



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Ingeniería Ambiental

“Diseño de un sistema de tratamiento y recirculación para el efluente proveniente de la empacadora de banano de la finca “El Progreso” ubicada en el cantón El Guabo, provincia de El Oro”

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Ambiental*

DIRECTORA:

Ing. Alexandra Elizabeth Guanuchi Quito
C.I: 0104604665

AUTOR:

Jorge Arturo Sanmartín Blacio
C.I: 0706730439

Cuenca – Ecuador

2018



RESUMEN

La producción de banano es vital para la economía del país, sin embargo, esta actividad productiva trae consecuencias negativas para el medio ambiente, específicamente en el proceso de empaque de la fruta. En este proceso se utiliza una gran cantidad de agua a la cual se le adicionan químicos para tratar la fruta y posteriormente se vierten los efluentes contaminados en cuerpos de agua sin ningún tratamiento previo. El presente estudio tiene como objetivo principal diseñar un sistema de tratamiento y recirculación del efluente de las piscinas de lavado de banano de una empacadora de la finca “El Progreso”, ubicada en el cantón El Guabo, utilizando una guía de tratamiento del agua propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (2005). En primer lugar, se visitó la empacadora para conocer el sistema de captación de agua y la disposición final del efluente, a su vez, se calculó el caudal del efluente, con el método volumétrico y posteriormente, se realizó un análisis físico – químico tanto del afluente como del efluente. A través del cálculo del caudal del efluente, que fue de 2 l/s, se determinó que se utilizan 0.115 m³ de agua por caja de banano empacada. Los resultados del análisis físico – químico, excedieron el límite máximo permisible del parámetro de aceites y grasas de 0.3 mg/l, con valores de 11.2 mg/l del afluente y 24.8 mg/l del efluente. Finalmente, se diseñó un sistema de filtración dinámica gruesa que permitirá reducir tanto la carga contaminante del efluente.

Palabras claves: Filtración; recirculación; afluente; efluente; banano.



ABSTRACT

Banana production is vital for the country's economy, however, this productive activity has negative consequences for the environment, specifically during the fruit packing process. In this process, a large amount of water is used, as well as chemicals are added in order to give treatment to the fruit. Then the effluents are poured without any previous treatment into water. The aim of this study is to design a system that allows the treatment and recirculation of the effluent generated for the banana washing pools in the packing house of "El Progreso" farm, located in El Guabo, using the water treatment guide proposed by the Pan American Health Organization (2005). Firstly, the packer plant was visited to recognize the water catchment system and the final disposal of the effluent. As well, the effluent flow was calculated using the volumetric method. After, a physical and chemical analysis was carried out for the effluent as well as the influent. Through the calculation of the effluent flow (2 l/s), it was determined that 0.115 m³ of water are used per box of packed banana produced. The results of the physical-chemical analysis exceeded the maximum permissible limit of the oils and fats parameter of 0.3 mg/l, with values of 11.2 mg/l of the effluent, and 24.8 mg/l of the influent. Finally, a thick dynamic filtration system was designed in order to reduce the pollutant load of the effluent.

Keywords: Filtration; recirculation; influent; effluent; banana.



Contenido

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
AGRADECIMIENTOS	8
DEDICATORIA.....	10
CAPÍTULO I.....	11
GENERALIDADES	11
1.1. Introducción	11
1.2. Planteamiento del problema	12
1.3. Justificación	12
1.4. Objetivos	12
1.4.1. Objetivo General.....	12
1.4.2. Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO II.....	14
CONTENIDO TEÓRICO	14
2.1. Proceso de embarque.....	14
2.1.1. Cosecha.....	14
2.1.2. Traslado	14
2.1.3. Calificación	14
2.1.4. Saneamiento y Formación de Clusters	14
2.1.5. Enjuague y Desleche.....	14
2.1.7. Etiquetado y Fumigación	15
2.1.8. Escurrimiento y Empaque	15
2.1.9. Traslado, Paletizado y Embarque	15
2.2. Tipos de aguas residuales.....	15
2.2.1. Aguas residuales domésticas.....	15
2.2.2. Aguas residuales industriales	15
2.3. Contaminación del agua por la agricultura.....	16
2.4. Huella hídrica	17
2.4.1. Huella hídrica del banano	18
2.5. Filtración.....	18
2.6. Alternativas de filtración para aguas agrícolas	19
2.6.1. Filtración dinámica gruesa	19
2.6.2. Filtración gruesa.....	19
2.6.3. Filtración lenta de arena.....	19



2.7. Sustento legal	19
DEFINICIONES	20
2.8. Efluente.....	20
2.9. Afluente.....	20
2.10. Eutrofización	20
2.11. Tiempo de Retención Hidráulico.....	21
CAPÍTULO III.....	22
METODOLOGÍA	22
3.1. Ubicación.....	23
3.2. Sistema de captación del agua y disposición final de efluente de la empacadora.....	23
3.3. Medición de Caudal	25
3.4. Análisis Físico – Químico del agua.....	25
3.4.1. Preparación de los recipientes.....	25
3.4.2. Conservación	26
3.4.3. Muestreo	26
3.4.4. Parámetros de monitoreo	27
CAPÍTULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Caudal	28
4.2. Análisis físico químico	29
4.3. Sistema de tratamiento y recirculación.....	30
4.3.1. Diseño.....	30
4.3.2. Gráfica del diseño.....	36
4.3.3. Mantenimiento y control.....	40
4.3.4. Costos de implementación	40
4.4. Discusión.....	41
CAPÍTULO V	42
CONCLUSIÓN.....	42
RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	43
ANEXOS.....	46



Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación de finca "El Progreso"	23
Ilustración 2. Sistema de captación de agua.....	24
Ilustración 3. Disposición final del efluente	24
Ilustración 4. Filtración Dinámica Gruesa - Corte Longitudinal.....	37
Ilustración 5. Filtración Dinámica Gruesa – Planta.....	38
Ilustración 6. Vertedero Triangular de 90°	39
Ilustración 7. Medición del caudal del efluente	46
Ilustración 8. Sistema de rieles	47
Ilustración 9. Empacadora de banano	47
Ilustración 10. Resultado de análisis de sulfatos	48
Ilustración 11. Resultado de analisis de Cloruros, DBO5 y Aceites y Grasas.	49
Ilustración 12. Resultado de análisis de Fenoles y Tensoactivos - Agua de pozo	50
Ilustración 13. Resultado de análisis de Fenoles y Tensoactivos - Agua residual	51

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipo de recipiente por parámetro.....	26
Tabla 2. Parámetros a monitorear	27
Tabla 3. Calculo del caudal.....	28
Tabla 4. Volúmenes de agua residual	29
Tabla 5. Parámetros analizados por Laboratorios	29
Tabla 6. Resultados del análisis de parámetros	30
Tabla 7. Dimensiones de cámara de filtrado	33
Tabla 8. Especificaciones del lecho filtrante y de soporte	34
Tabla 9. Especificaciones de la tubería lateral.....	35
Tabla 10. Especificaciones de la tubería principal.....	35
Tabla 11. Mantenimiento y control de filtros	40
Tabla 12. Costos de implementación.....	40



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Jorge Arturo Sanmartín Blacio, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Diseño de un sistema de tratamiento y recirculación para el efluente proveniente de la empacadora de banano de la finca "El Progreso" ubicada en el cantón El Guabo, provincia de El Oro", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, noviembre de 2018



Jorge Arturo Sanmartín Blacio
C.I: 0706730439



Cláusula de Propiedad Intelectual

Jorge Arturo Sanmartín Blacio, autor del trabajo de titulación "Diseño de un sistema de tratamiento y recirculación para el efluente proveniente de la empacadora de banano de la finca "El Progreso" ubicada en el cantón El Guabo, provincia de El Oro", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, noviembre de 2018

Jorge Arturo Sanmartín Blacio
C.I: 0706730439



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme sabiduría y perseverancia para alcanzar mis metas y estar conmigo todos estos años que he pasado lejos de mi familia.

De manera especial agradecer a mi mamá Guadalupe, mi papá Jorge y mi padrastro Miguel, ya que me han brindado la herencia más valiosa e importante que me puedan dar, que es el estudio. De igual manera, agradecer a mis hermanas Gabriela y María del Cisne por su cariño y comprensión en todo momento.

Agradecer también a mi mejor amiga, mi confidente, mi amor y si Dios lo permite, futura compañera de vida, María José, ya que he permanecido conmigo en toda la carrera universitaria apoyándome tanto en las tristezas como en las alegrías.

Finalmente, agradecer a mi directora de tesis, la Ing. Alexandra Guanuchi por brindarme su conocimiento, tiempo y apoyo en este proyecto y a todos los maestros que me han impartido sus conocimientos a lo largo de la carrera.



DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a Dios, porque es el único que sabe todo lo que he pasado, bueno y malo, para poder terminar mis estudios y nunca me ha dejado solo.

Dedicar a mis padres, porque quiero que siempre se sientan orgullosos de mí y poderles retribuir luego todo el apoyo que me han brindado.

Dedicar a todos los familiares, amigos, compañeros que han aportado de una u otra forma para terminar mis estudios.



CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

La actividad del banano en el Ecuador desde hace sesenta años ha tenido y tiene un peso importante en el desarrollo del país, tanto desde el punto de vista económico como social. En lo económico por su participación en el PIB (Producto Interno Bruto) y en la generación de divisas y en lo social por las fuentes de empleo que genera y más aún por su peso importante en determinadas regiones de la costa ecuatoriana (del cioppo & Zalazar, 2015). Desde que se desarrolló esta actividad, la participación, iniciativa y capital nacional en la producción y comercialización, es una característica propia de este país, dado que la producción de banano en el Ecuador es en un gran porcentaje generada por ecuatorianos.

De acuerdo a la FAO (Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación), el Ecuador es el primer exportador de banano a nivel mundial con el 30% del mercado mundial, y el cuarto productor en el mundo de esta fruta (FAO, 2002). Desde la década de los cincuenta, la actividad bananera se ha convertido en una importante fuente generadora de divisas (del cioppo & Zalazar, 2015).

En el Ecuador actualmente se encuentran sembradas 210.720,80 hectáreas de banano. Las inversiones en el área de producción alcanzan un estimado de 4.600 millones de dólares entre plantaciones cultivadas, infraestructura y empacadoras de banano; y alrededor de 2.900 millones de dólares en industrias colaterales (exportadoras de banano, cartoneras, plásticos, insumos agrícolas, empresas de fumigación, transporte terrestre, etc.); que sumando totalizan alrededor de 7.500 millones de dólares. Lo cual la convierte al sector bananero en uno de los más importantes por el monto y el alcance que tiene en la economía nacional (del cioppo & Zalazar, 2015).

A su vez, la cadena de producción del banano, deja una huella hídrica y de contaminación bastante considerable. Principalmente en el proceso de embarque, donde se tiene residuos de plástico y se consume gran cantidad de agua sin ningún control para lavar la fruta.

La escasez de agua en la región costa del Ecuador, es un problema que se viene agravando hace muchos años, debido al crecimiento poblacional. Si consideramos que la población mundial está creciendo a una tasa de aproximadamente 1,2% al año y se espera que aumente a 9 000 millones en el año 2030, el proporcionar agua adecuada a estas personas será un gran desafío. El agua no sólo es esencial para el consumo



humano directo y para los hogares, sino además para producir alimentos y productos manufacturados necesarios para vivir y mejorar los estándares de vida.

Muchos países tienen dificultades para satisfacer las necesidades actuales de agua para beber, producir y para saneamiento. El problema se ve acentuado por unos mayores estándares de vida que aumentan el uso de agua per cápita.

En el presente estudio, se analizará la calidad del agua residual que provienen de las piscinas de lavado del banano y se diseñará una alternativa para reducir su carga contaminante y que así pueda volver a ser utilizada en el mismo proceso, a través de un sistema de recirculación.

1.2. Planteamiento del problema

Cuando se cosecha el banano, se lo lleva mediante rieles hacia una empacadora, donde se lo acondiciona para su exportación. Una vez ahí, se lava el banano en dos piscinas, utilizado gran cantidad de agua, a la cual se le adicionan químicos, como removedores de látex y detergentes para lavar la fruta. Esta agua residual que sale de la piscina luego de haber cumplido su función, se dirige hacia los drenajes sin ningún tratamiento o control previo, contaminando cuerpos de agua y aumentándola huella hídrica del banano.

1.3. Justificación

En la actualidad, existen muchas bananeras de la costa ecuatoriana donde se utiliza agua de pozo conjuntamente con químicos para lavar la fruta. Estas bananeras en su gran mayoría no le dan un tratamiento previo al agua residual antes de ser enviadas a los drenajes, ya sea por desconocimiento del daño que pueden causar o la falta de asesoramiento en la elaboración o construcción de un sistema que permita reducir su carga contaminante, hasta incluso poder reutilizar la misma agua.

Es por esto, que es necesario que los productores bananeros tengan una guía de un sistema que podrían implementar, para tratar y recircular el agua residual proveniente de las piscinas de lavado del banano. Considerando también la necesidad de realizar un análisis físico químico del agua, así como también, un cálculo del caudal previo antes de la construcción de cualquier sistema de tratamiento y recirculación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de tratamiento y recirculación del efluente de la empacadora de banano para reducir el consumo de agua en este proceso productivo.



1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar el sistema de captación de agua y la disposición final del efluente de las piscinas.
- Calcular el caudal del efluente proveniente de las piscinas.
- Realizar un análisis físico químico del efluente y afluente.
- Diseñar un sistema de tratamiento y recirculación del efluente.



CAPÍTULO II

CONTENIDO TEÓRICO

2.1. Proceso de embarque

El proceso de embarque del banano consiste en una serie de actividades secuenciales. Estas actividades empiezan cuando los racimos de banano están aptos para su cosecha. El tiempo para cosechar un racimo de banano desde la siembra de la planta es de 9 a 12 meses.

Las actividades del proceso de empaque son las siguientes:

2.1.1. Cosecha

La cosecha del racimo consiste en cortar el mismo, a través de varias técnicas como: Tradicional con podón, corte con guadaña o corte con escalera (Corporación Banandes, 2015).

2.1.2. Traslado

Una vez que se haya cortado el racimo se transporta enfundado hasta el funicular o rieles, se coloca en una garrucha y se traslada hasta la empacadora (Corporación Banandes, 2015).

2.1.3. Calificación

Se mide el grado de llenado de la fruta con un “calibrador de banano”, para que se ajuste a los rangos indicados por el cliente, por lo general va del grado 39 al 46 para Europa y del 40 al 47 para los Estados Unidos. Aquí se descartan los racimos por deterioro o por no cumplir las especificaciones (Corporación Banandes, 2015).

2.1.4. Saneo y Formación de Clusters

En la primera tina de saneo y formación de clusters, se revisa cada racimo, descartando los bananos que presenten defectos tales como estropeo, rasguños, mal formaciones o daños causados por insectos. Además, usando un cuchillo curvo se van armando los clústers o manos, dándole forma a la corona (Corporación Banandes, 2015).

2.1.5. Enjuague y Desleche

En la segunda tina de enjuague y desleche, los clusters permanecen entre 10 a 20 minutos dentro del agua eliminando el látex o leche. Este proceso de desleche, se suele complementar con la ayuda de Detergrass, usado para remover el látex (Corporación Banandes, 2015).

2.1.6. Clasificación y Pesaje



El pesador coloca el banano en la bandeja, clasificándolo en una los pequeños, en otra los medianos y luego los grandes hasta completar el peso requerido que por lo general es de 43 libras (Corporación Banandes, 2015).

2.1.7. Etiquetado y Fumigación

Aquí se coloca la etiqueta a cada clúster correspondiente a la marca de la caja, por lo general se coloca desde el primer banano, comenzando por la izquierda, alternando uno. Se fumiga con una mezcla de L-Large y Alumbre, con el fin de evitar pudrición de la corona (Corporación Banandes, 2015).

2.1.8. Escurrimiento y Empaque

Los bananos aun en la tina, pasan a través de rodillos de mínimo 12 m de largo para que la fruta se escurra, luego se ubican correctamente los clusters en la caja de cartón y se saca el aire existente en la funda para que quede empacada al vacío (Corporación Banandes, 2015).

2.1.9. Traslado, Paletizado y Embarque

Una vez empacadas, las cajas salen de la empacadora en camiones hasta el puerto, donde son paletizadas, y revisadas minuciosamente por una empresa verificadora de calidad. Si la fruta cumple las exigencias del cliente es recibida y trasladada a las bodegas (Corporación Banandes, 2015).

2.2. Tipos de aguas residuales

Existen varios tipos de agua residuales, entre los cuales tenemos:

2.2.1. Aguas residuales domésticas

Aunque las aguas residuales domésticas se originan en las actividades domésticas, también pueden incluir el agua que se descarga desde edificios e instituciones comerciales, junto con aguas subterráneas. El agua que se acumula de una tormenta también puede estar presente en las aguas residuales domésticas. La fuente de aguas residuales domésticas típicamente consiste en la descarga de líquidos desde instalaciones sanitarias, baños, lavandería y cocina. Este tipo de agua se puede tratar debido a sus características (McCoy, 2018).

2.2.2. Aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales, son las que provienen de cualquier actividad o proceso de fabricación. Estas aguas pueden contener contaminantes como aceites, productos farmacéuticos, pesticidas, limo, productos químicos y otros subproductos (McCoy, 2018).



2.3. Contaminación del agua por la agricultura

La contaminación del agua es un desafío global que ha aumentado tanto en los países desarrollados como en desarrollo, socavando el crecimiento económico y la salud física y ambiental de miles de millones de personas (FAO & IWMI, 2017).

Los asentamientos humanos, las industrias y la agricultura son las principales fuentes de contaminación del agua. A nivel mundial, el 80 por ciento de las aguas residuales municipales se vierte en cuerpos de agua sin tratar, y la industria es responsable de verter millones de toneladas de metales pesados, solventes, lodos tóxicos y otros desechos en los cuerpos de agua cada año (WWAP, 2017).

La agricultura, que representa el 70 por ciento de las extracciones de agua en todo el mundo, juega un papel importante en la contaminación del agua. Las granjas descargan grandes cantidades de agroquímicos, materia orgánica, residuos de medicamentos, sedimentos y drenaje de solución salina en los cuerpos de agua. La contaminación del agua resultante plantea riesgos demostrados para los ecosistemas acuáticos, la salud humana y las actividades productivas (UNEP, 2016).

Este crecimiento en la producción de cultivos se ha logrado principalmente a través del uso intensivo de insumos tales como pesticidas y fertilizantes químicos. Hoy, el mercado global de pesticidas vale más de USD 35 mil millones por año. Algunos países, como Argentina, Malasia, Sudáfrica y Pakistán, han experimentado un crecimiento de dos dígitos en la intensidad del uso de pesticidas (FAO & IWMI, 2017).

"En la mayoría de los países de altos ingresos y muchas economías emergentes, la contaminación agrícola ha superado la contaminación de los asentamientos y las industrias como el factor principal en la degradación de las aguas continentales y costeras", dijo Eduardo Mansur, Director de la División de Tierras y Aguas de la FAO. "Reconocer que tenemos un problema es el primer paso para encontrar soluciones" (FAO & IWMI, 2017).

El área equipada para el riego se ha más que duplicado en las últimas décadas, de 139 millones de hectáreas en 1961 a 320 millones en 2012, transfiriendo la contaminación agrícola a los cuerpos de agua, haciendo que las altas cargas de nutrientes pueden causar la eutrofización de lagos, embalses, estanques y aguas costeras, lo que lleva a la proliferación de algas que suprime otras plantas y animales acuáticos atentado la biodiversidad y la pesca. A pesar de la falta de datos, 415 zonas costeras han sido identificadas en todo el mundo con alguna forma de eutrofización, de las cuales 169 son hipóxicas (WRI, 2008).



En la Unión Europea, el 38% de las masas de agua se encuentran bajo la presión de la contaminación agrícola (WWAP, 2015). En los Estados Unidos, la agricultura es la principal fuente de contaminación en ríos y arroyos, la segunda fuente principal de humedales y la tercera fuente principal en los lagos (US EPA, 2016). En China, la agricultura es responsable de una gran parte de la contaminación de las aguas superficiales y es responsable casi exclusivamente de la contaminación del agua subterránea por el nitrógeno (FAO, 2013).

Solo en los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), se estima que los costos ambientales y sociales de la contaminación del agua causada por la agricultura superan los miles de millones de dólares anuales. Y, en los últimos 20 años, ha surgido una nueva clase de contaminantes agrícolas en forma de medicamentos veterinarios (antibióticos, vacunas y promotores del crecimiento), que se trasladan de las granjas a los ecosistemas y las fuentes de agua potable (FAO & IWMI, 2017).

En su sentido más amplio, la contaminación no es solo la adición de sustancias que dañan o matan organismos, es cualquier impacto hecho por el hombre lo que aumenta el riesgo de daño a un sistema natural. Así como la agricultura ha cambiado de manera integral la faz de la Tierra, sus impactos han rediseñado igualmente la naturaleza de sus aguas (Moss, 2008).

2.4. Huella hídrica

La huella hídrica mide la cantidad de agua utilizada para producir cada uno de los bienes y servicios que utilizamos. Se puede medir para un solo proceso, como el cultivo de arroz, para un producto, como un par de jeans, para el combustible que ponemos en nuestro automóvil, o para una compañía multinacional completa. La huella hídrica también puede decirnos cuánta agua está siendo consumida por un país en particular, o globalmente, en una cuenca hidrográfica específica o desde un acuífero (Water Footprint Network, 2017).

Existen 3 tipos de huellas hídricas (Water Footprint Network, 2017):

- **Huella Azul:** Es el agua que proviene de recursos superficiales o subterráneos y se evapora, se incorpora a un producto o se toma de un cuerpo de agua y se devuelve a otro, o se devuelve en un momento diferente. La agricultura de riego, la industria y el uso del agua doméstica pueden tener una huella de agua azul.
- **Huella Verde:** Es el agua de la precipitación que se almacena en la zona de la raíz del suelo y se evapora, transpira o incorpora las plantas. Es particularmente relevante para productos agrícolas, hortícolas y forestales.



- **Huella Gris:** Es la cantidad de agua dulce requerida para asimilar contaminantes hasta cumplir con estándares de calidad de agua específicos. La huella de agua gris considera la contaminación puntual descargada a un recurso de agua dulce directamente a través de una tubería o indirectamente a través de la escorrentía o lixiviación del suelo, superficies impermeables u otras fuentes difusas.

2.4.1. Huella hídrica del banano

En un estudio de la huella hídrica realizado por la FAO, en estaciones de empaque de Ecuador, con fuentes de agua abundantes y de bajo costo, encontró que la huella de agua es mayor que en las estaciones de empaque en Perú, donde el acceso al agua es limitado y cada estación de embalaje paga por el agua que consume. Las estaciones de empaque son los lugares donde procesan el banano (FAO, 2017).

En dicho estudio se tuvo como resultado que, en Ecuador la huella hídrica banano, sumando la fase de cultivo y postcosecha, fue de 576 m³ por tonelada, de las cuales, el 48% era de agua verde, el 34% de agua azul y el 18% de agua gris. (FAO, 2017).

2.5. Filtración

La filtración es esencialmente un proceso físico y químico y, en el caso de la filtración lenta en arena, también biológica. Los mecanismos de eliminación reales están interrelacionados y son bastante complejos, pero la eliminación del color y la turbidez se basa en los siguientes factores (EPA, 1995):

- Características químicas del agua tratada (particularmente la calidad del agua de origen);
- Naturaleza de la suspensión (características físicas y químicas de las partículas suspendidas en el agua);
- Tipo y grado de pretratamiento (coagulación, floculación y clarificación); y
- Tipo de filtro y operación.

Así también, se confía en una serie de mecanismos de eliminación interrelacionados dentro del propio medio de filtración para lograr altas eficiencias de eliminación. Estos mecanismos de eliminación incluyen los siguientes procesos (EPA, 1995):

- Sedimentación en los medios (efecto tamiz);
- Adsorción;
- Absorción;
- Acción biológica; y
- Esfuerzo



2.6. Alternativas de filtración para aguas agrícolas

Existen diferentes alternativas de filtración para prevenir la contaminación por aguas proveniente de la agricultura, sin adicionar químicos al agua, entre los cuales tenemos:

2.6.1. Filtración dinámica gruesa

Los filtros dinámicos gruesos son estructuras rectangulares, de flujo descendente, que en su interior contienen tres capas de grava de diferentes tamaños: Una capa de grava fina de 3 a 6 mm en la superficie, otra capa de grava de 6 a 13 mm en la mitad y una última capa de grava más gruesa de 13 a 25 mm en el fondo junto con un sistema de drenaje (OPS, 2005).

Este sistema es utilizado para disminuir los picos de turbiedad, de modo que, cuando el agua transporta valores elevados de sólidos fácilmente sedimentables, estos se van depositando en el lecho de grava, mejorando la calidad del agua.

2.6.2. Filtración gruesa

Los filtros gruesos de grava son de flujo vertical ascendente. Consiste en una estructura principal donde se ubica un lecho filtrante de grava. El tamaño de los granos de grava disminuye con la dirección del flujo (OPS, 2005).

En este filtro de flujo ascendente se tiene un sistema de tuberías, ubicado en el fondo de la estructura, que permite distribuir el flujo de agua en forma uniforme dentro del filtro. A medida que avanza el flujo del agua, los espacios vacíos se van colmatando con las partículas retenidas del agua, por lo cual se requiere una limpieza semanal (OPS, 2005).

2.6.3. Filtración lenta de arena

El tratamiento del agua en un sistema de filtración lenta, es producto de un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física, los cuales interactúan de manera compleja para optimizar la calidad microbiológica del agua. (OPS, 2005)

Este sistema funciona con una estructura de lecho de arena fina, ubicado sobre una delgada capa de grava que constituye el soporte de la arena la cual, a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada (OPS, 2005).

El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja, que puede ser controlada preferiblemente al ingreso del sistema.

2.7. Sustento legal

De acuerdo al “Reglamento de Saneamiento Ambiental Bananero” del Acuerdo Ministerial N0 245 del Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y pesca del 22 de



agosto de 2001 y su reforma mediante el Acuerdo No. 780 del 27 de diciembre de 2012. En su Capítulo II “De Los Exportadores”, se sustenta que:

- Art. 21. - En un plazo no mayor de un año los productores bananeros están obligados a diseñar o rediseñar su planta empacadora para recoger los residuos de fungicidas (resultantes del control de pudrición de corona) del agua con látex. Los residuos de mezcla fungicida no deben ir a canales, deben ser tratados bajo mecanismos técnicos adecuados por el Gestor Ambiental o por el mismo productor.
- Art. 22. - En un plazo no mayor de un año, el productor bananero se obliga a instalar filtros (trampas de sólidos y látex) para retener los desechos arrastrados por el agua usada en la empacadora y así asegurar que el agua descargada sea la más limpia posible. Colocarán además sistemas de cloración o purificación del agua para consumo humano y tratamiento de la fruta.

Y en su Capítulo VI “De Las Sanciones”, se sustenta que:

- Art. 71. - Están sometidas a las leyes de la República del Ecuador y serán juzgados por las autoridades y jueces competentes las acciones y omisiones que deben tenerse por infracciones cometidas por el incumplimiento de las normas contempladas en el presente reglamento.
- Art. 72. - Administración de procedimientos. - El control de la gestión ambiental en las actividades bananeras corresponde al Ministerio de Agricultura y Ganadería a través del SESA.

En este caso, no se está cumpliendo con lo establecido en la Ley, puesto que el agua residual que sale de las piscinas del lavado del banano van sin ningún tratamiento previo, hacia los canales de drenaje.

DEFINICIONES

2.8. Efluente

Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad (Ministerio del Ambiente, 2015).

2.9. Afluente

Es el agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un cuerpo de agua receptor, reservorio (Ministerio del Ambiente, 2015).

2.10. Eutrofización

La eutrofización es el enriquecimiento de un ecosistema acuático con nutrientes químicos, típicamente compuestos que contienen nitrógeno, fósforo o ambos. Aunque



tradicionalmente la eutrofización se define como el enriquecimiento de sistemas acuáticos como lagos, bahías u otras aguas semicerradas (incluso los ríos lentos), existe evidencia de que los ecosistemas terrestres están sujetos a impactos adversos similares (New World Encyclopedia, 2008).

La eutrofización puede ser un problema natural, como el envejecimiento natural de un lago ya que los nutrientes provienen de corrientes que desembocan en el agua, o puede avanzarse mediante la adición de nutrientes provenientes de la escorrentía agrícola (como fertilizantes), aguas residuales y desechos industriales. Existen diversas medidas que pueden reducir el impacto humano y, al mismo tiempo, seguir siendo una solución sostenible para todos, incluidos los agricultores y ganaderos (New World Encyclopedia, 2008).

2.11. Tiempo de Retención Hidráulico

Es el tiempo que permanece un fluido en un recipiente, es decir, el tiempo que un líquido que ha entrado en un recipiente, tarde en salir del mismo (de la Vega, 2018).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

- Para identificar el sistema de captación del agua y la disposición final del efluente, se realizó una visita in situ a la empacadora.
- Para la medición del caudal del efluente, se utilizó el método volumétrico o de volumen conocido.
- Para realizar el muestro del agua residual y del agua de pozo se siguieron las recomendaciones dadas por el INEN.
- El criterio de calidad de los parámetros seleccionados para el análisis físico – químico se basó en el Acuerdo Ministerial 028, “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.
- Para el diseño del sistema de tratamiento y recirculación, se siguieron las recomendaciones dadas por las OPS.
- Para la elaboración de la gráfica del sistema de tratamiento y recirculación, se utilizó la herramienta AutoCAD.



3.1. Ubicación

El Guabo es un cantón perteneciente a la Provincia de El Oro. Cuenta con una superficie de 604.1 km², con una altura promedio de 9 m. s.n.m. y una temperatura entre 24 a 29 grados Celsius. (El Guabo GAD, 2016).

En 1954, empezó el boom de la producción bananera bajo el control de la Cía. Norteamericana Estándar Fruit, reemplazándose la siembra y cosecha de productos tradicionales como del café, arroz, plátano, caña de azúcar. Hoy en día, el cantón El Guabo es el principal productor de banano en la provincia de El Oro, con un total de 20.247,45 hectáreas inscritas de producción bananera, por tal razón es considerado el cantón con mayor producción de banano en la provincia de El Oro (Aguirre, 2015).

Uno de los sectores de este cantón, que se dedica netamente al cultivo del banano, es La Palestina, lugar exacto donde se encuentra ubicada la finca "El Progreso". Esta finca de aproximadamente 15 ha. cuenta con su propia empacadora, donde produce semanalmente 1000 cajas de banano orgánico. Este tipo de banano se caracteriza por el bajo uso de pesticidas al momento de su cultivo.

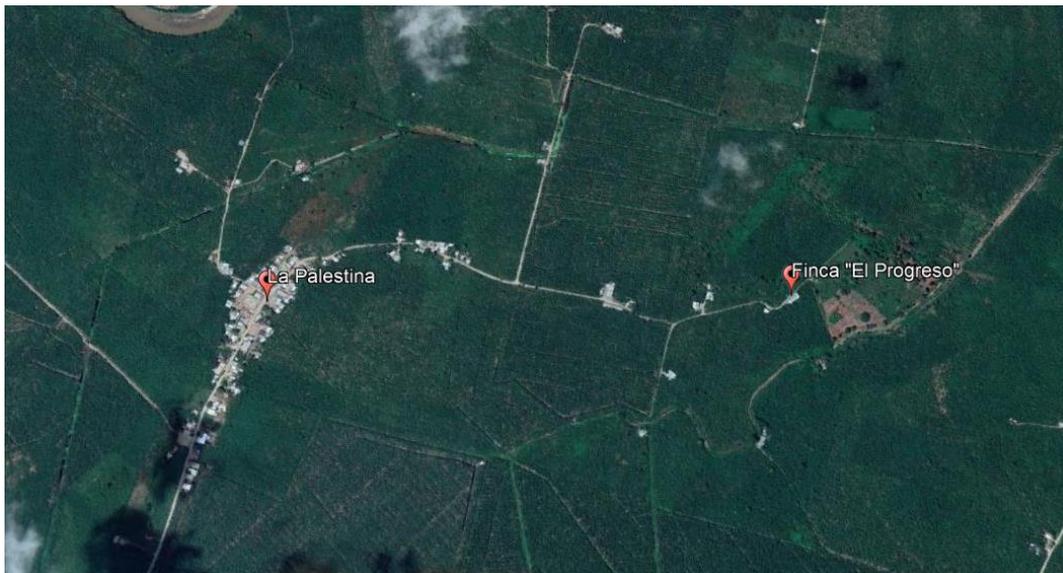


Ilustración 1. Ubicación de finca "El Progreso"

Fuente: Google Earth (2018)

3.2. Sistema de captación del agua y disposición final de efluente de la empacadora.

El sistema de captación del agua que llega a las piscinas se da a través de un pozo somero vertical, este tipo de pozos son pocos profundos y han sido excavados, taladrados, conducidos o perforados en el suelo con el propósito de extraer agua. La fuente de un pozo es un acuífero. Un acuífero es una capa subterránea de suelo



permeable (como arena o grava) que contiene agua y permite el paso del agua. La extracción del agua de pozo, la realizan con una bomba que funciona con gasolina y lubricante.



Ilustración 2. Sistema de captación de agua
Fuente: El autor

La disposición final se la realiza por medio de una tubería en donde se conectan las dos piscinas, directo hacia los canales de drenajes, que llevan el agua hacia el río Jubones.



Ilustración 3. Disposición final del efluente
Fuente: El autor



3.3. Medición de Caudal

El método usado para el cálculo del caudal es el volumétrico o de volumen conocido, para lo cual se debe contar con un recipiente del cual se conozca su volumen y un cronómetro. El método consiste en desviar toda el agua de un riachuelo o canal y lograr que caiga en el recipiente que va a estar situado bajo la corriente, para lo cual el recipiente debe estar firme. En este método el cronómetro inicia en el momento en que se introduce agua en el recipiente y se detiene el tiempo cuando se haya llenado por completo.

Es importante mencionar que se deben tomar varios tiempos de llenado del recipiente para poder estimar un promedio que sea válido.

La fórmula de medición del caudal es la siguiente:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen de agua del recipiente (en litros)}}{\text{Tiempo de llenado del recipiente (en segundos)}}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \left[\frac{L}{s} \right]$$

Este método puede resultar muy sencillo y eficaz, siempre y cuando la ubicación del recipiente permita que el mismo reciba toda el agua del riachuelo, a su vez que se tomen los tiempos justo a tiempo, tanto de inicio como del final del llenado.

3.4. Análisis Físico – Químico del agua

El análisis físico - químico de ciertos parámetros seleccionados, nos permitirá conocer cuál es la calidad del agua residual como del agua de pozo.

Antes de realizar el muestreo, se deben tener en consideración aspectos como la preparación de los recipientes y su conservación, detallados a continuación:

3.4.1. Preparación de los recipientes

Los recipientes que van a contener la muestra, juegan un rol importante en el análisis físico químico del agua, por tal motivo, se siguieron las siguientes recomendaciones tanto para el recipiente como para la tapa (INEN 2 176, 1998):

- a. Evitar exista contaminación por lixiviación o descomposición de componentes inorgánicos de recipientes de vidrio, metales y compuestos orgánicos de los plásticos. Por ejemplos, algunas tapas coloreadas pueden contener niveles significativos de metales pesados;
- b. Prevenir que se puedan absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un



recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras);

- c. Verificar ciertos constituyentes de la muestra para evitar una reacción (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio);
- d. Comprobar que el recipiente tenga una superficie a la cual se puedan aplicar métodos de limpieza y tratamiento con la finalidad de reducir la contaminación de la muestra.

3.4.2. Conservación

Para la conservación de las muestras es necesario conocer los recipientes adecuados para una correcta conservación de la muestra hasta su llegada al laboratorio y evitar cualquier tipo de alteración de la misma.

Según lo estipulado en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013, se pueden usar los siguientes recipientes para la toma de las muestras:

Tabla 1. *Tipo de recipiente por parámetro*

Parámetro	Tipo de recipiente	Volumen típico (ml)
Aceites y grasas	Vidrio	1000
Cloruros	Plástico o Vidrio	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Plástico o Vidrio	1000
Fenoles	Vidrio	1000
Sulfatos	Plástico	500
Tensoactivos	Vidrio	500

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013

3.4.3. Muestreo

Se tomaron dos muestras, una de agua de pozo, que fue tomada antes de que ingrese el agua a las piscinas de lavado del banano y otra de agua residual proveniente de las tuberías que desembocan en el canal de agua.

Se llenaron completamente los recipientes y se los tapó de tal forma que no exista aire sobre la muestra, limitando la agitación y haciendo que no exista interacción de la fase gaseosa.

A su vez, las muestras de agua residual y agua de pozo fueron rotuladas de manera clara para que se puedan identificar de mejor manera en el laboratorio y se las refrigeró en cajas térmicas para su conservación.



3.4.4. Parámetros de monitoreo

Se analizaron parámetros que son los de mayor composición en los químicos utilizados en el lavado del banano. El criterio de calidad se tomó en base al Acuerdo Ministerial 028, “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.

Cabe mencionar, que para el parámetro de sulfato se tuvo que tomar otras dos muestras, una de agua de pozo y otra de agua residual para que sean analizadas; debido a un error por parte del laboratorio en el primer análisis, que, en vez de analizar sulfatos, analizaron el parámetro de sulfuros. Este hecho no afecta mayormente los resultados, debido a que aún se encontraba en periodo de lluvias la región costa, dicho periodo abarca desde diciembre hasta mayo (INOCAR, 2018), por lo tanto, las condiciones atmosféricas eran similares.

Tabla 2. *Parámetros a monitorear*

Parámetro	Criterio de Calidad	Unidad	Método de ensayo	Agua de pozo	Agua residual
Cloruros	1000	mg/l	PEE-FQ-08		
Sulfatos	1000	mg/l	PEE-FQ-28		
Fenoles	0,2	mg/l	PEE-FQ-20		
Tensoactivos	0,5	mg/l	PEE-FQ-21		
Aceites y grasas	0,3	mg/l	PEE-FQ-03		
Demanda Bioquímica de oxígeno	250	mg/l	PEE-FQ-05		

Fuente: Acuerdo Ministerial 028



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caudal

La medición del caudal se la realizó el día 27 de marzo de 2018. Se tomaron los siguientes datos de llenado del balde para el cálculo del caudal:

Tabla 3. *Calculo del caudal*

Numero	Volumen (litros)	Tiempo de llenado (segundos)
1	20	8.99
2		9.17
3		12.36
4		9.38
5		9.82
6		10.28
7		9.97
8		10.97
9		8.67
10		10.06
Promedio		9.97

Fuente: El autor

Con el volumen conocido y el promedio del tiempo de llenado del recipiente, se aplica la fórmula para el cálculo del caudal:

$$Q = \frac{V}{t} = \left[\frac{L}{s} \right]$$

$$Q = \frac{20}{9.97} \left[\frac{L}{s} \right]$$

$$Q = 2 \left[\frac{L}{s} \right] \text{ o } 0.002 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Con este caudal, podemos realizar un análisis del volumen total de agua residual que sale de las piscinas por embarque, semanal y anualmente, considerando los siguientes datos:

- Embarques por semana: 2
- Tiempo de bombeo de agua: 8 horas
- Procesamiento por embarque: 500 cajas

Tenemos los siguientes resultados:

Tabla 4. *Volúmenes de agua residual*

Volumen de agua residual por:	
Embarque	57.6 m ³
Semana	115.2 m ³
Año	5990.4 m ³

Fuente: El autor

Estos resultados se los puede considerar como huella hídrica azul y gris, por embarque, semanal y anualmente; debido a que la misma agua que ingresa a la piscina, es la que está saliendo, pero contaminada directamente hacia un cuerpo de agua. Además, se calculó que se utiliza 0.115 m³ de agua, por cada caja de banano de 43 lb procesada para su exportación.

Es importante mencionar, que el procesamiento de cajas por embarque, es directamente proporcional a la cantidad de agua extraída del pozo, por lo tanto, mientras más cajas de banano se tengan que procesar mayor será la cantidad de agua a usar.

4.2. Análisis físico químico

Las muestras se analizaron en los siguientes laboratorios:

Tabla 5. *Parámetros analizados por Laboratorios*

LABORATORIO ACREDITADO	CIUDAD	PARÁMETROS ANALIZADOS
Laboratorio LASA	Quito	<ul style="list-style-type: none"> • Fenoles • Tensoactivos
Laboratorio de Sanitaria ETAPA	Cuenca	<ul style="list-style-type: none"> • Cloruros* • Sulfatos* • Aceites y grasas* • Demanda bioquímica de oxígeno

*Parámetros no acreditados por la SAE

Fuente: El autor

Las muestras de agua para el análisis de fenoles y tensoactivos, se enviaron mediante servientrega hacia el Laboratorio Lasa en la ciudad de Quito y, las muestras de agua para el análisis de cloruros, sulfatos, aceites y grasas y demanda bioquímica de oxígeno, se entregaron personalmente en el Laboratorio de Sanitaria de Etapa en la ciudad de Cuenca. Así mismo, se siguieron los lineamientos de conservación de las muestras ya descritas en la metodología.

Los resultados de los análisis fueron los siguientes:



Tabla 6. Resultados del análisis de parámetros

Párametro	Criterio de Calidad	Unidad	Método de ensayo	Agua de pozo	Agua residual
Cloruros	1000	mg/l	PEE-FQ-08	255.24	186.48
Sulfatos	1000	mg/l	PEE-FQ-28	532.9	598.5
Fenoles	0,2	mg/l	PEE-FQ-20	<0.025	<0.025
Tensoactivos	0,5	mg/l	PEE-FQ-21	0.06	0.08
Aceites y grasas	0,3	mg/l	PEE-FQ-03	11.2	24.8
Demanda Bioquímica de oxígeno	250	mg/l	PEE-FQ-05	0.9	14

Fuente: El autor

De los parámetros analizados, el que presenta un valor por encima de la norma es Aceites y grasas; este parámetro excede en el agua de pozo aproximadamente 36 veces el límite máximo permisible y en el agua residual excede aproximadamente 81 veces el límite máximo permisible.

La presencia de aceites y grasas en el agua de pozo, se deba quizás a una infiltración del aceite que utiliza la bomba de extracción de agua. Esta infiltración puede ocurrir ya sea por precipitación o al momento del riego de las plantas.

En el caso del agua residual proveniente de las piscinas, la presencia de aceites y grasas se debe a la colocación del removedor de látex "Detergrass", el cual tiene en su composición un 25% de alcoholes grasos.

4.3. Sistema de tratamiento y recirculación.

4.3.1. Diseño.

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en su "Guía para el Diseño de Sistemas de Tratamiento de Filtración en Múltiples Etapas", recomienda los siguientes criterios antes de proceder con el diseño de los componentes del filtro:

- *El periodo de diseño* de las instalaciones debe ser entre 8 y 12 años para que su costo pueda ser amortiguado y vaya de la mano con el crecimiento de la población.
- *El periodo de operación* de los filtros debe ser de 24 horas, por lo cual se recomienda tener 2 filtros en paralelo por si se tiene que dar mantenimiento al primero.
- *El caudal de diseño* del sistema de filtrado debe ser para el caudal máximo.

Por ende, siguiendo las indicaciones de la OPS, se diseñará un filtro dinámico grueso, el cual debe estar constituido de los siguientes elementos:



- a) cámara de entrada,
- b) cámara de filtración,
- c) lecho filtrante y de soporte,
- d) sistema de drenaje y
- e) cámara de recuperación de arenas.

Además, se incluirá un sistema de recirculación del agua tratada.

Para los cálculos, se utilizarán las fórmulas propuestas en la misma guía de la OPS.

4.3.1.1. Cámara de entrada

La cámara de entrada permite controlar el caudal de agua hacia el filtro dinámico grueso, además, ayuda a disipar la energía. Para el cálculo de sus dimensiones se debe adoptar un tiempo de retención hidráulico, según indica la guía de la OPS.

El caudal a tratar del filtro dinámico grueso es de 0.002 m³/s.

Tiempo de retención = 120 segundos o 2 minutos. Mientras mayor sea este valor, más grande será la cámara de entrada.

Caudal de diseño = 0.002 m³/s

Fórmula del caudal:

$$\text{Caudal } (Q) = \frac{\text{Volumen } (V)}{\text{Tiempo de retención } (tRH)}$$

Despejamos V:

$$V = Q * tRH$$

$$V = 0.002 \frac{m^3}{s} * 120 s$$

$$V = 0.24 m^3$$

Fórmula para cálculo del volumen:

$$\text{Volumen } (V) = b (\text{ancho}) * l (\text{largo}) * h (\text{altura})$$

Con el valor de 0.24 m³, adoptamos un valor de b = 1 m y l = 0.60 m para obtener h:

$$h = \frac{V}{b * l}$$

$$h = \frac{0.24 m^3}{1 m * 0.60 m}$$

$$h = 0.4 m$$



Se colocará un vertedero triangular de 90° al final de la cámara de entrada, para que el agua ingrese a la cámara de filtrado con menor fuerza. El vertedero triangular es recomendable cuando se trabaja con caudales menores a 30 l/s con cargas entre 6 a 60 cm (Varela, 2015).

Fórmula para el nivel de agua sobre la cresta, que es la parte por donde va a pasar el agua:

$$H = \left(\frac{Qd}{K} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Donde,

H= Nivel de agua sobre la cresta

Qd= Caudal de diseño (0.002 m³/s)

K= Coeficiente de vertedero triangular (1.4)

Reemplazamos los valores en la fórmula:

$$H = \left(\frac{0.002}{1.4} \right)^{\frac{2}{5}}$$

$$H = 0.073 \text{ m} = 7.3 \text{ cm}$$

Este valor de 7.3 cm debe quedar por encima de la cámara de filtración.

4.3.1.2. Cámara de filtración

- Caudal de diseño (Qd) = 2 l/s = 0.002 m³/s
- Adoptamos una velocidad de filtración, siguiendo los valores recomendados por la OPS que van entre 2 a 3 m/h, por lo tanto, adoptamos un valor de (Vf) = 2.5 m/h = 0.00069 m/s
- Área de la cámara de filtración:

$$\text{Area (A)} = \frac{Qd}{Vf}$$

$$A = \frac{0.002 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00069 \text{ m/s}}$$

$$A = 2.90 \text{ m}^2$$

- Dimensiones del filtro



Se adopta un ancho de cámara = 1 m, tomando como referencia la cámara de entrada.

$$A = l (\text{largo del filtro}) * b (\text{ancho del filtro})$$

Se despeja l :

$$l = \frac{A}{b}$$

$$l = \frac{2.90 \text{ m}^2}{1 \text{ m}}$$

$$l = 2.90 \text{ m}$$

Redondeamos el valor de $l = 3 \text{ m}$

Tabla 7. Dimensiones de cámara de filtrado

Cámara del Filtrado	
Largo	3 m
Ancho	1 m
Área	2.90 m ²

Fuente: El autor

- Velocidad superficial del lavado

La velocidad superficial de lavado recomendada por la Organización Panamericana de Salud (OPS) es de 0.15 a 0.3 m/s (OPS, 2005). Para comprobar utilizamos la siguiente formula:

$$b = 3.4 * \frac{Qd}{(Vs)^3}$$

Despejamos la velocidad superficial (V_s) y tenemos:

$$\text{Velocidad superficial } (V_s) = \sqrt[3]{\frac{3.4 * \text{Caudal de diseño } (Qd)}{\text{Ancho del filtro } (b)}}$$

$$V_s = \sqrt[3]{\frac{3.4 * 0.002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1 \text{ m}}}$$

$$V_s = 0.19 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (dentro de lo recomendado)}$$



4.3.1.3. Lecho filtrante y de soporte

Para las especificaciones del lecho filtrante y de soporte se siguieron las recomendaciones dadas por la OPS:

Tabla 8. Especificaciones del lecho filtrante y de soporte

POSICIÓN DE LA UNIDAD	ESPESOR DE LA CAPA (m)	TAMAÑO DE LA GRAVA (mm)
Superior	0.20	3.0 – 6.0
Intermedio	0.20	6.0 – 13.0
Inferior, fondo	0.20	13.0 – 25.0

Fuente: Organización Panamericana de la Salud.

En la parte inferior el tamaño de la grava siempre debe ser más grande, puesto que esta sirve de soporte para la grava intermedio y superior.

Para la altura total que tendrá la cámara de filtración se considera un borde libre de 0.10 m, por lo tanto, la altura total será de 0.70 m.

4.3.1.4. Sistema de drenaje

- Número y diámetro de orificios

Se adopta un diámetro de orificio de 6 mm y sacamos el área de cada orificio (A_o):

$$A_o = \pi * r^2$$

$$A_o = \pi * (0.003 \text{ m})^2$$

$$A_o = 0.0000283 \text{ m}^2$$

Se saca la velocidad del agua al pasar por el orificio (V_o), con la fórmula establecida por Torricelli:

$$V_o = \sqrt{2 * \text{gravedad} (g) * \text{altura de caidad} (h)}$$

$$V_o = \sqrt{2 * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.7 \text{ m}}$$

$$V_o = 3.7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Sacamos el caudal que ingresa a cada orificio (Q_o):

$$Q_o = A_o * V_o$$

$$Q_o = 0.0000283 \text{ m}^2 * 3.7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_o = 0.0001 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



La fórmula para sacar el número de orificios es:

$$N^{\circ} \text{ de orificios} = \frac{\text{Caudal filtrado } (Q_f)}{\text{Caudal de cada orificio } (Q_o)}$$

$$N^{\circ} \text{ de orificios} = \frac{0.002 \frac{m^3}{s}}{0.0001 \frac{m^3}{s}}$$

$$N^{\circ} \text{ de orificios} = 20$$

El sistema de drenaje tendrá 20 orificios de 6 mm de diámetro.

- Diámetros de la tubería lateral

Añadimos 6 laterales en los cuales se deberán hacer 20 orificios separadamente. Se adoptan los siguientes diámetros para la tubería lateral:

Tabla 9. Especificaciones de la tubería lateral

	Valor	Unidad
Diámetro	50	mm
Área	0.00168	m ²

Fuente: El autor

- Diámetros de la tubería principal

Para la tubería principal se adoptan los siguientes diámetros:

Tabla 10. Especificaciones de la tubería principal

	Valor	Unidad
Diámetro	110	mm
Área	0.0056	m ²

Fuente: El autor

4.3.1.5. Cámara de recuperación de arenas

Para la cámara de recuperación de arena (CRA) se propone que su longitud sea del 20% de la longitud de la cámara de filtración, es decir:

$$\text{Longitud CRA} = \text{Longitud Camara de filtracion} * 20\%$$

$$\text{Longitud CRA} = 3 \text{ m} * 20\%$$

$$\text{Longitud CRA} = 0.6 \text{ m}$$

4.3.1.6. Sistema de recirculación

El sistema de recirculación constará, de un tanque de almacenamiento de agua de 2500 L y una bomba de 0.50 hp para llevar el agua de vuelta a las piscinas.



El tanque de agua se llenará en aproximadamente 20 minutos, tiempo en que la bomba de 0.5 hp comenzará a funcionar. Por lo tanto, la bomba de extracción de agua de pozo se apagará y las piscinas solo recibirán el agua tratada.

4.3.2. Gráfica del diseño

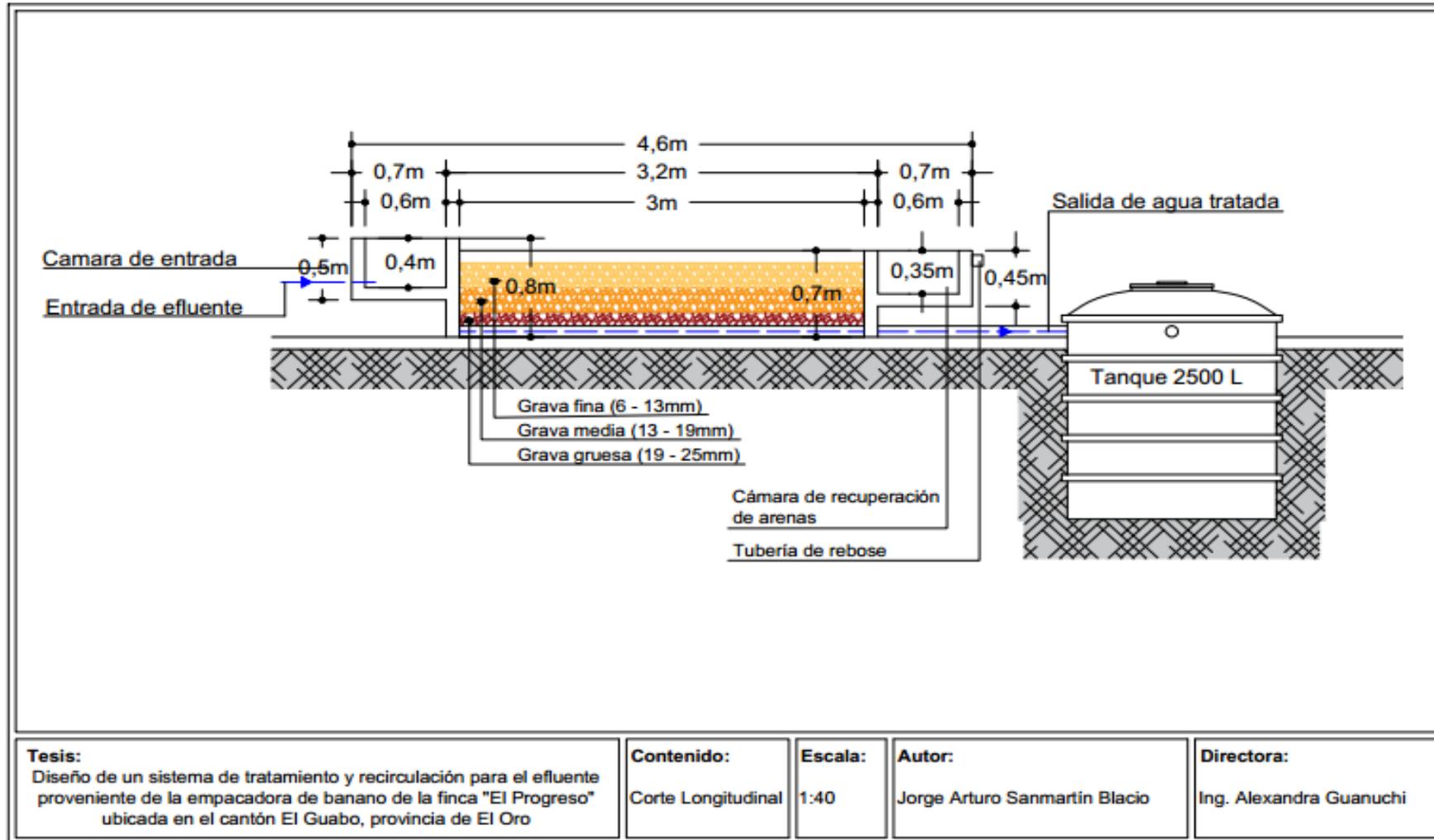


Ilustración 4. Filtración Dinámica Gruesa - Corte Longitudinal
Fuente: El autor

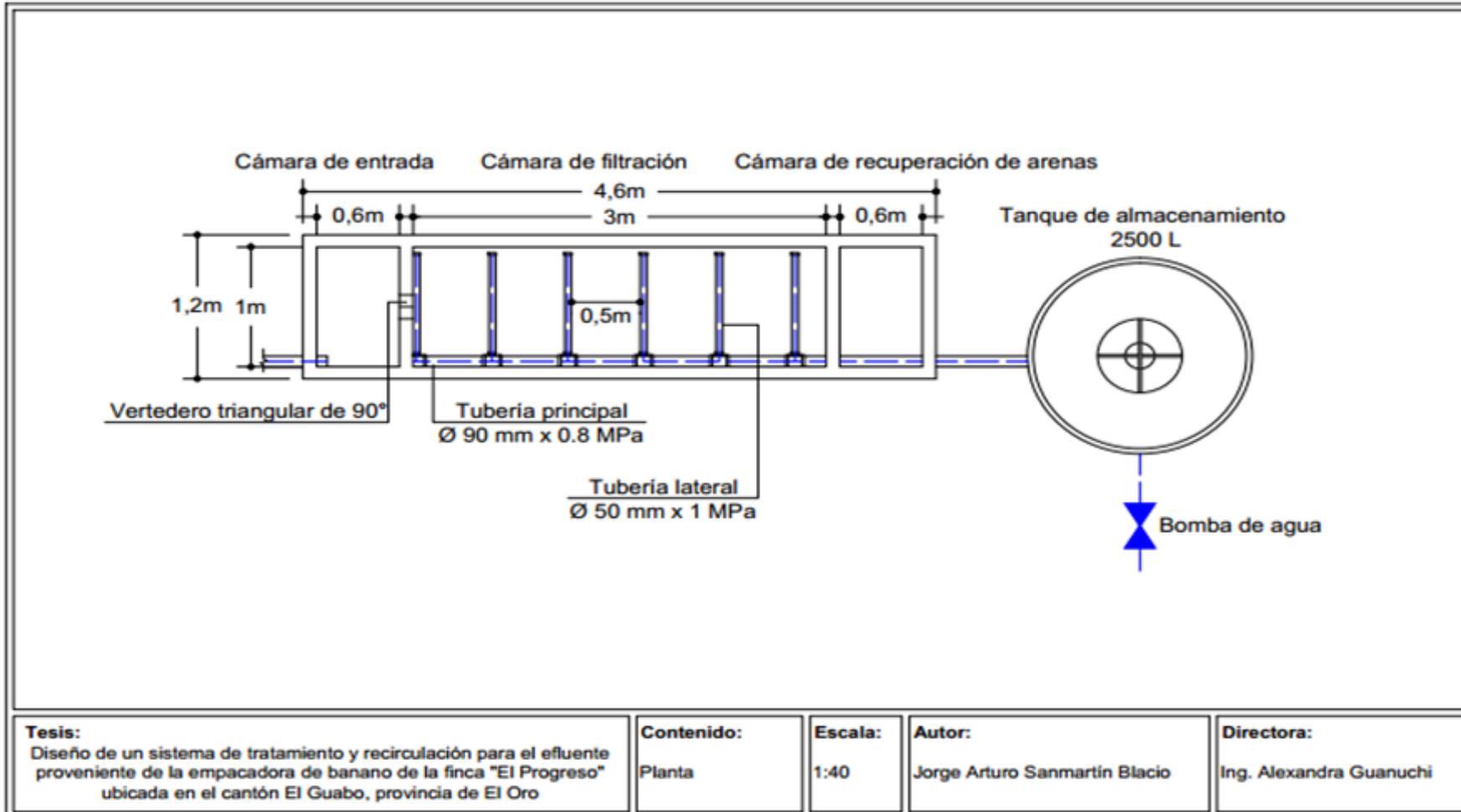


Ilustración 5. Filtración Dinámica Gruesa – Planta
Fuente: El autor

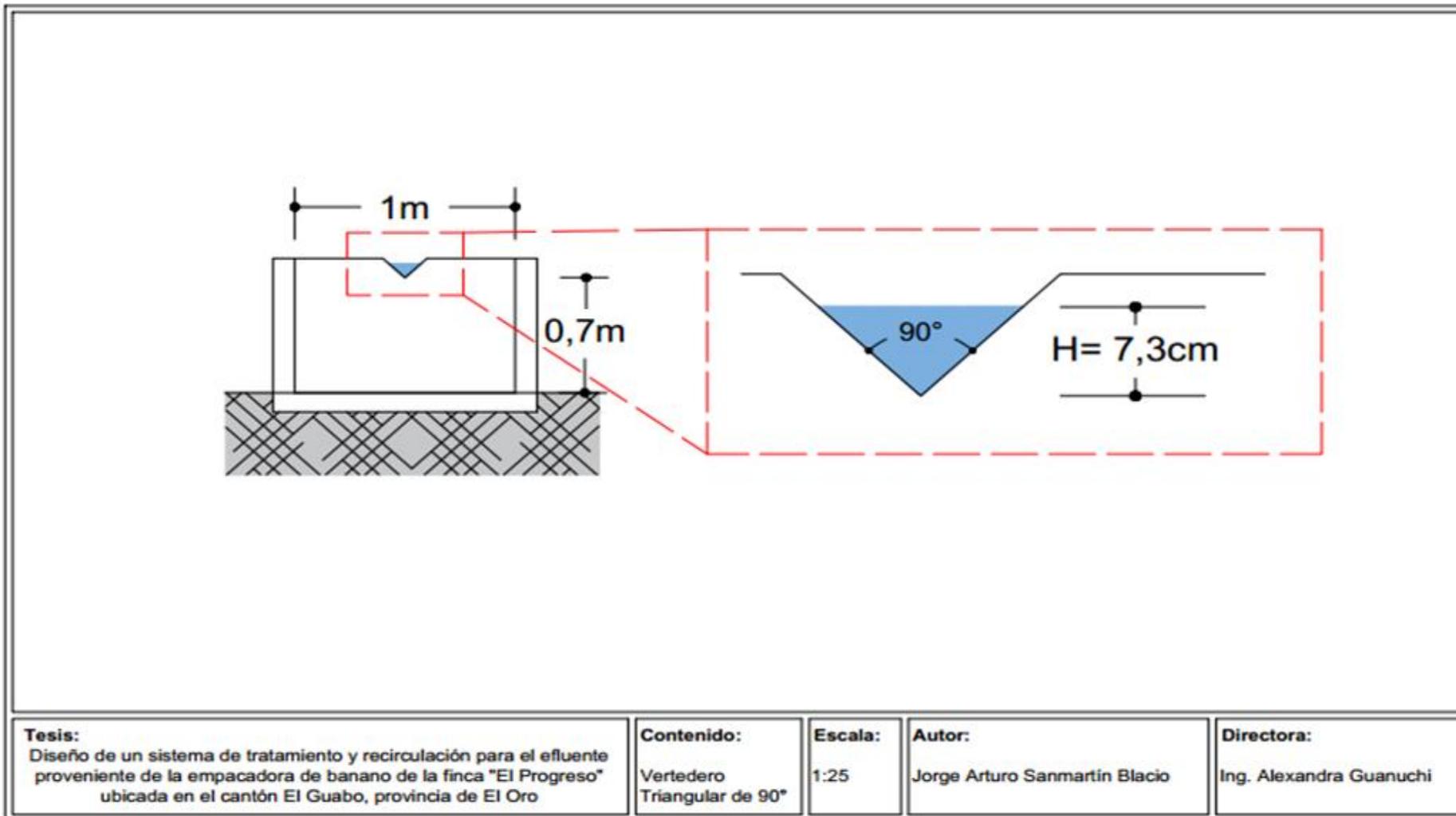


Ilustración 6. Vertedero Triangular de 90°
Fuente: El autor



4.3.3. Mantenimiento y control

El mantenimiento del filtro dinámico grueso se lo realiza con el fin de recuperar la pérdida de carga en las capas filtrantes. Existen varias actividades recomendadas por la OPS, que se pueden realizar para dar mantenimiento a los filtros:

Tabla 11. *Mantenimiento y control de filtros*

Actividades	Acciones a realizar
Lavar cámaras de entrada y salida – <i>una vez por semana</i>	Remover o quitar el material adherido a las paredes y fondos de las cámaras de entrada y salida
Lavar capa superficial de grava – <i>una o dos veces por semana</i>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cerrar válvulas de control de agua ○ Rastrillar la grava superficial con un cepillo de inicio a fin del lecho filtrante ○ Remover con agua las impurezas hasta que el agua de salida esté similar a la de entrada.
Limpieza de fondo de filtro – <i>una vez por semana</i>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Llenar la cámara de filtración con agua cruda ○ Abrir y cerrar la válvula de salida del agua 10 veces consecutivas. ○ Dejar abiertas ambas válvulas hasta que el agua de salida sea similar a la entrada.

Fuente: Organización Panamericana de la Salud.

4.3.4. Costos de implementación

La implementación de un sistema de filtración dinámica gruesa, genera costos en mano de obra, materiales de construcción y de material filtrante. Suponiendo que la obra dure 5 días los costos serían los siguientes:

Tabla 12. *Costos de implementación*

Mano de obra y asistencia técnica				
	Cantidad	Unidad	Costo unitario (USD)	Importe (USD)
Técnico o ingeniero	1	persona	300.00	300.00
Albañiles	3	personas	20.00 c/u por día	300.00
Subtotal				600.00
Materiales de construcción				
	Cantidad	Unidad	Costo unitario (USD)	Importe (USD)
Sacos de cemento	6	Sacos de 50 kg	7.71	46.26
Arena de cantera	6	m ³	10.00	60.00
Grava	6	m ³	10.00	60.00
Ladrillos	100	Unidad	0.25	25.00
Tablas semidura	20	Unidad	4.30	86.00
Clavos	2	Lb	0.90	1.80
Tubería 110 mm	1	Unidad	12.13	12.13



Tubería 50 mm	1	Unidad	4.91	4.91
Tanque de agua de 500 l	1	Unidad	300.00	300.00
Bomba 0.5 Hp	1	Unidad	120.00	120.00
			Subtotal	716.10
Material filtrante				
	Cantidad	Unidad	Costo unitario (USD)	Importe (USD)
Arena gruesa	1	m ³	10.00	10.00
Grava fina	1	m ³	10.00	10.00
Grava gruesa	1	m ³	10.00	10.00
			Subtotal	30.00
			TOTAL	1,346.10

Fuente: Elaboración propia

4.4. Discusión

La huella hídrica del banano en el proceso de embarque, ha sido calculada en varios estudios. En el 2017, Myrian Cabezas y Dayana González, calcularon la huella hídrica en una empacadora de banano en el cantón La Concordia, donde obtuvieron que se utilizan 38.4 m³/semana de agua para una producción de 1600 cajas de banano, equivalente a 0.0024 m³ de agua por caja de banano empacada (Cabezas & González, 2017). En el 2015, Ana Vallejo, calculó la huella hídrica en una empacadoras de banano en Costa Rica, donde obtuvo que se utilizan 288 m³/semana de agua para una producción de 15000 caja de banano, equivalente a 0.0192 m³ de agua por caja de banano empacada (Vallejo, 2015). En comparación con el presente estudio, donde se obtuvo que se consumen 115.2 m³/semana de agua para una producción de 1000 cajas de banano, equivalente a 0.115 m³ de agua por caja de banano empacada; claramente, la cantidad de agua consumida es mucho mayor en esta empacadora.

Con respecto, al análisis físico – químico del agua residual proveniente de las piscinas de lavado de banano, en el 2014, Roberto Victorero realizó este análisis en dos empacadoras distintas en el cantón La Mana, encontrándose alterado únicamente el parámetro de aceites y grasas con resultados de 1.30 mg/l y 4.80 mg/l (Victorero, 2014); cuando el límite máximo permisible para la descarga en cuerpos de agua es de 0.3 mg/l. Estos resultados coinciden con el presente estudio, donde el único parámetro alterado es Aceites y Grasas, con un valor de 11.2 mg/l en el agua de pozo y 24.8 mg/l en el agua residual de las piscinas; pero no se puede dar una explicación por la cual, en el estudio anterior el agua residual tenía alterado el parámetro de aceites y grasas, debido a que no se le realizó el análisis físico – químico al agua antes de entrar a las piscinas.



CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN

El sistema de captación de agua se da a través de un pozo, del cual se extrae el agua con la ayuda de una bomba que funciona a base de gasolina y aceite lubricante. La disposición final consiste en una tubería, en la cual se conectan ambas piscinas, dicha tubería descarga el agua residual en un canal de drenaje, que lleva el agua hacia el río Jubones.

Se calculó del caudal del efluente proveniente de las piscinas, concluyendo que, el consumo de agua en el proceso de empacado del banano de esta finca es excesivo, ya que se utilizan 0.115 m³ o 115 litros de agua por caja de banano empacada, que más allá, de que no se esté pagando por el agua consumida, este factor, puede ocasionar que el pozo alcance un déficit hídrico a corto plazo.

La cantidad de agua consumida por embarque, semanal, mensual y anualmente, puede aumentar o disminuir dependiendo de la cantidad de cajas de banano que se procesen en una empacadora. Por ejemplo, hay empacadoras que hacen 1000 cajas de banano por embarque y otras 250 por embarque; en el primer caso, la cantidad total de agua residual va a tender a aumentar; mientras que, en el segundo caso, va a tender a disminuir.

Con la realización del análisis físico – químico, tanto del afluente como del efluente, se puede concluir que los productos químicos usados para eliminar el látex o la mancha del banano, pueden llegar a alterar considerablemente la calidad del agua, llegando a incumplir el límite máximo permisible en ciertos parámetros en su disposición final, como el de aceites y grasas en este caso.

Con respecto al sistema de tratamiento y recirculación del efluente, se diseñó un sistema de filtración dinámica gruesa, el cual tiene un costo de implementación asequible, teniendo en cuenta el costo-beneficio que conllevaría el tener el sistema funcionando permanentemente. Uno de los beneficios sería, la reducción del consumo de gasolina de la bomba que extrae agua del pozo, que trae consigo un ahorro monetario; otro beneficio sería el cumplimiento con el Reglamento de Saneamiento Ambiental Bananero, que habla de tratar el agua proveniente de las empacadoras antes de su disposición final en cuerpos de agua. Además, el mantenimiento y limpieza de este sistema es sencillo y fácil realizar.



RECOMENDACIONES

- Las autoridades competentes deberían realizar controles más rigurosos a las empacadoras de banano con el fin de que cumplan lo estipulado en el Reglamento de Saneamiento Ambiental Bananero.
- Se podría complementar este tratamiento preliminar con sistemas de coagulación, floculación, sedimentación, cloración, etc. y hacer llegar agua de mejor calidad a familias de estos sectores, que por escasez, muchas veces utilizan el agua del río Jubones. Este río recibe el agua residual de todas las empacadoras del sector.
- Los costos de implementación de este sistema pueden variar, dependiendo de la calidad de los materiales de construcción, el costo de la mano de obra, tiempo de construcción, entre otros.
- Si se implementa este diseño de filtración dinámica gruesa, se deberían realizar análisis físico - químicos del agua, antes y después del sistema de filtrado, para comprobar su eficiencia.
- Se deberían usar removedores de látex biodegradables, como el Biolátex, debido a que está comprobado que el uso de otros removedores de látex como el Detergrass, alteran considerablemente la calidad del agua específicamente en el parámetro de aceites y grasas.
- El mantenimiento y control de estos sistemas de tratamiento es fundamental para mantener su eficiencia cada vez que se lo utilice.
- Es recomendable realizar un mantenimiento mensual a la bomba de extracción, para evitar la lixiviación de aceites al pozo de agua.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Aguirre, D. (2015). *Plan de negocios para la creación de una microempresa de asesoría técnica para la producción bananera en el cantón el guabo para el año 2014*. Universidad Técnica de Machala, Machala. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4710/1/TTUACE-2015-EC-CD00003.pdf>
- Cabezas, M., & González, D. (2017). Determinación de la huella hídrica y del agua virtual en una plantación de banano como producto de exportación en la finca Santa Narcisa, en el cantón La Condordia, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.



- Corporación Banandes. (2015). Proceso de Empaque del Banano. Recuperado 8 de agosto de 2017, de <http://www.banandes.com.ec/proceso.htm>
- de la Vega, P. (2018). Tiempo de retención hidráulico. Recuperado 14 de septiembre de 2018, de <https://www.aguasresiduales.info/expertos/tus-consultas/definiciones-vDQkW>
- del cioppo, J., & Zalazar, R. (2015). *ECUADOR: EXPORTACIÓN DE BANANO (Musa sp.) ESTUDIO SECTORIAL DEL BANANO ECUATORIANO DE EXPORTACIÓN.*
- El Guabo GAD. (2016). HISTORIA CANTÓN EL GUABO. Recuperado de <http://www.elguabo.gob.ec/content/content/19>
- EPA. (1995). WATER TREATMENT MANUALS: FILTRATION. Recuperado de https://www.epa.ie/pubs/advice/drinkingwater/EPA_water_treatment_manual_%20filtration1.pdf
- FAO, F. and A. O. of the U. N. (2002). LA ECONOMÍA MUNDIAL DEL BANANO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s05.htm#bm05>
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). Guidelines to control water pollution from agriculture in China. Water Report 40.
- FAO, F. and A. O. of the U. N. (2017). HUELLA DE AGUA DE LA INDUSTRIA BANANERA. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i6914s.pdf>
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, & IWMI, International Water Management Institute (2017). Water pollution from agriculture: a global review. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/3/a-i7754e.pdf>
- INEN 2 176. (1998). 2 176.
- INOCAR. (2018). Precipitaciones por estación. Recuperado de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/precipitacion-por-estacion>
- McCoy, M. (2018). Types of Waste Water. Recuperado 23 de abril de 2018, de <https://sciencing.com/list-6904747-types-waste-water.html>
- Ministerio del Ambiente. (2015a). TULSMA.



Ministerio del Ambiente. (2015b). TULSMA.

Moss, B. (2008). Water pollution by agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 659-666.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2176>

New World Encyclopedia. (2008). Eutroficación. Recuperado 21 de abril de 2018, de <http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Eutrophication>

OPS. (2005). GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf>

UNEP, United Nations Environment Programme. (2016). A snapshot of the world's water quality: towards a global assessment. Nairobi.

US EPA, United States Environmental Protection Agency. (2016). Water quality assessment and TMDL information. Recuperado a partir de https://ofmpub.epa.gov/waters10/attains_index.home

Vallejo, A. (2015). Metodología práctica para la cuantificación de la huella de agua en Plantas Empacadoras de banano en Costa Rica. *Tecnologico de Costa Rica*, 1. Recuperado de http://bibliodigital.itcr.ac.cr/bitstream/handle/2238/6305/TFG_Metodologia_huella_agua_Plantas_Empacadoras_banano_CR_Lorena_Vallejo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Varela, S. (2015). Vertederos Triangulares. Recuperado de <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/medidores/vertedortriang2/verttriang2.html>

Victorero, R. (2014). Propuesta de tratamiento de efluentes del proceso de embalaje de banano para exportación en el cantón La Mana, provincia Cotopaxi, año 2014. Recuperado de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1293>



Water Footprint Network, design & interactie. (2017). What is a water footprint?

Recuperado 20 de septiembre de 2018, de <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>

WRI, World Resources Institute. (2008). Eutrophication and hypoxia in coastal areas: a global assessment of the state of knowledge. WRI Policy Note. Washington, DC.

WWAP, United Nations World Water Assessment Programme. (2015). The United Nations World Water Development Report 2015: Wastewater, the untapped resource. Paris, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

WWAP, The United Nations World Water Development (2017). The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater, the untapped resource. Paris, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

ANEXOS



Ilustración 7. Medición del caudal del efluente
Fuente: El autor



Ilustración 8. Sistema de rieles
Fuente: El autor



Ilustración 9. Empacadora de banano
Fuente: El autor



LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
---	------------------------------	---------------

FECHA: 2018/05/08

INFORME Nº: 169/18

CLIENTE

NOMBRE: ING. ARTURO SANMARTIN
 DIRECCIÓN: Cda. Chaguarchimbana - Cuenca

MUESTRA

CODIGO: 169/01-02/18
 DESCRIPCIÓN: Agua de Pozo y Residual
 PROCEDENCIA: La Palestina – El Guabo
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2018/04/25
 ENTREGADAS POR: Ing. Arturo Sanmartín

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Agua de Pozo 169/01/18	Agua Residual 169/02/18
SULFATOS *	SM 4500 SO4 E	2018/04/26	mg/l	532.9	598.5

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

Atentamente,


 Bioq. María José Chérrez
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.

Ilustración 10. Resultado de análisis de sulfatos



LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 1
---	---	---

FECHA: 2018/04/17

INFORME N°: 154/18

CLIENTE

NOMBRE: ING. ARTURO SANMARTIN
 DIRECCIÓN: Cda. Chaguarchimbana - Cuenca

MUESTRA

CODIGO: 154/01-02/18
 DESCRIPCIÓN: Agua de Pozo y Residual
 PROCEDENCIA: La Palestina – El Guabo
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2018/04/10
 ENTREGADAS POR: Ing. Arturo Sanmartín

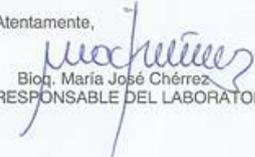
RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Agua de Pozo 154/01/18	Agua Residual 154/02/18
CLORUROS *	SM 4500 Cl C	2018/04/10	mg/l	255.24	186.48
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2018/04/10 2018/04/15	mg/l	0.9*	14
SUST. SOLUBLES AL HEXANO *	SM 5520 D	2018/04/12	mg/l	11.2	24.8
SULFUROS *	SM 4500 S E	2018/04/10	mg/l	<0.1	<0.1

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

PARAMETRO	DBO5
INCERTIDUMBRE	18.12 % (95 %, k=1.96)

Atentamente,


 Bloq. María José Chérrez
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

Ilustración 11. Resultado de análisis de Cloruros, DBO5 y Aceites y Grasas.



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 06-002
LABORATORIO DE ENSAYO

INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA 20-04-18-1010
ORDEN DE TRABAJO No. 01903-18

SOLICITADO POR: JORGE ARTURO SAN MARTIN BLACIO
DIRECCIÓN: LA PALESTINA CANTÓN EL GUABO
TELÉFONO/FAX: 0989805516
TIPO DE MUESTRA: AGUA
PROCEDENCIA: LA PALESTINA - CANTÓN EL GUABO
IDENTIFICACIÓN: AGUA POZO

FECHA DE RECEPCIÓN: 11/04/2018
FECHA DE ANÁLISIS: 11/04-20/04/2018
FECHA DE ENTREGA: 20/04/2018
NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)
MUESTRA TOMADA POR: SOLICITANTE
CÓD. DE MUESTRA: 7074-18

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	FENOLES	mg/l	<0,025	N.A.	PEE-LASA-FQ-12 APHA 5530 C
2	TENSOACTIVOS (MBAS)	mg/l	0,06	± 0,01	PEE-LASA-FQ-13 APHA 5540 C

N.A.: No Aplica


DR. MARCO GUJARRO
GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio

Pág. 1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287
e-mail: info@laboratoriolasa.com • web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

Ilustración 12. Resultado de análisis de Fenoles y Tensoactivos - Agua de pozo



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 06-002
LABORATORIO DE ENSAYO

INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA 20-04-18-1009
ORDEN DE TRABAJO No. 01903-18

SOLICITADO POR: JORGE ARTURO SAN MARTIN BLACIO
DIRECCIÓN: LA PALESTINA CANTÓN EL GUABO
TELÉFONO/FAX: 0989805516
TIPO DE MUESTRA: AGUA
PROCEDENCIA: LA PALESTINA - CANTÓN EL GUABO
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL

FECHA DE RECEPCIÓN: 11/04/2018
FECHA DE ANÁLISIS: 11/04-20/04/2018
FECHA DE ENTREGA: 20/04/2018
NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)
MUESTRA TOMADA POR: SOLICITANTE
CÓD. DE MUESTRA: 7073-18

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	FENOLES	mg/l	<0,025	N.A.	PEE-LASA-FQ-12 APHA 5530 C
2	TENSOACTIVOS (MBAS)	mg/l	0,08	± 0,02	PEE-LASA-FQ-13 APHA 5540 C

N.A.: No Aplica


DR. MARCO GUJARRO
GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio

Pág. 1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287
e-mail: info@laboratoriolas.com • web: www.laboratoriolas.com • Quito - Ecuador

Ilustración 13. Resultado de análisis de Fenoles y Tensoactivos - Agua residual