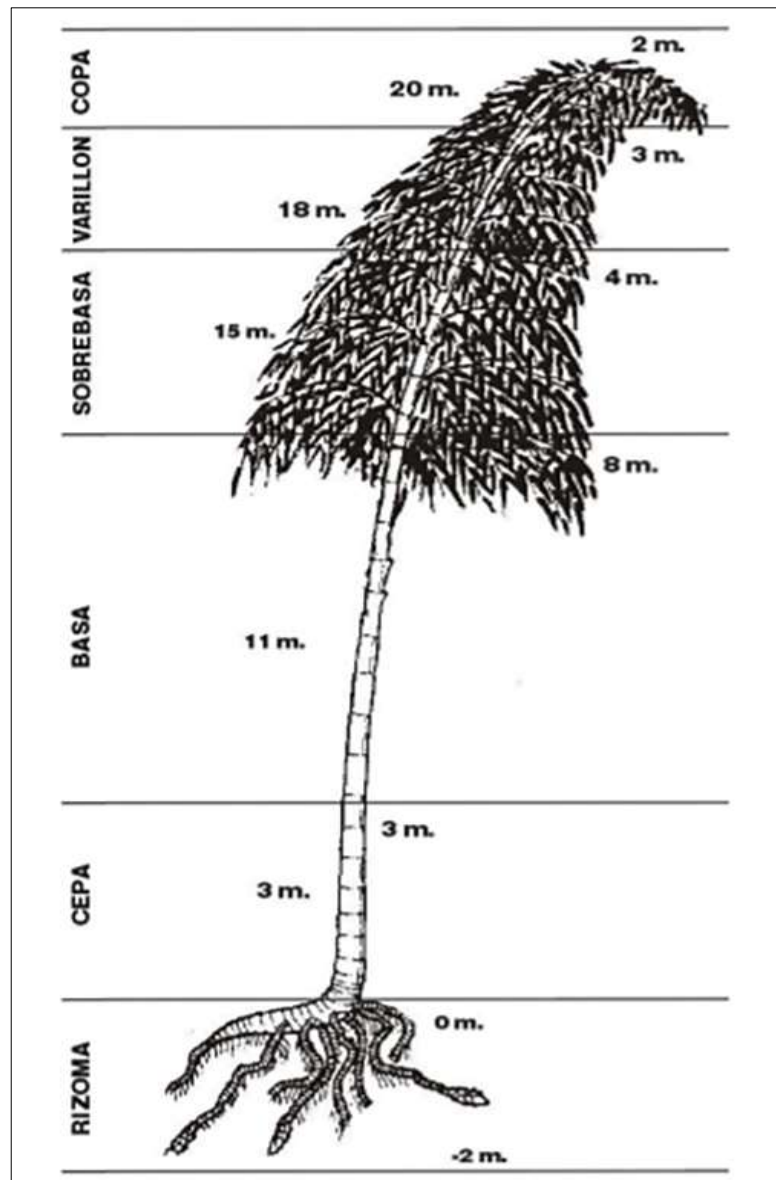


Figura 1. Ejemplar de *Guadua angustifolia* Kunth y sus partes

Fuente: Álvarez *et al.*, 2003

El bambú y su impacto ambiental

Un impacto ambiental es el daño que se puede causar sobre la flora o la fauna, el suelo, el agua, el aire o el clima y sobre el hombre mismo, incluido sus componentes culturales o económicos (NC 521 2007).

El bambú desempeña un papel vital para la vida socio-económica de las comunidades que se benefician de su utilización y un impacto ambiental en el devenir de las mismas: es un recurso natural renovable a corto plazo con

relación a otras maderas, biodegradable, con más de un millar de usos, con una enorme diversificación de productos: entre ellos como recurso de decoración y paisajismo; recuperador, conservador y estabilizador de suelos; regulador de sistemas hídricos; herramientas agrícolas; fuente de alimentación para seres humanos y animales e inhibidor del crecimiento bacterial; fijador de dióxido de carbono; purificador de agua; combustible vegetal, entre muchos otros (Scaglione 2004).

Las plantaciones de bambú ayudan a la conservación de cuencas hidrográficas al regular los caudales de agua con una cubierta protectora y una capa de residuos orgánicos, producto de la caída del follaje, lo mismo reduce la escorrentía superficial, evitando la erosión (Figura 2).

Un tallo de bambú posee alrededor de 73 entrenudos con una capacidad para almacenar alrededor de cuarenta litros de agua y una hectárea puede almacenar hasta treinta mil trescientos setenta y cinco litros de agua (Torres 2010).



Figura 2. Plantación de Bambú en Aramango, Perú

Fuente: PERUBAMBU, 2007

Las formaciones de bambú, además de los beneficios que provee al medio ambiente por la capacidad de su sistema radicular, conjuntamente con las

hojas que aportan material vegetal al suelo, de formar suelos de mejor textura y capacidad de retención de agua, regulando la escorrentía y los caudales de los cuerpos de agua, en cuyas márgenes crecen normalmente. Las raicillas con el rizoma forman un sistema entrelazado, dando la apariencia de una malla, los cuales amarran fuertemente el suelo, permitiendo su desarrollo en pendientes pronunciadas, evitando así la degradación y erosión del suelo (PERUBAMBU 2007).

Generalidades de aguas residuales:

Se considera que el agua está contaminada cuando se ven alteradas sus características químicas, físicas, biológicas o su composición, por lo que pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas (Figura 3).

Las aguas residuales se definen como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Rodríguez y Duran 2006).



Figura 3. Efluente de agua residual

Fuente: Pérez y Valverdú, 2003

La reutilización de aguas residuales es una estrategia importante para la conservación de los recursos hídricos, donde las aguas residuales se utilizan para riego de hortalizas y otros cultivos de corto plazo y hasta en cultivo de peces (Ramalho 1990).

En España, la depuración de aguas residuales y su reutilización en agricultura, constituye una valiosa alternativa para aumentar las escasas disponibilidades de agua sometida fuertemente a presiones y competencias agrarias, donde la eficacia de la depuración, junto al costo económico y las condiciones de calidad, demuestran su reutilización del agua residual (Pérez y Valverdú 2003).

Composición de las aguas residuales

La composición de las aguas residuales es muy variable en razón de los diversos factores que lo afectan. Entre estos se tiene el consumo promedio de agua por habitante y por día que afecta su concentración (cantidad) y los hábitos alimenticios de la población que caracteriza su composición química (calidad). En general, las aguas residuales contienen aproximadamente un 99.9 % de agua y el resto está constituido por materia sólida. Los residuos sólidos están conformados por materia mineral y materia orgánica. La materia mineral proviene de los subproductos desechados durante la vida cotidiana y de la calidad de las aguas de abastecimiento. La materia orgánica proviene exclusivamente de la actividad humana y está compuesta por materia carbonácea, proteínas y grasas (Rojas 2002) (Tabla 2).

Tabla 2. Composición general de las aguas residuales

<p>Características físicas</p> <p>Sólidos Temperatura Color Olor</p>	<p>Suministro de agua, residuos industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Descomposición de residuos líquidos</p>
<p>Características químicas</p> <p>Orgánicos</p> <p>Proteínas Carbohidratos Aceites y grasas Tensoactivos Fenoles Pesticidas</p> <p>Inorgánicos</p> <p>pH Cloruros Nitrógeno Fósforo Azufre Tóxicos Metales pesados</p> <p>Gases</p> <p>Oxígeno Hidrógeno sulfurado Metano</p>	<p>Residuos comerciales y domésticos Residuos comerciales y domésticos Residuos comerciales, industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Residuos industriales Residuos agrícolas</p> <p>Residuos industriales Suministro de agua, residuos industriales e infiltraciones Residuos agrícolas y domésticos Residuos agrícolas, industriales y domésticos Suministro de agua y residuos industriales Residuos industriales Residuos industriales</p> <p>Suministro de agua e infiltraciones Residuos domésticos Residuos domésticos</p>
<p>Características biológicas</p> <p>Virus Bacterias Protozoarios Nematodos</p>	<p>Residuos domésticos Residuos domésticos Residuos domésticos Residuos domésticos</p>

Fuente: Rojas, 2002

Impactos negativos de las aguas residuales

En las zonas rurales y asentamientos de alta densidad urbana, la contaminación a aguas superficiales y subterráneas por aguas residuales domésticas se produce a través de la infiltración y escorrentía superficial de la mala colocación de letrinas de pozo, especialmente durante las épocas de lluvia (Arroyave 1997) (Figura 4).

Los sistemas de agua y saneamiento en la Provincia de Jaén, evaluado a través del índice de sostenibilidad, evidencian una situación crítica de los mismos, estableciendo en todos los distritos de Jaén Tasas de Enfermedad Diarreica Aguda por encima de la establecida para el nivel departamental y nacional, lo que correlaciona a la mala calidad de agua (CARE y MPJ 2010).



Figura 4. Impactos ambientales de las aguas residuales con desembocadura directa a cuerpos de aguas

Fuente: CARE y MPJ, 2010

Niveles de tratamiento de las aguas residuales

Según la Administración Técnica del Distrito de Riego (2006), establece que en la actualidad se emplean cuatro tratamientos de las aguas residuales, el preliminar, el primario, el secundario y el terciario.

El tratamiento preliminar tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejillas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. Estas unidades, en ocasiones obviadas en el diseño de plantas de tratamiento, son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos. El tratamiento primario se considera a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70 % de sólidos suspendidos totales y hasta un 30 % de la DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) orgánica sedimentable presente en el agua residual.

El tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50 % y el 95 % de la DBO₅. Los sistemas más empleados son: Biofiltros o filtración biológica, filtros percoladores, filtros rotatorios, lodos activados, entre los que se encuentran los convencionales y las lagunas de estabilización de los tipos facultativas y aireadas. El tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas que tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutrofización o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor. El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas.

Utilización de plantas de bambú en el tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de humedales construidos son prometedores de tratamientos debido a su aplicación y mantenimiento que son simples. Este es un proceso natural, que utiliza los recursos disponibles para la vegetación de la región, requiere poca mecanización y mano de obra especializada; es económico, fácil de manejar y se pueden incorporar en el paisaje local. Además, este tratamiento utiliza plantas que asocian su belleza (efecto escénico) con un buen rendimiento en la purificación de las aguas residuales. Según Zanella (2008), el proceso de tratamiento por este sistema recibió en Brasil varias denominaciones, tales como humedales, zonas de las raíces, la fitorremediación, pantanos, entre otros, que pueden obstaculizar el reconocimiento de experiencias. Las plantas que se utilizan comúnmente en el sistema son las más adaptadas a los ambientes acuáticos, como el “jacinto de agua” (planta acuática flotante) y inea (planta acuática emergente). Sin embargo, también se puede usar algunas especies de

plantas "marginal", como el bambú, que además de ayudar al tratamiento de aguas residuales, produce biomasa de valor económico (Figura 5 y 6).

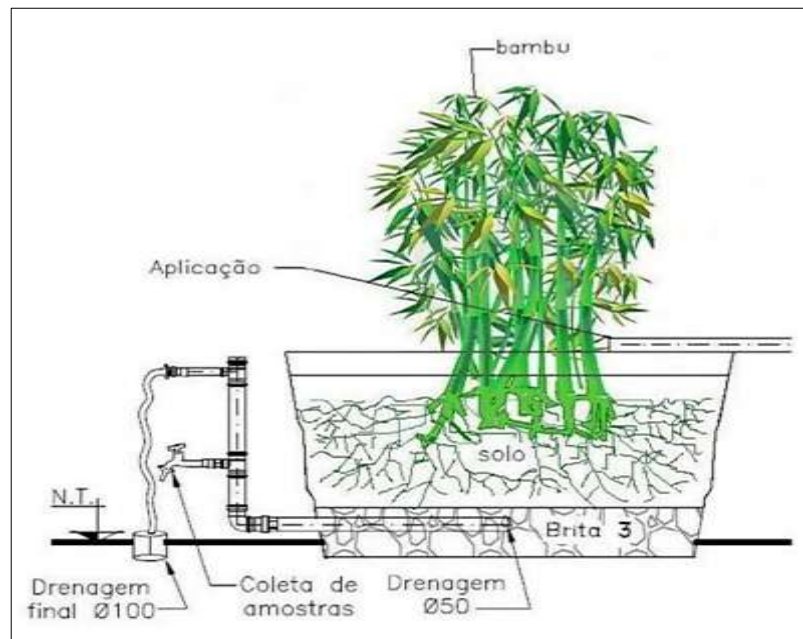


Figura 5. Vista del corte de un sistema de tratamiento de aguas residuales

Fuente: Quege *et al.*, 2013

Quege (2013) utiliza un sistema de flujo subsuperficial vertical descendente, construido por un tanque de fibra de vidrio, con altura de 0.73 m, capacidad volumétrica de 1000 L y área superficial de 1.45 m²; en el centro se posiciona un tubo de drenaje de 50 mm de diámetro para coleccionar el agua residual y conducirlo al exterior del tanque. A nivel sustrato utilizó una capa de 0.26 m de grava, seguida por una capa 0.32 m de suelo de textura arcillosa, el cual sirvió como medio de soporte para el desarrollo de las plantas.

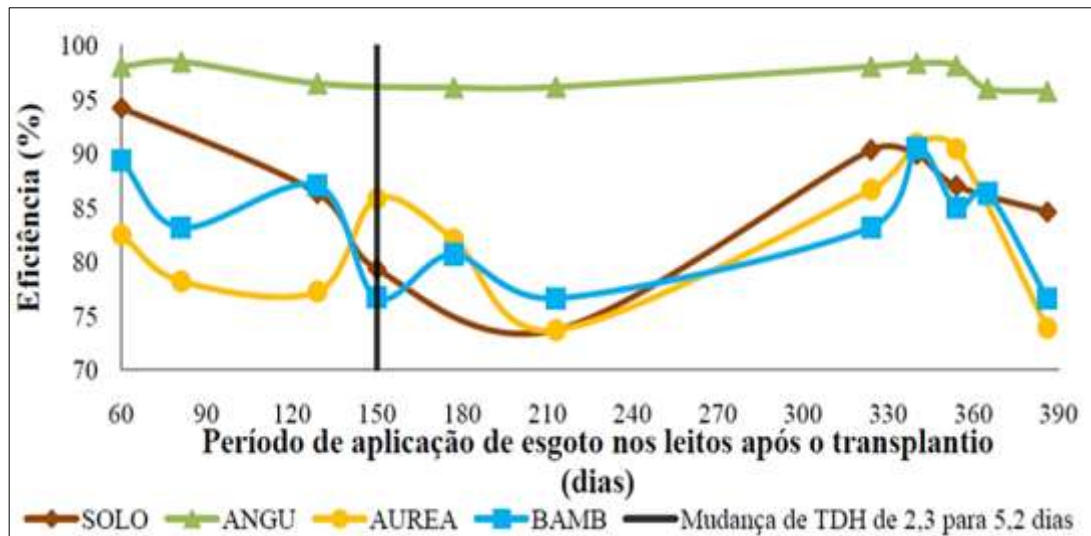


Figura 6. Evolución de la eficiencia en la remoción del DBO_5 en los módulos de tratamiento con bambú en Goiana, Brasil

Fuente: Quege *et al.* 2013

Quege *et al.* (2013), evaluó tres especies de bambú (*Guadua angustifolia*, *Phyllostachys aurea* y *Phyllostachys bambusoides*) para tratamiento de aguas residuales domésticas, obteniendo como resultado que la especie de *Guadua angustifolia*, presenta mayor remoción en los parámetros físico químicos como demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), nitrógeno amoniacal y fosfato (Figura 7).

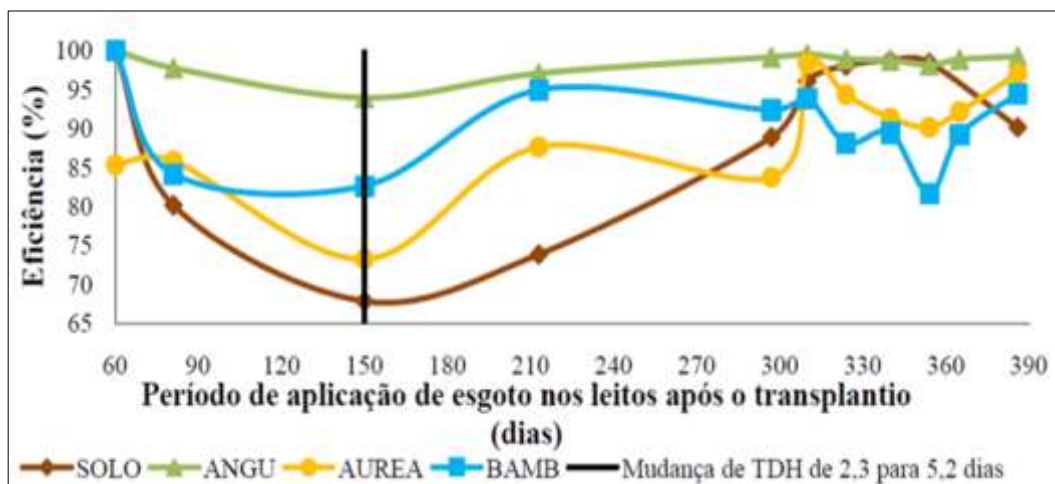


Figura 7: Evolución de la eficiencia en la remoción del DQO en los módulos de tratamiento con bambú en Goiana, Brasil

Fuente: Quege *et al.* 2013

Razones para el tratamiento de las aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales es realizado con el propósito de evitar la contaminación física, química, bioquímica, biológica y radioactiva de los cursos y cuerpos de agua receptores. De un modo general, el tratamiento persigue evitar: (a) Daños a los abastecimientos públicos, privados e industriales de suministro de agua. (b) Daño a las aguas destinadas a la recreación y el esparcimiento. (c) Daños a las actividades piscícolas. (d) Perjuicios a la agricultura y depreciación del valor de la tierra. (e) Impacto al entorno ecológico. El tratamiento de las aguas residuales ha sido una consecuencia del desarrollo de la civilización y que se caracteriza por el aumento de la densidad demográfica y expansión industrial (Rojas 2002).

Las aguas residuales tratadas pueden convertirse en un importante recurso para la agrosilvicultura y la silvicultura, contribuir a la producción de madera y leña ser utilizadas para la creación de cortavientos y cinturones protectores en beneficio de agricultores y pequeños productores. Las nuevas tecnologías de tratamiento de las aguas residuales, combinadas con sistemas perfeccionados de riego por goteo, generan considerables potencialidades para el desarrollo de bosques en zonas áridas y semiáridas (Rodríguez 2013).

Reúso de las aguas residuales en el mundo

Según Rodríguez (2013), el gobierno italiano y la FAO han puesto en marcha un proyecto para la aplicación de nuevas tecnologías en la producción y manejo de aguas residuales tratadas en cuatro países norafricanos; Argelia, Egipto, Marruecos y Túnez. El objetivo principal fue crear en cada uno de los países algunos sitios de demostración para el uso de las aguas residuales tratadas en la silvicultura, sensibilizar a los usuarios y llevar a cabo el fomento de las capacidades en materia de aguas residuales tratadas con vistas a su uso y manejo seguros y adecuados. En Marruecos, el proyecto brindó apoyo para establecer, en un primer momento, 10 hectáreas de un futuro cinturón verde en Marrakech que funcionará como zona tampón entre un vertedero y la planta de aguas

residuales. El cinturón constó principalmente de palmeras, aunque el 10 % del área fue plantado con especies forestales. En Egipto el objetivo fue preparar y aplicar el primer plan de ordenación de un bosque plantado en Serapium, junto al canal de Suez, que se riega con aguas residuales tratadas. La finalidad es que el bosque llegue a reunir las condiciones para la obtención de bonos ambientales debido a las cantidades de carbono absorbido. En Túnez una planta de fertirrigación se construyó cerca de Keruán, donde una moderna instalación de tratamiento de aguas residuales produce aguas apropiadas para sus usos en la agricultura. En Argelia, el proyecto sostuvo las actividades de plantación y mantenimiento de una fitodepuradora construida por la Universidad de Tuscia en el oasis de Brezina, con el propósito de establecer una pequeña plantación de tamariz para producción de bioenergía mediante el uso de aguas residuales tratadas (Figura 8).



Figura 8. Utilización de las aguas residuales tratadas para riego de cultivos

Fuente: Rodríguez, 2013

Parámetros importantes en el tratamiento de aguas residuales

Los más importantes parámetros son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), que es la cantidad de oxígeno que requiere los microorganismos para oxidar la materia orgánica y es la más utilizada para medir la cantidad de agua residuales; y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que se usa

para medir el oxígeno equivalente para oxidar la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente oxidante fuerte (Romero 2004) citado por (Marín y Correa 2010).

Los otros parámetros son: Sólidos Suspendidos Totales (SST) que están compuestos por partículas orgánicas o inorgánicas fácilmente separables del líquido por sedimentación, filtración o centrifugación y Contenido de nutrientes (nitrógeno [N] y fósforo [P]) donde estos compuestos, conjuntamente con la materia carbonácea o DBO₅ indican si las aguas residuales tienen la adecuada proporción de nutrientes como para facilitar la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales (Rojas 2002).

Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅

Es la cantidad de oxígeno usado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, bajo condiciones determinadas en tiempo y temperatura. La DBO₅, se determina generalmente a 20 °C después de incubación durante 5 días, es decir cuando se trabaja en un laboratorio para cuantificar esta demanda, cuyos valores numéricos son expresados en mg/L de O₂ (Romero, 2004) citado por (Marín y Correa 2010).

La DBO₅ se usa más seguido para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, en efecto determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, también se utiliza para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y fijar las cargas orgánicas permisible en fuentes receptoras (Romero, 2004) citado por (Marín y Correa 2010).

Demanda química de oxígeno DQO

La DQO es la cantidad de oxígeno que químicamente demanda el agua, es decir cuantificar el oxígeno que servirá para estabilizar la materia orgánica químicamente mediante un elemento oxidante fuerte denominado dicromato de potasio, en una condición ácida y alta temperatura (Marín y Correa 2010).

Este parámetro es muy antiguo y sigue sirviendo para estimar el contenido de orgánicos en aguas residuales (Ho y Edith 2002)

La DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales de industrias y municipios las cuales son muy tóxicas a la vida biológica y se puede realizar en solo tres horas (Romero 2004) citado por (Marín y Correa 2010).

La reacción principal puede observarse de la siguiente manera:



S.A.A.M (detergentes)

Son sustancias activas al azul de metileno, de nombre técnico: surfactantes o conocido comercialmente como detergentes. Son compuestos que se caracterizan por poseer una parte hidrófobas (repelente al agua) y la otra parte hidrófilas (solubles en agua). Parámetro que determina el grado de contaminación del agua, ya que el detergente reduce la tensión superficial y aporta un exceso de nutrientes al agua causando un desequilibrio del ecosistema, se mide en mg/L. Los surfactantes entran a los cuerpos de agua a través de las aguas residuales industriales y domésticas, pueden existir en aguas superficiales en estados disueltos o absorbidos o concentrarse en la interface aire-agua o agua sedimento, aunque los detergentes no son altamente tóxicos puede afectar la biota acuática (Martínez s. f.)

Los detergentes pueden generar olor o sabor al agua en concentraciones de 0.4 a 3 mg/L los detergentes son los responsables de la formación de espumas en las aguas superficiales incluso se puede albergar muchos patógenos; la espuma sobre las aguas superficiales disminuye los niveles de O₂ y dificulta los procesos de autodepuración (Martínez s. f.)

Nitratos

Las concentraciones de los nitratos en aguas superficiales se deben a diferentes orígenes, se libera cuando la materia orgánica se descompone por las bacterias del suelo y por disolución de rocas y de efluentes de aguas

residuales. Por otro lado, la principal fuente de nitratos es la agricultura, donde se utilizan como componente de abonos y fertilizantes nitrogenados. La presencia natural de nitratos y nitritos en el medio ambiente es una consecuencia del ciclo del nitrógeno, por lo tanto las alteraciones de este ciclo por causas antropogénicas o naturales, tendrán como resultado una modificación en la presencia y concentración de dichos iones en el ambiente (Investigación y Ciencia s. f.)

Los nitratos, sin embargo pueden ser utilizados por las algas y otros organismos acuáticos para formar proteínas y, por ello, puede necesitarse la remoción del nitrógeno para prevenir dichos crecimientos. En el cuerpo humano, los nitratos son reducidos a nitrito, adsorbidos por el torrente sanguíneo y causante de la meta hemoglobinemia infantil o de la formación de nitrosaminas, las cuales son cancerígenas (Marín y Correa 2010).

En aguas residuales domésticas la concentración de nitrógeno total puede ser de 30 a 100 mg/L; la de nitrógeno amoniacal, de 5 a 20 mg/L; la de nitritos y nitratos menor de 1 mg/L. En aguas residuales tratadas la concentración de nitratos puede ser del orden de 30 mg/LN. La presencia de nitrógeno amoniacal en exceso de 1.600 mg/L es considerada inhibitoria para muchos microorganismos existentes en el proceso de lodos activados (Romero 2004) citado por (Marín y Correa 2010).

En la mayoría de países no existe un límite máximo de residuos de nitratos en los productos vegetales a pesar de que, tomando en cuenta el uso creciente de fertilizantes nitrogenados, se debería establecer este límite y vigilar su cumplimiento (ATSDR 1991).

Coliformes fecales o termotolerantes

El grupo coliforme está constituido por la forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaeróbicas, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un período de 48 horas a 35 °C (u 37 °C). El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande. Su presencia en el agua se considera un índice de la ocurrencia de polución fecal y por lo tanto, de contaminación con

microorganismos patógenos. En aguas residuales la relación de organismos coliformes con organismos entéricos patógenos es muy grande, del orden de 106 /1 (Romero 2002) citado por (Marín y Correa 2010).

Se considera que niveles bajos de coliformes fecales son buenos indicadores de ausencia de organismos patógenos. Su evaluación es relativamente simple y directa. Su concentración en aguas residuales (unos 100 millones/100 mililitros) es más alta que la de patógenos fecales. No se multiplican fuera del tracto intestinal de animales de sangre caliente Su presencia en sistemas acuáticos es evidencia de contaminación de origen fecal (Wong y Becerra 1996).

Mecanismos de remoción

Remoción de DBO₅

El suelo es un biofiltro que contiene una gran cantidad de bacterias. La remoción de DBO se lleva a cabo por la absorción de compuestos orgánicos en solución y por oxidación bacterial, ya que las capas superiores del suelo contienen microorganismos en abundancia. Los valores más comunes que se estiman respecto a la cantidad de microorganismos son: 107 bacterias, 106 actinomices y 105 hongos por gramo de tierra. Estos microorganismos los responsables de la remoción de DBO en el agua residual aplicada. Para flujo superficial, el crecimiento bacterial que se presenta en la capa superior del suelo y en el humus de las plantas es responsable de la remoción. 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 y Tchobanoglous 2000).

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 y Tchobanoglous 2000).

Remoción biológica de nutrientes

Dado que el nitrógeno puede causar impacto en la calidad del agua que los recibe, la descarga de este debe ser controlada con frecuencia. El nitrógeno puede estar presente en las aguas residuales de varias maneras (por ejemplo, en forma orgánica, amoníaco, nitratos y nitritos). La mayoría del nitrógeno disponible, en efluentes de agua residual doméstica se presenta en su gran mayoría como nitrógeno orgánico o de amoníaco. La concentración total habitual es de alrededor de 25 a 35 mg/L de concentración en estas. En el tratamiento de aguas residuales, cerca del 20% del nitrógeno total se decanta durante la sedimentación primaria. Durante el tratamiento biológico, una porción de nitrógeno orgánico se convierte en nitrógeno amoniacal, una parte de la cual se incorpora a las células biológicas que son extraídas del flujo del agua tratada antes de la descarga, retirando así otro 20% del nitrógeno entrante. Normalmente el 60% restante se descarga en aguas receptoras (Crites y Tchobanoglous 2000).

El Decreto supremo N° 003-2010-MINAM, aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, con los parámetros de la tabla 3.

Tabla 3. Límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales según Decreto supremo N° 003-2010-MINAM

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto supremo N° 003-2010-MINAM

El Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, establece los estándares nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, estableciendo cuatro categorías de diferentes estudios de calidad ambiental. En la categoría 3 se encuentran todos los parámetros físico químicos, inorgánicos, plaguicidas, organoclorados, carbamato, policloruros bifenilos totales, microbiológico y parasitológico, para bebida de animales y para riego de vegetales de tallo alto y bajo.

Normatividad en el estado peruano

El estado peruano, presenta las siguientes normativas relacionado al tratado de aguas residuales:

1. Ley N° 28611: Ley General del Ambiente.
2. Ley N° 29338: Ley de Recursos Hídricos.
3. Reglamento de la Ley N° 28338 – Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010.AG.

4. Texto único ordenado del reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento – Ley 26338, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-Vivienda.
5. Ley N° 27972 – Ley Orgánica de Municipalidades.
6. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM- Decreto Supremo que aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.
7. Reglamento de proyección ambiental para proyectos vinculados a las actividades de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 015-2012-Vivienda.
8. Reglamento de organización y funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG.
9. Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA que dicta medidas para la implementación del programa de adecuación de vertimientos y reúso de agua residual – PAVER.
10. Resolución Ministerial N° 269-2009-Vivienda que aprueba los lineamientos para la regulación de los servicios de saneamiento en los centros poblados de pequeñas ciudades.
11. Decreto Supremo N° 021-2009-Vivienda que aprueba Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.
12. Reglamento General de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 017- 2001-PCM.
13. Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas, aprobado por Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA.
14. Reglamento de organización y funciones del ministerio, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2002-Vivienda.
15. Reglamento de organización y funciones del Ministerio de Salud - Anexo, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-SA.
16. Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, Resolución Ministerial N° 273 - 2013 – Vivienda.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de investigación

La investigación se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jaén, distrito y provincia de Jaén, región Cajamarca, en el paraje denominado Linderos a 640 msnm que cubre una extensión de aproximadamente 4.2 hectáreas; dicha área está ocupada por lagunas anaerobias y facultativas, construidas con tierra y geomembrana.

El área del presente estudio se encuentra ubicado en las coordenadas 74°61'68 Longitud Oeste y 93°71'28 Latitud Sur a tres metros del efluente de las lagunas con geomembrana. El acceso al área de investigación se realiza por medio de un camino carrozable y que ha sido habilitado para la operación y mantenimiento de las lagunas de estabilización.

3.2. Materiales

Material biológico: Chusquines de *Guadua angustifolia* Kunth.

Material de campo: En el siguiente cuadro, se precisan los materiales de campo para la construcción del sistema de tratamiento (unidades experimentales) y se contó con un control: sin material vegetativo y 3 estaciones: con material vegetativo (Tabla 4).

Tabla 4. Sistema de tratamiento, control y estaciones

CONTROL				ESTACIONES			
Componentes		Unidad	Cantidad	Componentes		Unidad	Cantidad
Sustrato	Tierra agrícola	m3	0.16	Sustrato	Tierra agrícola	m3	0.16
	Grava	m3	0.2		Grava	m3	0.2
Tubos PVC 1/2"		Unidad	1	Tubos PVC 1/2"		Unidad	1
Tubos PVC 4"		Unidad	0.5	Tubos PVC 4"		Unidad	0.5
Cilindro de metal revocado de concreto		Unidad	1	Cilindro de metal revocado de concreto		Unidad	3
Balde receptor (20 l)		Unidad	2	Balde receptor (20 l)		Unidad	6
				Chusquines		Unidad	72

3.3. Metodología

Para el desarrollo del trabajo de investigación, se utilizó la metodología aplicada por Quege *et al.* (2013), con algunas modificaciones en el empleo de materiales como parte del proceso que se detallan en el trabajo de campo.

3.3.1. Trabajo de campo

Georreferenciación del área de estudio:

La primera actividad fue reconocer el área de ejecución del proyecto en la planta de tratamiento de aguas residuales, se escogió la laguna de estabilización con geomembrana y se realizó el levantamiento de coordenadas UTM con Datum Horizontal WGS 84, como se puede apreciar en la foto 1.



Foto 1. Georreferenciación del área de estudio en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jaén

Monitoreo en el efluente de la planta de tratamiento con geomembrana:

El monitoreo se realizó en el dispositivo de salida de la PTAR con geomembrana (Foto 2 a), que consistió en extraer las muestras de agua residual (foto 2 b), paralelo se agregó el preservante químico (Foto 2 c) ; siguiendo la metodología de Winkler y fueron transportadas en una caja conservadora (Foto 2 d) al laboratorio local OIKOSLAB S.A.C para su análisis fisicoquímico de los siguientes parámetros: Oxígeno Disuelto (ppm O_2) y Demanda Química de Oxígeno (ppm O_2), de esta manera se determinó el estado actual del efluente de la laguna de estabilización (geomembrana) de la ciudad de Jaén.



Foto 2. Monitoreo en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jaén

Limpieza y marcado del terreno

La superficie total ocupada fue de 5 metros de largo por 3.5 metros de ancho. La actividad de limpieza se realizó con machetes y palanas para la eliminación de vegetación existente. Como se puede observar en la foto 3 a se delimitó cuatro áreas de 1.70 m de largo por 0.5 m de ancho dejando espacios de 0.40 m entre cada una.



Foto 3. Limpieza de terreno y adecuación de las unidades experimentales

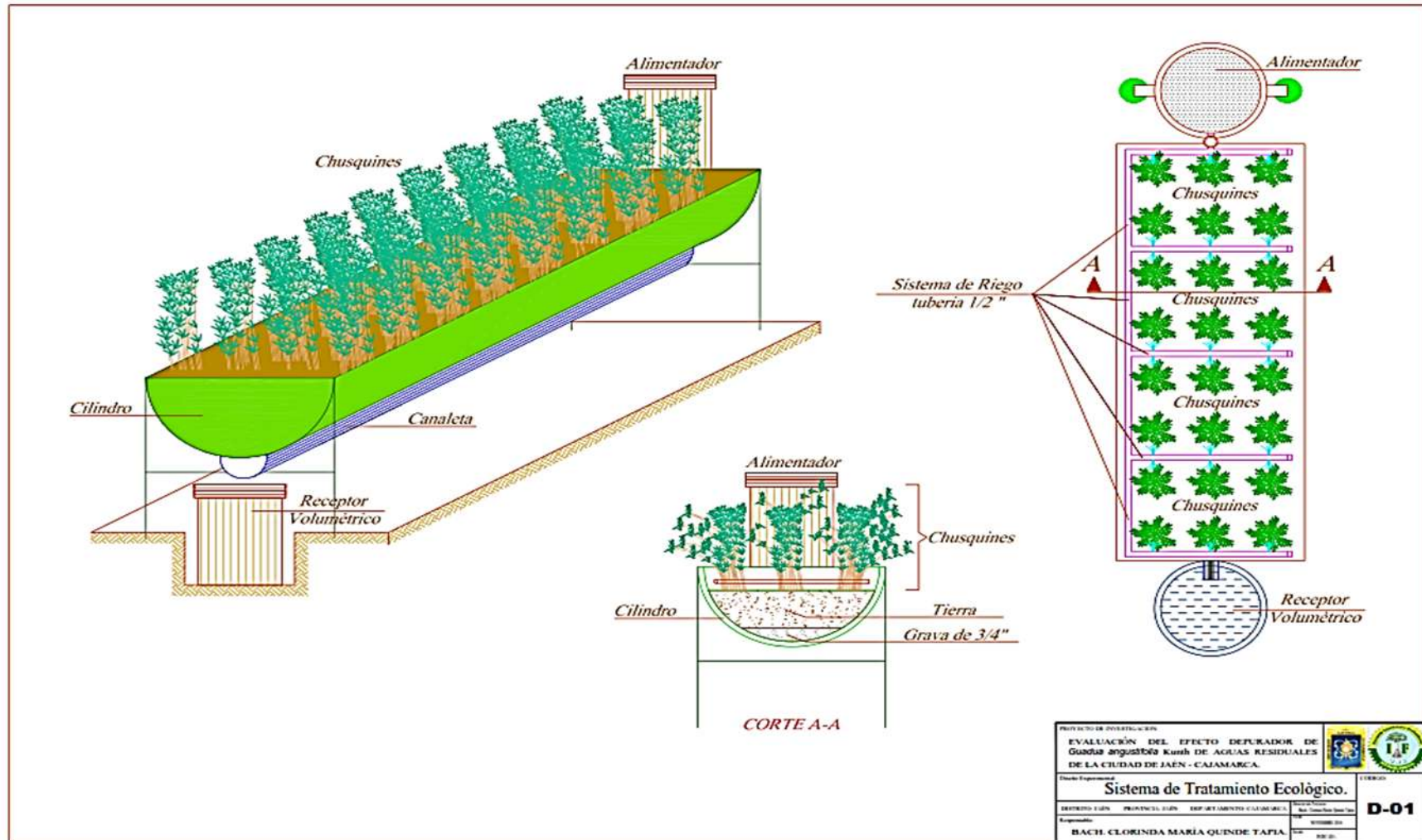
Instalación y adecuación de las unidades experimentales:

Para la habilitación de las unidades experimentales se obtuvieron 4 cilindros de metal de 0.8 m de alto, los cuales se cortaron longitudinalmente obteniendo así dos partes proporcionales.

Luego de haber cortado los cilindros se llevó a una carpintería metálica donde se soldaron las dos partes de cada cilindro obteniendo así 4 bandejas de 1.70 m de largo, 0.5 m de ancho y 0.7 m de profundidad; a cada bandeja se les emplazó cuatro soportes de metal de 0.5 m de largo los cuales fueron fijados a 0.40 m del suelo dando estabilidad y firmeza. Como paso seguido se procedió a revestir la pared interior de cada unidad experimental con pasta de cemento para evitar contacto con óxidos u otros materiales contaminantes ya que los cilindros son de metal, se agujeró en la base y se colocó pequeños canaletes de plástico para el filtrado y colecta del efluente pos-tratado; seguidamente se adecuó las unidades experimentales en cada área designada.

Cada unidad experimental contó con una capa base de grava de 0.05 m^3 , para obtener un efecto de filtro (Foto 3 b) y seguidamente se rellenó con 0.14 m^3 de tierra (Foto 3 c); en la figura 9 se adjunta el diseño experimental o también denominado sistema de tratamiento ecológico.

Figura 9. Diseño del sistema de tratamiento ecológico



Extracción y sembrado del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)

El material vegetativo fue obtenido en la parte alta de la ciudad de Jaén, específicamente del Sector El Huito (Foto 4 a). La extracción del material vegetativo se realizó manualmente con la participación de personal capacitado (Foto 4 b); inmediatamente después de la extracción se dispusieron en sacos llenos de materia orgánica húmeda para evitar el estrés hídrico y cambio brusco de alteración climática. Posteriormente fue trasladado al área de investigación para su adecuación y sembrado (Foto 4 c). Cada unidad experimental contó con una densidad de 24 plántulas de bambú a 15 cm de distanciamiento (Foto 4 b).



Foto 4. Extracción y sembrado del bambú

Adaptación de canales y hoyado para las unidades experimentales:

Se cortó en mitades tubos de PVC de 4 pulgadas y en sentido longitudinal, los cuales se los adaptó a la base de las unidades experimentales y cumplieron la función del traslado del efluente post -tratado, hacia un receptor volumétrico (Foto 5 a).

Se realizaron 4 hoyos de 45 cm de profundidad y 35 cm de ancho cada uno, donde se situó el receptor volumétrico para la posterior toma de muestras del efluente post - tratado (Foto 5 b).



Foto 5.Elementos del sistema de tratamiento ecológico.

Alimentadores y receptores de las unidades experimentales:

Los alimentadores (20 litros) fueron ubicados en el extremo superior de cada unidad experimental, cuya función fue almacenar agua residual proveniente de la laguna facultativa (geomembrana) los cuales se distribuyen por toda la superficie a través de una red de tubos para la irrigación de cada bandeja ya sea con y sin material vegetativo. Los alimentadores fueron cargados con agua residual cuatro veces por semana, a los cuales se les instaló una malla en la entrada del recipiente para evitar la caída de cuerpos externos (Foto 6 a).

Los receptores de plástico (20 litros de capacidad), ubicados en el extremo inferior de cada unidad experimental, cumplieron la función de almacenar el efluente post - tratado, el cual se lo sometió al análisis en el laboratorio (Foto 6 b).



Foto 6. Complementos de las unidades experimentales

Instalación del sistema de riego en cada unidad experimental:

Se realizó utilizando tubos de PVC conectados entre sí de manera que el riego del material vegetativo con agua residual de la laguna de estabilización fue uniformizado (Foto 7 a). A lo largo de los tubos de plástico se hicieron pequeñas perforaciones para que discurra el agua (Foto 7 b).



Foto 7: Sistema de riego de las unidades experimentales

Proceso de adaptación del material vegetativo:

Este proceso se realizó a través del riego diario con agua de abastecimiento público, se regó las unidades experimentales con material vegetativo, dos veces al día, mañana y tarde; por un periodo de cuatro meses (Foto 8).



Foto 8. Irrigación con agua de abastecimiento público a las unidades experimentales con material vegetativo

Evaluación del desarrollo del material vegetativo:

Se evaluó la supervivencia y la regeneración, mediante un registro total de brotes nuevos existentes a partir de cada individuo plantado en las unidades experimentales destinadas a contener material vegetativo (Foto 9).



Foto 9. Evaluación y registro del desarrollo apical del material vegetativo en las unidades experimentales

Monitoreo del efluente post - tratado:

Se monitoreó mensualmente el agua procedente de las unidades experimentales, por un periodo de tres meses consecutivos, se transportó inmediatamente al laboratorio acreditado para su respectivo análisis físico, químico y biológico. El laboratorio responsable fue SGS del Perú SAC – Sede Cajamarca, cuyos parámetros fueron: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), detergentes; parámetro microbiológico Coliformes fecales o termotolerantes y parámetro de aniones Nitrato.

En la foto 10 se evidencia el proceso de toma de muestras (Foto 10 a), adición del preservante químico (Foto 10 b), exhibición de la muestra (Foto 10 c) y adecuación - codificación de las muestras para su transporte (Foto 10 d).



Foto 10. Monitoreo del efluente pos-tratado

Trabajo de gabinete

Recolección de datos secundarios

Se recurrió a la obtención de información detallada, con la que cuenta la EPS Marañón, sobre sus Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, sin embargo se encontró un monitoreo de sus efluentes en el año 2016 (agosto), realizado y analizado por el laboratorio acreditado de aguas residuales SGS del Perú SAC, quien emitió los resultados tal como se puede observar en el anexo 29.

También se contó con datos generados por otras entidades fiscalizadoras de la PTAR- Jaén, cuyos resultados se pueden visualizar en la tabla 18.

Análisis estadístico:

Se realizó un análisis estadístico básico con utilización de los Softwares: Microsoft Office 2013: Excel y SPSS, se analizaron los parámetros estadísticos: media, mediana, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimo y máximo; y se establecieron gráficas del análisis químico con el tiempo de evaluación, se comparó los resultados con los datos que tiene la Empresa Prestadora de Servicios Marañón, que es la que opera la planta de tratamiento de agua residual, con los mínimos permitidos para que el agua sea considerada apta para riego de especies de tallo alto.

Eficiencia de remoción de los parámetros evaluados, evapotranspiración y tiempo de retención hidráulica:

Se realizó el cálculo de eficiencia porcentual del sistema de tratamiento utilizando la siguiente ecuación, sugerido por Almeida y Ucker (2011).

$$Ef \% = \frac{Ce * Ve - Cs * Vs}{(Ce * Ve)} * 100$$

En que:

Ef (%) = Eficiencia porcentual de remoción de cargas contaminantes de determinado atributo;

Ce = Concentración del atributo en la entrada del sistema;

Ve = Volumen de agua residual en la entrada del sistema;

Cs = Concentración del atributo en la salida del sistema;

Vs = Volumen de agua residual salida del sistema.

Se estimó la evapotranspiración de cada sistema de tratamiento, de la siguiente manera:

$$ETP = P + \frac{I - D}{S}$$

En que:

ETP = Evapotranspiración (mm);

P = Precipitación efectiva = 0 (mm);

I = Entrada de agua residual al sistema = 20 (L);

D = Salida de agua residual al sistema (L);

S = Área superficial del sistema (m²).

El tiempo de retención hidráulica (TRH) se adecuó a la funcionalidad de cada unidad experimental, al ser la entrada de agua residual en menor cantidad (20 litros), el TRH se estableció manualmente con la ayuda de un cronometro.

En la Foto 11 se muestra la extracción de suelo para determinar su textura (Foto 11 a), las que fueron llevadas al laboratorio de suelo de la Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén (Foto 11 b), el método que se siguió fue Bouyoucos.



Foto 11. Determinación de la textura de suelo- Método Bouyoucos

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Georreferenciación

La primera actividad de éste estudio fue la georreferenciación de toda la planta de tratamiento de la ciudad de Jaén, como se puede apreciar el plano de ubicación en la Figura 10, de la misma manera se procedió con las unidades experimentales cuyas coordenadas fueron las siguientes: 9371917 N y 0746246 E para el control, 9371915 N y 0746246 E para la estación 2, 9371913 N y 0746246 E para la estación 3 y 9371913 N y 0746243 E para la estación 4.

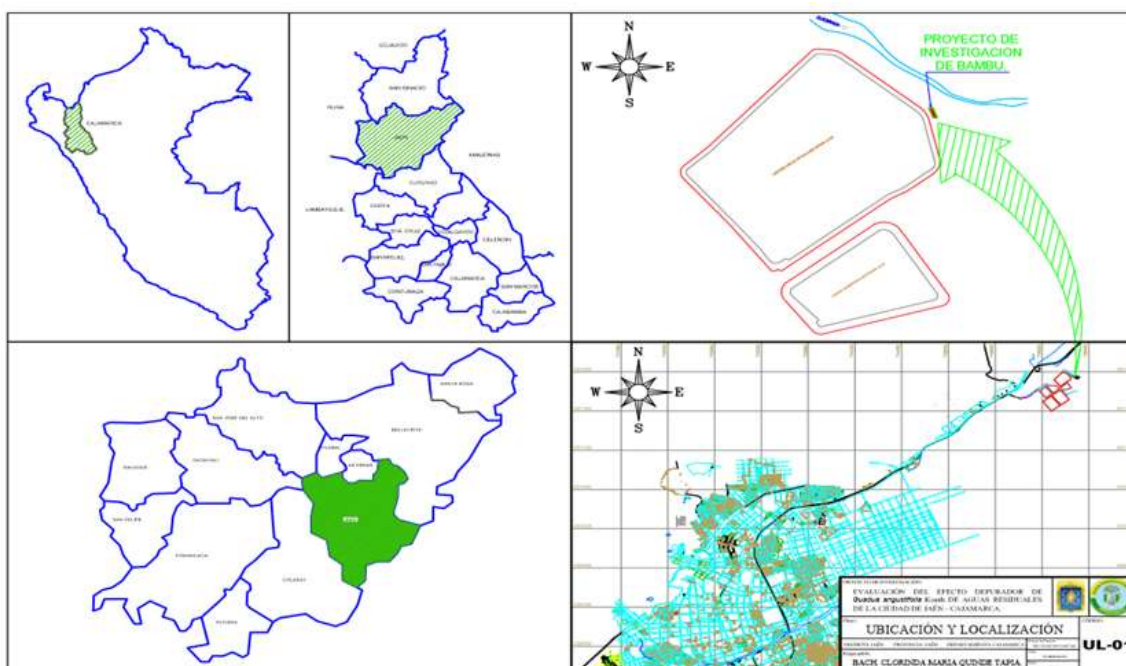


Figura 10. Plano de ubicación del área de estudio

Monitoreo del efluente de la laguna de estabilización con:

El primer monitoreo realizado con respecto a la investigación estuvo a cargo del laboratorio local OIKOSLAB S.A.C., del cual se obtuvo valores máximos y mínimos permisibles para agua de riego de vegetales en la categoría 3 y subcategoría D1: riego de cultivos de tallos alto y bajo, para dos parámetros evaluados (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados del análisis de aguas residuales del efluente de la PTAR con geomembrana

Análisis Físicoquímico	Muestra	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua
Oxígeno Disuelto (ppmO ₂)	0.54	4 (*)
Demanda Química de Oxígeno (ppmO ₂)	99.34	40 (**)

(*) Valor mínimo (**) Valor máximo permisible

Fuente: Decreto supremo N° 015 – 2015 MINAM

Evaluación del desarrollo del material vegetativo:

Las evaluaciones de supervivencia y regeneración se presentan en las tablas 6, 7.

Tabla 6. Supervivencia del material vegetativo por cada sistema

	Estación N° 2	Estación N° 3	Estación N° 4
Supervivencia	21 (87.50%)	22 (91.66%)	20 (83.33%)

Tabla 7: Regeneración del material vegetativo por cada sistema

	Estación N° 2	Estación N° 3	Estación N° 4
Regeneración	190	265	194

Textura del suelo y tiempo de retención hidráulica:

En resultado del análisis textural del suelo es Franco - Arenoso, los porcentajes de arena y arcilla son 81.6% y 15.64% respectivamente. El tiempo de retención hidráulica (TRH) de cada unidad experimental se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8. Tiempo de retención hidráulica por cada unidad experimental

	Control	Estación N° 2	Estación N° 3	Estación N° 4
TRH	1 Hora 30 minutos	2 Horas 40 minutos	1 Hora 35 minutos	2 Horas 05 minutos

Monitoreo del efluente post - tratado:

Los resultados analizados por el laboratorio acreditado SGS del Perú SAC – Sede Cajamarca, correspondientes a los meses consecutivos: agosto, septiembre y octubre del año 2016, se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 9. Resultado de análisis del efluente post - tratado: agosto 2016

Parámetro	Referencia	Unidad	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
			Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis fisicoquímicos						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210 B_CX	mg/L	3	7	4	3
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220 D_CX	mg/L	38	42	42	35
S.A.A.M (Detergentes)	EW_APHA5540 C_CX	mg/L	0.069	0.059	0.053	0.035
Análisis de Aniones						
Nitrato	EW_EPA300_0_ CX	mg/L	27.91	3.612	3.648	4.095
Análisis Microbiológico						
Número de Coliformes Fecales o Termotolerantes	EW_APHA9221 E_NMP_CX	NMP/100 mL	79	170	110	79

Tabla 10. Resultado de análisis del efluente post - tratado: septiembre 2016

Parámetro	Referencia	Unidad	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
			Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis fisicoquímicos						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210 B_CX	mg/L	44	17	17	24
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220 D_CX	mg/L	171	59	48	64
S.A.A.M (Detergentes)	EW_APHA5540 C_CX	mg/L	0.054	0.049	0.043	<0.025
Análisis de Aniones						
Nitrato	EW_EPA300_0_ CX	mg/L	0.07	79.236	8.028	4.446
Análisis Microbiológico						
Número de Coliformes Fecales o Termotolerantes	EW_APHA9221 E_NMP_CX	NMP/100 mL	350	240	130	130

Tabla 11. Resultado de análisis del efluente post - tratado: octubre 2016

Parámetro	Referencia	Unidad	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
			Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis fisicoquímicos						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210 B_CX	mg/L	18	12	10	8
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220 D_CX	mg/L	43	38	35	24
S.A.A.M (Detergentes)	EW_APHA5540 C_CX	mg/L	0.483	0.163	0.096	0.138
Análisis de Aniones						
Nitrato	EW_EPA300_0_ CX	mg/L	58.597	11.152	4.736	1.814
Análisis Microbiológico						
Número de Coliformes Fecales o Termotolerantes	EW_APHA9221 E_NMP_CX	NMP/100 mL	240	130	140	170

En las siguientes gráficas, se observa el comportamiento del control y las estaciones con los resultados de análisis de los parámetros que se evaluaron:

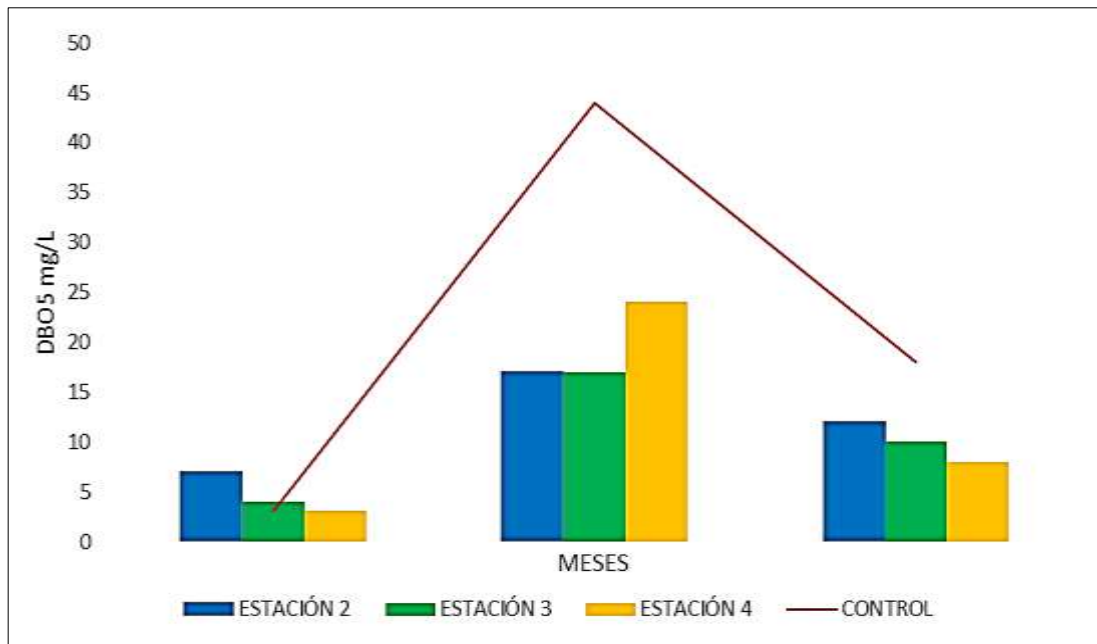


Figura 11. Resultados del análisis de DBO₅ del efluente post - tratado de los meses: agosto, septiembre y octubre, 2016

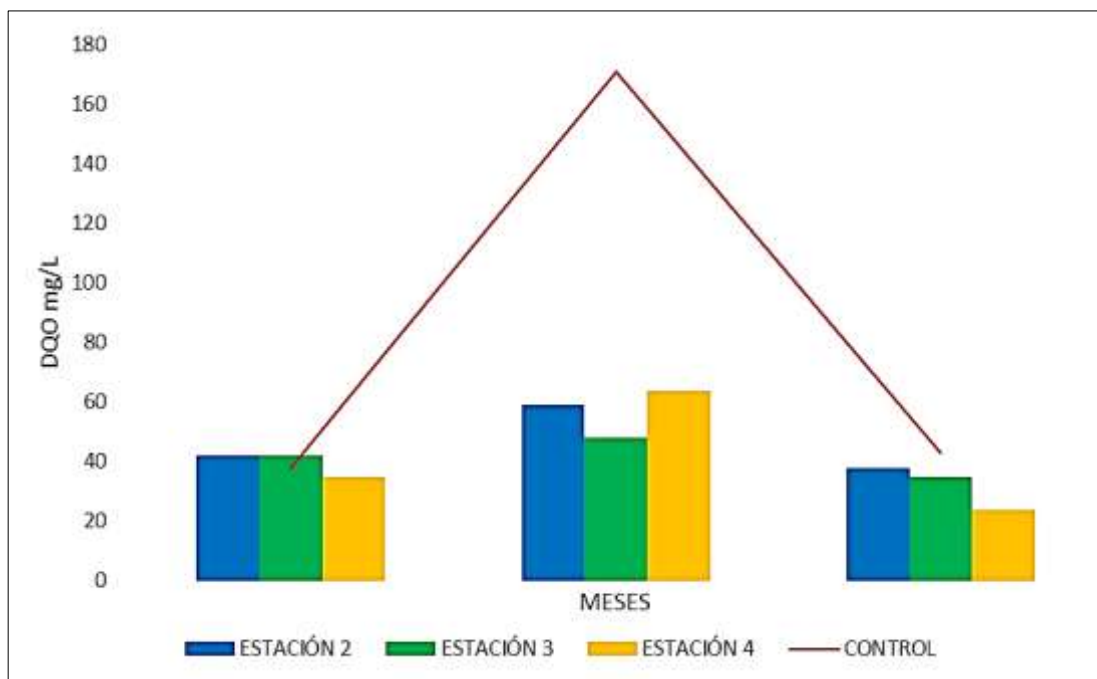


Figura 12. Resultados del análisis de DQO del efluente post - tratado de los meses: agosto, septiembre y octubre, 2016

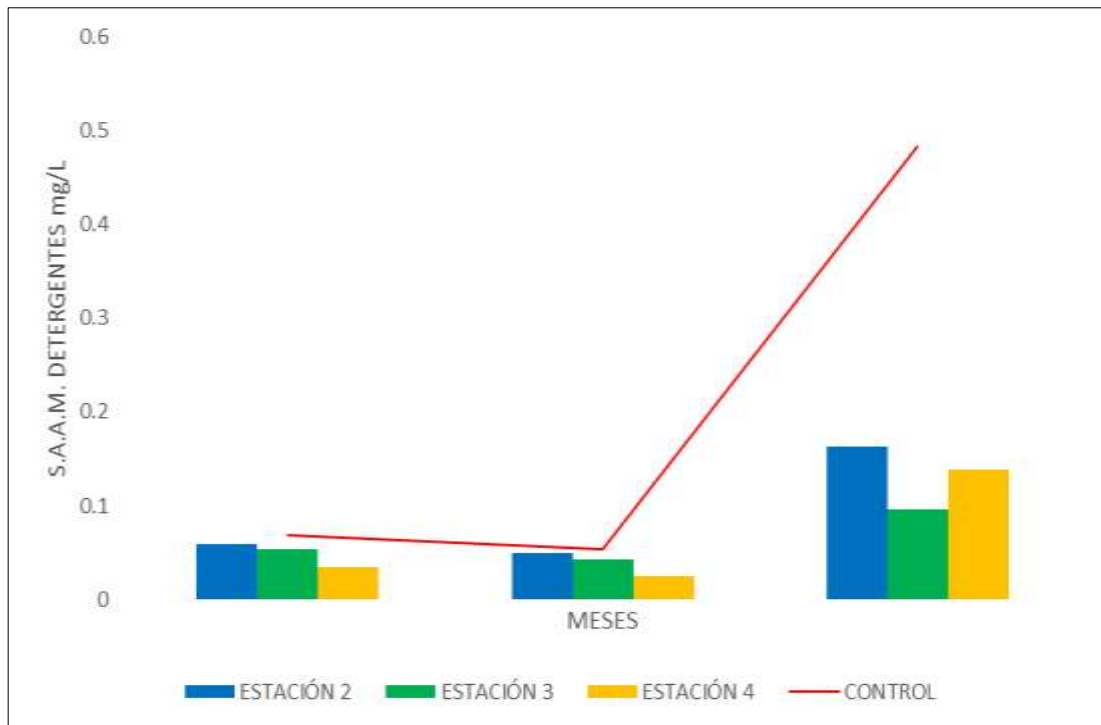


Figura 13. Resultados del análisis de S.A.A.M (detergentes) del efluente post - tratado de los meses: agosto, septiembre y octubre, 2016

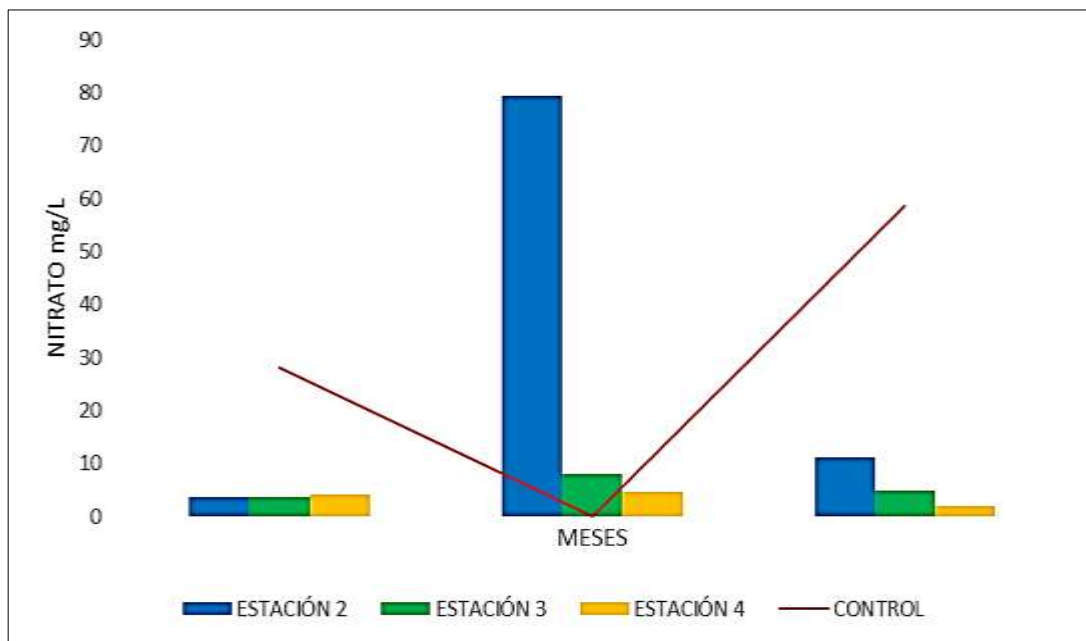


Figura 14. Resultados del análisis de Nitrato del efluente post - tratado de los meses: agosto, septiembre y octubre, 2016

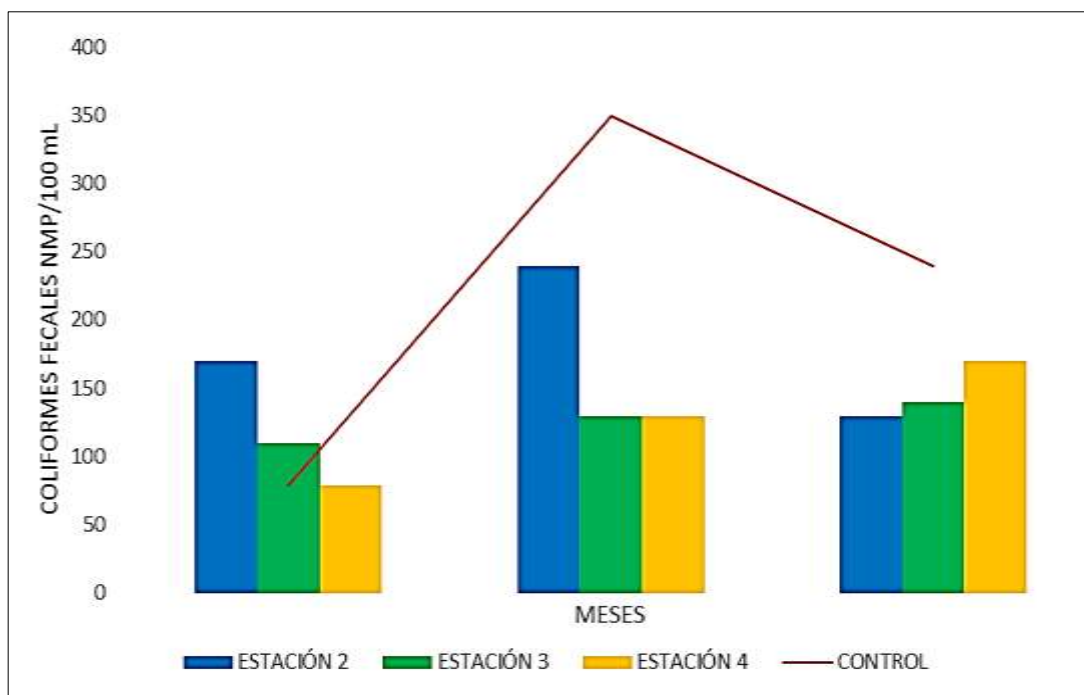


Figura 15. Resultados del análisis de número de Coliformes Fecales o Termotolerantes del efluente post - tratado de los meses: agosto, septiembre y octubre, 2016

Resultado estadístico

a. Demanda bioquímica de oxígeno

El control presenta media alta en el mes de septiembre con 44 mg/L y media baja en el mes de octubre con 3 mg/L. Con sistema de tratamiento la media alta presentó 19.33 mg/L y media baja con 4.67 mg/L, presentando un coeficiente de variación de 44.61% y 20.90%, coincidiendo con los mismos meses del control.

Los valores mínimos, medio y máximo registrados en los meses de evaluación (agosto, septiembre y octubre) de cada uno de las pruebas se presente en la tabla 12.

Tabla 12. Variables estadísticas de estudio de DBO₅ con los sistemas de tratamiento

CONTROL	ESTACIÓN.2	ESTACIÓN.3	ESTACIÓN.4
Min. : 3.00	Min. : 7.0	Min. : 4.00	Min. : 3.00
1st Qu.:10.50	1st Qu.: 9.5	1st Qu.: 7.00	1st Qu.: 5.50
Median :18.00	Median :12.0	Median :10.00	Median : 8.00
Mean :21.67	Mean :12.0	Mean :10.33	Mean :11.67
3rd Qu.:31.00	3rd Qu.:14.5	3rd Qu.:13.50	3rd Qu.:16.00
Max. :44.00	Max. :17.0	Max. :17.00	Max. :24.00

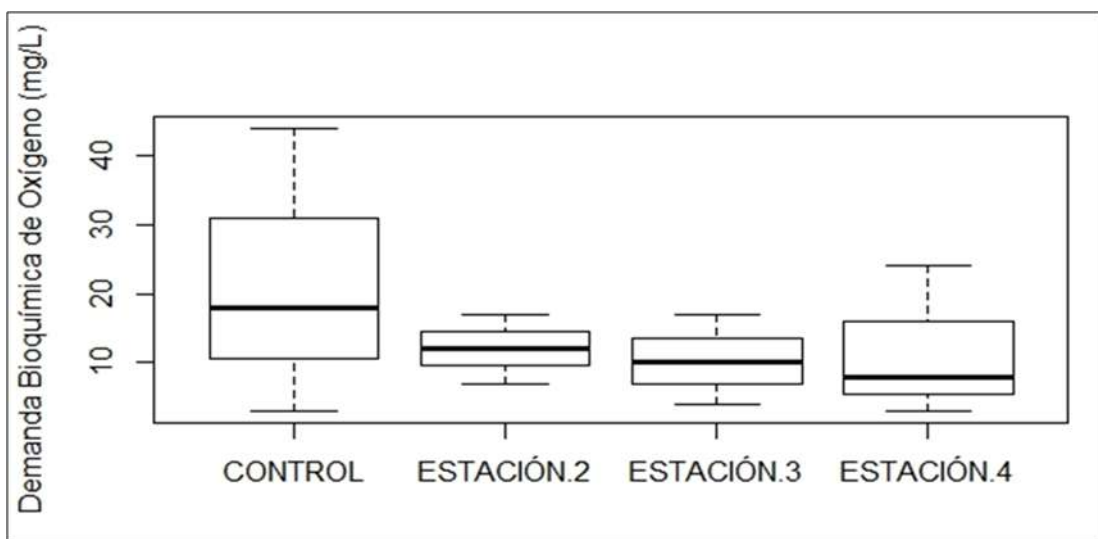


Figura 16. Representación gráfica del resultado estadístico de DBO₅ de los sistemas de tratamiento

b. Demanda química de oxígeno:

El control presenta media alta en el mes de septiembre con 171 mg/L y media baja en el mes de octubre con 38 mg/L. Con sistema de tratamiento la media alta presentó 57.00 mg/L y media baja con 32.33 mg/L, presentando un coeficiente de variación de 14.36% y 22.80%, en los meses de septiembre y octubre respectivamente.

El comportamiento estadístico en los meses de evaluación (agosto, septiembre y octubre) de cada uno de las pruebas se presenta en la Tabla 13, estableciendo que el control presenta la media alta y la estación 4 la media baja, respectivamente.

Tabla 13 Variables estadísticas de estudio de DQO con los sistemas de tratamiento

CONTROL	ESTACIÓN.2	ESTACIÓN.3	ESTACIÓN.4
Min. : 38.0	Min. :38.00	Min. :35.00	Min. :24.0
1st Qu.: 40.5	1st Qu.:40.00	1st Qu.:38.50	1st Qu.:29.5
Median : 43.0	Median :42.00	Median :42.00	Median :35.0
Mean : 84.0	Mean :46.33	Mean :41.67	Mean :41.0
3rd Qu.:107.0	3rd Qu.:50.50	3rd Qu.:45.00	3rd Qu.:49.5
Max. :171.0	Max. :59.00	Max. :48.00	Max. :64.0

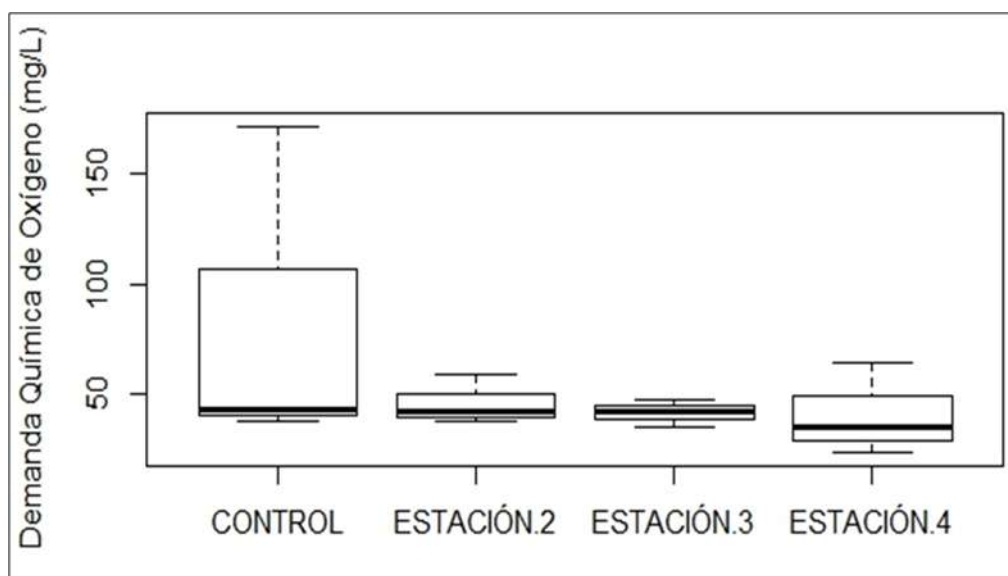


Figura 17. Representación gráfica del resultado estadístico de DQO de los sistemas de tratamiento

c. S.A.A.M (Detergentes):

El control presenta media alta en el mes de octubre con 0.48 mg/L y media baja en el mes de septiembre con 0.05 mg/L. Con sistema de tratamiento la media alta presentó 0.13 mg/L y media baja con 0.04 mg/L, presentando un coeficiente de variación de 32.03 % y 25.59 %, coincidiendo con los mismos meses del control.

El comportamiento estadístico en los meses de evaluación (agosto, septiembre y octubre) de cada uno de las pruebas se presenta en la tabla 14, estableciendo que la estación 2 presenta la media alta y la estación 3 la media baja, respectivamente.

Tabla 14. Variables estadísticas de estudio de S.A.A.M detergentes con los sistemas de tratamiento

CONTROL	ESTACIÓN. 2	ESTACIÓN. 3	ESTACIÓN. 4
Min. :0.0540	Min. :0.04900	Min. :0.0430	Min. :0.0250
1st Qu.:0.0615	1st Qu.:0.05400	1st Qu.:0.0480	1st Qu.:0.0300
Median :0.0690	Median :0.05900	Median :0.0530	Median :0.0350
Mean :0.2020	Mean :0.09033	Mean :0.0640	Mean :0.0660
3rd Qu.:0.2760	3rd Qu.:0.11100	3rd Qu.:0.0745	3rd Qu.:0.0865
Max. :0.4830	Max. :0.16300	Max. :0.0960	Max. :0.1380

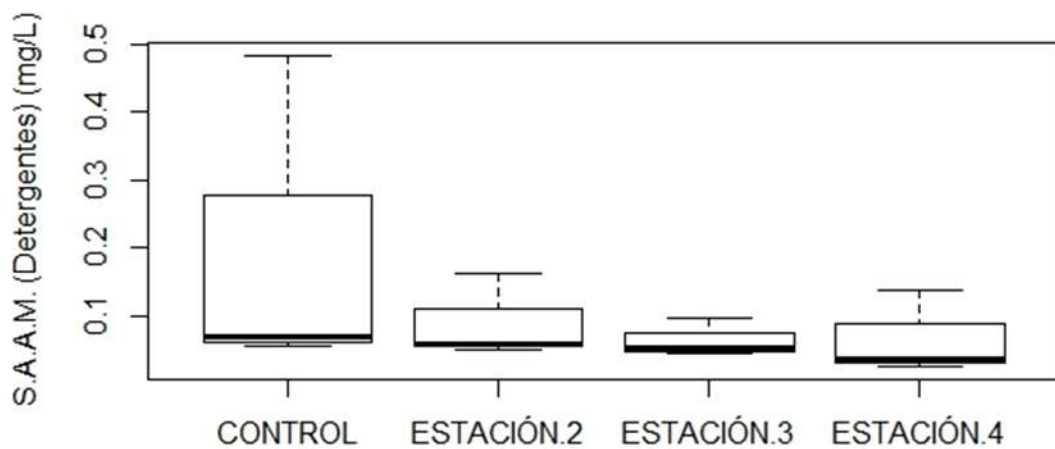


Figura 18. Representación gráfica del resultado estadístico de S.A.A.M detergentes de los sistemas de tratamiento

d. Nitratos:

El control presenta media alta en el mes de octubre con 58.60 mg/L y media baja en el mes de septiembre con 0.07 mg/L. Con sistema de tratamiento la media alta presentó 30.57 mg/L y media baja con 3.79 mg/L, presentando un coeficiente de variación de 137.99 % y 7.11 %, en los meses de septiembre y agosto respectivamente.

El comportamiento estadístico en los meses de evaluación (agosto, septiembre y octubre) de cada uno de las pruebas se presenta en la tabla 15, estableciendo que la estación 2 presenta la media alta y la estación 4 la media baja, respectivamente.

Tabla 15. Variables estadísticas de estudio de nitrato con los sistemas de tratamiento

CONTROL	ESTACIÓN.2	ESTACIÓN.3	ESTACIÓN.4
Min. : 0.07	Min. : 3.612	Min. :3.648	Min. :1.814
1st Qu.:13.99	1st Qu.: 7.382	1st Qu.:4.192	1st Qu.:2.954
Median :27.91	Median :11.152	Median :4.736	Median :4.095
Mean :28.86	Mean :31.333	Mean :5.471	Mean :3.452
3rd Qu.:43.25	3rd Qu.:45.194	3rd Qu.:6.382	3rd Qu.:4.271
Max. :58.60	Max. :79.236	Max. :8.028	Max. :4.446

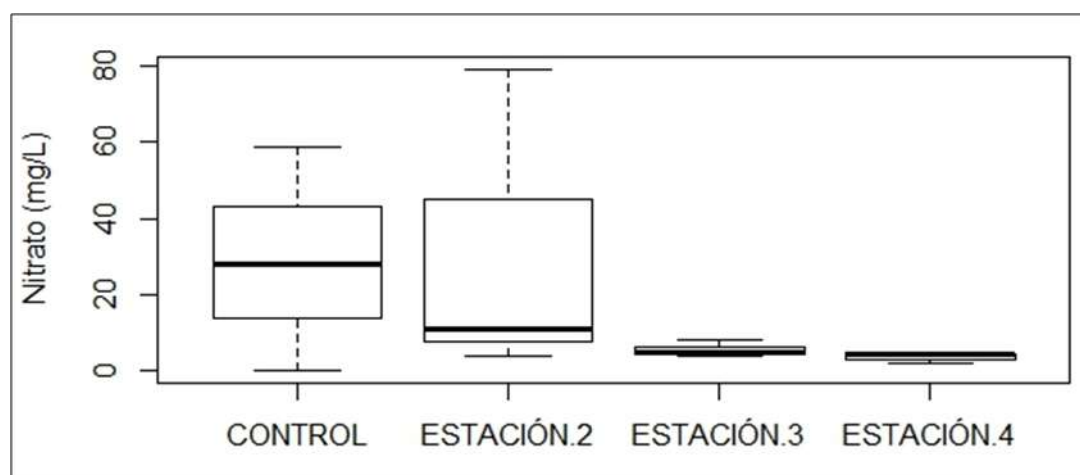


Figura 19. Representación gráfica del resultado estadístico de nitrato de los sistemas de tratamiento

e. Número de Coliformes Fecales o Termotolerantes:

El control presenta media alta en el mes de septiembre con 350 mg/L y media baja en el mes de agosto con 79 NMP/100 ml. Con sistema de tratamiento la media alta presentó 166.67 NMP/100 ml y media baja con 119.67 NMP/100 ml, presentando un coeficiente de variación de 38.11 % y 38.66 %, coincidiendo con los mismos meses del control.

El comportamiento estadístico en los meses de evaluación (agosto, septiembre y octubre) de cada uno de las pruebas se presenta en la tabla 16, estableciendo que el control presenta la media alta y la estación 4 la media baja, respectivamente.

Tabla 16. Variables estadísticas de estudio de Coliformes Fecales o Termotolerantes con los sistemas de tratamiento

CONTROL	ESTACIÓN.2	ESTACIÓN.3	ESTACIÓN.4
Min. : 79.0	Min. :130	Min. :110.0	Min. : 79.0
1st Qu.:159.5	1st Qu.:150	1st Qu.:120.0	1st Qu.:104.5
Median :240.0	Median :170	Median :130.0	Median :130.0
Mean :223.0	Mean :180	Mean :126.7	Mean :126.3
3rd Qu.:295.0	3rd Qu.:205	3rd Qu.:135.0	3rd Qu.:150.0
Max. :350.0	Max. :240	Max. :140.0	Max. :170.0

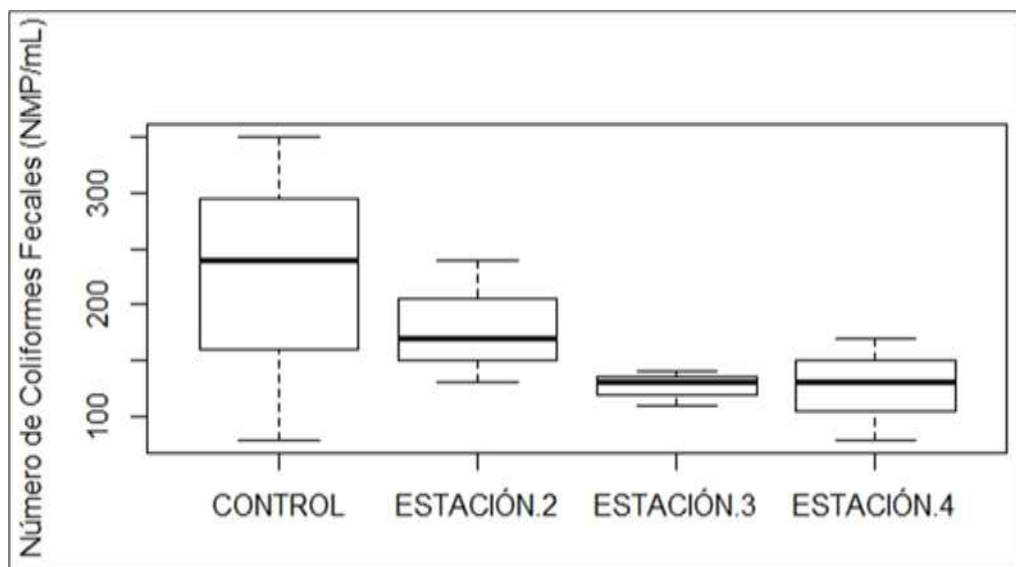


Figura 20. Representación gráfica del resultado estadístico de número de Coliformes Fecales o Termotolerantes de los sistemas de tratamiento

Tabla 17. Resumen del resultado del análisis estadístico con sistema de tratamiento de los meses de agosto, septiembre y octubre, 2016

PARÁMETROS	Mes	Unidad	CONTROL	SISTEMA CON MATERIAL VEGETATIVO					
			MEDIA	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	MÍNIMO	MÁXIMO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Agosto	mg/L	3.00	4.67	4.00	2.08	44.61	3.00	7.00
	Septiembre		44.00	19.33	17.00	4.04	20.90	17.00	24.00
	Octubre		18.00	10.00	10.00	2.00	20.00	8.00	12.00
Demanda Química de Oxígeno	Agosto	mg/L	38.00	39.67	42.00	4.04	10.19	35.00	42.00
	Septiembre		171.00	57.00	59.00	8.19	14.36	48.00	64.00
	Octubre		43.00	32.33	35.00	7.37	22.80	24.00	38.00
S.A.A.M (Detergentes)	Agosto	mg/L	0.07	0.05	0.05	0.01	25.49	0.04	0.06
	Septiembre		0.05	0.04	0.04	0.01	32.03	0.03	0.05
	Octubre		0.48	0.13	0.14	0.03	25.59	0.10	0.16
Nitrato	Agosto	mg/L	27.91	3.79	3.65	0.27	7.11	3.61	4.10
	Septiembre		0.07	30.57	8.03	42.18	137.99	4.45	79.24
	Octubre		58.60	5.90	4.74	4.78	80.95	1.81	11.15
Número de Coliformes Fecales o Termotolerantes	Agosto	NMP/100 mL	79.00	119.67	110.00	46.26	38.66	79.00	170.00
	Septiembre		350.00	166.67	130.00	63.51	38.11	130.00	240.00
	Octubre		240.00	146.67	140.00	20.82	14.19	130.00	170.00

La tabla 17, presenta un resumen del resultado estadístico tanto del control como del sistema de tratamiento ecológico.

Estableciendo la media general para cada uno de los resultados en los meses de evaluación (agosto, septiembre y octubre) se tiene como resultado que el sistema de tratamiento ecológico con material vegetativo presentó menor cantidad de contaminantes de los parámetros evaluados en el control y en los efluentes.

Todos los parámetros analizados cumplieron con la normatividad de estándares de calidad ambiental de aguas, con excepción de la DQO presentando una cantidad de 43 mg/L a comparación de la normatividad de estándares de calidad ambiental de aguas presentando 40 mg/L, resultado razonable para cumplir con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), definidos según el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, en 1,000 NMP/100 ml para Coliformes Totales y Termotolerantes para vegetales de tallo bajo y alto.

Tabla 18. Comparación de los análisis y efectividad del sistema de tratamiento con material vegetativo

PARÁMETROS	ANÁLISIS 2015 (*)	ANÁLISIS 2016 (**)	CONTROL: SIN MATERIAL VEGETATIVO ANÁLISIS 2016 (***)	CON MATERIAL VEGETATIVO ANÁLISIS 2016 (***)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	290	30.00	21.67	11.33
Demanda Química de Oxígeno	400	84.00	84.00	43.00
S.A.A.M (Detergentes)	-	0.15	0.20	0.07
Nitrato	-	0.08	28.86	13.42
Número de Coliformes Fecales o Termotolerantes	230000	3500.00	223.00	144.33

(*) Monitoreo ordenado por la Municipalidad Provincial de Jaén en los efluentes de PTAR, con laboratorio responsable OIKOSLAB SAC.

(**) Monitoreo ordenado por la Empresa Prestadora de Servicios Marañón S.R.L. en los efluentes PTAR, con laboratorio acreditado para análisis de aguas residuales SGS del Perú SAC.

(***) Monitoreo ordenado por la Empresa prestadora de Servicios Marañón S.R.L. para el proyecto de investigación con laboratorio acreditado para análisis de aguas residuales SGS del Perú SAC.

Eficiencia de remoción:

Para el cálculo de la eficiencia de remoción de los diversos parámetros se utilizó como datos de concentración de entrada los valores medios estimados a partir de información histórica suministrada por la Empresa Prestadora de Servicios y el Laboratorio OIKOSLAB que fue comparado con los resultados de los meses de evaluación de la investigación: agosto, septiembre y octubre, tal información histórica puede observarse en la tabla 5.

a. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La media porcentual de remoción de DBO_5 de la estación CONTROL fue 67.9 %, la estación 2 presentó una remoción de 77.9 %, la estación 3 presentó 82.5 % de remoción y la estación 4 presentó 81.3 % de remoción. Durante el periodo de evaluación (60 días), el CONTROL y todas las estaciones presentaron una tendencia uniforme; mientras que el material vegetativo se adaptó al sistema de tratamiento, mayor fue el porcentaje de remoción, esto ocurrió a partir del día 25 donde se obtuvo el mayor porcentaje de eficiencia que el control; la estación 3 fue la más eficiente.

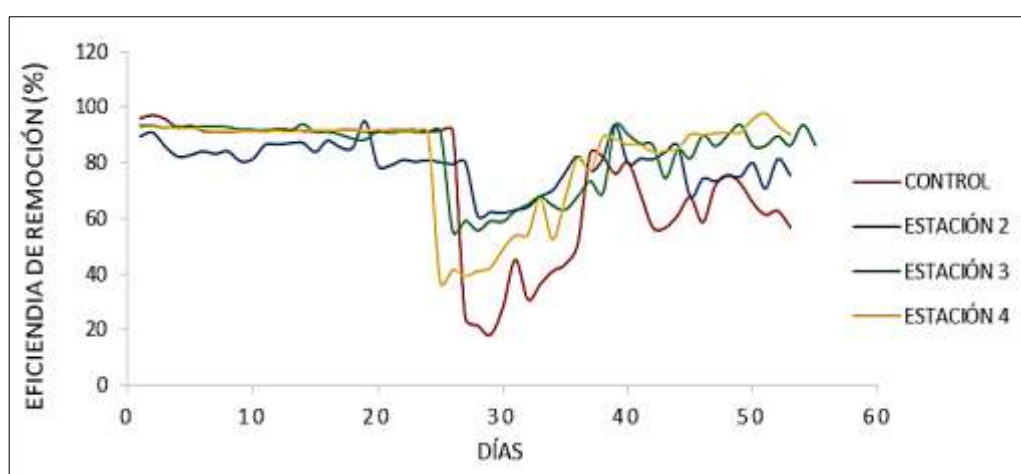


Figura 21. Evolución de la eficiencia de remoción del DBO_5 con los sistemas de tratamiento

b. Demanda Química de Oxígeno:

La media porcentual de remoción de DQO de la estación CONTROL fue 60.5 %, la estación 2 presentó una remoción de 68.7 %, la estación 3 presentó 73.7 % de remoción y la estación 4 presentó 73.0 % de remoción. Durante el periodo de evaluación (60 días), el control y todas las estaciones presentaron una tendencia uniforme; mientras el material vegetativo se adaptó al sistema de tratamiento, mayor es el porcentaje de remoción, al igual que el DBO_5 , esto ocurrió a partir del día 25 donde la remoción fue considerablemente alta y más eficiente que el control. La estación tres presentó mayor eficiencia de remoción.

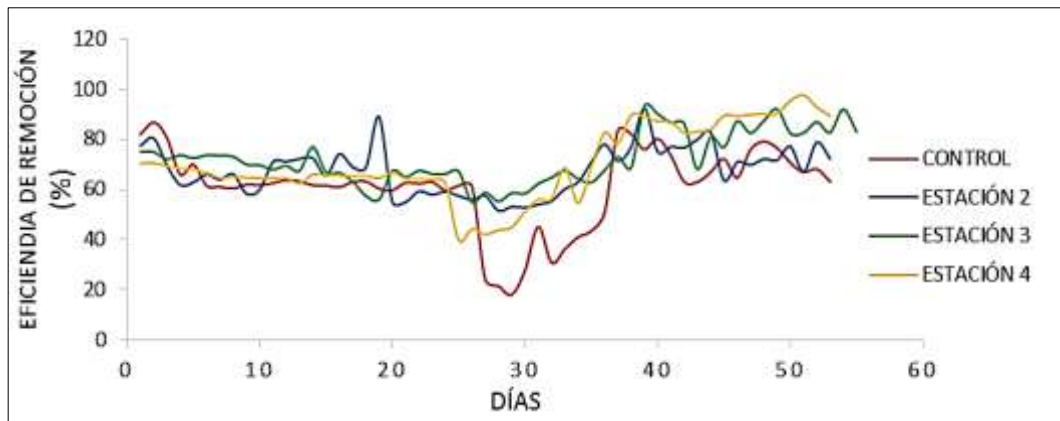


Figura 22. Evolución de la eficiencia de remoción del DQO con los sistemas de tratamiento

c. S.A.A.M. Detergentes:

La media porcentual de remoción de S.A.A.M. (detergentes) de la estación CONTROL fue 65.7 %, la estación 2 presenta una remoción de 63.4 %, la estación 3 presenta 79.0 % de remoción y la estación 4 presenta 79.7 % de remoción. Durante el periodo de evaluación (60 días), el control y todas las estaciones presentan una tendencia uniforme; mientras el material vegetativo se adapta al sistema de tratamiento, mayor es el porcentaje de remoción, a excepción de la estación 2, esto ocurre a partir del día 44 a disminuir la remoción pero después comienza a elevarse, este comportamiento podría ser a cambios fisiológicos de adaptación del material vegetativo de la estación mencionada. Las demás estaciones no presentan inconvenientes en disminuir su porcentaje de remoción. La estación 4 presenta una mayor remoción que los demás y es más eficiente que el control.

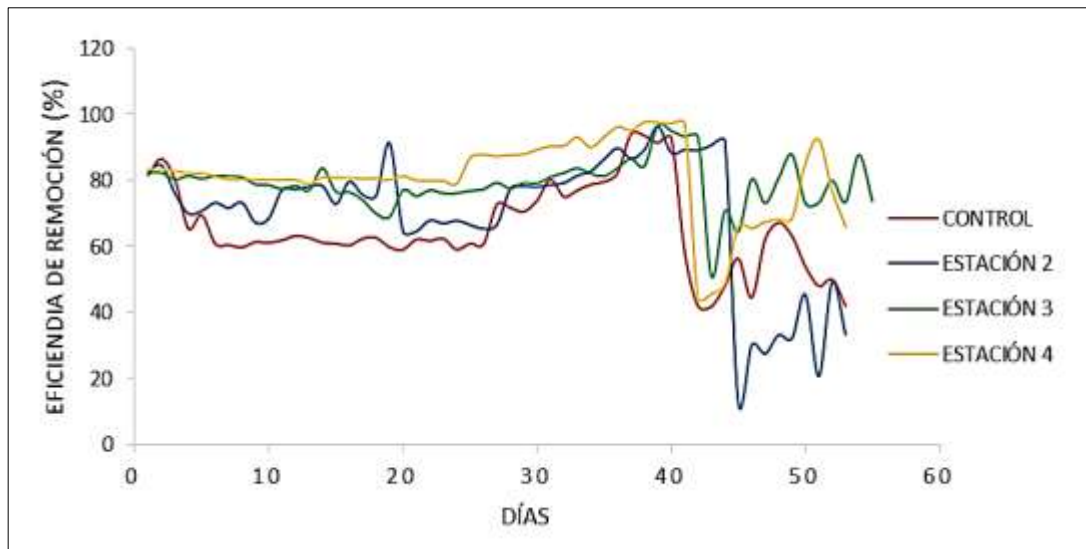


Figura 23. Evolución de la eficiencia de remoción de S.A.A.M (detergentes) con los sistemas de tratamiento

d. Nitratos:

La media porcentual de remoción de Nitrato de la estación CONTROL fue 38.9 %, la estación 2 presenta una remoción de 41.5 %, la estación 3 presenta 47.9 % de remoción y la estación 4 presenta 44.6 % de remoción. Durante el periodo de evaluación (60 días), el control y todas las estaciones presentan una ligera tendencia uniforme. En este parámetro la remoción del control y de las diferentes estaciones con material vegetativo no pasa el 50%, demostrando su deficiencia. En los primeros 20 días la evolución de su remoción es alterada, esto podría ser porque el material vegetativo aun no asimila la retención del parámetro a evaluar y por el posible cambio brusco de irrigación de agua de abastecimiento público a agua residual, posteriormente regularizándose pero aun presentando inestabilidad en la remoción. La estación 3 presenta una mayor remoción que los demás y es más eficiente que el control, pero deficiente para estudios posteriores de remoción de nitrato.

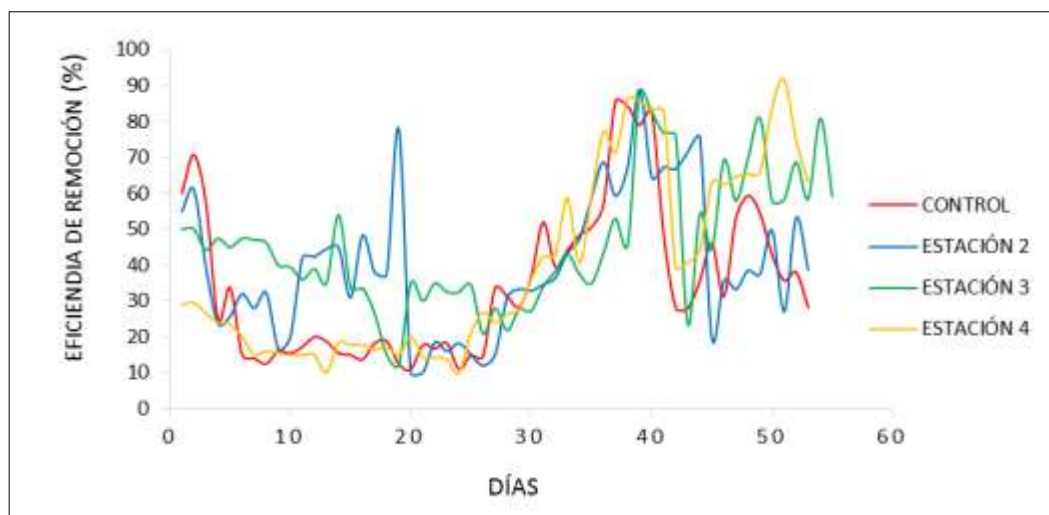


Figura 24. Evolución de la eficiencia de remoción de Nitrato con los sistemas de tratamiento

e. Número de coliformes fecales o termotolerantes:

La media porcentual de remoción de Número de Coliformes Fecales o Termotolerantes de la estación CONTROL fue 96.3%, la estación 2 presenta una remoción de 97.1%, la estación 3 presenta 98.1% de remoción y la estación 4 presenta 98.2% de remoción. Durante el periodo de evaluación (60 días), el control y todas las estaciones presentan una tendencia uniforme; mientras el material vegetativo se adapta al sistema de tratamiento, mayor es el porcentaje de remoción. El control y las estaciones sobrepasan el 95 % de remoción, demostrando ser más eficiente que todos los parámetros en evaluación. La estación 4 presenta una mayor remoción que los demás y es más eficiente que el control.

Para todos los casos la evapotranspiración está directamente relacionado con la remoción, en los anexos 24 al 28 observamos tendencias similares para todos los parámetros estudiados. El fin la evapotranspiración favorece la evaporación del agua residual, es por ello que el resultado del sistema se puede proyectar a la ausencia de vertidos finales a excepción en periodos de fuertes precipitaciones.

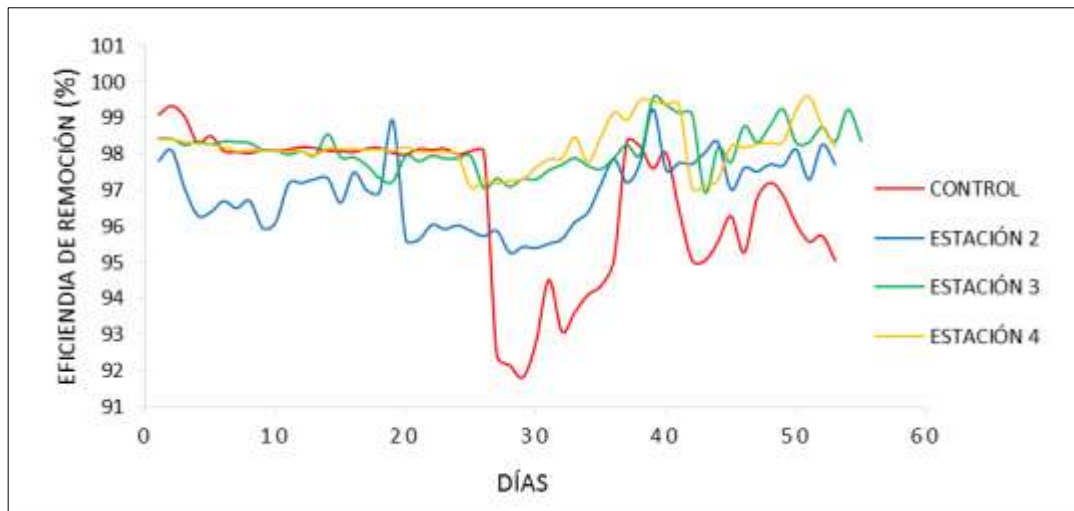


Figura 25. Evolución de la eficiencia de remoción de Coliformes Fecales o Termotolerantes con los sistemas de tratamiento

4.2. Discusión

Los resultados indican que el material vegetativo es influyente y variable en la remoción de los parámetros evaluados, a excepción del parámetro nitrato, que presentó deficiente remoción; sin embargo cabe resaltar que se encuentra por encima de la estación CONTROL. En éste proyecto se destacó al sistema de tratamiento, con la función de sustrato y la función de vegetación como remoción de contaminantes; el sustrato promueve espacios vacíos que sirven como canales que facilitan la fluidez del agua residual (Costa *et al.* 2003, Schar *et al.* 2009). La contribución de la vegetación ejerce un factor importante en el conjunto del proceso donde los desempeños están en las zonas de raíces (Zanella 2008). Diversos autores indican que la utilización de plantas para la remoción de contaminantes son eficaces por sus funciones como retención de sólidos suspendidos por filtración simple y mantenimiento de la conductividad hidráulica del medio de soporte por el crecimiento horizontal y vertical de sus raíces (Mansor 1998, Brix 1987, Sezerino *et al.* 2005, Zanella 2008).

Costa *et al.* (2003), analizó un sistema de tratamiento de aguas residuales con las mismas funciones y material vegetativo (bambú), donde obtuvieron una remoción media de 88% de DBO con un tiempo de retención de 10 días. En 1987, Brix presentó una remoción de 66% con un sistema alargado y

mismo material vegetativo y en Australia se verificó una remoción de 95.8%, utilizando un sistema llamado Campin Vetiver, experimento piloto para determinar efluentes de acuerdo a la normativa de calidad de aguas. Abrantes (2009) obtuvo una media porcentual de remoción de DQO de 72.7% utilizando un flujo superficial vertical ascendente seguido de un descendiente y Haberl *et al.* (2007) observaron remociones de DQO que varían de 86% a 95%.

En la presente investigación se utilizó un flujo vertical con riego uniformizado entre pruebas iguales; con el que se logró remocionar DBO₅ y DQO por encima del 60%, cuyos valores de remoción alta de Demanda Bioquímica de Oxígeno fue 82.5% y Demanda Química de Oxígeno fue de 73.7%; pero si se interconectara el sistema de tratamiento aplicado con un siguiente flujo vertical u horizontal, se podría alcanzar un mayor porcentaje de remoción, como indicó las experiencias de otros autores.

El principal problema ocasionado por el desecho de aguas residuales son los detergentes, que generan toxicidad a la agricultura y a la vida acuática, por el contenido de enzimas activas y espumas. Estudios con bambú aún no se han reportado pero si con otras especies de la familia Pontederiaceas, esta investigación fue realizada por la consultora Tratagua Dalag SA. y concluyó que el material vegetativo presentó adaptabilidad a los detergentes, del cual se alcanzó un promedio de remoción de 79.7% y el control de 65.7%; datos importantes para proyectos futuros.

En caso del Nitrato, la remoción fue del 50 % y su comportamiento fue inestable; por lo tanto el sistema de pos tratamiento es deficiente para este parámetro. Resultados satisfactorios presenta Rodríguez y Durán de Bauza (2006), utilizando plantas acuáticas con sistemas de humedales artificiales, con una remoción entre 88.7% y 93.3%, mismo ocurrió en las investigaciones por Hidalgo *et al.* (2005) con mismo sistema de tratamiento. Resultados satisfactorios de remoción de nitrato es a través de usos de bacterias, realizando procesos de nitrificación y desnitrificación (Cervantes *et al.* 2000).

La remoción del Número de Coliformes Fecales o Termotolerantes a través del sistema de tratamiento reportó como resultado del laboratorio acreditado 144.33 NMP/100 mL con material vegetativo y sin material vegetativo 223 NMP/100 mL, a comparación con la información del año 2016 con 3500 NMP/100 mL y 230000 NMP/100 mL resultado del análisis del año 2015; es decir que, el sistema de tratamiento con material vegetativo presenta una media porcentual de 98.1% de remoción; una investigación similar en Brasil, Quege (2013), quien estudio las especies de *Guadua angustifolia* Kunt, *P. bambusoides* y *P. aurea*, demostró mayor remoción en la especie de *Guadua angustifolia* Kunt con 92 % de remoción, por otro lado Pitaluga (2011), también consiguió una remoción alta con 99.6%.

La demanda bioquímica de oxígeno presentó coeficiente de variación estable en todos sus componentes sin embargo la demanda química de oxígeno presentó inestabilidad con el coeficiente de variación solo en el control; esto se debe por las mismas condiciones de inestabilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales, obteniendo análisis de variación altas y bajas respectivamente; mismo sucede con los resultados de análisis de detergentes y nitratos. En coliformes fecales o termotolerantes presenta bajo coeficiente de variación, presentando uniformidad en sus resultados de análisis, obteniendo la media porcentual más alta que los demás parámetros.

Las zonas de raíces tienen largo tiempo de retención hidráulica en función al área de establecimiento, de esta manera los sólidos sedimentales originados del agua residual son retenidos (Vymazal *et al.* 1998) influyendo en la remoción de patógenos, principalmente coliformes fecales (Toniato *et al.* 2005). El estudio demuestra el gran potencial de las raíces de la especie de *Guadua angustifolia* Kunt para la remoción de coliformes fecales o termotolerantes, estableciendo una media porcentual de eficiencia de remoción de 98.2 % con una media de tiempo de retención hidráulica de 2 horas con 5 minutos. El tiempo de retención hidráulica está directamente relacionado con la textura del suelo y el área del sistema radicular, es por ello a que se debe un corto tiempo de retención.

La presencia de plantas vivas y activas en el sistema de tratamiento por zona de raíces implica en la transferencia de aguas residuales para la atmósfera, proceso denominado evapotranspiración, que consiste en la pérdida del agua en forma de vapor a través del proceso de evaporación del suelo sumado a la transpiración del material vegetativo (Lobato 2007). El estudio presenta una relación directa de la evapotranspiración con la eficiencia remoción de contaminantes, presentó reducción de volumen del efluente pos-tratado del sistema de tratamiento, efecto que podría solucionar problemas de rehuso de aguas residuales. Existen otros factores que establece la pérdida de agua como la radiación solar, altas temperaturas, baja humedad, viento, resistencia de cobertura e índice de área foliar (Brix y Arias 2005).

En general, la planta de tratamiento de aguas residuales precisa de otros tipos de tratamiento para establecer una remoción adecuada, sin alterar al medio ambiente y la salud pública.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Con la presencia de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, en el sistema de tratamiento de efluentes de aguas residuales se ha logrado obtener agua de categoría 3, subcategoría D1, para riego de vegetales de tallo alto y bajo, definidos según Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental – Perú.

Guadua angustifolia Kunth, es una especie tolerante a las aguas residuales provenientes de las lagunas de estabilización con geomembrana ya que se adapta progresivamente al efluente de la laguna facultativa con geomembrana de la ciudad de Jaén, por ende se concluye que su propagación es aplicable con fines económicos y reforestación en la localidad.

El sistema de tratamiento con material vegetativo presenta una media mayor de tiempo de retención hidráulica que por el sistema sin material vegetativo, ambos con textura de suelo franco-arenoso.

Se obtuvo mayor remoción de coliformes fecales o termotolerantes a través del sistema de tratamiento con material vegetativo sin embargo este sistema no es eficiente en la remoción de nitratos.

La especie de *Guadua angustifolia* Kunth como variable independiente al sistema, presenta una mayor eficiencia de remoción con el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno, con 12.7% de remoción.

5.2. Recomendaciones

Realizar investigaciones en base a este sistema de tratamiento ecológico para optimizar la eficiencia de remoción de nitratos y cumplir con las normas vigentes para este parámetro.

Realizar monitoreos frecuentes de los efluentes de PTAR, para tener data confiable e idear nuevas fuentes ecológicas que contribuyan a la disminución de olores de lagunas de estabilización a tajo abierto.

Replicar esta investigación, con el análisis de más parámetros e incrementar la densidad de siembra y probar con especies forestales a nivel de plantaciones.

Realizar análisis de fitotoxicidad de la *Guadua angustifolia* Kunth, con el objetivo de conocer los contaminantes bioacumulados en las diferentes partes de la planta, durante el tratamiento de aguas residuales.

Realizar proyecciones en base a caudales y flujos para estimar volúmenes de agua residual tratada para que puedan ser reutilizados en un futuro próximo en áreas verdes y plantaciones forestales.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrantes, L. L. M. 2009. Tratamento de esgoto sanitário em sistemas alagados construídos utilizando *Typha angustifolia* e *Phragmites australis*. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente)-Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 140 p.

Almeida, R. A.; Ucker, F. E. 2011. Considerando a Evapotranspiração no Cálculo de Eficiência de Estações de Tratamento de Esgoto com Plantas. Revista Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, Vol. 8, Nº 4, p. 39-45.

Álvarez, M.; Betancourt M A.; León J, Montalvo J. 2003. Manual Técnico del Bambú. Instituto de Investigaciones Forestales.

Apha. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18, 518-523. Disponible en: https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_10900c-10900e.pdf

Atdr. 2006. Administración Técnica del Distrito de Riego. Tacna. Perú. Consultado 16 jun 2016. Disponible en: <https://www.datosperu.org/empresa-administracion-tecnica-del-districto-de-riego-tacna-20519618037.php>

ATSDR. 1991. Case Studies in Environmental Medicine Nº 16: Nitrate/Nitrite. US Dept of Health & Human Services, Atlanta Georgia, USA.

Arroyave, F. A. 1997. Remoción de contaminantes de aguas residuales con humedales artificiales de flujo subsuperficial. 412 p.

Brix, H. 1987. Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants—the root-zone method. Water Science and Technology, Great Britain, Vol. 19, p. 107-118.

Brix, H.; Arias, C. A. 2009. Danish guidelines for small-scale constructed wetland systems for onsite treatment of domestic sewage. Water Science and Technology, [England] v. 51, n. 09, p. 01-09, 2005. In: 9Th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, set. 2004,

Avignon, France, p. 01-08. Consultado 18 nov. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16042237>.

Botero L.F. 2004. No más silvicultura. II Simposio Latinoamericano de Bambú. Guayaquil.

Care, P, MPJ. 2010. Diagnóstico Provincial de Agua y Saneamiento, Provincia de Jaén, Consolidado Provincial.

Cervantes C. F., Pérez J. y Gómez J. 2000. Avances en la eliminación biológica del nitrógeno de las aguas residuales. Rev. Latinoam. Microbiol. 42, 73–82.

Costa, LL; Ceballos, BSO; Meira, CMBS; Cavalcanti, MLF. 2003. Eficiência de wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colílagos e bacteriófagos. Revista biológica e ciências da terra, Paraíba, Editora da Universidade Estadual do Paraíba, v. 03, n. 0.

CRITES, R; TCHOBANOGLOUS, G. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN PEQUEÑAS POBLACIONES. 2000. Derechos reservados. Copyright © 2000, por Mc GrawHill Interamericana. S. A. Santa fe de Bogotá, Colombia. 776 p.

Delgadillo, O; Camacho, A; Pérez, LF; Andrade, M. 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Antequera Durán, N (ed.). Cochabamba, Bolivia, s.e. (serie técnica).

Delgado, D; Cairo, C; Yera, Y. 2013. Impacto del bambú (*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland) en la recuperación de un suelo pardo mullido carbonatado de Villa Clara. Impact of bamboo (*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland) on the recovery of a carbonated soft brown soil of Villa Clara. In Congreso Universidad (Vol. 2, N°. 2)

García, J; Giraldo M. 2014. Evaluación del efecto del aumento de la carga hidráulica sobre la eficiencia de remoción de contaminantes en humedales construidos sembrados con *Guadua angustifolia* Kunth utilizando grava y

arena como medio filtrante. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. Colombia.

Gib, C. 2005. El bambú: su importancia en la ecología y la conservación de las especies nativas. Paper presented at the Primer Congreso Mexicano del Bambú.

Hidalgo, O. 1974. Bambu su cultivo y aplicaciones en Fabricacion de papel, construcción, arquitectura e ingeniería y Artesanía.

Ho, B; Edith, L. 2002. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. In Curso Internacional Gestión Integral del Tratamiento de Aguas Residuales (pp. 1-51). UNC.

Inbar, E. 2012. Regional Security Regimes: Israel and Its Neighbors. Suny Press

Lazarova, V; Bahri, A. 2005. Irrigation with recycled water: agriculture, turfgrass and landscape.

Lobato, E. J. V. 2007. Climatología agrícola. Apostila da disciplina de Climatología agrícola da Escola de Agronomia da UFG, Goiânia, v. 02.

Mansor, M. T. C. 1998. Uso de leito de macrófitas no tratamento de águas residuárias. Biblioteca da área de engenharia – BAE/ UNICAMP, Campinas, SP.

Marín, J; Correa, J. 2010. Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas Residuales en humedales artificiales utilizando la *Guadua angustifolia* Kunth. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Tecnología Técnica. Pereira. Colombia.

Martínez Martínez, J. s.f. Estudio de la calidad de las aguas superficiales del Río San Pedro. Investigación y Ciencia, Programa de investigación biológica (PIB94-2): 27-39.

NC 521: 2007. Vertimiento de Aguas Residuales en áreas costeras. Consultado 11 de ago 2016. Disponible en: studylib.es/doc/8336696/nc-521-vertimiento-a-zona-costera.

Morán, J 2008. Preservación del bambú en América, mediante métodos tradicionales. Investigación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil, patrocinado por INBAR, la Red Internacional de Bambú y del Ratán. P1. Presentación.

Olivier, J. 2008. Gramíneas (Poaceae) bambusiformes del Río de Los Amigos, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 15(1), 121-126.

Pérez, J; Valverdú, AA. 2003. Depuración y reutilización de aguas residuales. Encuentro Medioambiental Almeriense: En Busca de Soluciones (A).

Perubambu. 2007. Servicios ambientales. El bambú aporte ambiental. Lima-Perú. Consultado 21 de dic 2016. Disponible en: <http://perubambu.org.pe/Ambiental.html>.

Philippi, L; Sezerino, P. 2004. Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. Ed. do Autor.

Quege, K., de Araújo Almeida, R. & Ucker, F. 2013. Utilização de plantas de bambu no tratamento de esgoto sanitário pelo sistema de alagados construídos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 10(10), 2069-2080.

Ramalho, R., Beltrán, D., & de Lora, F. 1990. Tratamiento de aguas residuales. Reverté. Disponible en: http://books.google.es/books/about/Tratamiento_de_aguas_residuales.html?id=30etGjzPXyWC

Rodríguez, J, Durán de Bazúa, C. 2006. Remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco. *Tecnol. Ciencia Ed*, 21, 25-33.

Rodríguez, JG. 2013. Generación de banco de propagación de bambú en zonas áridas de la costa peruana regado con distintos tipos de agua. Tesis de Master. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú.

Rojas, R. 2002. Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Curso internacional "gestión integral de tratamiento de aguas residuales" (2002: Brasil). Curso Internacional. Brasil: Cepis, 19.

Scharf, AK; Francisco, B. R.; Coelho, F. S.; Marcon, H. C. 2009. Wetlands: uma alternativa para disposição de efluentes pluviais. Universidade Estadual de Londrina, PR. Centro de Tecnologia e Urbanismo.

Scaglione; S. 2004. .La caña bambú desarrollo sustentable y conservación del ambiente.

Londoño, X; Botero, LF. Seminario Regional PROSAP. 2006 Sistemática, silvicultura, cadena productiva y usos del bambú. 17-19 de octubre. Sociedad colombiana del bambú.

Sezerino, P. H.; Philippi, L. S. 2005. Tratamiento de esgotos utilizando o potencial solo-planta. Consultado 03 de dic 2016. Disponible en: periodicosuniarp.com.br/ignis/article/download/21/44

Sunass. 2011. Determinacion de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Maraón – EPS Maraón S.R.L. Gerencia de regulación tarifaria. SGS del Perú SAC.

Toniato, J. V; Roque, O. C. C.; Kaczala, F.; Nascimento, V. B.; Roque, D. C. 2005. Avaliação de um wetland construído no tratamento de efluentes sépticos. In: Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., Campo Grande, MS. Resumos. Campo Grande, MS: ABES, 2005. ref. II-351.

Torres, P; Uribe, IE. 2003. Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio: influencia del medio de soporte. Scientia et Technica, 3(23). El Valle del Cauca. Colombia.

Torres, M. 2010. Bambú. SDR, Puebla. México f_alberto05@yahoo.com.mx. Consultado 14 de feb 2016. Disponible en: <http://www.congresouniversidad.cu/revista/index.php/congresouniversidad/article/download/171/972>.

Pitaluga, DPS. 2011. Avaliação de diferentes substratos no tratamento de esgoto sanitário por zona de raízes. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente)-Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 133 p.

Vymazal, J; Brix, H.; Cooper, P. F. 1998. Haberl, R.; Perfler, R.; Laber, J. Removal mechanisms and types of constructed wetlands. Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers. p. 17-66.

Wong Chang, I; Barrera-Escorcia, G. 1996. Implicaciones ecológicas de la contaminación microbiológica en la zona costero-marina. Botello AV, Rojas-Galaviz JL, Benítez JA, Zárate-Lomelí D, editores. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental, Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica, 369-376.

Zanella, L. 2008. Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: Wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2008. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 219 p.

Zamorano, D., Macía, V., Mendoza, L., & Cabello, A. 2013. Efecto del agua residual tratada sobre la composición química de Uva Tempranillo (*Vitis vinifera*) en Baja California, México. *Agrociencia*, 47(8), 767-779.

Zea Dávila, PR. 2013. Percepciones locales versus evidencia científica sobre la relación entre el bambú y el agua en el Cantón Bucay, Provincia del Guayas, Ecuador.

ANEXO

Anexo 1: Resultado del análisis de agua residual tratada por el sistema de
tratamiento, en el mes de agosto, 2016



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1615312**

EMP. PRESTADORA SERVICIOS MARANON S.R.L.

AV. MARISCAL URETA NRO. 1912 URB. PUEBLO NUEVO

ENV / LB-342233-012

PROCEDENCIA : **JAEN**

Fecha de Recepción SGS : 27-08-2016 13:00

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
ESTACION 1
ESTACION 2
ESTACION 3
ESTACION 4

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 05/09/2016

Jade Chariot Huarcaya Soto
CBP 8471

Jefe de Oficina



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1615312

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA				ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3	ESTACION 4
FECHA DE MUESTREO				9371917 N / 0746246 E 26/08/2016 11:30	9371915 N / 0746246 E 26/08/2016 11:23	9371913 N / 0746246 E 26/08/2016 11:30	9371913 N / 0746243 E 26/08/2016 11:40
HORA DE MUESTREO							
CATEGORIA				AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
SUB CATEGORIA							
Parametro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B_CX	mg/L	1	3	7	4	3
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D_CX	mg/L	3	38	42	42	35
S.A.A.M. (Detergentes)	EW_APHA540C_CX	mg/L	0.025	0.069	0.059	0.053	0.035
Análisis de Antógenos							
Nitrato	EW_EPA300_D_CX	mg/L	0.029	27.910	3.612	3.648	4.095
Análisis Microbiológicos							
Numeración Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP_CX	NMP/100 mL	--	79.0	170.0	110.0	79.0



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1615312**

CONTROL DE CALIDAD

LD: Límite de detección
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LD	Fecha de Análisis	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1	27/08/2016	<1	0 - 5%	97%		
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	3	27/08/2016	<3	0 - 6%	106%	100%	1%
S.A.A.M. (Detergentes)	mg/L	0.025	27/08/2016	<0.025	0%	95 - 99%	98%	0%
Nitrato	mg/L	0.029	27/08/2016	<0.029	1%	99%	99%	



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1615312**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA5210B_CX	Subcontratado	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B. 2012; 22nd Ed. - Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD test
EW_APHA5220D_CX	Subcontratado	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 2012; 22nd Ed. - Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA5540C_CX	Subcontratado	S.A.A.M. (Detergentes)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C. 2012; 22nd Ed. Surfactants: Anionic Surfactants as MBAS
EW_APHA9221E_NMP_CX	Subcontratado	Numeración De Coliformes Fecales o Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E. 1, 22nd Ed. 2012; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
EW_EPA300_0_CX	Subcontratado	Aniones	EPA 300.0 : 1993; Rev. 2.1. - Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.




Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por INACAL - DA conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se encuentra en www.inacal.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.per/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Anexo 2: Resultado del análisis de agua residual tratada por el sistema de tratamiento, en el mes de septiembre, 2016

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002						
INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1617103							
<hr/> EMP. PRESTADORA SERVICIOS MARANON S.R.L. AV. MARISCAL URETA NRO. 1912 URB. PUEBLO NUEVO ENV / LB-342316-002 PROCEDENCIA : JAEN <hr/>							
Fecha de Recepción SGS :	27-09-2016 17:09						
Muestreo Realizado Por :	CLIENTE						
<table border="1"><thead><tr><th>Estación de Muestreo</th></tr></thead><tbody><tr><td>ESTACION 1</td></tr><tr><td>ESTACION 2</td></tr><tr><td>ESTACION 3</td></tr><tr><td>ESTACION 4</td></tr></tbody></table>			Estación de Muestreo	ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3	ESTACION 4
Estación de Muestreo							
ESTACION 1							
ESTACION 2							
ESTACION 3							
ESTACION 4							
<p>Emitido por SGS del Perú S.A.C. Impreso el 11/10/2016</p>  <p>Jade Charlot Huarcaya Soto CBP 8471 Jefe de Oficina</p>							
Página 1 de 4							



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1617103

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA				ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3	ESTACION 4
FECHA DE MUESTREO				9371917 N /	9371915 N /	9371913 N /	9371913 N /
HORA DE MUESTREO				0746246 E	0746246 E	0746246 E	0746243 E
CATEGORIA				26/09/2016	26/09/2016	26/09/2016	26/09/2016
SUB CATEGORIA				18:48	18:27	18:24	18:11
				AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
				AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
				MUNICIPAL	MUNICIPAL	MUNICIPAL	MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA52105_CX	mg/L	1	44	17	17	24
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D_CX	mg/L	3	171	59	48	64
S.A.A.M. (Detergentes)	EW_APHA5540C_CX	mg/L	0.025	0.054	0.049	0.043	<0.025
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_D_CX	mg/L	0.029	0.070	79.236	8.026	4.446
Análisis Microbiológicos							
Numeración Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP_CX	NMP/100 mL	--	350.0	240.0	130.0	130.0



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1617103

CONTROL DE CALIDAD

LD: Límite de detección
MB: Blanco del proceso.
LC\$ %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LD	Fecha de Análisis	MB	DUP %RPD	LC\$ %Recovery	MS %Recovery
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1	27/09/2016	<1	0 - 9%	102%	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	3	27/09/2016	<3	0%	95%	99 - 101%
S.A.A.M. (Detergentes)	mg/L	0.025	27/09/2016	<0.025	0%	99%	99%
Nitrato	mg/L	0.029	27/09/2016	<0.029	1%	103%	99%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1617103**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA5210B_CX	Subcontratado	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B. 2012; 22nd Ed. - Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD test
EW_APHA5220D_CX	Subcontratado	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 2012; 22nd Ed. - Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA5540C_CX	Subcontratado	S.A.A.M. (Detergentes)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C. 2012; 22nd Ed. Surfactants: Anionic Surfactants as MBAS
EW_APHA9221E_NMP_CX	Subcontratado	Numeración De Coliformes Fecales o Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 22nd Ed. 2012; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
EW_EPA300_0_CX	Subcontratado	Aniones	EPA 300.0 : 1993; Rev. 2.1. - Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Los resultados del Informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por INACAL - DA conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se encuentra en www.inacal.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Anexo 3: Resultado del análisis de agua residual tratada por el sistema de tratamiento, en el mes de octubre, 2016



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1618842**

EMP. PRESTADORA SERVICIOS MARANON S.R.L.

AV. MARISCAL URETA NRO. 1912 URB. PUEBLO NUEVO

ENV / LB-342380-002

PROCEDENCIA : JAEN

Fecha de Recepción SGS : 27-10-2016 08:00

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
ESTACION 1
ESTACION 2
ESTACION 3
ESTACION 4

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 02/11/2016

Jade Charlot Huarcaya Soto
CBP 8471
Jefe de Oficina



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1618842**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA				ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3	ESTACION 4
FECHA DE MUESTREO				9371917 N /	9371915 N /	9371913 N /	9371913 N /
HORA DE MUESTREO				0746246 E	0746246 E	0746246 E	0746243 E
CATEGORIA				26/10/2016	26/10/2016	26/10/2016	26/10/2016
SUB CATEGORIA				12:00	12:10	12:15	12:20
				AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
				MUNICIPAL	MUNICIPAL	MUNICIPAL	MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Demanda Biológica de Oxígeno	EW_APHA5210B_CX	mg/L	1	18	12	10	8
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D_CX	mg/L	3	43	38	35	24
S.A.A.M. (Detergentes)	EW_APHA5540C_CX	mg/L	0.025	0.483	0.163	0.096	0.138
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_D_CX	mg/L	0.029	58.597	11.152	4.736	1.814
Análisis Microbiológicos							
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP_CX	NMP/100 mL	--	240.0	130.0	140.0	170.0



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1618842

CONTROL DE CALIDAD

LD: Límite de detección
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LD	Fecha de Análisis	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1	27/10/2016	<1	1 - 7%	100%		
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	3	27/10/2016	<3	2 - 4%	96%	100%	
S.A.A.M. (Detergentes)	mg/L	0.025	27/10/2016		0%	102 - 106%	98%	8%
Nitrato	mg/L	0.025	27/10/2016	<0.025	0%	104%	106%	



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1618842**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA5210B_CX	Subcontratado	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B. 2012; 22nd Ed. - Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D_CX	Subcontratado	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 2012; 22nd Ed. - Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA5540C_CX	Subcontratado	S.A.A.M. (Detergentes)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C. 2012; 22nd Ed. Surfactants: Anionic Surfactants as MBAS
EW_APHA9221E_NMP_CX	Subcontratado	Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 22nd Ed. 2012; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
EW_EPA300_0_CX	Subcontratado	Aniones	EPA 300.0 : 1993; Rev. 2.1. - Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por INACAL - DA conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se encuentra en www.inacal.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Anexo 4: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO										
CONTROL										
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DBOS)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (DBOS)	% REMOCIÓN DE DBOS	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)	
1	1	1	20	8	30	3	96	1.53	7.84	
	2	2	20	5.85	30	3	97.075	1.53	9.25	
	3	3	20	8.55	30	3	95.725	1.53	7.48	
	4	4	20	15	30	3	92.5	1.53	3.27	
	5	5	20	13.25	30	3	93.375	1.53	4.41	
	6	6	20	17	30	3	91.5	1.53	1.96	
	8	7	20	17.2	30	3	91.4	1.53	1.83	
	9	8	20	17.5	30	3	91.25	1.53	1.63	
	10	9	20	16.8	30	3	91.6	1.53	2.09	
	11	10	20	16.9	30	3	91.55	1.53	2.03	
	12	11	20	16.55	30	3	91.725	1.53	2.25	
	13	12	20	16	30	3	92	1.53	2.61	
	14	13	20	16.25	30	3	91.875	1.53	2.45	
	15	14	20	16.9	30	3	91.55	1.53	2.03	
	16	15	20	17	30	3	91.5	1.53	1.96	
	18	16	20	17.25	30	3	91.375	1.53	1.80	
	19	17	20	16.36	30	3	91.82	1.53	2.38	
	20	18	20	16.24	30	3	91.88	1.53	2.46	
	22	19	20	17.5	30	3	91.25	1.53	1.63	
	23	20	20	17.8	30	3	91.1	1.53	1.44	
	24	21	20	16.45	30	3	91.775	1.53	2.32	
	25	22	20	16.65	30	3	91.675	1.53	2.19	
	26	23	20	16.35	30	3	91.825	1.53	2.39	
	28	24	20	17.8	30	3	91.1	1.53	1.44	
	29	25	20	17	30	3	91.5	1.53	1.96	
	30	26	20	17.1	30	3	91.45	1.53	1.90	
	2	1	27	20	15.17	44	44	24.15	1.53	3.16
		2	28	20	15.7	44	44	21.5	1.53	2.81
		4	29	20	16.37	44	44	18.15	1.53	2.37
		5	30	20	14.45	44	44	27.75	1.53	3.63
8		31	20	10.97	44	44	45.15	1.53	5.90	
9		32	20	13.83	44	44	30.85	1.53	4.03	
11		33	20	12.75	44	44	36.25	1.53	4.74	
15		34	20	11.8	44	44	41	1.53	5.36	
17		35	20	11.3	44	44	43.5	1.53	5.69	
23		36	20	9.85	44	44	50.75	1.53	6.63	
24		37	20	3.28	44	44	83.6	1.53	10.93	
27	38	20	3.57	44	44	82.15	1.53	10.74		
28	39	20	4.8	44	44	76	1.53	9.93		
29	40	20	3.95	44	44	80.25	1.53	10.49		
3	1	41	20	10.34	30	18	68.98	1.53	6.31	
	3	42	20	14.42	30	18	56.74	1.53	3.65	
	5	43	20	14.45	30	18	56.65	1.53	3.63	
	7	44	20	12.92	30	18	61.24	1.53	4.63	
	9	45	20	10.84	30	18	67.48	1.53	5.99	
	11	46	20	13.79	30	18	58.63	1.53	4.06	
	13	47	20	9.4	30	18	71.8	1.53	6.93	
	15	48	20	8.15	30	18	75.55	1.53	7.75	
	17	49	20	9.15	30	18	72.55	1.53	7.09	
	19	50	20	11.45	30	18	65.65	1.53	5.59	
	21	51	20	12.9	30	18	61.3	1.53	4.64	
25	52	20	12.44	30	18	62.68	1.53	4.94		
28	53	20	14.41	30	18	56.77	1.53	3.65		

Anexo 5: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO									
ESTACIÓN 2									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DBO5)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (DBO5)	% REMOCIÓN DE DBO5	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	9	30	7	89.5	1.53	7.19
	2	2	20	7.8	30	7	90.9	1.53	7.97
	3	3	20	12.15	30	7	85.8	1.53	5.13
	4	4	20	15.25	30	7	82.2	1.53	3.10
	5	5	20	14.85	30	7	82.7	1.53	3.37
	6	6	20	13.6	30	7	84.1	1.53	4.18
	7	7	20	14.4	30	7	83.2	1.53	3.66
	8	8	20	13.55	30	7	84.2	1.53	4.22
	9	9	20	16.66	30	7	80.6	1.53	2.18
	10	10	20	16	30	7	81.3	1.53	2.61
	11	11	20	11.6	30	7	86.5	1.53	5.49
	12	12	20	11.53	30	7	86.5	1.53	5.54
	13	13	20	11.1	30	7	87.1	1.53	5.82
1	14	14	20	11	30	7	87.2	1.53	5.88
	15	15	20	13.8	30	7	83.9	1.53	4.05
	16	16	20	10.33	30	7	87.9	1.53	6.32
	18	17	20	12.4	30	7	85.5	1.53	4.97
	19	18	20	12.5	30	7	85.4	1.53	4.90
	20	19	20	4.4	30	7	94.9	1.53	10.20
	22	20	20	18	30	7	79.0	1.53	1.31
	23	21	20	18	30	7	79.0	1.53	1.31
	24	22	20	16.3	30	7	81.0	1.53	2.42
	25	23	20	16.8	30	7	80.4	1.53	2.09
	26	24	20	16.35	30	7	80.9	1.53	2.39
	28	25	20	17	30	7	80.2	1.53	1.96
	29	26	20	17.6	30	7	79.5	1.53	1.57
	30	27	20	17	30	7	80.2	1.53	1.96
	1	28	20	13.81	30	17	60.9	1.53	4.05
	2	29	20	13.33	30	17	62.2	1.53	4.36
	3	30	20	13.43	30	17	61.9	1.53	4.29
	4	31	20	13.07	30	17	63.0	1.53	4.53
	5	32	20	12.7	30	17	64.0	1.53	4.77
	6	33	20	11.33	30	17	67.9	1.53	5.67
	8	34	20	10.54	30	17	70.1	1.53	6.18
	9	35	20	8.29	30	17	76.5	1.53	7.65
2	11	36	20	6.25	30	17	82.3	1.53	8.99
	12	37	20	8.14	30	17	76.9	1.53	7.75
	15	38	20	6.57	30	17	81.4	1.53	8.78
	17	39	20	2.2	30	17	93.8	1.53	11.63
	23	40	20	7.1	30	17	79.9	1.53	8.43
	24	41	20	6.54	30	17	81.5	1.53	8.80
	27	42	20	6.63	30	17	81.2	1.53	8.74
	28	43	20	5.7	30	17	83.9	1.53	9.35
	29	44	20	4.89	30	17	86.1	1.53	9.88
	9	45	20	16.06	30	12	67.9	1.53	2.58
	11	46	20	12.86	30	12	74.3	1.53	4.67
	13	47	20	13.35	30	12	73.3	1.53	4.35
	15	48	20	12.3	30	12	75.4	1.53	5.03
3	17	49	20	12.5	30	12	75.0	1.53	4.90
	19	50	20	10.05	30	12	79.9	1.53	6.50
	21	51	20	14.6	30	12	70.8	1.53	3.53
	25	52	20	9.35	30	12	81.3	1.53	6.96
	28	53	20	12.27	30	12	75.46	1.53	5.05

Anexo 6: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO									
ESTACIÓN 3									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN N DE ENTRADA (DBO5)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (DBO5)	% REMOCIÓN DE DBO5	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
1	1	1	20	10	30	4	93.33	1.53	6.54
2	2	2	20	10	30	4	93.33	1.53	6.54
4	3	3	20	11.15	30	4	92.57	1.53	5.78
5	4	4	20	10.5	30	4	93.00	1.53	6.21
6	5	5	20	11	30	4	92.67	1.53	5.88
8	6	6	20	10.5	30	4	93.00	1.53	6.21
9	7	7	20	10.6	30	4	92.93	1.53	6.14
10	8	8	20	10.75	30	4	92.83	1.53	6.05
11	9	9	20	12	30	4	92.00	1.53	5.23
12	10	10	20	12.1	30	4	91.93	1.53	5.16
13	11	11	20	12.8	30	4	91.47	1.53	4.71
14	12	12	20	12.2	30	4	91.87	1.53	5.10
15	13	13	20	13	30	4	91.33	1.53	4.58
16	14	14	20	9.2	30	4	93.87	1.53	7.06
18	15	15	20	13.25	30	4	91.17	1.53	4.41
19	16	16	20	13.3	30	4	91.13	1.53	4.38
20	17	17	20	14.7	30	4	90.20	1.53	3.46
22	18	18	20	17	30	4	88.67	1.53	1.96
23	19	19	20	17.56	30	4	88.29	1.53	1.59
24	20	20	20	13	30	4	91.33	1.53	4.58
25	21	21	20	14	30	4	90.67	1.53	3.92
26	22	22	20	13	30	4	91.33	1.53	4.58
28	23	23	20	13.5	30	4	91.00	1.53	4.25
29	24	24	20	13.5	30	4	91.00	1.53	4.25
30	25	25	20	13.1	30	4	91.27	1.53	4.51
1	26	26	20	15.82	30	17	55.18	1.53	2.73
2	27	27	20	14.41	30	17	59.17	1.53	3.65
3	28	28	20	15.65	30	17	55.66	1.53	2.84
4	29	29	20	14.47	30	17	59.00	1.53	3.61
5	30	30	20	14.55	30	17	58.78	1.53	3.56
6	31	31	20	13.19	30	17	62.63	1.53	4.45
8	32	32	20	12.34	30	17	65.04	1.53	5.01
9	33	33	20	11.37	30	17	67.79	1.53	5.64
11	34	34	20	12.5	30	17	64.58	1.53	4.90
12	35	35	20	13.01	30	17	63.14	1.53	4.57
15	36	36	20	11.32	30	17	67.93	1.53	5.67
17	37	37	20	9.4	30	17	73.37	1.53	6.93
23	38	38	20	10.9	30	17	69.12	1.53	5.95
24	39	39	20	2.35	30	17	93.34	1.53	11.54
27	40	40	20	3.45	30	17	90.23	1.53	10.82
28	41	41	20	4.65	30	17	86.83	1.53	10.03
29	42	42	20	4.8	30	17	86.40	1.53	9.93
1	43	43	20	15.31	30	10	74.48	1.53	3.07
3	44	44	20	9.14	30	10	84.77	1.53	7.10
5	45	45	20	11.1	30	10	81.50	1.53	5.82
7	46	46	20	6.13	30	10	89.78	1.53	9.07
9	47	47	20	8.4	30	10	86.00	1.53	7.58
11	48	48	20	6.05	30	10	89.92	1.53	9.12
13	49	49	20	3.8	30	10	93.67	1.53	10.59
15	50	50	20	8.4	30	10	86.00	1.53	7.58
17	51	51	20	8.35	30	10	86.08	1.53	7.61
19	52	52	20	6.25	30	10	89.58	1.53	8.99
21	53	53	20	8.3	30	10	86.17	1.53	7.65
25	54	54	20	3.82	30	10	93.63	1.53	10.58
28	55	55	20	8.18	30	10	86.37	1.53	7.73

Anexo 7: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO										
ESTACIÓN 4										
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DBOS)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (DBOS)	% REMOCIÓN DE DBOS	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)	
	1	1	20	14.2	30	3	92.90	1.53	3.79	
	2	2	20	14.1	30	3	92.95	1.53	3.86	
	4	3	20	14.7	30	3	92.65	1.53	3.46	
	6	4	20	15.2	30	3	92.40	1.53	3.14	
	8	5	20	15.32	30	3	92.34	1.53	3.06	
	9	6	20	16	30	3	92.00	1.53	2.61	
	10	7	20	17	30	3	91.50	1.53	1.96	
	11	8	20	16.8	30	3	91.60	1.53	2.09	
	12	9	20	16.9	30	3	91.55	1.53	2.03	
	13	10	20	17	30	3	91.50	1.53	1.96	
	14	11	20	17	30	3	91.50	1.53	1.96	
1	15	12	20	17	30	3	91.50	1.53	1.96	
	16	13	20	18	30	3	91.00	1.53	1.31	
	18	14	20	16.32	30	3	91.84	1.53	2.41	
	19	15	20	16.45	30	3	91.78	1.53	2.32	
	20	16	20	16.45	30	3	91.78	1.53	2.32	
	22	17	20	16.7	30	3	91.65	1.53	2.16	
	23	18	20	16.59	30	3	91.71	1.53	2.23	
	24	19	20	17	30	3	91.50	1.53	1.96	
	25	20	20	16	30	3	92.00	1.53	2.61	
	26	21	20	17.1	30	3	91.45	1.53	1.90	
	28	22	20	17.15	30	3	91.43	1.53	1.86	
	29	23	20	17.25	30	3	91.38	1.53	1.80	
	30	24	20	18	30	3	91.00	1.53	1.31	
	1	25	20	15.78	30	24	36.88	1.53	2.76	
	2	26	20	14.64	30	24	41.44	1.53	3.50	
	3	27	20	15.18	30	24	39.28	1.53	3.15	
	4	28	20	14.74	30	24	41.04	1.53	3.44	
	5	29	20	14.45	30	24	42.20	1.53	3.63	
	6	30	20	12.79	30	24	48.84	1.53	4.71	
	8	31	20	11.53	30	24	53.88	1.53	5.54	
	9	32	20	11.43	30	24	54.28	1.53	5.60	
2	11	33	20	8.25	30	24	67.00	1.53	7.68	
	12	34	20	11.9	30	24	52.40	1.53	5.29	
	15	35	20	8.19	30	24	67.24	1.53	7.72	
	17	36	20	4.55	30	24	81.80	1.53	10.10	
	23	37	20	5.7	30	24	77.20	1.53	9.35	
	24	38	20	2.73	30	24	89.08	1.53	11.29	
	27	39	20	2.85	30	24	88.60	1.53	11.21	
	28	40	20	3.35	30	24	86.60	1.53	10.88	
	29	41	20	3.4	30	24	86.40	1.53	10.85	
	1	42	20	12.12	30	8	83.84	1.53	5.15	
	3	43	20	11.82	30	8	84.24	1.53	5.35	
	5	44	20	11.15	30	8	85.13	1.53	5.78	
	7	45	20	7.37	30	8	90.17	1.53	8.25	
	9	46	20	7.5	30	8	90.00	1.53	8.17	
	11	47	20	7.08	30	8	90.56	1.53	8.44	
3	15	48	20	6.9	30	8	90.80	1.53	8.56	
	17	49	20	6.85	30	8	90.87	1.53	8.59	
	19	50	20	3.215	30	8	95.71	1.53	10.97	
	21	51	20	1.65	30	8	97.80	1.53	11.99	
	25	52	20	5.03	30	8	93.29	1.53	9.78	
	28	53	20	7.37	30	8	90.17	1.53	8.25	

Anexo 8: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de demanda química de oxígeno en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO									
CONTROL									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DQO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (DQO)	% REMOCIÓN DE DQO	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	8	84	38	81.90	1.53	7.84
	2	2	20	5.85	84	38	86.77	1.53	9.25
	3	3	20	8.55	84	38	80.66	1.53	7.48
	4	4	20	15	84	38	66.07	1.53	3.27
	5	5	20	13.25	84	38	70.03	1.53	4.41
	6	6	20	17	84	38	61.55	1.53	1.96
	8	7	20	17.2	84	38	61.10	1.53	1.83
	9	8	20	17.5	84	38	60.42	1.53	1.63
	10	9	20	16.8	84	38	62.00	1.53	2.09
	11	10	20	16.9	84	38	61.77	1.53	2.03
	12	11	20	16.55	84	38	62.57	1.53	2.25
	13	12	20	16	84	38	63.81	1.53	2.61
1	14	13	20	16.25	84	38	63.24	1.53	2.45
	15	14	20	16.9	84	38	61.77	1.53	2.03
	16	15	20	17	84	38	61.55	1.53	1.96
	18	16	20	17.25	84	38	60.98	1.53	1.80
	19	17	20	16.36	84	38	63.00	1.53	2.38
	20	18	20	16.24	84	38	63.27	1.53	2.46
	22	19	20	17.5	84	38	60.42	1.53	1.63
	23	20	20	17.8	84	38	59.74	1.53	1.44
	24	21	20	16.45	84	38	62.79	1.53	2.32
	25	22	20	16.65	84	38	62.34	1.53	2.19
	26	23	20	16.35	84	38	63.02	1.53	2.39
	28	24	20	17.8	84	38	59.74	1.53	1.44
	29	25	20	17	84	38	61.55	1.53	1.96
	30	26	20	17.1	84	38	61.32	1.53	1.90
	1	27	20	15.17	171	171	24.15	1.53	3.16
	2	28	20	15.7	171	171	21.50	1.53	2.81
	4	29	20	16.37	171	171	18.15	1.53	2.37
	5	30	20	14.45	171	171	27.75	1.53	3.63
	8	31	20	10.97	171	171	45.15	1.53	5.90
	9	32	20	13.83	171	171	30.85	1.53	4.03
2	11	33	20	12.75	171	171	36.25	1.53	4.74
	15	34	20	11.8	171	171	41.00	1.53	5.36
	17	35	20	11.3	171	171	43.50	1.53	5.69
	23	36	20	9.85	171	171	50.75	1.53	6.63
	24	37	20	3.28	171	171	83.60	1.53	10.93
	27	38	20	3.57	171	171	82.15	1.53	10.74
	28	39	20	4.8	171	171	76.00	1.53	9.93
	29	40	20	3.95	171	171	80.25	1.53	10.49
	1	41	20	10.34	84	43	73.53	1.53	6.31
	3	42	20	14.42	84	43	63.09	1.53	3.65
	5	43	20	14.45	84	43	63.01	1.53	3.63
	7	44	20	12.92	84	43	66.93	1.53	4.63
	9	45	20	10.84	84	43	72.25	1.53	5.99
	11	46	20	13.79	84	43	64.70	1.53	4.06
3	13	47	20	9.4	84	43	75.94	1.53	6.93
	15	48	20	8.15	84	43	79.14	1.53	7.75
	17	49	20	9.15	84	43	76.58	1.53	7.09
	19	50	20	11.45	84	43	70.69	1.53	5.59
	21	51	20	12.9	84	43	66.98	1.53	4.64
	25	52	20	12.44	84	43	68.16	1.53	4.94
	28	53	20	14.41	84	43	63.12	1.53	3.65

Anexo 9: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de demanda química de oxígeno en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO									
ESTACIÓN 2									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DQO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (DQO)	% REMOCIÓN DE DQO	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	9	84	42	77.50	1.53	7.19
	2	2	20	7.8	84	42	80.50	1.53	7.97
	3	3	20	12.15	84	42	69.63	1.53	5.13
	4	4	20	15.25	84	42	61.88	1.53	3.10
	5	5	20	14.85	84	42	62.88	1.53	3.37
	6	6	20	13.6	84	42	66.00	1.53	4.18
	7	7	20	14.4	84	42	64.00	1.53	3.66
	8	8	20	13.55	84	42	66.13	1.53	4.22
	9	9	20	16.66	84	42	58.35	1.53	2.18
	10	10	20	16	84	42	60.00	1.53	2.61
	11	11	20	11.6	84	42	71.00	1.53	5.49
	12	12	20	11.53	84	42	71.18	1.53	5.54
	13	13	20	11.1	84	42	72.25	1.53	5.82
1	14	14	20	11	84	42	72.50	1.53	5.88
	15	15	20	13.8	84	42	65.50	1.53	4.05
	16	16	20	10.33	84	42	74.18	1.53	6.32
	18	17	20	12.4	84	42	69.00	1.53	4.97
	19	18	20	12.5	84	42	68.75	1.53	4.90
	20	19	20	4.4	84	42	89.00	1.53	10.20
	22	20	20	18	84	42	55.00	1.53	1.31
	23	21	20	18	84	42	55.00	1.53	1.31
	24	22	20	16.3	84	42	59.25	1.53	2.42
	25	23	20	16.8	84	42	58.00	1.53	2.09
	26	24	20	16.35	84	42	59.13	1.53	2.39
	28	25	20	17	84	42	57.50	1.53	1.96
	29	26	20	17.6	84	42	56.00	1.53	1.57
	30	27	20	17	84	42	57.50	1.53	1.96
	1	28	20	13.81	84	59	51.50	1.53	4.05
	2	29	20	13.33	84	59	53.19	1.53	4.36
	3	30	20	13.43	84	59	52.84	1.53	4.29
	4	31	20	13.07	84	59	54.10	1.53	4.53
	5	32	20	12.7	84	59	55.40	1.53	4.77
	6	33	20	11.33	84	59	60.21	1.53	5.67
	8	34	20	10.54	84	59	62.98	1.53	6.18
	9	35	20	8.29	84	59	70.89	1.53	7.65
2	11	36	20	6.25	84	59	78.05	1.53	8.99
	12	37	20	8.14	84	59	71.41	1.53	7.75
	15	38	20	6.57	84	59	76.93	1.53	8.78
	17	39	20	2.2	84	59	92.27	1.53	11.63
	23	40	20	7.1	84	59	75.07	1.53	8.43
	24	41	20	6.54	84	59	77.03	1.53	8.80
	27	42	20	6.63	84	59	76.72	1.53	8.74
	28	43	20	5.7	84	59	79.98	1.53	9.35
	29	44	20	4.89	84	59	82.83	1.53	9.88
	9	45	20	16.06	84	38	63.67	1.53	2.58
	11	46	20	12.86	84	38	70.91	1.53	4.67
	13	47	20	13.35	84	38	69.80	1.53	4.35
	15	48	20	12.3	84	38	72.18	1.53	5.03
3	17	49	20	12.5	84	38	71.73	1.53	4.90
	19	50	20	10.05	84	38	77.27	1.53	6.50
	21	51	20	14.6	84	38	66.98	1.53	3.53
	25	52	20	9.35	84	38	78.85	1.53	6.96
	28	53	20	12.27	84	38	72.25	1.53	5.05

Anexo 10: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de demanda química de oxígeno en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO									
ESTACIÓN 3									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DQO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (DQO)	% REMOCIÓN DE DQO	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	10	84	42	75.00	1.53	6.54
	2	2	20	10	84	42	75.00	1.53	6.54
	4	3	20	11.15	84	42	72.13	1.53	5.78
	5	4	20	10.5	84	42	73.75	1.53	6.21
	6	5	20	11	84	42	72.50	1.53	5.88
	8	6	20	10.5	84	42	73.75	1.53	6.21
	9	7	20	10.6	84	42	73.50	1.53	6.14
	10	8	20	10.75	84	42	73.13	1.53	6.05
	11	9	20	12	84	42	70.00	1.53	5.23
	12	10	20	12.1	84	42	69.75	1.53	5.16
	13	11	20	12.8	84	42	68.00	1.53	4.71
	14	12	20	12.2	84	42	69.50	1.53	5.10
1	15	13	20	13	84	42	67.50	1.53	4.58
	16	14	20	9.2	84	42	77.00	1.53	7.06
	18	15	20	13.25	84	42	66.88	1.53	4.41
	19	16	20	13.3	84	42	66.75	1.53	4.38
	20	17	20	14.7	84	42	63.25	1.53	3.46
	22	18	20	17	84	42	57.50	1.53	1.96
	23	19	20	17.56	84	42	56.10	1.53	1.59
	24	20	20	13	84	42	67.50	1.53	4.58
	25	21	20	14	84	42	65.00	1.53	3.92
	26	22	20	13	84	42	67.50	1.53	4.58
	28	23	20	13.5	84	42	66.25	1.53	4.25
	29	24	20	13.5	84	42	66.25	1.53	4.25
	30	25	20	13.1	84	42	67.25	1.53	4.51
	1	26	20	15.82	84	48	54.80	1.53	2.73
	2	27	20	14.41	84	48	58.83	1.53	3.65
	3	28	20	15.65	84	48	55.29	1.53	2.84
	4	29	20	14.47	84	48	58.66	1.53	3.61
	5	30	20	14.55	84	48	58.43	1.53	3.56
	6	31	20	13.19	84	48	62.31	1.53	4.45
	8	32	20	12.34	84	48	64.74	1.53	5.01
	9	33	20	11.37	84	48	67.51	1.53	5.64
2	11	34	20	12.5	84	48	64.29	1.53	4.90
	12	35	20	13.01	84	48	62.83	1.53	4.57
	15	36	20	11.32	84	48	67.66	1.53	5.67
	17	37	20	9.4	84	48	73.14	1.53	6.93
	23	38	20	10.9	84	48	68.86	1.53	5.95
	24	39	20	2.35	84	48	93.29	1.53	11.54
	27	40	20	3.45	84	48	90.14	1.53	10.82
	28	41	20	4.65	84	48	86.71	1.53	10.03
	29	42	20	4.8	84	48	86.29	1.53	9.93
	1	43	20	15.31	84	35	68.10	1.53	3.07
	3	44	20	9.14	84	35	80.96	1.53	7.10
	5	45	20	11.1	84	35	76.88	1.53	5.82
	7	46	20	6.13	84	35	87.23	1.53	9.07
	9	47	20	8.4	84	35	82.50	1.53	7.58
	11	48	20	6.05	84	35	87.40	1.53	9.12
3	13	49	20	3.8	84	35	92.08	1.53	10.59
	15	50	20	8.4	84	35	82.50	1.53	7.58
	17	51	20	8.35	84	35	82.60	1.53	7.61
	19	52	20	6.25	84	35	86.98	1.53	8.99
	21	53	20	8.3	84	35	82.71	1.53	7.65
	25	54	20	3.82	84	35	92.04	1.53	10.58
	28	55	20	8.18	84	35	82.96	1.53	7.73

Anexo 11: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de demanda química de oxígeno en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO									
ESTACIÓN 4									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DQO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (DQO)	% REMOCIÓN DE DQO	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	14.2	84	35	70.42	1.53	3.79
	2	2	20	14.1	84	35	70.63	1.53	3.86
	4	3	20	14.7	84	35	69.38	1.53	3.46
	6	4	20	15.2	84	35	68.33	1.53	3.14
	8	5	20	15.32	84	35	68.08	1.53	3.06
	9	6	20	16	84	35	66.67	1.53	2.61
	10	7	20	17	84	35	64.58	1.53	1.96
	11	8	20	16.8	84	35	65.00	1.53	2.09
	12	9	20	16.9	84	35	64.79	1.53	2.03
	13	10	20	17	84	35	64.58	1.53	1.96
	14	11	20	17	84	35	64.58	1.53	1.96
	15	12	20	17	84	35	64.58	1.53	1.96
1	16	13	20	18	84	35	62.50	1.53	1.31
	18	14	20	16.32	84	35	66.00	1.53	2.41
	19	15	20	16.45	84	35	65.73	1.53	2.32
	20	16	20	16.45	84	35	65.73	1.53	2.32
	22	17	20	16.7	84	35	65.21	1.53	2.16
	23	18	20	16.59	84	35	65.44	1.53	2.23
	24	19	20	17	84	35	64.58	1.53	1.96
	25	20	20	16	84	35	66.67	1.53	2.61
	26	21	20	17.1	84	35	64.38	1.53	1.90
	28	22	20	17.15	84	35	64.27	1.53	1.86
	29	23	20	17.25	84	35	64.06	1.53	1.80
	30	24	20	18	84	35	62.50	1.53	1.31
	1	25	20	15.78	84	64	39.89	1.53	2.76
	2	26	20	14.64	84	64	44.23	1.53	3.50
	3	27	20	15.18	84	64	42.17	1.53	3.15
	4	28	20	14.74	84	64	43.85	1.53	3.44
	5	29	20	14.45	84	64	44.95	1.53	3.63
	6	30	20	12.79	84	64	51.28	1.53	4.71
	8	31	20	11.53	84	64	56.08	1.53	5.54
	9	32	20	11.43	84	64	56.46	1.53	5.60
2	11	33	20	8.25	84	64	68.57	1.53	7.68
	12	34	20	11.9	84	64	54.67	1.53	5.29
	15	35	20	8.19	84	64	68.80	1.53	7.72
	17	36	20	4.55	84	64	82.67	1.53	10.10
	23	37	20	5.7	84	64	78.29	1.53	9.35
	24	38	20	2.73	84	64	89.60	1.53	11.29
	27	39	20	2.85	84	64	89.14	1.53	11.21
	28	40	20	3.35	84	64	87.24	1.53	10.88
	29	41	20	3.4	84	64	87.05	1.53	10.85
	1	42	20	12.12	84	24	82.69	1.53	5.15
	3	43	20	11.82	84	24	83.11	1.53	5.35
	5	44	20	11.15	84	24	84.07	1.53	5.78
	7	45	20	7.37	84	24	89.47	1.53	8.25
	9	46	20	7.5	84	24	89.29	1.53	8.17
3	11	47	20	7.08	84	24	89.89	1.53	8.44
	15	48	20	6.9	84	24	90.14	1.53	8.56
	17	49	20	6.85	84	24	90.21	1.53	8.59
	19	50	20	3.215	84	24	95.41	1.53	10.97
	21	51	20	1.65	84	24	97.64	1.53	11.99
	25	52	20	5.03	84	24	92.81	1.53	9.78
	28	53	20	7.37	84	24	89.47	1.53	8.25

Anexo 12: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de S.A.A.M. detergentes en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE S.A.A.M. DETERGENTES									
CONTROL									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DQO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (S.A.A.M)	% REMOCIÓN DE S.A.A.M.	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	8	0.15	0.069	81.6	1.53	7.84
	2	2	20	5.85	0.15	0.069	86.545	1.53	9.25
	3	3	20	8.55	0.15	0.069	80.335	1.53	7.48
	4	4	20	15	0.15	0.069	65.5	1.53	3.27
	5	5	20	13.25	0.15	0.069	69.525	1.53	4.41
	6	6	20	17	0.15	0.069	60.9	1.53	1.96
	8	7	20	17.2	0.15	0.069	60.44	1.53	1.83
	9	8	20	17.5	0.15	0.069	59.75	1.53	1.63
	10	9	20	16.8	0.15	0.069	61.36	1.53	2.09
	11	10	20	16.9	0.15	0.069	61.13	1.53	2.03
	12	11	20	16.55	0.15	0.069	61.935	1.53	2.25
	13	12	20	16	0.15	0.069	63.2	1.53	2.61
1	14	13	20	16.25	0.15	0.069	62.625	1.53	2.45
	15	14	20	16.9	0.15	0.069	61.13	1.53	2.03
	16	15	20	17	0.15	0.069	60.9	1.53	1.96
	18	16	20	17.25	0.15	0.069	60.325	1.53	1.80
	19	17	20	16.36	0.15	0.069	62.372	1.53	2.38
	20	18	20	16.24	0.15	0.069	62.648	1.53	2.46
	22	19	20	17.5	0.15	0.069	59.75	1.53	1.63
	23	20	20	17.8	0.15	0.069	59.06	1.53	1.44
	24	21	20	16.45	0.15	0.069	62.165	1.53	2.32
	25	22	20	16.65	0.15	0.069	61.705	1.53	2.19
	26	23	20	16.35	0.15	0.069	62.395	1.53	2.39
	28	24	20	17.8	0.15	0.069	59.06	1.53	1.44
	29	25	20	17	0.15	0.069	60.9	1.53	1.96
	30	26	20	17.1	0.15	0.069	60.67	1.53	1.90
	1	27	20	15.17	0.15	0.054	72.694	1.53	3.16
	2	28	20	15.7	0.15	0.054	71.74	1.53	2.81
	4	29	20	16.37	0.15	0.054	70.534	1.53	2.37
	5	30	20	14.45	0.15	0.054	73.99	1.53	3.63
	8	31	20	10.97	0.15	0.054	80.254	1.53	5.90
	9	32	20	13.83	0.15	0.054	75.106	1.53	4.03
2	11	33	20	12.75	0.15	0.054	77.05	1.53	4.74
	15	34	20	11.8	0.15	0.054	78.76	1.53	5.36
	17	35	20	11.3	0.15	0.054	79.66	1.53	5.69
	23	36	20	9.85	0.15	0.054	82.27	1.53	6.63
	24	37	20	3.28	0.15	0.054	94.096	1.53	10.93
	27	38	20	3.57	0.15	0.054	93.574	1.53	10.74
	28	39	20	4.8	0.15	0.054	91.36	1.53	9.93
	29	40	20	3.95	0.15	0.054	92.89	1.53	10.49
	1	41	20	10.34	0.6	0.483	58.3815	1.53	6.31
	3	42	20	14.42	0.6	0.483	41.9595	1.53	3.65
	5	43	20	14.45	0.6	0.483	41.83875	1.53	3.63
	7	44	20	12.92	0.6	0.483	47.997	1.53	4.63
	9	45	20	10.84	0.6	0.483	56.369	1.53	5.99
	11	46	20	13.79	0.6	0.483	44.49525	1.53	4.06
3	13	47	20	9.4	0.6	0.483	62.165	1.53	6.93
	15	48	20	8.15	0.6	0.483	67.19625	1.53	7.75
	17	49	20	9.15	0.6	0.483	63.17125	1.53	7.09
	19	50	20	11.45	0.6	0.483	53.91375	1.53	5.59
	21	51	20	12.9	0.6	0.483	48.0775	1.53	4.64
	25	52	20	12.44	0.6	0.483	49.929	1.53	4.94
	28	53	20	14.41	0.6	0.483	41.99975	1.53	3.65

Anexo 13: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de S.A.A.M. detergentes en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE S.A.A.M. DETERGENTES

ESTACIÓN 2

MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DQO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (S.A.A.M)	% REMOCIÓN DE S.A.A.M.	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	9	0.15	0.059	82.30	1.53	7.19
	2	2	20	7.8	0.15	0.059	84.66	1.53	7.97
	3	3	20	12.15	0.15	0.059	76.11	1.53	5.13
	4	4	20	15.25	0.15	0.059	70.01	1.53	3.10
	5	5	20	14.85	0.15	0.059	70.80	1.53	3.37
	6	6	20	13.6	0.15	0.059	73.25	1.53	4.18
	7	7	20	14.4	0.15	0.059	71.68	1.53	3.66
	8	8	20	13.55	0.15	0.059	73.35	1.53	4.22
	9	9	20	16.66	0.15	0.059	67.24	1.53	2.18
	10	10	20	16	0.15	0.059	68.53	1.53	2.61
	11	11	20	11.6	0.15	0.059	77.19	1.53	5.49
	12	12	20	11.53	0.15	0.059	77.32	1.53	5.54
	13	13	20	11.1	0.15	0.059	78.17	1.53	5.82
1	14	14	20	11	0.15	0.059	78.37	1.53	5.88
	15	15	20	13.8	0.15	0.059	72.86	1.53	4.05
	16	16	20	10.33	0.15	0.059	79.68	1.53	6.32
	18	17	20	12.4	0.15	0.059	75.61	1.53	4.97
	19	18	20	12.5	0.15	0.059	75.42	1.53	4.90
	20	19	20	4.4	0.15	0.059	91.35	1.53	10.20
	22	20	20	18	0.15	0.059	64.60	1.53	1.31
	23	21	20	18	0.15	0.059	64.60	1.53	1.31
	24	22	20	16.3	0.15	0.059	67.94	1.53	2.42
	25	23	20	16.8	0.15	0.059	66.96	1.53	2.09
	26	24	20	16.35	0.15	0.059	67.85	1.53	2.39
	28	25	20	17	0.15	0.059	66.57	1.53	1.96
	29	26	20	17.6	0.15	0.059	65.39	1.53	1.57
	30	27	20	17	0.15	0.059	66.57	1.53	1.96
	1	28	20	13.81	0.15	0.049	77.44	1.53	4.05
	2	29	20	13.33	0.15	0.049	78.23	1.53	4.36
	3	30	20	13.43	0.15	0.049	78.06	1.53	4.29
	4	31	20	13.07	0.15	0.049	78.65	1.53	4.53
	5	32	20	12.7	0.15	0.049	79.26	1.53	4.77
	6	33	20	11.33	0.15	0.049	81.49	1.53	5.67
	8	34	20	10.54	0.15	0.049	82.78	1.53	6.18
	9	35	20	8.29	0.15	0.049	86.46	1.53	7.65
2	11	36	20	6.25	0.15	0.049	89.79	1.53	8.99
	12	37	20	8.14	0.15	0.049	86.70	1.53	7.75
	15	38	20	6.57	0.15	0.049	89.27	1.53	8.78
	17	39	20	2.2	0.15	0.049	96.41	1.53	11.63
	23	40	20	7.1	0.15	0.049	88.40	1.53	8.43
	24	41	20	6.54	0.15	0.049	89.32	1.53	8.80
	27	42	20	6.63	0.15	0.049	89.17	1.53	8.74
	28	43	20	5.7	0.15	0.049	90.69	1.53	9.35
	29	44	20	4.89	0.15	0.049	92.01	1.53	9.88
	9	45	20	16.06	0.15	0.163	12.74	1.53	2.58
	11	46	20	12.86	0.15	0.163	30.13	1.53	4.67
	13	47	20	13.35	0.15	0.163	27.47	1.53	4.35
	15	48	20	12.3	0.15	0.163	33.17	1.53	5.03
3	17	49	20	12.5	0.15	0.163	32.08	1.53	4.90
	19	50	20	10.05	0.15	0.163	45.40	1.53	6.50
	21	51	20	14.6	0.15	0.163	20.67	1.53	3.53
	25	52	20	9.35	0.15	0.163	49.20	1.53	6.96
	28	53	20	12.27	0.15	0.163	33.33	1.53	5.05

Anexo 14: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de S.A.A.M. detergentes en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE S.A.A.M. DETERGENTES									
ESTACIÓN 3									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DQO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (S.A.A.M)	% REMOCIÓN DE S.A.A.M.	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	10	0.15	0.053	82.33	1.53	6.54
	2	2	20	10	0.15	0.053	82.33	1.53	6.54
	4	3	20	11.15	0.15	0.053	80.30	1.53	5.78
	5	4	20	10.5	0.15	0.053	81.45	1.53	6.21
	6	5	20	11	0.15	0.053	80.57	1.53	5.88
	8	6	20	10.5	0.15	0.053	81.45	1.53	6.21
	9	7	20	10.6	0.15	0.053	81.27	1.53	6.14
	10	8	20	10.75	0.15	0.053	81.01	1.53	6.05
	11	9	20	12	0.15	0.053	78.80	1.53	5.23
	12	10	20	12.1	0.15	0.053	78.62	1.53	5.16
	13	11	20	12.8	0.15	0.053	77.39	1.53	4.71
	14	12	20	12.2	0.15	0.053	78.45	1.53	5.10
1	15	13	20	13	0.15	0.053	77.03	1.53	4.58
	16	14	20	9.2	0.15	0.053	83.75	1.53	7.06
	18	15	20	13.25	0.15	0.053	76.59	1.53	4.41
	19	16	20	13.3	0.15	0.053	76.50	1.53	4.38
	20	17	20	14.7	0.15	0.053	74.03	1.53	3.46
	22	18	20	17	0.15	0.053	69.97	1.53	1.96
	23	19	20	17.56	0.15	0.053	68.98	1.53	1.59
	24	20	20	13	0.15	0.053	77.03	1.53	4.58
	25	21	20	14	0.15	0.053	75.27	1.53	3.92
	26	22	20	13	0.15	0.053	77.03	1.53	4.58
	28	23	20	13.5	0.15	0.053	76.15	1.53	4.25
	29	24	20	13.5	0.15	0.053	76.15	1.53	4.25
	30	25	20	13.1	0.15	0.053	76.86	1.53	4.51
	1	26	20	15.82	0.15	0.043	77.32	1.53	2.73
	2	27	20	14.41	0.15	0.043	79.35	1.53	3.65
	3	28	20	15.65	0.15	0.043	77.57	1.53	2.84
	4	29	20	14.47	0.15	0.043	79.26	1.53	3.61
	5	30	20	14.55	0.15	0.043	79.15	1.53	3.56
	6	31	20	13.19	0.15	0.043	81.09	1.53	4.45
	8	32	20	12.34	0.15	0.043	82.31	1.53	5.01
	9	33	20	11.37	0.15	0.043	83.70	1.53	5.64
2	11	34	20	12.5	0.15	0.043	82.08	1.53	4.90
	12	35	20	13.01	0.15	0.043	81.35	1.53	4.57
	15	36	20	11.32	0.15	0.043	83.77	1.53	5.67
	17	37	20	9.4	0.15	0.043	86.53	1.53	6.93
	23	38	20	10.9	0.15	0.043	84.38	1.53	5.95
	24	39	20	2.35	0.15	0.043	96.63	1.53	11.54
	27	40	20	3.45	0.15	0.043	95.06	1.53	10.82
	28	41	20	4.65	0.15	0.043	93.34	1.53	10.03
	29	42	20	4.8	0.15	0.043	93.12	1.53	9.93
	1	43	20	15.31	0.15	0.096	51.01	1.53	3.07
	3	44	20	9.14	0.15	0.096	70.75	1.53	7.10
	5	45	20	11.1	0.15	0.096	64.48	1.53	5.82
	7	46	20	6.13	0.15	0.096	80.38	1.53	9.07
	9	47	20	8.4	0.15	0.096	73.12	1.53	7.58
	11	48	20	6.05	0.15	0.096	80.64	1.53	9.12
3	13	49	20	3.8	0.15	0.096	87.84	1.53	10.59
	15	50	20	8.4	0.15	0.096	73.12	1.53	7.58
	17	51	20	8.35	0.15	0.096	73.28	1.53	7.61
	19	52	20	6.25	0.15	0.096	80.00	1.53	8.99
	21	53	20	8.3	0.15	0.096	73.44	1.53	7.65
	25	54	20	3.82	0.15	0.096	87.78	1.53	10.58
	28	55	20	8.18	0.15	0.096	73.82	1.53	7.73

Anexo 15: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de S.A.A.M. detergentes en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE S.A.A.M. DETERGENTES									
ESTACIÓN 4									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (DQO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (S.A.A.M)	% REMOCIÓN DE S.A.A.M.	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	14.2	0.15	0.035	83.43	1.53	3.79
	2	2	20	14.1	0.15	0.035	83.55	1.53	3.86
	4	3	20	14.7	0.15	0.035	82.85	1.53	3.46
	6	4	20	15.2	0.15	0.035	82.27	1.53	3.14
	8	5	20	15.32	0.15	0.035	82.13	1.53	3.06
	9	6	20	16	0.15	0.035	81.33	1.53	2.61
	10	7	20	17	0.15	0.035	80.17	1.53	1.96
	11	8	20	16.8	0.15	0.035	80.40	1.53	2.09
	12	9	20	16.9	0.15	0.035	80.28	1.53	2.03
	13	10	20	17	0.15	0.035	80.17	1.53	1.96
	14	11	20	17	0.15	0.035	80.17	1.53	1.96
1	15	12	20	17	0.15	0.035	80.17	1.53	1.96
	16	13	20	18	0.15	0.035	79.00	1.53	1.31
	18	14	20	16.32	0.15	0.035	80.96	1.53	2.41
	19	15	20	16.45	0.15	0.035	80.81	1.53	2.32
	20	16	20	16.45	0.15	0.035	80.81	1.53	2.32
	22	17	20	16.7	0.15	0.035	80.52	1.53	2.16
	23	18	20	16.59	0.15	0.035	80.65	1.53	2.23
	24	19	20	17	0.15	0.035	80.17	1.53	1.96
	25	20	20	16	0.15	0.035	81.33	1.53	2.61
	26	21	20	17.1	0.15	0.035	80.05	1.53	1.90
	28	22	20	17.15	0.15	0.035	79.99	1.53	1.86
	29	23	20	17.25	0.15	0.035	79.88	1.53	1.80
	30	24	20	18	0.15	0.035	79.00	1.53	1.31
	1	25	20	15.78	0.15	0.025	86.85	1.53	2.76
	2	26	20	14.64	0.15	0.025	87.80	1.53	3.50
	3	27	20	15.18	0.15	0.025	87.35	1.53	3.15
	4	28	20	14.74	0.15	0.025	87.72	1.53	3.44
	5	29	20	14.45	0.15	0.025	87.96	1.53	3.63
	6	30	20	12.79	0.15	0.025	89.34	1.53	4.71
	8	31	20	11.53	0.15	0.025	90.39	1.53	5.54
	9	32	20	11.43	0.15	0.025	90.48	1.53	5.60
2	11	33	20	8.25	0.15	0.025	93.13	1.53	7.68
	12	34	20	11.9	0.15	0.025	90.08	1.53	5.29
	15	35	20	8.19	0.15	0.025	93.18	1.53	7.72
	17	36	20	4.55	0.15	0.025	96.21	1.53	10.10
	23	37	20	5.7	0.15	0.025	95.25	1.53	9.35
	24	38	20	2.73	0.15	0.025	97.73	1.53	11.29
	27	39	20	2.85	0.15	0.025	97.63	1.53	11.21
	28	40	20	3.35	0.15	0.025	97.21	1.53	10.88
	29	41	20	3.4	0.15	0.025	97.17	1.53	10.85
	1	42	20	12.12	0.15	0.138	44.25	1.53	5.15
	3	43	20	11.82	0.15	0.138	45.63	1.53	5.35
	5	44	20	11.15	0.15	0.138	48.71	1.53	5.78
	7	45	20	7.37	0.15	0.138	66.10	1.53	8.25
	9	46	20	7.5	0.15	0.138	65.50	1.53	8.17
3	11	47	20	7.08	0.15	0.138	67.43	1.53	8.44
	15	48	20	6.9	0.15	0.138	68.26	1.53	8.56
	17	49	20	6.85	0.15	0.138	68.49	1.53	8.59
	19	50	20	3.215	0.15	0.138	85.21	1.53	10.97
	21	51	20	1.65	0.15	0.138	92.41	1.53	11.99
	25	52	20	5.03	0.15	0.138	76.86	1.53	9.78
	28	53	20	7.37	0.15	0.138	66.10	1.53	8.25

Anexo 16: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de nitrato en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE NITRATO									
CONTROL									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (NITRATO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (NITRATO)	% REMOCIÓN DE NITRATO	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	8	27.91	27.91	60.00	1.53	7.84
	2	2	20	5.85	27.91	27.91	70.75	1.53	9.25
	3	3	20	8.55	27.91	27.91	57.25	1.53	7.48
	4	4	20	15	27.91	27.91	25.00	1.53	3.27
	5	5	20	13.25	27.91	27.91	33.75	1.53	4.41
	6	6	20	17	27.91	27.91	15.00	1.53	1.96
	8	7	20	17.2	27.91	27.91	14.00	1.53	1.83
	9	8	20	17.5	27.91	27.91	12.50	1.53	1.63
	10	9	20	16.8	27.91	27.91	16.00	1.53	2.09
	11	10	20	16.9	27.91	27.91	15.50	1.53	2.03
	12	11	20	16.55	27.91	27.91	17.25	1.53	2.25
	13	12	20	16	27.91	27.91	20.00	1.53	2.61
1	14	13	20	16.25	27.91	27.91	18.75	1.53	2.45
	15	14	20	16.9	27.91	27.91	15.50	1.53	2.03
	16	15	20	17	27.91	27.91	15.00	1.53	1.96
	18	16	20	17.25	27.91	27.91	13.75	1.53	1.80
	19	17	20	16.36	27.91	27.91	18.20	1.53	2.38
	20	18	20	16.24	27.91	27.91	18.80	1.53	2.46
	22	19	20	17.5	27.91	27.91	12.50	1.53	1.63
	23	20	20	17.8	27.91	27.91	11.00	1.53	1.44
	24	21	20	16.45	27.91	27.91	17.75	1.53	2.32
	25	22	20	16.65	27.91	27.91	16.75	1.53	2.19
	26	23	20	16.35	27.91	27.91	18.25	1.53	2.39
	28	24	20	17.8	27.91	27.91	11.00	1.53	1.44
	29	25	20	17	27.91	27.91	15.00	1.53	1.96
	30	26	20	17.1	27.91	27.91	14.50	1.53	1.90
	1	27	20	15.17	0.08	0.07	33.63	1.53	3.16
	2	28	20	15.7	0.08	0.07	31.31	1.53	2.81
	4	29	20	16.37	0.08	0.07	28.38	1.53	2.37
	5	30	20	14.45	0.08	0.07	36.78	1.53	3.63
	8	31	20	10.97	0.08	0.07	52.01	1.53	5.90
	9	32	20	13.83	0.08	0.07	39.49	1.53	4.03
2	11	33	20	12.75	0.08	0.07	44.22	1.53	4.74
	15	34	20	11.8	0.08	0.07	48.38	1.53	5.36
	17	35	20	11.3	0.08	0.07	50.56	1.53	5.69
	23	36	20	9.85	0.08	0.07	56.91	1.53	6.63
	24	37	20	3.28	0.08	0.07	85.65	1.53	10.93
	27	38	20	3.57	0.08	0.07	84.38	1.53	10.74
	28	39	20	4.8	0.08	0.07	79.00	1.53	9.93
	29	40	20	3.95	0.08	0.07	82.72	1.53	10.49
	1	41	20	10.34	58.797	58.597	48.48	1.53	6.31
	3	42	20	14.42	58.797	58.597	28.15	1.53	3.65
	5	43	20	14.45	58.797	58.597	28.00	1.53	3.63
	7	44	20	12.92	58.797	58.597	35.62	1.53	4.63
	9	45	20	10.84	58.797	58.597	45.98	1.53	5.99
	11	46	20	13.79	58.797	58.597	31.28	1.53	4.06
3	13	47	20	9.4	58.797	58.597	53.16	1.53	6.93
	15	48	20	8.15	58.797	58.597	59.39	1.53	7.75
	17	49	20	9.15	58.797	58.597	54.41	1.53	7.09
	19	50	20	11.45	58.797	58.597	42.94	1.53	5.59
	21	51	20	12.9	58.797	58.597	35.72	1.53	4.64
	25	52	20	12.44	58.797	58.597	38.01	1.53	4.94
	28	53	20	14.41	58.797	58.597	28.20	1.53	3.65

Anexo 17: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de nitrato en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE NITRATO									
ESTACIÓN 2									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (NITRATO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (NITRATO)	% REMOCIÓN DE NITRATO	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	9	3.612	3.612	55	1.53	7.19
	2	2	20	7.8	3.612	3.612	61	1.53	7.97
	3	3	20	12.15	3.612	3.612	39.25	1.53	5.13
	4	4	20	15.25	3.612	3.612	23.75	1.53	3.10
	5	5	20	14.85	3.612	3.612	25.75	1.53	3.37
	6	6	20	13.6	3.612	3.612	32	1.53	4.18
	7	7	20	14.4	3.612	3.612	28	1.53	3.66
	8	8	20	13.55	3.612	3.612	32.25	1.53	4.22
	9	9	20	16.66	3.612	3.612	16.7	1.53	2.18
	10	10	20	16	3.612	3.612	20	1.53	2.61
	11	11	20	11.6	3.612	3.612	42	1.53	5.49
	12	12	20	11.53	3.612	3.612	42.35	1.53	5.54
	13	13	20	11.1	3.612	3.612	44.5	1.53	5.82
1	14	14	20	11	3.612	3.612	45	1.53	5.88
	15	15	20	13.8	3.612	3.612	31	1.53	4.05
	16	16	20	10.33	3.612	3.612	48.35	1.53	6.32
	18	17	20	12.4	3.612	3.612	38	1.53	4.97
	19	18	20	12.5	3.612	3.612	37.5	1.53	4.90
	20	19	20	4.4	3.612	3.612	78	1.53	10.20
	22	20	20	18	3.612	3.612	10	1.53	1.31
	23	21	20	18	3.612	3.612	10	1.53	1.31
	24	22	20	16.3	3.612	3.612	18.5	1.53	2.42
	25	23	20	16.8	3.612	3.612	16	1.53	2.09
	26	24	20	16.35	3.612	3.612	18.25	1.53	2.39
	28	25	20	17	3.612	3.612	15	1.53	1.96
	29	26	20	17.6	3.612	3.612	12	1.53	1.57
	30	27	20	17	3.612	3.612	15	1.53	1.96
	1	28	20	13.81	79.236	79.236	30.95	1.53	4.05
	2	29	20	13.33	79.236	79.236	33.35	1.53	4.36
	3	30	20	13.43	79.236	79.236	32.85	1.53	4.29
	4	31	20	13.07	79.236	79.236	34.65	1.53	4.53
	5	32	20	12.7	79.236	79.236	36.5	1.53	4.77
	6	33	20	11.33	79.236	79.236	43.35	1.53	5.67
	8	34	20	10.54	79.236	79.236	47.3	1.53	6.18
	9	35	20	8.29	79.236	79.236	58.55	1.53	7.65
2	11	36	20	6.25	79.236	79.236	68.75	1.53	8.99
	12	37	20	8.14	79.236	79.236	59.3	1.53	7.75
	15	38	20	6.57	79.236	79.236	67.15	1.53	8.78
	17	39	20	2.2	79.236	79.236	89	1.53	11.63
	23	40	20	7.1	79.236	79.236	64.5	1.53	8.43
	24	41	20	6.54	79.236	79.236	67.3	1.53	8.80
	27	42	20	6.63	79.236	79.236	66.85	1.53	8.74
	28	43	20	5.7	79.236	79.236	71.5	1.53	9.35
	29	44	20	4.89	79.236	79.236	75.55	1.53	9.88
	9	45	20	16.06	11.152	11.152	19.7	1.53	2.58
	11	46	20	12.86	11.152	11.152	35.7	1.53	4.67
	13	47	20	13.35	11.152	11.152	33.25	1.53	4.35
	15	48	20	12.3	11.152	11.152	38.5	1.53	5.03
3	17	49	20	12.5	11.152	11.152	37.5	1.53	4.90
	19	50	20	10.05	11.152	11.152	49.75	1.53	6.50
	21	51	20	14.6	11.152	11.152	27	1.53	3.53
	25	52	20	9.35	11.152	11.152	53.25	1.53	6.96
	28	53	20	12.27	11.152	11.152	38.65	1.53	5.05

Anexo 18: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de nitrato en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE NITRATO									
ESTACIÓN 3									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (NITRATO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (NITRATO)	% REMOCIÓN DE NITRATO	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	10	3.648	3.648	50	1.53	6.54
	2	2	20	10	3.648	3.648	50	1.53	6.54
	4	3	20	11.15	3.648	3.648	44.25	1.53	5.78
	5	4	20	10.5	3.648	3.648	47.5	1.53	6.21
	6	5	20	11	3.648	3.648	45	1.53	5.88
	8	6	20	10.5	3.648	3.648	47.5	1.53	6.21
	9	7	20	10.6	3.648	3.648	47	1.53	6.14
	10	8	20	10.75	3.648	3.648	46.25	1.53	6.05
	11	9	20	12	3.648	3.648	40	1.53	5.23
	12	10	20	12.1	3.648	3.648	39.5	1.53	5.16
	13	11	20	12.8	3.648	3.648	36	1.53	4.71
	14	12	20	12.2	3.648	3.648	39	1.53	5.10
1	15	13	20	13	3.648	3.648	35	1.53	4.58
	16	14	20	9.2	3.648	3.648	54	1.53	7.06
	18	15	20	13.25	3.648	3.648	33.75	1.53	4.41
	19	16	20	13.3	3.648	3.648	33.5	1.53	4.38
	20	17	20	14.7	3.648	3.648	26.5	1.53	3.46
	22	18	20	17	3.648	3.648	15	1.53	1.96
	23	19	20	17.56	3.648	3.648	12.2	1.53	1.59
	24	20	20	13	3.648	3.648	35	1.53	4.58
	25	21	20	14	3.648	3.648	30	1.53	3.92
	26	22	20	13	3.648	3.648	35	1.53	4.58
	28	23	20	13.5	3.648	3.648	32.5	1.53	4.25
	29	24	20	13.5	3.648	3.648	32.5	1.53	4.25
	30	25	20	13.1	3.648	3.648	34.5	1.53	4.51
	1	26	20	15.82	8.028	8.028	20.9	1.53	2.73
	2	27	20	14.41	8.028	8.028	27.95	1.53	3.65
	3	28	20	15.65	8.028	8.028	21.75	1.53	2.84
	4	29	20	14.47	8.028	8.028	27.65	1.53	3.61
	5	30	20	14.55	8.028	8.028	27.25	1.53	3.56
	6	31	20	13.19	8.028	8.028	34.05	1.53	4.45
	8	32	20	12.34	8.028	8.028	38.3	1.53	5.01
	9	33	20	11.37	8.028	8.028	43.15	1.53	5.64
2	11	34	20	12.5	8.028	8.028	37.5	1.53	4.90
	12	35	20	13.01	8.028	8.028	34.95	1.53	4.57
	15	36	20	11.32	8.028	8.028	43.4	1.53	5.67
	17	37	20	9.4	8.028	8.028	53	1.53	6.93
	23	38	20	10.9	8.028	8.028	45.5	1.53	5.95
	24	39	20	2.35	8.028	8.028	88.25	1.53	11.54
	27	40	20	3.45	8.028	8.028	82.75	1.53	10.82
	28	41	20	4.65	8.028	8.028	76.75	1.53	10.03
	29	42	20	4.8	8.028	8.028	76	1.53	9.93
	1	43	20	15.31	4.736	4.736	23.45	1.53	3.07
	3	44	20	9.14	4.736	4.736	54.3	1.53	7.10
	5	45	20	11.1	4.736	4.736	44.5	1.53	5.82
	7	46	20	6.13	4.736	4.736	69.35	1.53	9.07
	9	47	20	8.4	4.736	4.736	58	1.53	7.58
	11	48	20	6.05	4.736	4.736	69.75	1.53	9.12
3	13	49	20	3.8	4.736	4.736	81	1.53	10.59
	15	50	20	8.4	4.736	4.736	58	1.53	7.58
	17	51	20	8.35	4.736	4.736	58.25	1.53	7.61
	19	52	20	6.25	4.736	4.736	68.75	1.53	8.99
	21	53	20	8.3	4.736	4.736	58.5	1.53	7.65
	25	54	20	3.82	4.736	4.736	80.9	1.53	10.58
	28	55	20	8.18	4.736	4.736	59.1	1.53	7.73

Anexo 19: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de nitrato en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE NITRATO										
ESTACIÓN 4										
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (NITRATO)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (NITRATO)	% REMOCIÓN DE NITRATO	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)	
1	1	1	20	14.2	4.095	4.095	29	1.53	3.79	
	2	2	20	14.1	4.095	4.095	29.5	1.53	3.86	
	4	3	20	14.7	4.095	4.095	26.5	1.53	3.46	
	6	4	20	15.2	4.095	4.095	24	1.53	3.14	
	8	5	20	15.32	4.095	4.095	23.4	1.53	3.06	
	9	6	20	16	4.095	4.095	20	1.53	2.61	
	10	7	20	17	4.095	4.095	15	1.53	1.96	
	11	8	20	16.8	4.095	4.095	16	1.53	2.09	
	12	9	20	16.9	4.095	4.095	15.5	1.53	2.03	
	13	10	20	17	4.095	4.095	15	1.53	1.96	
	14	11	20	17	4.095	4.095	15	1.53	1.96	
	15	12	20	17	4.095	4.095	15	1.53	1.96	
	16	13	20	18	4.095	4.095	10	1.53	1.31	
	18	14	20	16.32	4.095	4.095	18.4	1.53	2.41	
	19	15	20	16.45	4.095	4.095	17.75	1.53	2.32	
	20	16	20	16.45	4.095	4.095	17.75	1.53	2.32	
	22	17	20	16.7	4.095	4.095	16.5	1.53	2.16	
	23	18	20	16.59	4.095	4.095	17.05	1.53	2.23	
	24	19	20	17	4.095	4.095	15	1.53	1.96	
	25	20	20	16	4.095	4.095	20	1.53	2.61	
	26	21	20	17.1	4.095	4.095	14.5	1.53	1.90	
	28	22	20	17.15	4.095	4.095	14.25	1.53	1.86	
	29	23	20	17.25	4.095	4.095	13.75	1.53	1.80	
	30	24	20	18	4.095	4.095	10	1.53	1.31	
	2	1	25	20	15.78	4.446	4.446	21.1	1.53	2.76
		2	26	20	14.64	4.446	4.446	26.8	1.53	3.50
		3	27	20	15.18	4.446	4.446	24.1	1.53	3.15
		4	28	20	14.74	4.446	4.446	26.3	1.53	3.44
		5	29	20	14.45	4.446	4.446	27.75	1.53	3.63
		6	30	20	12.79	4.446	4.446	36.05	1.53	4.71
8		31	20	11.53	4.446	4.446	42.35	1.53	5.54	
9		32	20	11.43	4.446	4.446	42.85	1.53	5.60	
11		33	20	8.25	4.446	4.446	58.75	1.53	7.68	
12		34	20	11.9	4.446	4.446	40.5	1.53	5.29	
15		35	20	8.19	4.446	4.446	59.05	1.53	7.72	
17		36	20	4.55	4.446	4.446	77.25	1.53	10.10	
23		37	20	5.7	4.446	4.446	71.5	1.53	9.35	
24		38	20	2.73	4.446	4.446	86.35	1.53	11.29	
27		39	20	2.85	4.446	4.446	85.75	1.53	11.21	
28	40	20	3.35	4.446	4.446	83.25	1.53	10.88		
29	41	20	3.4	4.446	4.446	83	1.53	10.85		
3	1	42	20	12.12	1.814	1.814	39.4	1.53	5.15	
	3	43	20	11.82	1.814	1.814	40.9	1.53	5.35	
	5	44	20	11.15	1.814	1.814	44.25	1.53	5.78	
	7	45	20	7.37	1.814	1.814	63.15	1.53	8.25	
	9	46	20	7.5	1.814	1.814	62.5	1.53	8.17	
	11	47	20	7.08	1.814	1.814	64.6	1.53	8.44	
	15	48	20	6.9	1.814	1.814	65.5	1.53	8.56	
	17	49	20	6.85	1.814	1.814	65.75	1.53	8.59	
	19	50	20	3.215	1.814	1.814	83.925	1.53	10.97	
	21	51	20	1.65	1.814	1.814	91.75	1.53	11.99	
	25	52	20	5.03	1.814	1.814	74.85	1.53	9.78	
28	53	20	7.37	1.814	1.814	63.15	1.53	8.25		

Anexo 20: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de control del parámetro de coliformes fecales o termotolerantes en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES									
CONTROL									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (COLIFORMES)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (COLIFORMES)	% REMOCIÓN DE COLIFORMES	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	8	3500	79	99.10	1.53	7.84
	2	2	20	5.85	3500	79	99.34	1.53	9.25
	3	3	20	8.55	3500	79	99.04	1.53	7.48
	4	4	20	15	3500	79	98.31	1.53	3.27
	5	5	20	13.25	3500	79	98.50	1.53	4.41
	6	6	20	17	3500	79	98.08	1.53	1.96
	8	7	20	17.2	3500	79	98.06	1.53	1.83
	9	8	20	17.5	3500	79	98.03	1.53	1.63
	10	9	20	16.8	3500	79	98.10	1.53	2.09
	11	10	20	16.9	3500	79	98.09	1.53	2.03
	12	11	20	16.55	3500	79	98.13	1.53	2.25
	13	12	20	16	3500	79	98.19	1.53	2.61
1	14	13	20	16.25	3500	79	98.17	1.53	2.45
	15	14	20	16.9	3500	79	98.09	1.53	2.03
	16	15	20	17	3500	79	98.08	1.53	1.96
	18	16	20	17.25	3500	79	98.05	1.53	1.80
	19	17	20	16.36	3500	79	98.15	1.53	2.38
	20	18	20	16.24	3500	79	98.17	1.53	2.46
	22	19	20	17.5	3500	79	98.03	1.53	1.63
	23	20	20	17.8	3500	79	97.99	1.53	1.44
	24	21	20	16.45	3500	79	98.14	1.53	2.32
	25	22	20	16.65	3500	79	98.12	1.53	2.19
	26	23	20	16.35	3500	79	98.15	1.53	2.39
	28	24	20	17.8	3500	79	97.99	1.53	1.44
	29	25	20	17	3500	79	98.08	1.53	1.96
	30	26	20	17.1	3500	79	98.07	1.53	1.90
	1	27	20	15.17	3500	350	92.42	1.53	3.16
	2	28	20	15.7	3500	350	92.15	1.53	2.81
	4	29	20	16.37	3500	350	91.82	1.53	2.37
	5	30	20	14.45	3500	350	92.78	1.53	3.63
	8	31	20	10.97	3500	350	94.52	1.53	5.90
	9	32	20	13.83	3500	350	93.09	1.53	4.03
2	11	33	20	12.75	3500	350	93.63	1.53	4.74
	15	34	20	11.8	3500	350	94.10	1.53	5.36
	17	35	20	11.3	3500	350	94.35	1.53	5.69
	23	36	20	9.85	3500	350	95.08	1.53	6.63
	24	37	20	3.28	3500	350	98.36	1.53	10.93
	27	38	20	3.57	3500	350	98.22	1.53	10.74
	28	39	20	4.8	3500	350	97.60	1.53	9.93
	29	40	20	3.95	3500	350	98.03	1.53	10.49
	1	41	20	10.34	3500	240	96.45	1.53	6.31
	3	42	20	14.42	3500	240	95.06	1.53	3.65
	5	43	20	14.45	3500	240	95.05	1.53	3.63
	7	44	20	12.92	3500	240	95.57	1.53	4.63
	9	45	20	10.84	3500	240	96.28	1.53	5.99
	11	46	20	13.79	3500	240	95.27	1.53	4.06
3	13	47	20	9.4	3500	240	96.78	1.53	6.93
	15	48	20	8.15	3500	240	97.21	1.53	7.75
	17	49	20	9.15	3500	240	96.86	1.53	7.09
	19	50	20	11.45	3500	240	96.07	1.53	5.59
	21	51	20	12.9	3500	240	95.58	1.53	4.64
	25	52	20	12.44	3500	240	95.73	1.53	4.94
	28	53	20	14.41	3500	240	95.06	1.53	3.65

Anexo 21: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 2 del parámetro de coliformes fecales o termotolerantes en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES									
ESTACIÓN 2									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (COLIFORMES)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (COLIFORMES)	% REMOCIÓN DE COLIFORMES	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	9	3500	170	97.81	1.53	7.19
	2	2	20	7.8	3500	170	98.11	1.53	7.97
	3	3	20	12.15	3500	170	97.05	1.53	5.13
	4	4	20	15.25	3500	170	96.30	1.53	3.10
	5	5	20	14.85	3500	170	96.39	1.53	3.37
	6	6	20	13.6	3500	170	96.70	1.53	4.18
	7	7	20	14.4	3500	170	96.50	1.53	3.66
	8	8	20	13.55	3500	170	96.71	1.53	4.22
	9	9	20	16.66	3500	170	95.95	1.53	2.18
	10	10	20	16	3500	170	96.11	1.53	2.61
	11	11	20	11.6	3500	170	97.18	1.53	5.49
	12	12	20	11.53	3500	170	97.20	1.53	5.54
	13	13	20	11.1	3500	170	97.30	1.53	5.82
1	14	14	20	11	3500	170	97.33	1.53	5.88
	15	15	20	13.8	3500	170	96.65	1.53	4.05
	16	16	20	10.33	3500	170	97.49	1.53	6.32
	18	17	20	12.4	3500	170	96.99	1.53	4.97
	19	18	20	12.5	3500	170	96.96	1.53	4.90
	20	19	20	4.4	3500	170	98.93	1.53	10.20
	22	20	20	18	3500	170	95.63	1.53	1.31
	23	21	20	18	3500	170	95.63	1.53	1.31
	24	22	20	16.3	3500	170	96.04	1.53	2.42
	25	23	20	16.8	3500	170	95.92	1.53	2.09
	26	24	20	16.35	3500	170	96.03	1.53	2.39
	28	25	20	17	3500	170	95.87	1.53	1.96
	29	26	20	17.6	3500	170	95.73	1.53	1.57
	30	27	20	17	3500	170	95.87	1.53	1.96
	1	28	20	13.81	3500	240	95.27	1.53	4.05
	2	29	20	13.33	3500	240	95.43	1.53	4.36
	3	30	20	13.43	3500	240	95.40	1.53	4.29
	4	31	20	13.07	3500	240	95.52	1.53	4.53
	5	32	20	12.7	3500	240	95.65	1.53	4.77
	6	33	20	11.33	3500	240	96.12	1.53	5.67
	8	34	20	10.54	3500	240	96.39	1.53	6.18
	9	35	20	8.29	3500	240	97.16	1.53	7.65
2	11	36	20	6.25	3500	240	97.86	1.53	8.99
	12	37	20	8.14	3500	240	97.21	1.53	7.75
	15	38	20	6.57	3500	240	97.75	1.53	8.78
	17	39	20	2.2	3500	240	99.25	1.53	11.63
	23	40	20	7.1	3500	240	97.57	1.53	8.43
	24	41	20	6.54	3500	240	97.76	1.53	8.80
	27	42	20	6.63	3500	240	97.73	1.53	8.74
	28	43	20	5.7	3500	240	98.05	1.53	9.35
	29	44	20	4.89	3500	240	98.32	1.53	9.88
	9	45	20	16.06	3500	130	97.02	1.53	2.58
	11	46	20	12.86	3500	130	97.61	1.53	4.67
	13	47	20	13.35	3500	130	97.52	1.53	4.35
	15	48	20	12.3	3500	130	97.72	1.53	5.03
3	17	49	20	12.5	3500	130	97.68	1.53	4.90
	19	50	20	10.05	3500	130	98.13	1.53	6.50
	21	51	20	14.6	3500	130	97.29	1.53	3.53
	25	52	20	9.35	3500	130	98.26	1.53	6.96
	28	53	20	12.27	3500	130	97.72	1.53	5.05

Anexo 22: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 3 del parámetro de coliformes fecales o termotolerantes en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES

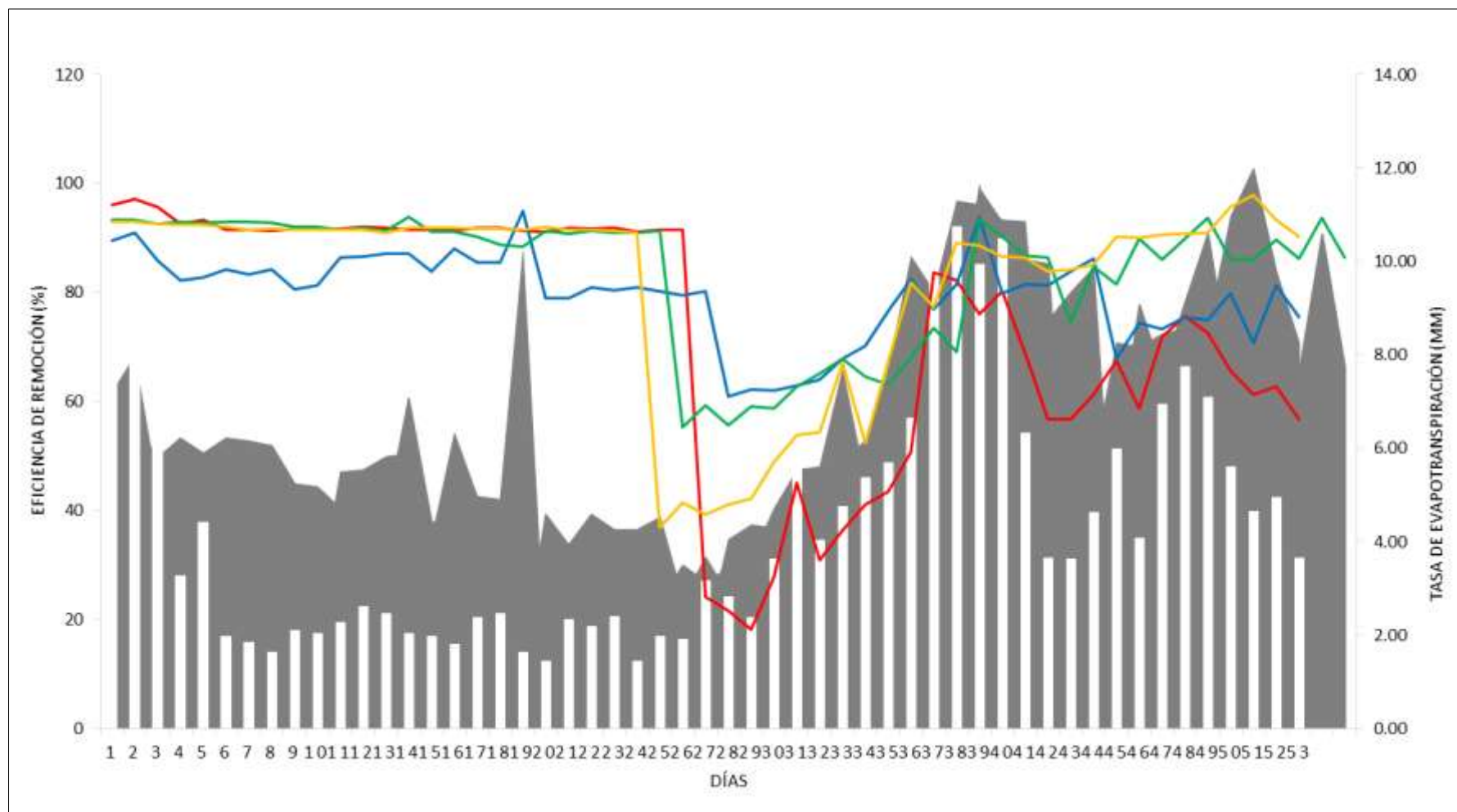
ESTACIÓN 3

MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (COLIFORMES)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (COLIFORMES)	% REMOCIÓN DE COLIFORMES	ÁREA (m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	10	3500	110	98.43	1.53	6.54
	2	2	20	10	3500	110	98.43	1.53	6.54
	4	3	20	11.15	3500	110	98.25	1.53	5.78
	5	4	20	10.5	3500	110	98.35	1.53	6.21
	6	5	20	11	3500	110	98.27	1.53	5.88
	8	6	20	10.5	3500	110	98.35	1.53	6.21
	9	7	20	10.6	3500	110	98.33	1.53	6.14
	10	8	20	10.75	3500	110	98.31	1.53	6.05
	11	9	20	12	3500	110	98.11	1.53	5.23
	12	10	20	12.1	3500	110	98.10	1.53	5.16
	13	11	20	12.8	3500	110	97.99	1.53	4.71
	14	12	20	12.2	3500	110	98.08	1.53	5.10
1	15	13	20	13	3500	110	97.96	1.53	4.58
	16	14	20	9.2	3500	110	98.55	1.53	7.06
	18	15	20	13.25	3500	110	97.92	1.53	4.41
	19	16	20	13.3	3500	110	97.91	1.53	4.38
	20	17	20	14.7	3500	110	97.69	1.53	3.46
	22	18	20	17	3500	110	97.33	1.53	1.96
	23	19	20	17.56	3500	110	97.24	1.53	1.59
	24	20	20	13	3500	110	97.96	1.53	4.58
	25	21	20	14	3500	110	97.80	1.53	3.92
	26	22	20	13	3500	110	97.96	1.53	4.58
	28	23	20	13.5	3500	110	97.88	1.53	4.25
	29	24	20	13.5	3500	110	97.88	1.53	4.25
	30	25	20	13.1	3500	110	97.94	1.53	4.51
	1	26	20	15.82	3500	130	97.06	1.53	2.73
	2	27	20	14.41	3500	130	97.32	1.53	3.65
	3	28	20	15.65	3500	130	97.09	1.53	2.84
	4	29	20	14.47	3500	130	97.31	1.53	3.61
	5	30	20	14.55	3500	130	97.30	1.53	3.56
	6	31	20	13.19	3500	130	97.55	1.53	4.45
	8	32	20	12.34	3500	130	97.71	1.53	5.01
	9	33	20	11.37	3500	130	97.89	1.53	5.64
2	11	34	20	12.5	3500	130	97.68	1.53	4.90
	12	35	20	13.01	3500	130	97.58	1.53	4.57
	15	36	20	11.32	3500	130	97.90	1.53	5.67
	17	37	20	9.4	3500	130	98.25	1.53	6.93
	23	38	20	10.9	3500	130	97.98	1.53	5.95
	24	39	20	2.35	3500	130	99.56	1.53	11.54
	27	40	20	3.45	3500	130	99.36	1.53	10.82
	28	41	20	4.65	3500	130	99.14	1.53	10.03
	29	42	20	4.8	3500	130	99.11	1.53	9.93
	1	43	20	15.31	3500	140	96.94	1.53	3.07
	3	44	20	9.14	3500	140	98.17	1.53	7.10
	5	45	20	11.1	3500	140	97.78	1.53	5.82
	7	46	20	6.13	3500	140	98.77	1.53	9.07
	9	47	20	8.4	3500	140	98.32	1.53	7.58
	11	48	20	6.05	3500	140	98.79	1.53	9.12
3	13	49	20	3.8	3500	140	99.24	1.53	10.59
	15	50	20	8.4	3500	140	98.32	1.53	7.58
	17	51	20	8.35	3500	140	98.33	1.53	7.61
	19	52	20	6.25	3500	140	98.75	1.53	8.99
	21	53	20	8.3	3500	140	98.34	1.53	7.65
	25	54	20	3.82	3500	140	99.24	1.53	10.58
	28	55	20	8.18	3500	140	98.36	1.53	7.73

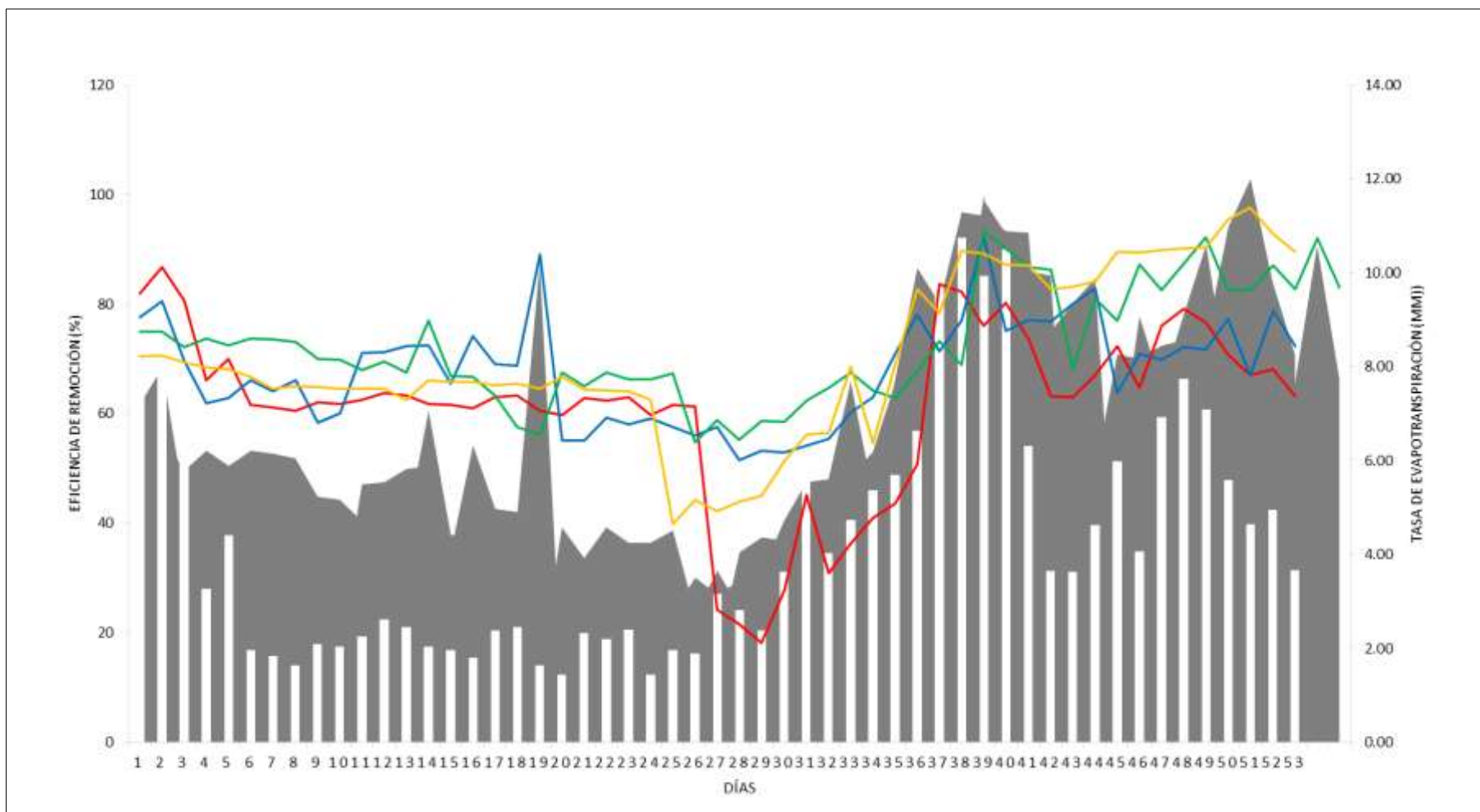
Anexo 23: Cuadro de eficiencia de remoción y evapotranspiración del sistema de tratamiento de estación 4 del parámetro de coliformes fecales o termotolerantes en el tiempo de evaluación

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES									
ESTACIÓN 4									
MES	DÍAS	#DÍAS	VOLUMEN DE ENTRADA (L)	VOLUMEN DE SALIDA (L)	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (COLIFORMES)	CONCENTRACIÓN DE SALIDA (COLIFORMES)	% REMOCIÓN DE COLIFORMES	ÁREA (m ²)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
	1	1	20	14.2	3500	79	98.40	1.53	3.79
	2	2	20	14.1	3500	79	98.41	1.53	3.86
	4	3	20	14.7	3500	79	98.34	1.53	3.46
	6	4	20	15.2	3500	79	98.28	1.53	3.14
	8	5	20	15.32	3500	79	98.27	1.53	3.06
	9	6	20	16	3500	79	98.19	1.53	2.61
	10	7	20	17	3500	79	98.08	1.53	1.96
	11	8	20	16.8	3500	79	98.10	1.53	2.09
	12	9	20	16.9	3500	79	98.09	1.53	2.03
	13	10	20	17	3500	79	98.08	1.53	1.96
	14	11	20	17	3500	79	98.08	1.53	1.96
1	15	12	20	17	3500	79	98.08	1.53	1.96
	16	13	20	18	3500	79	97.97	1.53	1.31
	18	14	20	16.32	3500	79	98.16	1.53	2.41
	19	15	20	16.45	3500	79	98.14	1.53	2.32
	20	16	20	16.45	3500	79	98.14	1.53	2.32
	22	17	20	16.7	3500	79	98.12	1.53	2.16
	23	18	20	16.59	3500	79	98.13	1.53	2.23
	24	19	20	17	3500	79	98.08	1.53	1.96
	25	20	20	16	3500	79	98.19	1.53	2.61
	26	21	20	17.1	3500	79	98.07	1.53	1.90
	28	22	20	17.15	3500	79	98.06	1.53	1.86
	29	23	20	17.25	3500	79	98.05	1.53	1.80
	30	24	20	18	3500	79	97.97	1.53	1.31
	1	25	20	15.78	3500	130	97.07	1.53	2.76
	2	26	20	14.64	3500	130	97.28	1.53	3.50
	3	27	20	15.18	3500	130	97.18	1.53	3.15
	4	28	20	14.74	3500	130	97.26	1.53	3.44
	5	29	20	14.45	3500	130	97.32	1.53	3.63
	6	30	20	12.79	3500	130	97.62	1.53	4.71
	8	31	20	11.53	3500	130	97.86	1.53	5.54
	9	32	20	11.43	3500	130	97.88	1.53	5.60
2	11	33	20	8.25	3500	130	98.47	1.53	7.68
	12	34	20	11.9	3500	130	97.79	1.53	5.29
	15	35	20	8.19	3500	130	98.48	1.53	7.72
	17	36	20	4.55	3500	130	99.16	1.53	10.10
	23	37	20	5.7	3500	130	98.94	1.53	9.35
	24	38	20	2.73	3500	130	99.49	1.53	11.29
	27	39	20	2.85	3500	130	99.47	1.53	11.21
	28	40	20	3.35	3500	130	99.38	1.53	10.88
	29	41	20	3.4	3500	130	99.37	1.53	10.85
	1	42	20	12.12	3500	170	97.06	1.53	5.15
	3	43	20	11.82	3500	170	97.13	1.53	5.35
	5	44	20	11.15	3500	170	97.29	1.53	5.78
	7	45	20	7.37	3500	170	98.21	1.53	8.25
	9	46	20	7.5	3500	170	98.18	1.53	8.17
3	11	47	20	7.08	3500	170	98.28	1.53	8.44
	15	48	20	6.9	3500	170	98.32	1.53	8.56
	17	49	20	6.85	3500	170	98.34	1.53	8.59
	19	50	20	3.215	3500	170	99.22	1.53	10.97
	21	51	20	1.65	3500	170	99.60	1.53	11.99
	25	52	20	5.03	3500	170	98.78	1.53	9.78
	28	53	20	7.37	3500	170	98.21	1.53	8.25

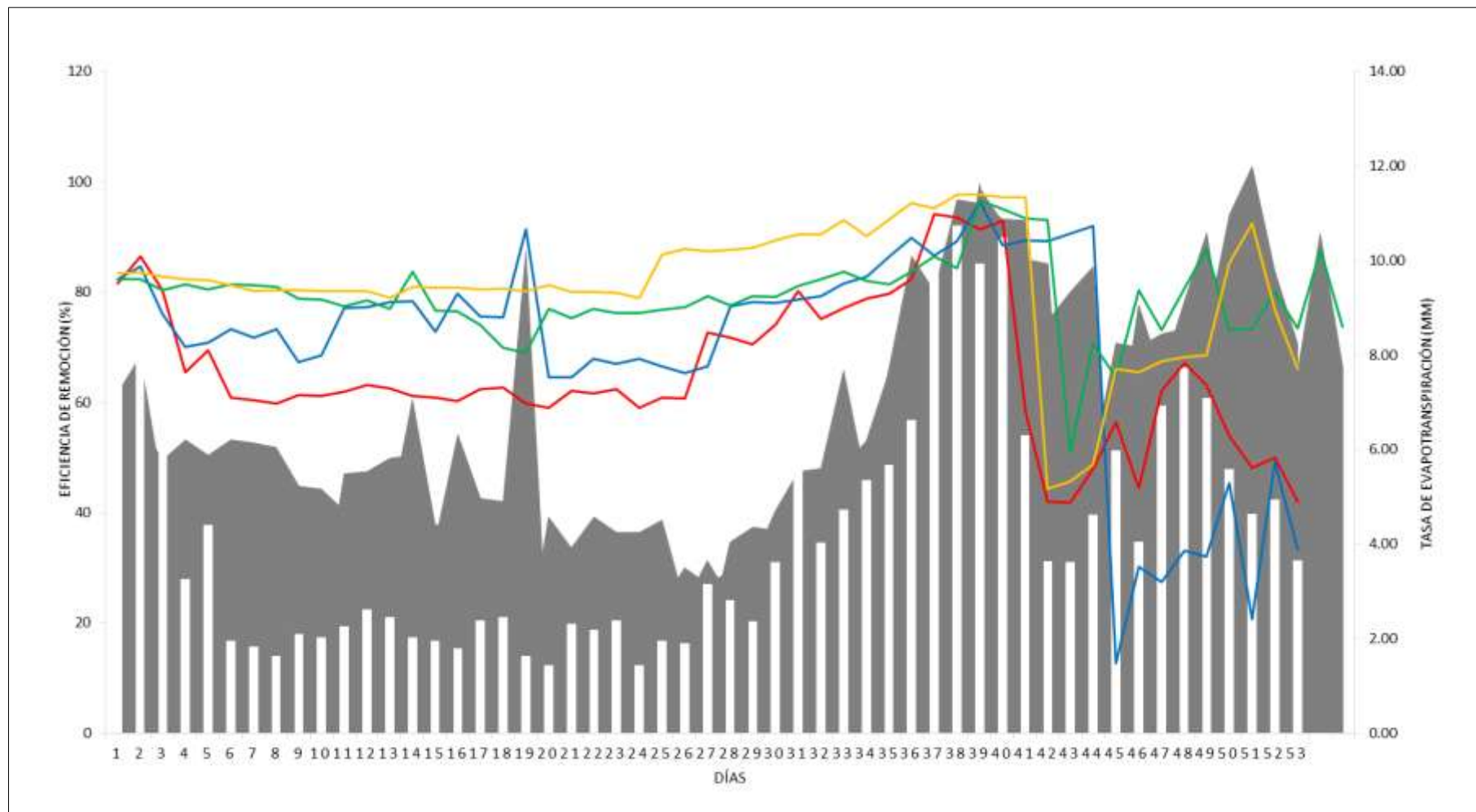
Anexo 24: Gráfica de eficiencia de remoción de DBO5 en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración



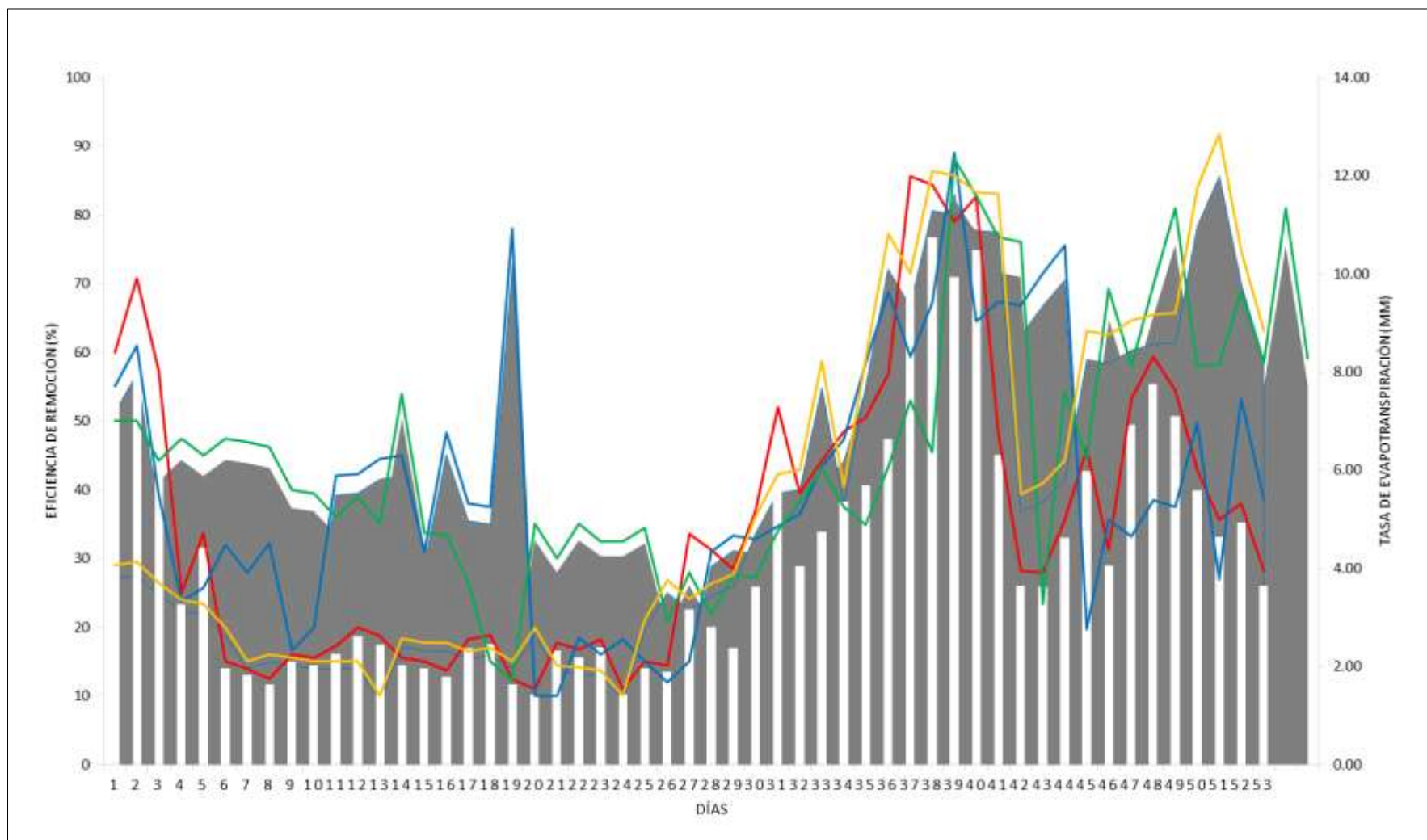
Anexo 25: Gráfica de eficiencia de remoción de DQO en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración



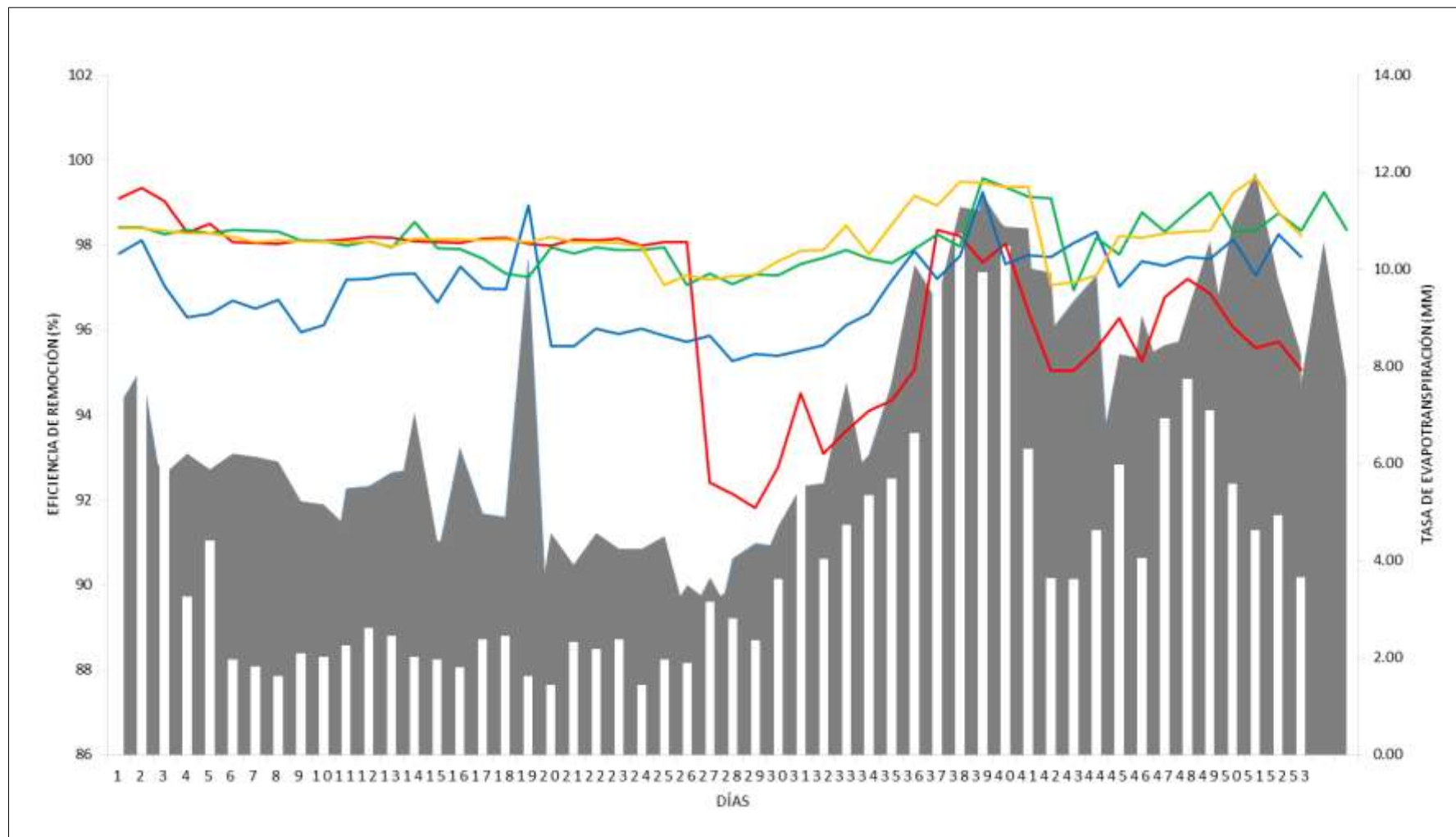
Anexo 26: Gráfica de eficiencia de remoción de S.A.A.M. detergentes en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración



Anexo 27: Gráfica de eficiencia de remoción de nitrato en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración



Anexo 28: Gráfica de eficiencia de remoción de coliformes fecales o termotolerantes en lapso de tiempo con relación a la tasa evapotranspiración



Anexo 29: Resultado del Monitoreo de los efluentes de las PTAR de la ciudad de Jaén, E.P.S. Marañon y SGS del Perú.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1615309

IDENTIFICACION DE MUESTRA				ESTACION N° 1	ESTACION N° 2	ESTACION N° 3	ESTACION N° 4
FECHA DE MUESTREO				9371780 N / 0745960 E	9371642 N / 0745999 E	9371800 N / 0746176 E	9371675 N / 0746210 E
HORA DE MUESTREO				26/08/2016 18:46	26/08/2016 17:03	26/08/2016 17:57	26/08/2016 17:36
CATEGORIA				AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
SUB CATEGORIA							
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Metales Totales							
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00097			

IDENTIFICACION DE MUESTRA				ESTACION N° 5	ESTACION N° 6	ESTACION N° 7
FECHA DE MUESTREO				9371930 N / 0746245 E	9371793 N / 0745971 E	9371483 N / 0746067 E
HORA DE MUESTREO				26/08/2016 18:10	26/08/2016 18:49	26/08/2016 17:15
CATEGORIA				AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
SUB CATEGORIA						
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos						
Sólidos Totales en Suspensión	EW APHA2540D CX	mg/L	1	38	33	154
Sólidos Sedimentables	EW APHA2540F CX	ml/L	-	0	2	
Cromo Hexavalente Total	EW APHA3500CRB CX	mg/L	0.001		<0.001	
Nitrógeno Amomiacal	EW APHA4500NH3D CX	mg/L	0.004	12.940	10.460	
Sulfuro	EW APHA4500S2D CX	mg/L	0.001		0.095	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW APHA5210B CX	mg/L	1	30	71	136
Demanda Química de Oxígeno	EW APHA5220D CX	mg/L	3	84	138	248
S.A.M. (Detergentes)	EW APHA5540C CX	mg/L	0.025	0.146	0.954	
Aceites y Grasas	EW ASTM03921	mg/L	0.2		19.7	2.8
Cianuro Total	EW SGS MAC02 CX	mg/L	0.001		<0.001	
Análisis de Campo						
Temperatura	EW APHA2550B	°C	-	27.70	25.10	29.60
Potencial de Hidrógeno	EW APHA4500HB OPE	pH	-	7.66	7.33	8.33
Análisis de Aniones						
Sulfato	EW EPA300 0 CX	mg/L	0.05		40.04	
Análisis Microbiológicos						
Numeración Coliformes fecales o termotolerantes	EW APHA9221E_NMP_CX	NMP/100 ml	-	3,500.0		2,400.0
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.02		0.72	
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008		<0.0008	
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001		<0.001	
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002		0.029	
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001		<0.0001	
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005		<0.00005	
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.01		<0.01	
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002		<0.0002	
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003		29.883	
Ceño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008		0.00056	
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001		<0.0001	
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00007		0.00033	
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001		0.005	
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002		<0.002	
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0010		<0.0010	
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003		0.1566	
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.2		1.7	
Gaio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004		0.00053	
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002		<0.0002	
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005		<0.00005	
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001		0.856	
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005		<0.0005	
Lito Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0009		0.0028	
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002		<0.00002	
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001		6.280	
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006		0.1903	
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003		<0.00003	
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00014		0.00138	
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005		<0.0005	
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004		<0.0004	
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002		<0.0002	
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003		0.0008	
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.2		6.5	
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003		0.0061	
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002		<0.002	

Anexo 30: Panel fotográfico



Foto 01: Lagunas de oxidación – E.P.S. Marañón.



Foto 02: Dispositivo de salida de aguas residuales.



Foto 03: Área de investigación.



Foto 04: Georreferenciación de las lagunas de sedimentación.



Foto 05: Primera capa de grava en la unidad experimental.



Foto 06: Segunda capa de tierra agrícola.



Foto 07: febrero, sembrado del bambú.



Foto 08: Veinticuatro plántulas en cada unidad experimental.



Foto 09: Primeros meses, riego con agua de uso público.



Foto 10: Últimos meses, riego con aguas Residuales.



Foto 11: Adaptación de las plantas al agua residual.



Foto 12: Desarrollo exponencial de la Guadua con agua residual



Foto 13: Comparación del agua residual y agua tratada.



Foto 14: Materiales para la determinación de textura de suelo – método Bouyoucos.



Foto 15: Laboratorio; método Bouyoucos.



Foto 16: Recolección de la primera muestra de agua Tratada.



Foto 17 Medio de transporte de las muestras.



Foto 18: Recolección de la segunda muestra.



Foto 19: Recolección de la tercera muestra.



Foto 20: De izquierda a derecha: agua de caño; Agua tratada; agua residual



Foto 21: Especialista Edwin Julio Palomino Cadenas.



Foto 22: Evaluación periódica de los chusquines.



Foto 23: Longitud de raíz del chusquin (4 meses).



Foto 24: Visita de alumnos de la UNJ.