

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS  
RESIDUALES PROVENIENTES DE LAVADO DE PLÁSTICOS DE  
BANANERAS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**DANIEL SEBASTIÁN CANDO ECHEVERRÍA**

[daniel.cando@epn.edu.ec](mailto:daniel.cando@epn.edu.ec)

**ALLYSON LIZETH INGA PEÑAFIEL**

[allyson.inga@epn.edu.ec](mailto:allyson.inga@epn.edu.ec)

**DIRECTOR: Ing. MARÍA BELÉN ALDÁS SANDOVAL**

[maria.aldas@epn.edu.ec](mailto:maria.aldas@epn.edu.ec)

**CODIRECTOR: Dr. FRANCISCO XAVIER CADENA VILLOTA**

[francisco.cadena@epn.edu.ec](mailto:francisco.cadena@epn.edu.ec)

**Quito, julio 2020**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros Daniel Sebastián Cando Echeverría y Allyson Lizeth Inga Peñafiel, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

**DANIEL SEBASTIÁN CANDO  
ECHEVERRÍA**

---

**ALLYSON LIZETH INGA  
PEÑAFIEL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Daniel Sebastián Cando Echeverría y Allyson Lizeth Inga Peñafiel, bajo nuestra supervisión.

---

**Ing. MARÍA BELÉN ALDÁS  
SANDOVAL  
DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**Dr. FRANCISCO XAVIER  
CADENA VILLOTA  
CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por siempre apoyarme aún en los momentos que parecían que no tenían solución un problema, por ser una guí que se mantuvo firme y nunca me dejaron caer, espero que este trabajo este a la altura de su esfuerzo y seguir alcanzando mas metas junto con ellos, en especial agradezco a mis dos madres Mónica y Delfa por preocuparse por mi bienestar y siempre tener un gesto amable conmigo, a mi abuelito que es como mi padre por ser la figura paterna que me supo guiar y me devolvió al camino correcto en varias ocasiones, por sus consejos y paciencia quiero que sepas que te quiero mucho y que sin ti nada de esto hubiese sido posible y quiero que sepas que eres muy importante para mi.

Agradezco a mis hermanas (Mary, Katy y Maru), por ser comprensibles cuando me sentía mal y apoyarme, por ser mis cómplices y darme muchos momentos felices cuando me sentía solo. Al licen Galo por aconsejarme e incentivarme, por cuidar de mi familia, por ser una buena persona que nunca dudo en brindarme su apoyo cuando así lo requería.

Agradezco a mis tíos, primas y sobrina (Verito, Ojos, Faby y Silvy,, Carlitos, Camila, Miky y Gaby), con ustedes he pasado momentos hermosos que me levantaron el ánimo en varias ocasiones aunque no se los dije en persona, ustedes me ayudaron más de lo que creen.

A mis mejores amigos Martín y Anita que mas que mi amigos has sido como mis hermanos en las buenas y las malas, hemos compartido inmemorables momentos en la universidad y en la vida, hemos aprendido el uno del otro y siempre supimos ayudarnos en los problemas y disfrutar de las circunstancias, les agradezco siempre estar presente y cunetan conmigo que en cualquier circuenstancia estaré para ustedes.

A mis amigos (Val, Lichita, Nico, Maru, Mayor, Alexis, Verito, Pau, Misha y Bra), ustedes son la familia que elegí tener en la universidad y he compartido experiencias inolvidables con cada uno, espero sigan presentes en mi vida. Aprendí mucho de cada uno y son por mucho las personas más interesantes y extraordinarias que he conocido.

A Carito por no morirse de iras por tener que soportarme en la labo en el proceso de realizar mi tesis, por su ayuda y su dedicación, muchas gracias de corazón.

Al grupo de trabajos más loco (K-che, Guiss, Pao, Bladi, Kevin, Negro y Gianni), con ustedes aprendí que a un compañero no se lo vende, que sin importar que tan complicada sea la situación primero están los compañeros y que una nota no vale más que la lealtad a ellos.

A ti Cris y Jhoelito, muchas gracias por aparecer en mi vida, agradezco el haber tenido a personas como ustedes: sensibles, hermosos, inteligentes y sobretodo fuertes. Fueron, son y serán unas personas muy importantes para mí y no importa la situación, la distancia o tiempo cuando me necesiten ahí estaré y sé que ustedes igual, los quiero mucho.

Ally, muchas gracias por ser mi compañera de fórmula, gracias por compartir conmigo esta experiencia enriquecedora, no fue tan fácil como lo pensamos pero juntos lo logramos y he aquí el fruto de nuestro esfuerzo, gracias de corazón por ser una buena compañera, confidente y una maravillosa ser humano.

*Dan. C*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por regalarme el día a día y por haberme dado la fuerza necesaria para seguir adelante y culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres, por todo su amor y comprensión, por ser mi soporte y mi apoyo incondicional, por haber hecho de mí un gran ser humano. Son mis ángeles, mi bendición y les estoy muy agradecida por haberme guiado siempre y porque a pesar de todo jamás me han dejado sola y jamás lo harán.

A mis hermanos Kevin y Karen, por ser mis cómplices, mi paño de lágrimas, mis consejeros, mis alegrías, mis enojos, ustedes son mí todo. Mis bebés los amo tanto, son el mejor regalo de Dios.

A mi mamita Norma, porque a pesar de que la vida no nos ha vuelto a juntar después de tantos años, su amor ha sido constante e incondicional. Nunca dejo de creer en mí y ha estado a mi lado en cada paso, en cada meta.

A mis tíos Luchito, Olguer, Pilar, Torby, César y Armando, porque me han cuidado como una hija más. Han sido parte fundamental tanto en mi formación personal y profesional, han estado para mí cuando lo he necesitado, y sé que siempre podré contar con su apoyo incondicional.

A la Escuela Politécnica Nacional y a sus docentes, por ser forjadores de mi vida como profesional.

A la Ing. María Belén Aldás y al Dr. Francisco Cadena, por toda la paciencia y la ayuda brindada en la ejecución del proyecto de titulación.

A Daniel, porque en el transcurso de este tiempo no solo fuiste mi compañerito de tesis, te convertiste en un buen amigo. Eres un gran ser humano, un ser excepcional y le agradezco a Dios por habernos juntado. Gracias por compartir conmigo esta experiencia Daniiii, TE QUIERO MIJIN.

A mis mejores amigas Dany, Anny, Carito y mi Flakita, mis mamis hermosas les agradezco tanto por estar a mi lado, las historias, las convivencias son tantas que el significado de ustedes en mi vida es invaluable. Más que mis amigas mi familia.

A Cachetes, Ternurita y Bladisito, cosiiitaaas les agradezco tanto por su amistad. Haberlos conocido es una de las casualidades más bonitas de la vida, quiero que sepan que los quiero mucho y que la vida universitaria sin ustedes no hubiese sido la misma, gracias por haber hecho más llevadero cada momento.

A los Conitos, Negro, Gianni, Kevin, Paúl, Pao, Sunti, Cache, Bladi y Mayrita, por todos los momentos compartidos, risas, llantos, chismes, burlas, cumpleaños, chumas, copias. Hicieron de este tiempo una aventura con bellos recuerdos.

A los guayperitos 206, por haberme brindado su amistad y por todos los momentos inolvidables a su lado, los aprecié y los recuerdo siempre con mucho cariño, especialmente a Omar, compartimos lindas experiencias juntos y me regalaste hermosos recuerdos, agradezco mucho tu apoyo durante esta etapa de mi vida.

Al deporte más bonito, el fútbol, gracias a eso hice buen@s amig@s con quienes compartí muchas alegrías, tristezas, inolvidables celebraciones y no celebraciones; la selección de mecánica, selección de ambiental, selección de civil, dunámis, D-505 y vente pal chow.

*Ally Liss* 

## DEDICATORIA

A Dios y a mi familia por siempre haber sido mi apoyo más grande a lo largo de la carrera, gracias a ellos este episodio de mi vida ha culminado y seguirán siendo parte de mis futuros triunfos los amo.

A la Escuela Politécnica Nacional y a su equipo docente, en especial a la Ing. María Belén y al Dr. Francisco Cadena, que en el tiempo que hemos compartido han sabido inculcar en mí más que conocimientos, me han inculcado valores y hemos compartido gratas experiencias, gracias a ellos sé que no existe nada imposible de realizar siempre y cuando se tenga una mente clara, los valores firmes y el coraje para luchar por lo que quieres.

*Dan. C*

## DEDICATORIA

A mis padres Edison y Verónica, por su sacrificio diario para hacer de mí alguien mejor y porque ustedes son la razón de haber cumplido este sueño que también es suyo.

A mis hermanos Kevin y Karen, por ser la inspiración para esforzarme cada día, que este logro les recuerde que no importa el tiempo, ni la dificultad del camino, hay que llegar al final.

A mi belita Norma por ser mi ejemplo de mujer, mamita este triunfo es **NUESTRO**.

A Jhonathan por ser mi persona favorita, me conoces en todas mis versiones y aun así decidiste quedarte, tomar mi mano y acompañarme en este camino. Gracias amor por todo y por tanto.

*Ally Liss* 

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	V
DEDICATORIA.....	VII
DEDICATORIA.....	VIII
RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
PRESENTACIÓN .....	III
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 OBJETIVOS .....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.3 ALCANCE.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	4

CAPÍTULO 2 .....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 LA INDUSTRIA BANANERA .....	6
2.1.1 PRODUCCIÓN NACIONAL .....	7
2.1.2 USO DE PLÁSTICOS PARA LA PRODUCCIÓN BANANERA .....	9
2.2 REUTILIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS .....	11
2.2.1 TIPOS DE PLÁSTICOS APROVECHABLES EN LA INDUSTRIA BANANERA.....	11
2.2.2 PROCESOS DE RECICLAJE DE PLÁSTICO.....	13
2.3 AGUAS RESIDUALES .....	16
2.4 BIO-DETERGENTES .....	17
2.4.1 TIPOS DE BIO-DETERGENTES ACORDE A SU APLICABILIDAD .....	19
2.4.2 DOSIFICACIÓN DEL DETERGENTE .....	24
2.5 TIPOS DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES .....	25
2.5.1 TRATAMIENTO CONVENCIONAL.....	25
2.5.2 TRATAMIENTO PARA LA ELIMINACIÓN DE MATERIA EN SUSPENSIÓN.....	25
2.6 NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE .....	30
2.6.1 GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS .....	31
2.6.2 LÍMITES DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN CUERPOS DE AGUA DULCE .....	33

2.6.3	LÍMITES DE DESCARGA EN AGUAS RESIDUALES EN EL ALCANTARILLADO .....	34
2.6.4	NORMA DE CONTROL DE PESTICIDAS (ORGANOCOLORADOS Y ORGANOFOSFORADOS) .....	35
	CAPÍTULO 3 .....	36
	METODOLOGÍA.....	36
3.1	ETAPAS PREVIAS AL LAVADO.....	37
3.1.1	RECOLECCIÓN DE LAS CUBIERTAS PLÁSTICAS DE BANANO .....	37
3.1.2	LIMPIEZA MANUAL.....	38
3.1.3	CLASIFICACIÓN DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS .....	39
3.1.4	REDUCCIÓN DE TAMAÑO DEL MATERIAL .....	41
3.1.5	PROCESO DE LAVADO A ESCALA LABORATORIO.....	42
3.1.6	CONFIGURACIÓN “A” .....	44
3.1.7	CONFIGURACIÓN B .....	47
3.1.8	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA CONFIGURACIÓN “A” Y LA CONFIGURACIÓN “B” EMPLEADAS EN EL PROCESO DE LAVADO .....	48
3.1.9	PROCESO DE LAVADO A ESCALA PILOTO .....	49
3.2	CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE.....	50
3.3	TRATAMIENTO EMPLEADO PARA DISMINUIR LA CARGA DE CONTAMINANTES EN EL EFLUENTE .....	51
3.3.1	TRATAMIENTO POR REJILLAS .....	52

3.3.2	TRATAMIENTO POR COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN .....	52
3.3.3	TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN.....	54
3.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	56
CAPÍTULO 4 .....		58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		58
4.1	PROCESO DE LAVADO .....	58
4.1.1	CLASIFICACIÓN DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS .....	58
4.1.2	DATOS OBTENIDOS A ESCALA LABORATORIO – CONFIGURACIÓN “A”.....	60
4.1.3	DATOS OBTENIDOS A ESCALA LABORATORIO – CONFIGURACIÓN “B”.....	74
4.1.4	SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA A EMPLEAR EN EL LAVADO DE LOS PLÁSTICOS DE LA PRODUCCIÓN BANANERA (CONFIGURACIÓN A Y CONFIGURACIÓN B).....	81
4.1.5	DATOS OBTENIDOS A ESCALA PILOTO .....	85
4.2	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE LAVADO.....	92
4.2.1	DATOS DEL AGUA A TRATAR.....	92
4.2.2	EVALUACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS CON EL LÍMITE PERMISIBLE ESTABLECIDO POR LA AUTORIDAD AMBIENTAL. ....	97
4.3	PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA EL AGUA DE LAVADO .....	98
4.3.1	TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN LENTA.....	99

4.3.2	TRATAMIENTO POR COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN .....	104
4.3.3	TRATAMIENTO COMBINADO .....	108
4.4	ANÁLISIS DE COSTOS .....	109
	CAPÍTULO 5 .....	114
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	114
5.1	CONCLUSIONES.....	114
5.2	RECOMENDACIONES .....	116
	BIBLIOGRAFÍA .....	117
	ANEXOS .....	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Volumen de la exportación mundial de banano en el periodo 2014-2018 .....	6
<b>Figura 2.</b> Variación de producción nacional desde el segundo semestre del año 2013 al segundo semestre del año 2018.....	8
<b>Figura 3.</b> Plásticos y espumas empleados en la producción bananera: a) Manga, b) Daipas, c) Protector de espuma, d) Corbatín, e) Politubo, f) Polipack, g) Fundas al vacío. ....	11
<b>Figura 4.</b> Estructura química: a) Cadenas ramificada (no biodegradables) y b) Cadenas lineales (biodegradables). ....	18
<b>Figura 5.</b> Estructura química del alquilbenceno sulfonato lineal (LAS).....	20
<b>Figura 6.</b> Estructura básica de las enzimas.....	21
<b>Figura 7.</b> Productos del proceso de hidrólisis catalizada por la enzima lipasa.....	22
<b>Figura 8.</b> Flujo de productos plásticos de origen agrícola. ....	32
<b>Figura 9.</b> Contaminantes presentes en las bolsas plásticas.....	39
<b>Figura 10.</b> Daños físicos en las bolsas plásticas. ....	40
<b>Figura 11.</b> Daños físicos en las bolsas plásticas. ....	41
<b>Figura 12.</b> Diagrama de bloques de las etapas de prelavado.....	43
<b>Figura 13.</b> Diagrama de bloques del ciclo de lavado – configuración A. ....	44
<b>Figura 14.</b> Diagrama de bloques del ciclo de lavado – configuración B. ....	47

<b>Figura 15.</b> Muestras plásticas enredadas en el eje del agitador.....	61
<b>Figura 16.</b> Relación de plástico – agua .....	62
<b>Figura 17.</b> Evaluación del tiempo de prelavado para la configuración A, ..... empleando mangas asociadas al CASO 1.....	63
<b>Figura 18.</b> Evaluación del tiempo de prelavado para la configuración A, ..... empleando mangas asociadas al CASO 2.....	64
<b>Figura 19.</b> Evaluación del tiempo de remojo para la configuración A, empleando mangas asociado al CASO 1.....	65
<b>Figura 20.</b> Evaluación del tiempo de remojo para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 2.....	66
<b>Figura 21.</b> Evaluación del tiempo de lavado para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 1.....	68
<b>Figura 22.</b> Evaluación del tiempo de lavado para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 2.....	69
<b>Figura 23.</b> Evaluación del tiempo y número de enjuagues para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 1. ....	70
<b>Figura 24.</b> Evaluación del tiempo y número de enjuagues para la configuración A, empleando mangas correspondientes al CASO 2.....	71
<b>Figura 25.</b> Apariencia final del proceso de lavado empleando la configuración A y el plástico asociado al CASO 1.....	72
<b>Figura 26.</b> Apariencia final del proceso de lavado empleando la configuración A y el plástico asociado al CASO 2.....	73
<b>Figura 27.</b> Evaluación del tiempo de lavado para la configuración B, empleando mangas asociadas al CASO 1.....	75

<b>Figura 28.</b> Evaluación del tiempo de lavado para la configuración B, empleando mangas asociadas al CASO 2.....	76
<b>Figura 29.</b> Evaluación del tiempo y número de enjuagues para la configuración B, empleando mangas asociadas al CASO 1. ....	77
<b>Figura 30.</b> Evaluación del tiempo y número de enjuagues para la configuración B, empleando mangas asociado al CASO 2. ....	78
<b>Figura 31.</b> Apariencia final del proceso de lavado empleando la configuración B y el plástico asociado al CASO 1.....	79
<b>Figura 32.</b> Apariencia final del proceso de lavado empleando la configuración B y el plástico asociado al CASO 2.....	80
<b>Figura 33.</b> Plástico resultante del proceso de lavado .....	82
<b>Figura 34.</b> Valores de dispersión obtenidos del mejor resultado en la “configuración A” y la “configuración B”.....	84
<b>Figura 35.</b> Evaluación del tiempo de prelavado a escala piloto, empleando la configuración A y el plástico asociado al CASO 2. ....	86
<b>Figura 36.</b> Evaluación del tiempo de remojo a escala piloto, empleando la configuración A y el plástico asociado al CASO 2.....	87
<b>Figura 37.</b> Evaluación del tiempo de lavado a escala piloto, empleando la configuración A y de plástico asociado al CASO 2.....	89
<b>Figura 38.</b> Evaluación del tiempo de enjuague a escala piloto, empleando la configuración A y de plástico asociado al CASO 2.....	90
<b>Figura 39.</b> Estructura del filtro.....	103

**Figura 40.** Porcentajes de la eficiencia de remoción de la turbidez (sólidos suspendidos) por parte del sulfato de aluminio en diferentes concentraciones para una misma cantidad de muestra. .... 105

**Figura 41.** Porcentajes de la eficiencia de remoción de la turbidez (sólidos suspendidos) por parte del sulfato de aluminio en diferentes concentraciones para una misma cantidad de muestra, en el proceso de afinamiento de la cantidad de reactivo a emplear a escala piloto. .... 106

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Destino de exportación del banano ecuatoriano .....	9
<b>Tabla 2.</b> Influencia del color de las fundas de banano sobre las características de la fruta. ....	12
<b>Tabla 3.</b> Límites máximos permisibles de descarga para agua dulce.....	33
<b>Tabla 4.</b> Límites máximos permisibles de descarga para alcantarillado público.....	34
<b>Tabla 5.</b> Límites máximos permisibles en alimentos de Chlorothalonil y Chlorpyrifos según la norma japonesa y estadounidense. ....	35
<b>Tabla 6.</b> Lista de las fincas visitadas.....	37
<b>Tabla 7.</b> Característica de las mangas recolectadas .....	39
<b>Tabla 8.</b> Equipo utilizado en el proceso de lavado a escala laboratorio.....	43
<b>Tabla 9.</b> Equipo utilizado para el proceso de lavado a escala piloto.....	49
<b>Tabla 10.</b> Sistema de tamices empleados para el análisis granulométrico .....	55
<b>Tabla 11.</b> Cantidad de cubiertas plásticas de acuerdo al porcentaje de deterioro .....	58
<b>Tabla 12.</b> Cantidad de cubiertas plásticas de acuerdo con el porcentaje de suciedad.....	59
<b>Tabla 13.</b> Relación de plástico – agua determinada a escala laboratorio .....	61
<b>Tabla 14.</b> Comparación entre los coeficientes de correlación de la configuración “A” y “B”, considerados en la toma decisión de la mejor alternativa de lavado. ....	83

<b>Tabla 15.</b> Variables de operación de lavado a escala laboratorio.....	85
<b>Tabla 16.</b> Desviación estándar entre los datos obtenidos a escala laboratorio y a escala piloto en la etapa de prelavado. ....	86
<b>Tabla 17.</b> Desviación estándar entre los datos obtenidos a escala laboratorio y a escala piloto en la etapa de remojo. ....	88
<b>Tabla 18.</b> Desviación estándar entre los datos obtenidos a escala laboratorio y a escala piloto en la etapa de lavado. ....	89
<b>Tabla 19.</b> Desviación estándar entre los datos obtenidos a escala laboratorio y a escala piloto en la etapa de enjuague. ....	91
<b>Tabla 20.</b> Variables de operación de lavado a escala piloto .....	91
<b>Tabla 21.</b> Resultados de la caracterización de los efluentes CASO 1 .....	92
<b>Tabla 22.</b> Resultados de la caracterización de los efluentes “CASO 2” .....	93
<b>Tabla 23.</b> Concentración de pesticidas presentes en el agua, evaluados en las etapas de: prelavado, lavado y tratamiento. ....	94
<b>Tabla 24.</b> Concentración de pesticidas presentes en las muestras plásticas en su estado original y las que pasaron las etapas de: lavado y tratamiento.....	95
<b>Tabla 25.</b> Análisis de los valores fisicoquímicos obtenidos en la caracterización de los diferentes efluentes en comparación con los valores establecidos en la normativa ambiental vigente. ....	97
<b>Tabla 26.</b> Tipo de tratamiento .....	98
<b>Tabla 27.</b> Resumen de los datos obtenidos para el diseño del filtro .....	99
<b>Tabla 28.</b> Materiales usados para la construcción del filtro .....	100
<b>Tabla 29.</b> Eficiencia de remoción por medio filtrante .....	103

<b>Tabla 30.</b> Valores de los parámetros de control evaluados a diferentes concentraciones de sulfato de aluminio para seleccionar la dosis óptima a emplear. ....	105
<b>Tabla 31.</b> Valores de los parámetros de control obtenidos en el proceso del afinamiento de la concentración de sulfato de aluminio a emplear como coagulante.....	106
<b>Tabla 32.</b> Eficiencia de remoción por tratamiento con precipitación salina .....	107
<b>Tabla 33.</b> Porcentaje de remoción por el proceso de coagulación - floculación.. ....	108
<b>Tabla 34.</b> Valores de consumo por ciclo de lavado.....	109
<b>Tabla 35.</b> Materiales requeridos para la implementación de un sistema de filtración lenta por arena.....	110
<b>Tabla 36.</b> Inversión del equipo necesario para implementar el sistema de tratamiento .....	111
<b>Tabla 37.</b> Valores de implementación, operación, materiales e insumos. ....	112

## RESUMEN

Este proyecto de titulación propone un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes del proceso de lavado de plásticos de bananeras, que mejore la calidad de agua a descargar, así como también otorgar al plástico las características de limpieza necesarias que faciliten futuros procesos de reciclaje.

Para el proceso de lavado se realizaron inicialmente ensayos a escala laboratorio, utilizando la prueba de jarras como equipo principal. Para determinar la mejor opción de lavado se usó dos configuraciones, de las cuales se determinó la configuración A, que consta de cuatro etapas: remojo, prelavado, lavado y enjuague, como mejor opción de lavado. Utilizando el mismo equipo se realizó varios ensayos para la selección de las variables óptimas. Las variables que se analizaron fueron: tamaño del plástico, relación plástico – agua, tipo de detergente, concentración óptima de detergente, velocidad de agitación y tiempo de lavado. Una vez optimizado el proceso a escala laboratorio, se implementaron las variables determinadas en ensayos de lavado a escala piloto, de las cuales las variables fueron la velocidad de agitación y la relación plástico – agua.

Para realizar la propuesta de tratamiento más adecuada se caracterizó el agua por etapas de lavado, así como también de la mezcla total del agua residual. Inicialmente se realiza el tratamiento por la coagulación - floculación utilizando sulfato de aluminio como agente coagulante y posteriormente se realizó un tratamiento por filtración lenta.

**Palabras clave:** Plásticos de bananeras, proceso de lavado, caracterización del agua, agua residual, tratamiento del agua.

## ABSTRACT

This degree project proposes a system for the treatment of waste water from the process of washing banana plantation plastics, which will improve the quality of the water to be discharged, as well as giving the plastic the necessary cleaning characteristics that will facilitate future recycling processes.

For the washing process, tests were initially carried out on a laboratory scale, using the jug test as the main equipment. To determine the best washing option, two configurations were used, of which, configuration A , which consists of four stages: soaking, pre-washing, washing and rinsing, was determined as the best washing option. Using the same equipment, several tests were carried out to select the optimum variables. The variables that were analyzed were: size of the plastic, plastic-water ratio, type of detergent, optimal concentration of detergent, agitation speed and washing time. Once the process was optimized at laboratory scale, the variables determined in pilot scale washing tests were implemented, the variables were the agitation speed and the plastic-water ratio.

In order to make the most appropriate treatment proposal, the water was characterized by washing stages, as well as the total mixture of the waste water. Initially, the treatment was carried out by coagulation-flocculation using aluminium sulphate as a coagulating agent and then a treatment by slow filtration was carried out.

**Keywords:** Banana plantations plastics, washing process, water characterization, wastewater, water treatment.

## PRESENTACIÓN

El presente trabajo de titulación evalúa un sistema de tratamiento eficiente para tratar aguas residuales que provienen del proceso de lavado de plásticos de bananeras.

El estudio consta de cinco capítulos descritos a continuación:

El **Capítulo 1 “Introducción”**, aborda los antecedentes, el objetivo general, los objetivos específicos, el alcance y la justificación propuestos para el desarrollo de esta investigación.

El **Capítulo 2 “Marco teórico”**, describe las características de la industria bananera a nivel nacional, la cantidad de plástico usado en dicha actividad, los procesos de reciclaje aplicables, la limpieza que se debe dar a los mismos, así como también el tipo de detergentes utilizables en la industria, los tipos de aguas residuales y los posibles tratamientos adaptables. Finalmente, se muestra la normativa ambiental vigente tanto para la gestión de residuos y para descargas de aguas residuales a cuerpos de agua dulce y alcantarillado.

El **Capítulo 3 “Metodología”**, detalla los procedimientos realizados previos al proceso de lavado, las etapas de lavado, la caracterización de las aguas residuales. Además se presentan también los parámetros de diseño y construcción del sistema de tratamiento por filtración y las dosis óptima de coagulante para el tratamiento por coagulación - floculación.

El **Capítulo 4 “Resultados y discusión”**, inicialmente presenta la cantidad de plástico de acuerdo a la cantidad de contaminación y al estado físico del mismo. Además, se analiza y se selecciona el detergente más eficiente, así como también las variables óptimas para el proceso de lavado tanto a escala laboratorio como a escala piloto. Se evalúa los resultados obtenidos de la caracterización de las aguas residuales y se determina el tratamiento más eficiente para dichas aguas. Finalmente se verifica el grado de cumplimiento del sistema de tratamiento

seleccionado con la normativa ambiental vigente y se realiza un análisis de costos para la implementación del sistema.

El **Capítulo 5 “Conclusiones y recomendaciones”**, recopila los resultados obtenidos conforme a los objetivos planteados en el plan del proyecto y presenta las recomendaciones para estudios posteriores respecto al tema investigado.



# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Desde 1948, el sector bananero se ha convertido en una de las actividades principales en la economía ecuatoriana, a través de la cual el país obtiene divisas principalmente por la producción de tres tipos de bananos: Cavendish, Guineo Orito y Banana Rose (Aguilar, 2015); las estadísticas establecen que en el año 2018 las exportaciones del banano incrementaron en un 5,24% más que el año anterior, ubicando esta fruta como el segundo producto de exportación no petrolero con 2.065,3 millones de dólares (Mendoza, 2018).

Una de las problemáticas que conlleva la actividad productiva bananera es la generación de aproximadamente 1,5 t/ha\*año de plástico, cantidad considerable que, en una parte se recicla, otra permanece sin recoger y otra es enviada al relleno sanitario convirtiéndose en un problema para el ambiente y la sociedad en general (Salas, 2012). La degradación del plástico es lenta, por lo que tiende a acumularse en los ecosistemas, en base a algunos estudios realizados se sabe que existen reportes de presencia de plásticos en los mares con un mínimo de 3 a 5  $kg/km^2$  y un máximo de 30  $kg/km^2$  (Espín, 2007).

Para realizar la recuperación apropiada de los plásticos desechados se debe tener en cuenta que el material plástico tendrá un cierto nivel de impurezas debido a algunos factores: agroquímicos (pesticidas y fertilizantes), que usan los agricultores para evitar que el producto se vea afectado por alguna especie indeseable, materia orgánica y resina, producido por el racimo y la flor de la fruta. Este hecho implica que para reciclar este material es necesario que pase por un proceso de lavado que remueva estas impurezas (Rossi, 2013).

En estudios anteriores, realizados en la EPN y enfocados en el aprovechamiento de los plásticos provenientes de los invernaderos, se estableció la importancia crítica de realizar un proceso de lavado donde se remuevan las impurezas, con la finalidad de procesar el material y obtener un producto en condiciones apropiadas para reciclarlo y obtener algunos productos que puedan ser comercializados en el país (Carranza, 2010).

Es importante tratar el agua utilizada en la fase de lavado a fin de evitar la contaminación de los cuerpos hídricos (Carranza, 2010). El efluente que se obtiene del proceso de lavado debe ser tratado, con el fin de reutilizar el recurso para otra fase de lavado o para verterlo en un cuerpo hídrico bajo la normativa ambiental vigente, minimizando los efectos negativos que podrían producir la descarga de estos contaminantes directamente sobre un cuerpo de agua (TULSMA, 2015).

Por lo tanto, se plantea proponer un sistema de tratamiento para el efluente de lavado obtenido en el proceso de remoción de la resina y residuos adheridos a la superficie de plástico a través de la aplicación de detergentes enzimáticos, detergentes biodegradables y agua, considerados amigables con el ambiente por su fácil biodegradabilidad. El proceso tiene la finalidad de reutilizar el recurso hídrico en el proceso de lavado o descargar el caudal de lavado sobre un cuerpo de agua bajo la normativa ambiental vigente, con el objetivo de minimizar o de no generar cambios fisicoquímicos considerables en el cuerpo de agua receptora.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un sistema de lavado y tratamiento de las aguas residuales provenientes de los plásticos utilizados en la producción de bananeras mediante un análisis de sus características físico - químicas para evitar mayor

contaminación de los ecosistemas acuáticos y cumplir con la norma ambiental vigente.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el tipo de detergente, su concentración y la relación entre la cantidad de plástico y agua que se debe emplear para el proceso de lavado a través de ensayos de prueba de jarras con el fin de obtener un material óptimo para su inserción en la industria bananera.
- Caracterizar el agua residual obtenida en el proceso de lavado a través del análisis de los diferentes parámetros físico – químicos que permitan identificar las características que debe contemplar el tratamiento a efectuar.
- Proponer un sistema de tratamiento para el efluente generado en el proceso de lavado, en base a los resultados obtenidos en el laboratorio, para evitar que estos contaminantes lleguen a alterar las fuentes de agua.

### **1.3 ALCANCE**

La actividad bananera es de vital importancia para el desarrollo del país, debido a esto el uso de plásticos en su producción seguirá aplicándose e inclusive aumentando, es por lo cual el presente trabajo se enfoca en proporcionar una guía viable a los productores enfocando en el tratamiento del agua de lavado de estos insumos plásticos con el fin de reutilizarlos y reducir el impacto al ambiente y que el agua empleada para dicho proceso sea descargada en las mejores condiciones posibles.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, no existe en el país una propuesta técnicamente sustentada para el reciclaje de los residuos plásticos generados en la producción bananera. Uno de los aspectos más críticos de esta fase es conocer los procesos requeridos y las condiciones que se deben alcanzar para poder obtener un material que se encuentre en las condiciones apropiadas para ser reprocesado adecuadamente. De esta manera, se planteará un análisis de los parámetros base, entre los que están: el tipo y la concentración óptima de detergente a ser utilizado, el tiempo de lavado y la relación plástico – cantidad de agua requerida, todos estos parámetros se analizarán con un tamaño de partícula constante. Posteriormente, se caracterizará el agua residual obtenida en todas las fases del ciclo de lavado a través de ensayos fisicoquímicos con el fin de generar una base de datos sólida a través de la que sea posible proponer la mejor alternativa de tratamiento de los efluentes generados.

Existen dos puntos importantes que se abordarán:

Proceso de lavado. – Las variables a considerar en el proceso son: el tipo y la concentración del detergente, la relación entre el plástico – cantidad de agua requerida y, el tiempo de lavado. El identificar estas variables va a permitir reconocer las características y la dosis óptima del detergente a emplear en pequeña o gran escala, así también la cantidad de agua y detergente necesario por cantidad de residuos a tratar (STERIS, 2007). Los diferentes tipos de detergentes que se tomarán en cuenta son: el texapón, que es un agente limpiador muy efectivo, utilizado en la industria de productos como lavaplatos, de cuidado personal u otros, por el cual se considera para el análisis preliminar con el fin de limpiar las fundas provenientes de las bananeras; detergentes enzimáticos y biodegradables, que a más de ser efectivos, también se consideran amigables con el ambiente por su baja persistencia, el uso de un bio-detergente o detergente enzimático para la remoción de contaminantes, es considerado como un buen sustituto de los detergentes convencionales debido a su eficiencia de

remoción a condiciones ambientales u otros escenarios específicos en las que se puede variar la temperatura, potencial hidrógeno (pH), u otro parámetro, obteniendo un alto grado de eficiencia (STERIS, 2007). Una vez fijados los parámetros del caso, es necesario determinar la eficiencia del proceso a través de un análisis comparativo entre los valores de turbidez empleado en diferentes escenarios; estos datos, se encuentran relacionados con la carga orgánica, además se evaluará la conductividad, el pH y otros parámetros necesarios para reconocer si el tratamiento a efectuar posteriormente es factible o no (Digesa, s.f).

Tratamiento del efluente. – Para realizar la caracterización de los efluentes generados y la eficiencia del tratamiento empleado, se aplicará los métodos aceptados mundialmente como el manual STANDAR METHODS – 2000 o manuales técnicos que proporcionen resultados confiables. Los parámetros que se evaluarán a través de un análisis comparativo son: conductividad, Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO), dureza total, fósforo total, nitritos, nitratos, nitrógeno Kjeldahl, pH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos totales, tensoactivos y turbidez, a través del análisis de estos factores se establecerá el tipo de tratamiento que se debe aplicar al efluente entre los que se puede dar un tratamiento convencional, tratamiento por oxidación o tratamiento por cuagulación - floculación que dependerá esencialmente de las características del agua de lavado obtenida (Chibinda, Arada & Pompa, 2017). El tratamiento convencional es un conjunto de actividades enfocados en la remoción de materiales suspendidos o disueltos, aceites, grasas y, conjuntamente está ligado a un proceso de desinfección, con el fin de obtener un efluente tratado en las mejores condiciones posibles para su posterior descarga hacia un cuerpo hídrico (Muñoz & Aldás, 2017). El tratamiento de desinfección por rayos UV, es un proceso alternativo a la aplicación de ozono o cloro en el tratamiento de aguas residuales y potable, a través del cual no se forman subproductos problemáticos (Gar, Tawfik & Ookawara, 2015). La coagulación - floculación se lleva a cabo por procesos físico – químicos en los que interactúan los no electrolitos con los electrolitos, de manera que se pueden formar emulsiones, lo que permite la precipitación de ciertos elementos debido al

incremento de tamaño de los flóculos, lo que incrementa también la velocidad de sedimentación, el tipo y concentración de coagulante a utilizar dependen del soluto a tratar (Armendáriz et. al, 2003).

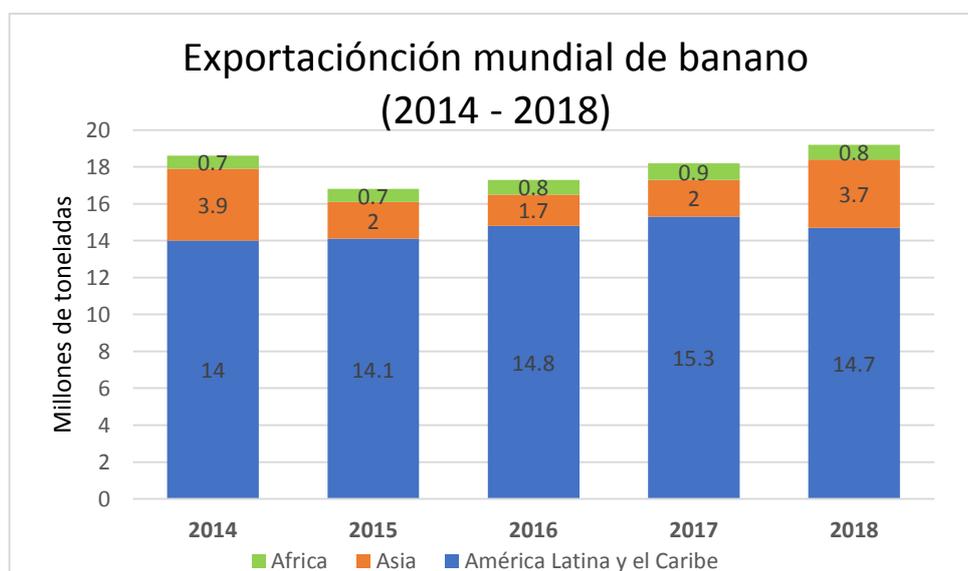
El presente trabajo se realizará con la finalidad de establecer una propuesta técnica para el proceso de lavado del plástico que proviene de las bananeras; conjuntamente se plantea proponer un sistema de tratamiento para el efluente generado, con la finalidad de que el mismo pueda ser vertido directamente en cuerpo de agua bajo los siguientes criterios: evitando daños en el ambiente, beneficiar a la población aledaña al cuerpo de agua y aportar a la comunidad empresarial y científica, información respecto al aprovechamiento de este tipo de residuo

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 LA INDUSTRIA BANANERA

En el 2018 la exportación mundial de banano aumentó en 19.2 millones de toneladas, lo que representa un incremento del 5.7% más que en el 2017, esto sucedió debido al crecimiento de la oferta por parte de Filipinas y Ecuador, catalogados a nivel mundial como los principales ejes de exportación bananera; contrario a este panorama de apogeo, los países de La República Dominicana y Costa Rica presentaron problemas en sus exportaciones a consecuencia de las pésimas condiciones climáticas que afectaron sus cosechas, se reportó un declive del 4% en las exportaciones mundiales que se refieren a América Latina y el Caribe para el periodo 2018 debido a las afecciones causadas en esos países (FAO, 2018). El nivel de las exportaciones continentales ha venido variando, favoreciendo a América Latina desde el 2014, como se indica en la Figura 1.



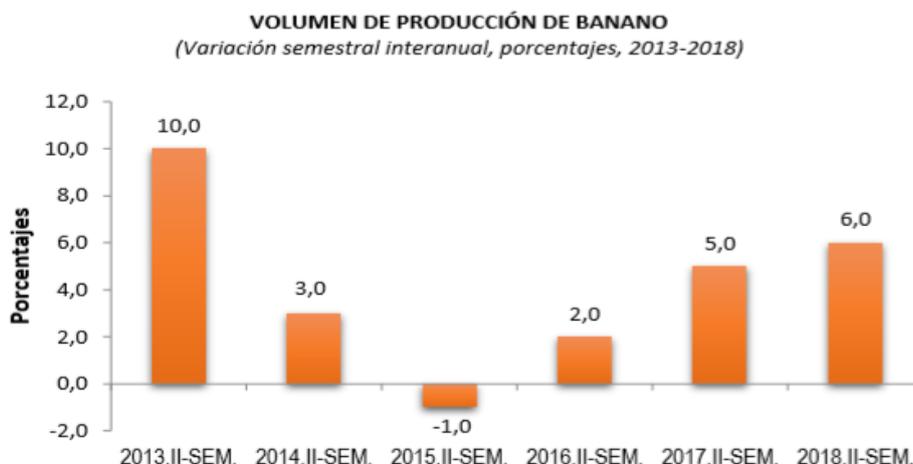
**Figura 1.** Volumen de la exportación mundial de banano en el periodo 2014-2018  
Fuente: FAO, 2018

En el cierre del 2018 el mercado bananero se consolidó con un total de 19.191 millones de toneladas exportadas, los países que aportaron en su mayoría fueron Filipinas (3.387,8 t), Ecuador (6.553,9 t), Guatemala (2.351,4 t), Costa Rica (1.750,2 t) y Colombia (1.748,5 t), mientras que los países que registran un mayor volumen de banano importado son: Estados Unidos (4.212,3 t), China (1.620,8 t), Rusia (1.556,7 t) y Japón (1.002,9 t) (FAO, 2018).

### **2.1.1 PRODUCCIÓN NACIONAL**

La producción nacional de banano en las provincias de: El Oro, Guayas y Cañar, es uno de los pilares de la economía ecuatoriana; para el cierre del 2018 se exportaron 350'562.167 de cajas, lo que significa un incremento del 7.4% en comparación del año 2017, aun así, los agricultores enfrentan problemas en su producción como: climas fríos no aptos para la siembra, tiempos de sequía, baja demanda del producto y un precio inadecuado (BCE, 2018). Con el fin de combatir parte de la problemática, para el año 2019 el Ministerio de Agricultura y Ganadería en concordancia con el Acuerdo Ministerial No. 135, estableció que el precio de la caja de 41.5 – 43 libras sea de \$ 6.30, lo que significa \$0.10 más que el año anterior, conjuntamente se adquirieron nuevas tierras para la producción, se incrementó la inversión destinada a infraestructura, aumentó la inversión en fertilizantes y la aplicación de abono orgánico en los sembríos, estos parámetros serán monitoreados durante todo el periodo 2019 (BCE, 2019).

A finales del 2018 se logró un incremento en la exportación nacional del 2%, esto gracias a las medidas empleadas para mejorar el proceso de producción, las condiciones climáticas favorables y las reducciones arancelarias realizada entre la Unión Europea y Los Andes llevada a mediados del 2018 que dejó una tasa mínima de 96 EUR/t.año (FAO, 2018). La cantidad de producto que genera el país se ha ido sobreponiendo parcialmente desde el segundo semestre de 2015 como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Variación de producción nacional desde el segundo semestre del año 2013 al segundo semestre del año 2018.  
Fuente: Banco Central del Ecuador, 2019

En base al crecimiento del mercado bananero, el Ecuador se proyecta para ser parte de una producción cien por ciento orgánica, el valor en el mercado de la caja referente a este tipo de producto es de \$ 8.50, el proyecto es ambicioso, pero se encuentra limitado para un número considerable de productores que, debido a la adquisición del “certificado internacional” que deben poseer para su exportación, no han podido involucrarse en el proceso. La demanda del producto orgánico y convencional va en aumento, es así que los principales destinos de exportación del producto ecuatoriano son: Europa del Este (4.05%), Oriente (6.21%), Cono Sur (7.56%), Estados Unidos (10.38%), Mediterráneo (11.21%), Medio Oriente (13.94%), Báltico (21.66%) y Rusia (22.04%) con un porcentaje acumulado de 97.05%, para el cierre del 2019 se espera un incremento en el nivel de producción y exportación del producto ecuatoriano (BCE, 2019). La variación de adquisición de banano en el periodo 2017 – 2018 se muestra en la Tabla 1, en la que se representa el volumen de cajas que adquirieron los diferentes países.

**Tabla 1.** Destino de exportación del banano ecuatoriano

<b>COMPARATIVO DE LAS EXPORTACIONES POR DESTINO</b> Según volúmenes de embarque acumulado (Período Enero - Diciembre)					
<b>DESTINO</b>	<b>2018</b>	<b>2017</b>	<b>VARIACIONES</b>		<b>APORTACIÓN POR PAÍS (%)</b>
	<b>VOLUMEN</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>ABSOLUTO</b>	<b>RELATIVA (%)</b>	
Rusia	77 254 457	77 365 520	-111.063	-0,14	22,04
Báltico	75 942 431	70 395 149	5'547.282	7,88	21,66
Medio Oriente	48 877 921	41 683 614	7'194.307	17,26	13,94
Mediterráneo	39 289 192	40 208 167	-918.975	-2,29	11,21
Estados Unidos	36 403 981	32 076 783	4'327.198	13,49	10,38
Cono Sur	26 491 299	28 159 885	-1'668.586	-5,93	7,56
Oriente	21 756 386	17 408 882	4'347.504	24,97	6,21
Europa del Este	14 195 659	12 836 099	1'359.560	10,59	4,05
África	6 785 535	2 443 742	4'341.793	177,67	1,94
Oceanía	3 565 306	3 822 464	-257.158	-6,73	1,02
<b>TOTAL</b>	<b>350 562 167</b>	<b>326 400 305</b>	<b>24'161.862</b>	<b>7,4</b>	<b>100</b>

Fuente: Banco Central del Ecuador, 2019

### 2.1.2 USO DE PLÁSTICOS PARA LA PRODUCCIÓN BANANERA

La aplicación de los plásticos sobre los racimos de banano es una actividad realizada por los agricultores desde hace décadas atrás, el propósito de su uso es proteger los cultivos tanto de afectaciones meteorológicas, así como de todo tipo de plagas que, con el tiempo no dejan de ser una de las mayores afectaciones para los cultivos, de igual manera protegen a la fruta de los pesticidas que se llegan a utilizar en el proceso (Borges & Da Silva, 2004). En la producción bananera los plásticos empleados son los siguientes:

- a) Manga. - Las mangas son cubiertas tubulares de polietileno que se encuentran perforadas y abiertas por ambos extremos, su finalidad es proteger la calidad de la fruta de las plagas, así como también crear un microclima favorable para el crecimiento del racimo (INEN 2588, 2012).

- b) Daipas. - Son fundas plásticas perforadas, ubicadas en la mano de cada racimo, para preservarlo de cualquier daño durante su desarrollo (Torres et al, 2012).
- c) Protector de espuma. - Son plásticos de polietileno de baja densidad, flexibles, impermeables y acolchonados que se colocan entre las manos de cada racimo de banano para evitar la fricción durante su desarrollo (Torres et al, 2012).
- d) Corbatín / sunchos. - Es una cinta con la que se sujeta y cierra la manga, puede tener cierta cantidad de pesticidas para el control de plagas, difiere en colores según la semana de crecimiento que se encuentre el producto (INEN 2588, 2012).
- e) Politubo.- Son unas mangas de espuma que se colocan dentro de la caja de cartón, que sirven para evitar el rozamiento entre las manos de banano (Banaplast S.A, 2019).
- f) Polipack. - Son fundas que se colocan en las cajas de cartón, para evitar el daño por rozamiento de clúster y también extiende el tiempo de maduración de la fruta (Banaplast S.A, 2019).
- g) Fundas al vacío. – Protege al fruto de daños por fricción con la caja y permite prolongar el tiempo de maduración del producto por ser sellado al vacío (Banaplast S.A, 2019).

De los elementos plásticos considerados, es necesario aclarar que solamente la manga y el corbatín contienen en su estructura cierta cantidad de pesticidas, en la Figura 3 se puede apreciar cada uno de los componentes plásticos empleados en la industria bananera anteriormente mencionados (Borges & Da Silva, 2004).



**Figura 3.** Plásticos y espumas empleados en la producción bananera: a) Manga, b) Daipas, c) Protector de espuma, d) Corbatín, e) Politubo, f) Polipack, g) Fundas al vacío.  
Elaborado por: Cando e Inga, 2019

## 2.2 REUTILIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

### 2.2.1 TIPOS DE PLÁSTICOS APROVECHABLES EN LA INDUSTRIA BANANERA

El proceso de embolsar los racimos de banano tiene como fin evitar los daños y quemaduras de la fruta que puedan ocasionar las temperaturas extremas, así como también crear un microclima adecuado para su desarrollo. Es por ello que la industria bananera hace uso de fundas de polietileno de diferentes colores (Cayon, Morales, & Giraldo, 2003).

El color de las fundas de banano cumple la función de filtrar la Radiación Fotosintética Activa (RFA) de la radiación solar incidente, influyendo en el desarrollo y calidad tanto física como química del banano (Cayon, Morales, & Giraldo, 2003). La RFA es la cantidad de radiación que necesita una planta para realizar los procesos fotosintéticos, el rango de longitud de onda considerada

como RFA pertenece a todo espectro solar que va desde los 400 a 700 nm (Righini & Grossi, 2005).

En la Tabla 2 se muestran las fundas que se comercializan en el mercado bananero y la manera en la que influyen en las características del banano como producto final (Cayon, Morales, & Giraldo, 2003).

**Tabla 2.** Influencia del color de las fundas de banano sobre las características de la fruta.

	<b>RFA Transmitida (%)</b>	<b>Peso del fruto (g)</b>	<b>Almidón (%)</b>	<b>Azúcar Total (%)</b>	<b>Grados Brix (%)</b>
<b>Rojo</b>	27,8	322	80,4	1,6	7,75
<b>Negro</b>	0,1	273	81,3	1,3	7,7
<b>Azul</b>	73,1	250	81,3	5,8	11,2
<b>Amarillo</b>	25	291	83,1	2,9	11
<b>Transparente</b>	93,5	372	84,8	3,95	7,7
<b>Blanco</b>	82,4	282	79,8	7,7	8,4
<b>Verde</b>	13,4	399	81,3	2,3	7,6

Fuente: (Cayon, Morales, & Giraldo, 2003)  
Elaborado por: Cando e Inga

De acuerdo a los datos de la Tabla 2, los colores que presentan mayor equilibrio entre sus características son verde y rojo, puesto que, a pesar de que las fundas transparentes presentan una mayor captación de RFA, con un peso de la fruta admisible y cantidad de azúcar suficiente para que sea un buen producto, se debe tomar en cuenta que esto depende mucho de la época del año, ya que con una incidencia de radiación solar excesiva puede provocar quemaduras en las cutículas de los dedos del banano, así como también la generación de un porcentaje de azúcar bastante alto, el mismo que acelera el proceso de maduración del banano, es por ello que los colores más utilizados en la industria bananera son verde y rojo (Cayon, Morales, & Giraldo, 2003).

## 2.2.2 PROCESOS DE RECICLAJE DE PLÁSTICO

El uso de los plásticos ha incrementado exponencialmente en los últimos 30 años. Debido al tiempo de degradación de este tipo de material, es importante alargar el tiempo de vida útil, reprocesándolos en productos para un mismo o diferente uso, así de esta manera se disminuye la cantidad de plástico en los rellenos sanitarios, evitando también que, el destino final de los mismos sean los diferentes tipos de ecosistemas (Urquiza & Ferrando, 2016).

El reciclaje se puede realizar por tres tipos de métodos:

- Reciclaje mecánico
- Reciclaje químico
- Recuperación energética

### 2.2.2.1 Reciclaje mecánico

Es un proceso físico que se enfoca básicamente en los termoplásticos, debido a que están conformados por una estructura molecular no reticulada, característica que permite que el polímero pueda ser moldeado a partir de presión y temperatura (Urquiza & Ferrando, 2016). Para ello se debe realizar el siguiente procedimiento:

- **Clasificación**

De la clasificación de los plásticos depende la calidad del producto final del proceso. La calidad del producto se puede ver afectada por la incompatibilidad de los plásticos, así como también de los diferentes colores que posean aún si la fuente de la resina por la que están impregnadas es la misma (Rivera, 2004).

- **Reducción de tamaño**

Reducir el tamaño del plástico permite dar la forma y el tamaño ideal al material para los procesos subsiguientes. Este proceso se puede llevar a cabo por medio de guillotinas, molino, trituradoras de cuchillas o tipo molino (Urquiza & Ferrando, 2016).

- **Lavado**

El lavado de los plásticos es importante para los posteriores procesos del reciclado, ya que la cantidad de impurezas que se encuentran en los mismos influyen tanto en la calidad final, como en la eficiencia del proceso de reciclado, mientras la concentración de impurezas sea mayor la posibilidad de que existan paradas técnicas incrementa (Urquiza & Ferrando, 2016).

- **Secado**

El proceso de secado tiene como finalidad disminuir los residuos de humedad sobrantes del proceso de lavado. El porcentaje de humedad recomendado para los siguientes procesos es de 0,5%, se pueden emplear diferentes alternativas como: el uso de equipos (secador rotatorio de aire caliente o un escurridor centrífugo), así como también mediante el aprovechamiento de la energía solar, alternativa que es más utilizada en las épocas de verano (Rivera, 2004).

- **Procesamiento**

Esta etapa se puede llevar a cabo usando diferentes tipos de metodologías (extrusión, inyección o moldeo por compresión), con el objetivo de obtener plástico granulado, al cual se le dará un uso posterior de acuerdo la necesidad (Carranza, 2010).

### 2.2.2.2 Reciclaje químico

El reciclaje químico se basa en la descomposición de un polímero para la obtención de un monómero, que es el componente inicial, a partir de éste se pueden realizar nuevos procesos de polimerización (Carranza, 2010).

Este tipo de reciclaje puede realizarse por diferentes metodologías como:

- **Pirólisis**

El proceso de pirólisis utiliza altas temperaturas en ausencia de oxígeno con largos tiempos de residencia, estas condiciones son necesarias para lograr la ruptura de los enlaces poliméricos. La temperatura del proceso oscila entre 400 y 800 °C, transformando los residuos en líquidos, gases o en el llamado coque de pirólisis que son cenizas sólidas (Sáez, 2008).

- **Craqueo térmico**

En este proceso existe una ruptura de las cadenas poliméricas utilizando calor en ausencia de oxígeno. El producto final se puede obtener en estado líquido, sólido o gaseoso, éste dependerá de la temperatura que se haya utilizado en el proceso. La temperatura puede variar entre los 500 y 800 °C (Arandes, Bilbao, & López, 2004).

- **Hidrogenación**

La hidrogenación es un proceso térmico, que se encarga de romper las cadenas poliméricas utilizando calor en presencia de hidrógeno. Las temperaturas oscilan entre los 400 y 500 °C, y las presiones van desde 10 a 100 kPa. En dicho proceso es necesario el uso de catalizadores bifuncionales, para la obtención de productos alifáticos (Carranza, 2010).

### **2.2.2.3 Recuperación energética**

Este proceso se basa en obtener energía térmica a partir de la incineración del material plástico en presencia de oxígeno, de esta forma la energía liberada puede ser utilizada en distintas fases. Este tipo de procedimiento es utilizado en casos en el que el plástico presenta condiciones de suciedad extrema difícil de remover o un alto deterioro.

Es importante mencionar que este proceso puede generar en algunos casos contaminantes gaseosos como dioxinas y furanos que son sustancias tóxicas, por lo tanto, es necesario tener una correcta gestión de los gases emitidos, así como también de los residuos generados por la incineración de los plásticos (Carranza, 2010).

## **2.3 AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales en un concepto general, son aquellas aguas resultantes de actividades antropogénicas que han alterado su calidad, se encuentran compuestas en un 99% de agua y 1% de sólidos suspendidos, sólidos coloidales y sólidos disueltos, este porcentaje en su composición puede variar de acuerdo al origen del agua residual (UNESCO, 2017).

Existen diferentes tipos de agua residuales: aguas blancas, aguas grises y aguas negras (Toalongo, 2012). Las aguas blancas son aquellas aguas que tienen un mínimo grado de contaminación, suelen tener gases disueltos y partículas de polvo en su composición. Pueden proceder de forma natural como: lluvias, nieve o deshielo; así como también de actividades de riego de parques y jardines o de la limpieza de calles (Espigares García & Pérez López, 2003).

Las aguas grises son aquellas que provienen de descargas de lavadoras, lavavajillas, lavamanos y duchas, contienen un bajo grado de contaminación con una presencia mínima de compuestos orgánicos, es por ello que su tratamiento es sencillo y pueden ser reutilizadas en actividades como riego de jardines,

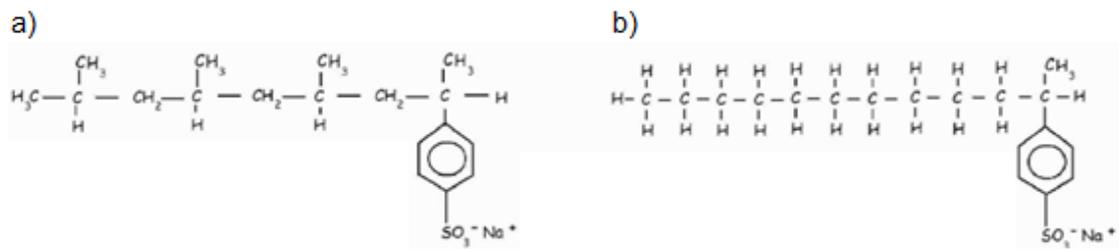
descargas del agua del inodoro, limpieza de pisos o lavados de automóviles (Escobar, 2019).

Las aguas negras presentan un alto grado de contaminación, provienen del metabolismo humano, por lo tanto, contienen gran cantidad de materia orgánica y agentes patógenos, lo que hace que su tratamiento sea de mayor complejidad (Espigares García & Pérez López, 2003).

## **2.4 BIO-DETERGENTES**

El elemento responsable de lavar y disminuir la tensión superficial del agua es el tensoactivo, un elemento anfipático con una zona hidrófila (cabeza) dirigida al agua y una parte hidrófoba (cola) dirigida en dirección a las grasas (Aznárez et al, 2015).

Los primeros detergentes empleados eran formulados en base a alquilbencensulfonatos (ABS), elemento que tiene una estructura ramificada, por lo que su capacidad de degradabilidad es baja y en consecuencia el cuerpo de agua que lo transporta forma abundante espuma por un tiempo persistente, en búsqueda de una mejor opción, se desarrolló los bio-detergentes o detergentes biodegradables compuestos por alquilsulfonatos lineales o alquilbenceno sulfonato lineal (LAS), que son cadenas de carbono sin ramificaciones, esta estructura permite que los microorganismos degraden con mayor facilidad la cadena (Regla, Vázquez, Humberto, Cuervo, & Neri, 2014). En la Figura 4 se presenta la diferencia de la estructura molecular de una cadena biodegradable y no biodegradable.



**Figura 4.** Estructura química: a) Cadenas ramificada (no biodegradables) y b) Cadenas lineales (biodegradables).

Fuente: Regla, Vázquez, Humberto, Cuervo & Neri, 2014

Como cualquier otro detergente, para cumplir con el objetivo de remover las manchas se debe considerar ciertos conceptos que permiten que este proceso se lleve a cabo (Garcia & Montoya, 2017).

- **Tensoactividad**

Permite reducir la tensión superficial del agua, con lo que se logra mejorar la interacción y penetración del agente limpiador con la superficie de la mancha (Garcia & Montoya, 2017).

- **Humectación**

Mejora la capacidad del agua de cubrir una mayor área (Garcia & Montoya, 2017).

- **Penetración**

Es la capacidad que tiene el agente limpiador de introducirse entre las zonas porosas de la mancha (Garcia & Montoya, 2017).

- **Emulsión**

Es el proceso de dispersión o suspensión de las partículas finas de uno o más líquidos a otro (Garcia & Montoya, 2017).

- **Suspensión**

Es el proceso a través del cual las partículas de la mancha removida se encuentran en solución para que no vuelvan a la superficie de interés (García & Montoya, 2017).

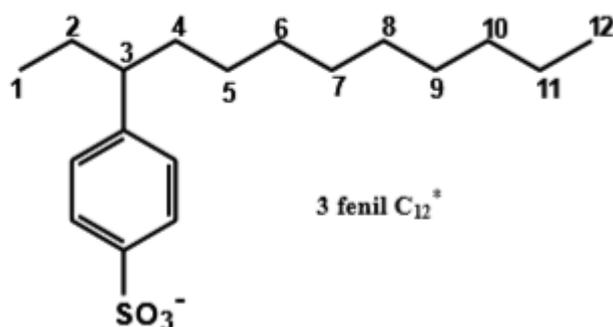
#### **2.4.1 TIPOS DE BIO-DETERGENTES ACORDE A SU APLICABILIDAD**

Existen 3 tipos de detergentes biodegradables, a continuación, se revisa cada uno en función de menor a mayor grado de degradación.

##### **2.4.1.1 Por la presencia de alquilbenceno sulfonato lineal (LAS)**

Los detergentes convencionales tienen una concentración de alquilbenceno sulfonato lineal del 18% y de fosfatos un 50%, debido a que el LAS tiene la propiedad de acción detergente y a la normativa ambiental que ejerce mayor control respecto a descargas con niveles altos de fosfatos que pueden desencadenar problemas como el proceso de eutrofización, los fabricantes han cambiado esta relación en diferentes porciones cada uno a fin de aumentar la cantidad de LAS y reducir la concentración de fósforo en las formulaciones de los detergentes (Betancur, Aguirre, & Henao, 2010).

Dependiendo de la mezcla de LAS existe un grupo homólogo de productos, la diferencia entre estos compuestos es la cadena estructurada por átomos de carbono que, normalmente son alrededor de 10 a 13 átomos, en un extremo de la cadena lineal se genera la fusión entre un anillo bencénico y uno de los carbonos disponibles, formando la molécula que permitirá la remoción de manchas en el lavado (Leite, 2007). En la Figura 5 se representa la estructura química del alquilbenceno sulfonato lineal (LAS).



**Figura 5.** Estructura química del alquilbenceno sulfonato lineal (LAS).  
Fuente: Betancur, Aguirre & Henao, 2010

La acción detergente de los LAS se basa en procesos de humectación, emulsión y dispersión, etapas que permiten remover los residuos aceitosos que se encuentran adheridos a una superficie, este tipo de manchas son insolubles y pueden estar en estado sólido o líquido (Leite, 2007).

Las fases que se llevan a cabo para eliminar la mancha se detallan a continuación: (Leite, 2007).

### **Fase I**

Sobre la mancha sólida comienza la intensificación de carga negativa, llevado a cabo por la adsorción de LAS, debido a este proceso los potenciales interfaciales varían de modo que favorecen la eliminación de la mancha.

### **Fase II**

La mancha se fragmenta por acción de LAS.

### **Fase III**

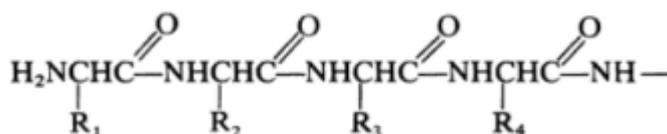
Se ejerce fuerza de repulsión entre el sustrato y la mancha, las dos se encuentran con cierta cantidad de tensoactivo, la fuerza aumenta hasta que la mancha es liberada consecuencia de las fuerzas de repulsión.

## Fase IV

Debido a la propiedad de emulsificación de LAS, las partículas son emulsionadas y arrastradas.

### 2.4.1.2 Detergentes biológicos o enzimáticos

Las enzimas son elementos proteínicos estructurados por una cadena de aminoácidos y un centro activo, su objetivo es el de acelerar las reacciones químicas. La estructura primaria de las enzimas se genera por una secuencia de aminoácidos (Fersht, 1980). En la Figura 6 se presenta la estructura básica de las enzimas.



**Figura 6.** Estructura básica de las enzimas.  
Fuente: Fersht, 1980

Los detergentes biológicos permiten remover contaminantes específicos (Lina & Suarez, 2010). La acción que ejercen las enzimas en detergentes se asemeja a la acción que realizan en los organismos, descomponen un elemento para que éste se traslade al fluido transportador (agua) y ser removido (Aznárez, 2015).

A continuación, se presenta los cuatro tipos de enzimas comúnmente empleadas en la formulación de detergentes:

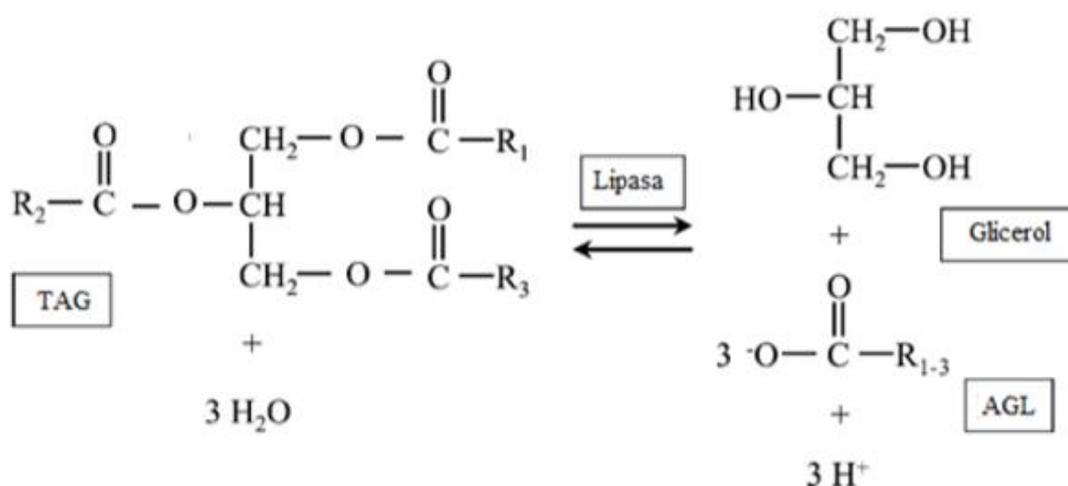
- **Proteasa**

Para formular detergentes con esta enzima, se emplea en su mayoría proteasas alcalinas microbianas, este tipo de enzima actúa sobre los componentes proteicos que forman parte de las manchas, el proceso puede realizarse a temperaturas inferiores a otros detergentes y con cortos lapsos de agitación. Como cualquier

otra enzima empleada para el desarrollo de detergentes, la proteasa cuenta con un rango amplio de estabilidad ante variaciones de pH y temperatura, lo que le permite ser duradera en el tiempo y aún más importante, la concentración necesaria para ser efectiva como removedor de manchas es de 0.04% - 0.08% (García & Montoya, 2017).

- **Lipasa**

La lipasa es un triacilglicerol acilhidrolasa que pertenece a la familia de la serina hidrolasa, tiene capacidad de catalizar la hidrólisis de triacilglicéridos, dejando como productos de la reacción glicerol, diacilglicéridos, ácidos grasos y monoacilglicéridos (Martínez, 2012). Las lipasas se encuentran dentro de la familia  $\alpha/\beta$  hidrolasas juntamente con las proteasas (Jaeger, Dijkstra, & Reet, 1999). En la Figura 7 se presenta el proceso de hidrólisis catalizado por la enzima lipasa.



**Figura 7.** Productos del proceso de hidrólisis catalizada por la enzima lipasa.  
Fuente: Martínez, 2012

Cuando el proceso de lavado se realiza en medios acuosos homogéneos, una cadena polipeptídica separa el centro activo de la lipasa (tapadera o lid), haciendo que el sustrato no esté accesible. En la cara interna se ubican los residuos hidrofóbicos alrededor de la zona activa (Brady et al., 1990). Cuando la enzima se encuentra en una interfase agua/líquido se genera una conformación abierta, en

la que la cadena polipeptídica (coladera) se aísla, esto ocasiona una interacción a través de puentes hidrógeno y salinos (Derewenda et al., 1994).

Con ayuda de los conceptos mencionados es posible el establecer que el proceso catalítico de las lipasas se lleva a cabo en lo que se denomina activación interfacial de lipasas, en este estado la lipasa se encuentra con su centro activo bloqueado al encontrarse dentro de un sistema homogéneo. Al exponer la enzima a una interfase hidrofóbica éstas se adsorben a sí mismas trasladando la tapadera y generando que el centro activo se libere (Biesiot & Capuzzo, 1990).

- **Amilasa**

Las enzimas amilasa, hidrolizan a los glúcidos en azúcares simples y evitan el efecto de sinéresis, permiten eliminar manchas de almidón, con una eficiencia de remoción de alrededor del 25% y siguen actuando luego del ciclo de lavado, la amilasa no tiene efecto sobre la celulosa (Aznárez et al., 2015).

- **Celulasa**

La enzima celulasa del tipo endoglucanasa es distinta de las otras enzimas tratadas en este capítulo, debido a que su acción se realiza sobre el tejido, específicamente sobre las microfibrillas y no sobre el tipo de mancha que éste posea (Aznárez, y otros, 2015). La celulasa forma parte del grupo glicosil, tiene un rendimiento significativo a temperaturas bajas, por lo que la industria de detergente está interesada en emplearla para reducir costos energéticos y económicos (Marín, 2007).

El rango de pH en la que celulasa actúa es de 6 – 10, su estructura es resistente a los componentes surfactantes aniónicos, a los blanqueadores y es estable en su almacenamiento (Marín, 2007).

- **Enzimas micro encapsuladas**

Funcionan en un ambiente específico de pH y temperatura, caso contrario no ejercen ningún efecto (Aznárez, y otros, 2015).

#### **2.4.1.3 Detergentes Ecológicos**

Los detergentes ecológicos se producen con materia prima renovable como las grasas vegetales y azúcares que tienen un mejor proceso de degradación y son considerablemente menos tóxicos que los detergentes convencionales, LAS y los detergentes enzimáticos. Además no contienen fosfatos, surfactantes, fosfonatos, policarboxilatos, blanqueadores, aroma o colorantes, por lo que luego de un tiempo de decantación el agua podría ser utilizada para riego, adicionalmente mediante estudios científicos se ha comprobado que tienen la misma eficiencia que cualquier tipo de detergente, visualmente la apariencia de este tipo de detergentes no brinda la confianza suficiente a los consumidores ya sea por la apariencia, textura del detergente o la generación de espuma como la obtenida por competencia, lo que es necesario entender es que estas características se debe a los aditivos que contienen otras formulaciones (Cano, 2019).

Este tipo de detergente facilita al proceso de depuración de agua por lagunaje, no se acumula en el fondo y su presencia no afecta a la flora y fauna aledaña a la zona de descarga ni corriente abajo (Porro, Atela, Peiron, & Suriñach, 2013).

#### **2.4.2 DOSIFICACIÓN DEL DETERGENTE**

El proceso de identificación de la concentración óptima es indispensable, para lograr este objetivo es necesario emplear varias concentraciones con el fin de identificar cuál de ellas presenta los mejores resultados, en el caso de emplear diferentes marcas, es oportuno tratarlas individualmente hasta encontrar el valor que tiene mayor eficiencia y así sucesivamente con cada uno para finalmente compararlos (Arial, 2018).

Respecto a la detergencia, los detergentes enzimáticos reflejan los mejores resultados cuando se trabaja con concentraciones bajas de detergente, teniendo en diferentes ensayos que este valor puede ser siete veces superior a los detergentes comerciales, éste es uno de los aspectos más importantes por el que se considera la variación de la concentración, para realizar el ensayo se debe emplear el ensayo de prueba de jarras, al realizar en el mismo ensayo diferentes configuraciones de una misma solución, es posible evidenciar visualmente el efecto de cada solución (Altmajer, 2004).

## **2.5 TIPOS DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES**

### **2.5.1 TRATAMIENTO CONVENCIONAL**

Las regulaciones para descargar aguas residuales con el tiempo se han vuelto más rigurosas, es por ello que nace la necesidad de mejorar y crear nuevas técnicas que permitan la recuperación del recurso agua para una descarga más limpia o que a su vez éste pueda ser reutilizado. El tratamiento convencional consta de varias metodologías, en este caso para describirlas se clasifican de la siguiente manera: (Rodríguez, Letón & Rosal, 2006).

### **2.5.2 TRATAMIENTO PARA LA ELIMINACIÓN DE MATERIA EN SUSPENSIÓN**

Este tipo de tratamientos se enfocan en la remoción de partículas en suspensión, estas partículas pueden variar en tamaño, densidad y forma. Generalmente estos procesos se llevan a cabo mediante operaciones mecánicas y en algunos casos se adicionan aditivos químicos (Rodríguez, Letón & Rosal, 2006).

- **Desbaste**

El proceso de desbaste es un proceso físico que elimina los sólidos de mayor tamaño que se encuentran en el agua residual, con el fin de evitar daños en equipos de etapas posteriores. Para este proceso se utilizan rejillas, las cuales

constan de barras metálicas colocadas paralelamente con dimensiones que pueden variar de 6 o más mm y con espacios de 10 a 100 mm entre ellas (Pérez & Urrea, 2011).

- **Sedimentación**

La sedimentación es un proceso físico que se usa para la eliminación de sólidos pesados y partículas que se encuentran flotando en el agua residual utilizando como factor primordial la fuerza de gravedad. La eficiencia de este proceso depende del tamaño y de la densidad de las partículas, mientras mayor sea el tamaño y más densa sea la partícula mayor será la velocidad de sedimentación (Camp, 2005).

- **Filtración**

La etapa de filtración es utilizada comúnmente después de procesos de coagulación, floculación y sedimentación. El proceso de filtración tiene como objetivo remover sólidos suspendidos, éstos quedan atrapados en los gránulos filtrantes, es por ello que la adhesión es una propiedad muy importante del material filtrante. El material que generalmente se usa para este proceso son arenas y gravillas de distinto tamaño de partículas, éstas son colocadas en capas a alturas variables (Segura, Hurtado & Vázquez, 2016).

- **Flotación**

La flotación es un proceso físico que se basa en la inyección de oxígeno ( $O_2$ ) para la formación de burbujas, estas burbujas tienen como objetivo arrastrar las partículas suspendidas hasta sacarlas del sistema. Este proceso es eficiente con partículas de menor o igual densidad del agua (Rodríguez, Letón & Rosal. 2006).

- **Coagulación - Floculación**

El proceso de coagulación – floculación se enfoca en la remoción de partículas coloidales y suspendidas, que son partículas muy pequeñas que pueden ir desde  $10^{-6}$  hasta los  $10^{-9}$  m (Cabrera, Fleites & Contreras, 2009). Este proceso inicia con la desestabilización química de las partículas coloidales suspendidas con la adición de un coagulante y una correcta mezcla rápida que permita la formación de emulsiones (coagulación). Para la siguiente etapa la mezcla es lenta, esto es necesario para favorecer el contacto entre los flóculos y evitar el riesgo de ruptura de los mismos y finalmente la sedimentación de los mismos (Andía, 2000).

Los coagulantes que son utilizados en este proceso suelen ser sales de  $Fe^{+3}$  y  $Al^{+3}$  junto con polielectrolitos orgánicos que ayudan al proceso de floculación (Cabrera, Fleites & Contreras, 2009).

#### **2.5.2.1 Tratamiento para eliminación de materia disuelta**

Este tipo de tratamientos elimina partículas que se encuentran disueltas en el agua residual, esta materia puede ser sales inorgánicas, sales orgánicas, metales pesados y pesticidas, este tipo de materia son compuestos peligrosos, es por ello la necesidad de su remoción (Rodríguez, Letón & Rosal, 2006).

- **Precipitación**

El proceso de precipitación se basa en la adición de un reactivo que al mezclarse con el contaminante forme un compuesto insoluble, el mismo que pueda ser eliminado por los procesos anteriormente mencionados para remoción de materia en suspensión. El reactivo que generalmente se utiliza es el  $Ca^{+2}$ , debido a su alta capacidad para formar sales insolubles y actuar como coagulante (Rodríguez, Letón & Rosal, 2006).

- **Procesos electroquímicos**

Este tipo de procesos utiliza la corriente eléctrica como factor principal. Al hacer contacto la corriente eléctrica con el agua residual, se origina reacciones de óxido

– reducción tanto en el cátodo como en ánodo. La electrólisis que se produce en el proceso sustituye a la adición de reactivos químicos, y esto da como consecuencia procesos de electrocoagulación, electroflotación y electrofloculación (Pérez, 2015).

- **Intercambio iónico**

El objetivo del tratamiento por intercambio iónico se basa en la transferencia del material del fluido a un sólido. Para el proceso de intercambio iónico se utilizan las denominadas resinas de intercambio iónico, estas resinas pueden poseer cargas negativas en su estructura que tienen la capacidad de retener en su superficie e intercambiar los iones que se encuentran disueltos en el agua cargados positivamente, dándose de esta manera una reacción química de intercambio catiónico. Así como también, las resinas pueden estar cargadas positivamente y retener e intercambiar los iones disueltos en el agua cargados negativamente, efectuando de esta forma una reacción química de intercambio aniónico. Este proceso es utilizado mayormente para disminuir la dureza del agua (Morales & Sánchez, 2018).

- **Adsorción**

El proceso de adsorción se basa en el uso de un material adsorbente que tenga la capacidad de captar sustancias solubles en su superficie. Los factores que afectan el proceso de adsorción son (Rodríguez, Letón & Rosal, 2006):

**Solubilidad:** a menor solubilidad la capacidad de adsorción aumenta.

**Estructura molecular:** mientras más ramificada sea la molécula, existe mayor capacidad de adsorción.

**Peso molecular:** a mayor tamaño de molécula, mayor capacidad de adsorción.

**Polaridad:** a menor polaridad mayor capacidad de adsorción.

**Grado de saturación:** Mientras más insaturada sea la molécula aumenta la capacidad de adsorción (Rodríguez, Letón & Rosal, 2006).

- **Desinfección**

El proceso de desinfección del agua es primordial para evitar problemas agudos en la salud. Al desinfectar el agua se eliminan microorganismos que puedan causar enfermedades y para determinar la eficiencia de la desinfección, se toma como indicador la presencia de coliformes fecales y coliformes totales.

Los productos más utilizados para la desinfección son: cloro, cloramina, luz ultravioleta y ozono (Leal Ascencio, 2007).

### 2.5.2.2 Tratamientos biológicos

Este tipo de procesos utiliza el metabolismo microbiano para la remoción de materia orgánica biodegradable soluble y coloidal, así como también nutrientes como el fósforo y nitrógeno.

La actividad metabólica depende del elemento aceptor de electrones para los procesos de oxidación de la materia orgánica (Rodríguez, Letón & Rosal, 2006).

- **Procesos biológicos aerobios**

Estos procesos se realizan en presencia de oxígeno con la ayuda de microorganismos, especialmente de bacterias y protozoos. Estos microorganismos actúan sobre los compuestos orgánicos e inorgánicos que se encuentran en el agua residual, así como también sobre los sólidos disueltos, sólidos suspendidos y coloides. Este proceso biológico transforma los contaminantes del agua en gases y flóculos que son conocidos como fango biológico o lodos activados. Los procesos biológicos aerobios permiten obtener rendimientos energéticos elevados y son procesos que ayudan a la remoción de sólidos no sedimentables, nitrógeno, fósforo y microorganismos patógenos. La aplicación en aguas residuales puede condicionarse debido a la baja solubilidad del oxígeno en el agua (Buitrón, Sánchez, & Carrera, 2016).

- **Procesos biológicos anaerobios**

Este proceso utiliza bacterias heterótrofas que actúan sobre la materia orgánica en ausencia de oxígeno, obteniendo como producto de la reacción de descomposición metano  $CH_4$ , dióxido de carbono  $CO_2$  y en ocasiones ácido sulfhídrico  $H_2S$ , el mismo que genera mal olor. Este tipo de proceso se utiliza en aguas residuales que presentan una alta carga de materia orgánica y se caracteriza por la formación de biogás, compuesto que es utilizado como combustible (Saldarriaga, Hoyos & Correa, 2011).

- **Procesos biológicos anóxicos**

Este tipo de procesos se realiza en ausencia de oxígeno  $O_2$  con aditivos de radicales nitratos  $NO_3^-$ , en el proceso se obtiene como producto nitrógeno molecular  $N_2$ , que es un elemento inerte. Este proceso ayuda en la eliminación de nitratos (desnitrificación) (Saldarriaga, Hoyos & Correa, 2011).

## **2.6 NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE**

La Constitución de la República en su Art. 14, se manifiesta el derecho que tienen los habitantes en convivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, para lo cual en el mismo texto se vuelve a la naturaleza como sujeto de derecho; en el capítulo séptimo Art. 71, se establece que la naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a ser respetada, dentro del contexto se encuentran: sus ciclos vitales, los procesos evolutivos y su estructura, por parte las personas naturales y jurídicas (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

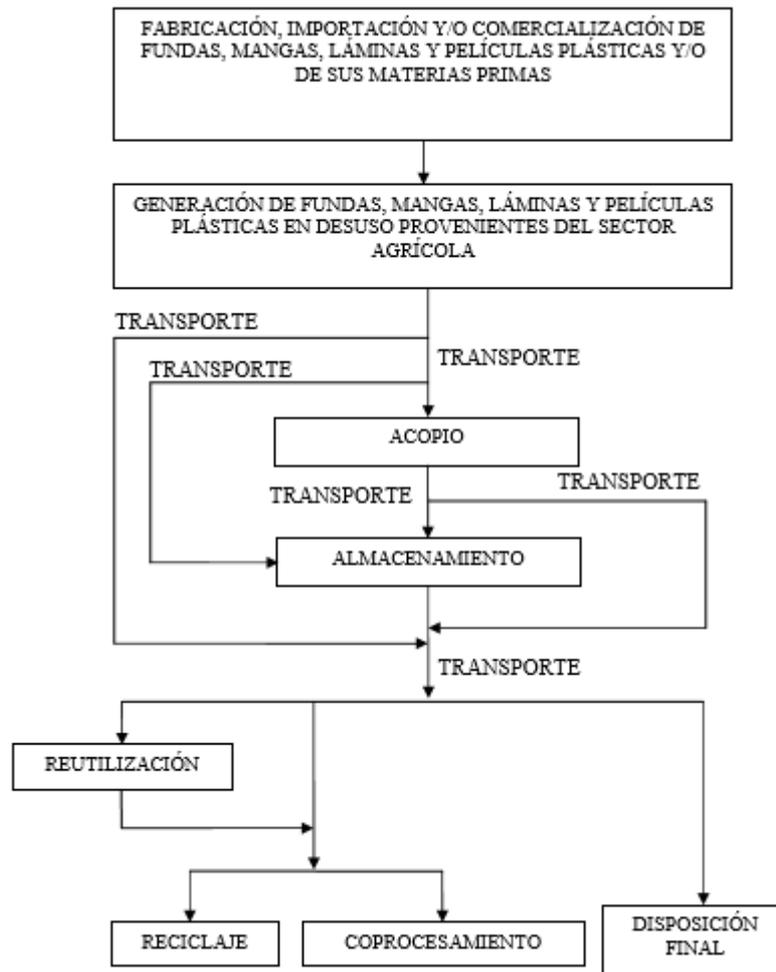
Para cumplir con el objetivo planteado, el Estado se apoya en ciertos instrumentos de control, uno de los que se aplica en el presente trabajo es el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), mismo que regula la gestión y control del recurso hídrico en función de los límites máximos permisibles de un conjunto de parámetros (TULSMA, 2015).

### **2.6.1 GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS**

Los desechos plásticos de bananeras, según el acuerdo ministerial 142, se encuentran clasificados como desechos especiales con el código ES- 05 (AM-142, 2012). El Código Orgánico del Ambiente (COA) y su Reglamento (RCOA) mencionan en la sección de gestión integral de residuos y desechos peligrosos y/o especiales que, las bananeras como generadoras de desechos especiales son responsables del manejo ambiental de los mismos, desde la generación hasta la eliminación o disposición final (COA, 2018) (R COA, 2019).

La gestión ambiental de este tipo de residuos pueden ser por gestión propia o por un gestor autorizado. En el caso de gestión propia la actividad utilizada para eliminación o disposición final debe ser regularizada para la obtención de la autorización ambiental pertinente. Enfatizando el objetivo del presente proyecto, la limpieza de las fundas plásticas para un futuro reciclaje, se menciona en el Reglamento del Código Orgánico que al realizar una mezcla de este residuo con otros materiales, la mezcla completa será tratada como residuo especial (R COA, 2019).

En la Norma NTE-INEN-2588, en la sección de disposiciones generales, numeral 4.7, se plantea el flujo a seguir de los plásticos del sector agrícola, desde que se generan hasta cuando se desechan (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012). En la Figura 9 se indica el diagrama de flujo mencionado.



**Figura 8.** Flujo de productos plásticos de origen agrícola.  
Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012

En el numeral 5.1 Requisitos Específicos, se menciona que aquellos actores que fabriquen, importen productos plásticos tienen responsabilidad en la gestión de los mismos cuando sean desechados y todo generador de residuos plásticos debe ser regularizado frente a la Autoridad Ambiental Nacional (AAN) o la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable (AAAR), con la finalidad que adopte las medidas correspondientes para cumplir con lo establecido con la ley (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012).

## 2.6.2 LÍMITES DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN CUERPOS DE AGUA DULCE

Cualquier descarga de aguas residuales al alcantarillado deberá cumplir como mínimo los valores máximos permisibles que se encuentran en el anexo 1 del TULSMA, los mismos que son presentados en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O <sub>5</sub> )	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	mg/l	250
Nitratos + Nitritos	mg/l	10
Fósforo Total (P)	mg/l	10
Nitrogeno Total Kjeldahl (N)	mg/l	15
Potencial de Hidrógeno (pH)		5-9
Sólidos Sedimentables	ml/l	1
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	100
Sólidos Totales	mg/l	1600
Tensoactivos	mg/l	0,5
Compuestos organoclorados (totales)	mg/l	0,05

Fuente: TULSMA, 2015  
Elaborado por: Cando e Inga, 2019

### 2.6.3 LÍMITES DE DESCARGA EN AGUAS RESIDUALES EN EL ALCANTARILLADO

Cualquier descarga de aguas residuales hacia fuentes de agua dulce, deberá cumplir los valores representados en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O <sub>5</sub> )	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	mg/l	500
Fósforo Total (P)	mg/l	15
Nitrogeno Total Kjeldahl (N)	mg/l	40
Potencial de Hidrógeno (pH)		5-9
Sólidos Sedimentables	ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	220
Sólidos Totales	mg/l	1600
Tensoactivos	mg/l	2
Compuestos organoclorados (totales)	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	mg/l	0,1

Fuente: TULSMA, 2015  
Elaborado por: Cando e Inga, 2019

#### 2.6.4 NORMA DE CONTROL DE PESTICIDAS (ORGANOCLORADOS Y ORGANOFOSFORADOS)

Un estudio realizado en la EPN (Aguilar, 2019), analizó la presencia de pesticidas en la bolsas plásticas que provienen de bananeras, los resultados demostraron la presencia de dos elementos, Chlorothalonil (Organoclorado) y Chlorpirifos (Organofosforado), al no existir ninguna norma nacional que involucre estos parámetros, se realizó un análisis comparativo empleando dos normas extranjeras, la Norma de Japón y la Norma Estadounidense, que controlan la concentración máxima permitida de los pesticidas mencionados en alimentos (Aguilar, 2019). En la tabla 5, se puede apreciar los valores permisibles en alimentos del Chlorothalonil y Chlorpirifos.

**Tabla 5.** Límites máximos permisibles en alimentos de Chlorothalonil y Chlorpirifos según la norma japonesa y estadounidense.

		Pesticida (ppm)	
		Chlorotalonil Organoclorados	Clorpirifos Organofosforados
Norma de Alimentos (Límites máximos permisibles)	Japonesa	25,00 (presencia en duraznos)	10,00 (en té)
	Estadounidense	15,00 (en papaya y apio)	20,00 (en aceite cítrico)

Fuente: Aguilar, 2019  
Elaborado por: Cando e Inga, 2019

El análisis consecuente, realizado en base a la normativa mencionada, indicó que, los valores de los parámetros de control cumplen con los límites permisibles, tanto para descargas en agua dulce como en alcantarillado.

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA**

La parte experimental se realizó en cuatro etapas: actividad previa al lavado, lavado a escala laboratorio, lavado a escala piloto y el tratamiento del efluente generado. En cada caso se llevó a cabo el respectivo seguimiento a través del control de variables cualitativas (apariencia) y cuantitativas (ensayos fisicoquímicos).

En la etapa previa al lavado, se adquirió y acondicionó el material necesario para este estudio, las muestras fueron recolectadas en fincas que pertenecen a la provincia de Los Ríos y fueron almacenadas en el Centro de Investigación Aplicada a Polímeros (CIAP) de la EPN:

Una vez almacenadas, se clasificó y adecuó el material para el proceso del lavado, con el material se procedió a realizar el lavado a escala laboratorio dentro de las instalaciones del Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental (LDIA), hasta ajustar los parámetros de operación que generaron el mejor resultado de limpieza del plástico. Una vez definidos los valores, se replicó el procedimiento a escala piloto en las inmediaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química.

El tratamiento del efluente y el proceso de lavado a escala piloto se realizó en el laboratorio de Operaciones Unitarias, mientras que la caracterización y los ensayos de control de las variables fisicoquímicas (excepto nitrógeno total Kjeldahl y análisis de pesticidas), se realizaron en el LDIA.

Los análisis de pesticidas organoclorados y organofosforados se enviaron a la empresa Gruentec CÍA. LTDA., mientras que los análisis de nitrógeno total Kjeldahl fueron realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) con sede en la estación experimental Santa Catalina.

### 3.1 ETAPAS PREVIAS AL LAVADO

#### 3.1.1 RECOLECCIÓN DE LAS CUBIERTAS PLÁSTICAS DE BANANO

Las plantas, como organismos vivos complejos, tienen un tiempo de maduración variable que depende de muchos factores propios del vegetal y de su ambiente, debido a esto, no es sencillo elegir zonas determinadas de muestreo. Por este motivo, el proceso de compendio de las cubiertas plásticas se realizó directamente en los lugares de acopio de cada finca. Las muestras recolectadas fueron removidas del racimo el mismo día de la visita, manteniendo el material adherido en un estado fresco.

Los puntos que se consideró para realizar el muestreo son:

- Ubicación de la plantación
- Vías de acceso al lugar (accesibilidad)
- Tamaño de la zona de interés
- Existencia de los sitio de acopio de las fundas

Para recolectar la materia prima para este estudio, se procedió a visitar seis fincas ubicada en la provincia de Los Ríos, debido a que es la región de mayor producción bananera, el objetivo fue obtener cierta variedad de muestras. Dentro del grupo de parcelas se seleccionó una finca dedicada a la producción 100% orgánica, en la Tabla 6, se detalla cada punto que fue visitado.

**Tabla 6.** Lista de las fincas visitadas.

<b>FINCAS VISITADAS EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS</b>			
<b>Hacienda</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Color de funda</b>	<b>Tipo de sembrío</b>
Patricia Pilar	40	Verdes	Producto 100% orgánico
El Rancho	100	Rojas	Williams Cavendish

			convencional
San Jacinto	50	Blancas y verdes	Williams Cavendish convencional
Quinta Dianita	150	Verdes	Williams Cavendish convencional
San Antonio	120	Verde	Williams Cavendish convencional
Miranda #2	80	Verde	Williams Cavendish convencional

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

En el ingreso las fincas no se presentó ningún problema, cada una se encontraba equipada con una vía de acceso, sea de asfalto o grava, permitían llegar a las oficinas de atención sin inconveniente alguno.

### 3.1.2 LIMPIEZA MANUAL

Una vez que el racimo de banano se encuentra en condiciones para ser procesado y empacado, la cubierta plástica y el corbatín dejan de ser de utilidad; en una primera fase son retirados de los racimos y acumulados en un saco o funda para posteriormente llevarlos al punto de acopio y finalmente ser entregados a un gestor que se encarga de trasladar el material al relleno sanitario más cercano o tomar las medidas que se considere oportunas. Desde el momento en que el plástico se encuentra en uso hasta que es desechado, se genera la acumulación tanto en la parte interna y externa de: polvo, lodo, insectos y ramas como se muestra en la Figura 9, por lo tanto, es necesario remover este material ajeno a la envoltura plástica para optimizar el resultado final y disminuir los recursos en el lavado del plástico.



**Figura 9.** Contaminantes presentes en las bolsas plásticas.  
Elaborado por: Cando e Inga, 2019

### 3.1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS

El paso siguiente, fue valorar las características, cantidad y el estado físico de las cubiertas plásticas, para lo cual se emplearon dos parámetros de control: el grado de suciedad y el estado físico de las fundas recolectadas por cada finca visitada. La Tabla 7 contiene los datos de las fundas recolectadas en cada punto.

**Tabla 7.** Característica de las mangas recolectadas

<b>Cantidad de bolsas para enfunde obtenidas</b>			
<b>Hacienda</b>	<b>Dimensión (cm)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso (g)</b>
Patricia Pilar	72 x 38 x 0,00127	106	3129,2
El Rancho	73 x 38 x 0,00127	132	3896,7
San Jacinto	74 x 38 x 0,00127	140	4132,9
Quinta Dianita	75 x 38 x 0,00127	157	4634,7
San Antonio	76 x 38 x 0,00127	128	3778,6
Miranda #2	77 x 38 x 0,00127	117	3453,9

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

### 3.1.3.1 Clasificación por grado de suciedad

Para clasificar las muestras de acuerdo con el porcentaje de suciedad, se dividió la funda en 14 cuadrantes por cada cara y se procedió a contabilizar los cuadros manchados, tomando en cuenta que cuando un cuadrante no se encuentre en su totalidad manchado se completará con la parte sucia de otro de los cuadrantes.

Parte del material adherido que se podía remover fue eliminado en la limpieza manual, en la Figura 10, se puede apreciar el plástico que fue enviado al ciclo de lavado.



**Figura 10.** Daños físicos en las bolsas plásticas.  
Elaborado por: Cando e Inga, 2019

La evaluación se realizó en ambas caras de la funda por separado, en el procedimiento, las bolsas fueron extendidas a su tamaño original, en ciertas zonas se tuvo dificultades debido a la presencia de resina (savia del racimo).

### 3.1.3.2 Clasificación por el estado físico de recolección

Para conocer el estado físico de las fundas recolectadas, se procedió a clasificarlas por la severidad de sus daños, empleando la cuadrícula anteriormente mencionada. Se consideró el tamaño y la cantidad de agujeros que

se encontraron, algunos ejemplos de las fisuras presentes en el plástico se pueden apreciar en la Figura 11.



**Figura 11.** Daños físicos en las bolsas plásticas.  
Elaborado por: Cando e Inga, 2019

#### **3.1.4 REDUCCIÓN DE TAMAÑO DEL MATERIAL**

Una vez que la materia prima fue evaluada, se procedió a clasificar la muestra bajo dos conceptos: CASO 1: estado regular (fundas con bajo grado de contaminantes) y el CASO 2: mal estado (fundas con un alto grado de contaminantes). Con esta clasificación se realizó la reducción del tamaño del material y se homogeneizaron las muestras antes de realizar los ensayos de lavado, con el fin de obtener mejores resultados.

Las dimensiones originales del plástico fueron aproximadamente 74.4 cm x 38 cm, debido a su tamaño no es posible realizar algún ensayo a nivel laboratorio por lo que se optó probar varios tamaños de partícula hasta encontrar aquella que favorezca el ciclo de lavado.

El primer valor que se consideró fue una sección de 10 cm x 10 cm, posteriormente se trabajó con un valor de 5 cm x 5cm y finalmente se redujo y eligió un tamaño de trabajo de 3 cm x 3 cm, se tomó esta decisión debido a que, al trabajar con los dos valores iniciales, el plástico se enredaba en el eje de la

paleta de agitación formando una masa que giraba en conjunto, evitando su limpieza.

En el proceso de reducción, se consideró el compactar cierta cantidad de fundas y posteriormente reducir su tamaño a través de un molino de cuchillas SHINI equipado con un tamiz de 8 mm; en los ensayos a escala laboratorio se pudo apreciar que los films de plástico quedan adheridos entre sus caras, debido a la presión empleada al compactar el material, por lo que, el proceso de lavado no se lleva a cabo de forma adecuada, adicionalmente dada la baja densidad del material plástico, en el momento de realizar el lavado, se genera una capa de plásticos en la superficie del agua. Al mantenerse el material plástico solamente en la superficie, la etapa de lavado es ineficiente.

El análisis de reducción de tamaño anteriormente mencionado, sirvió para concluir que el material debe ser dividido sin aplicar la técnica de compactación y que el tamaño no puede ser muy pequeño. Por esto, se realizó el proceso de forma manual, hasta que se obtuvo un tamaño apropiado, el mismo que se empleó en los ensayos a escala laboratorio y a escala piloto.

A nivel industrial se debe considerar el uso de un molino de cuchillas SHINI, equipado con un tamiz que genere cortes de 3 cm x 3 cm.

### **3.1.5 PROCESO DE LAVADO A ESCALA LABORATORIO**

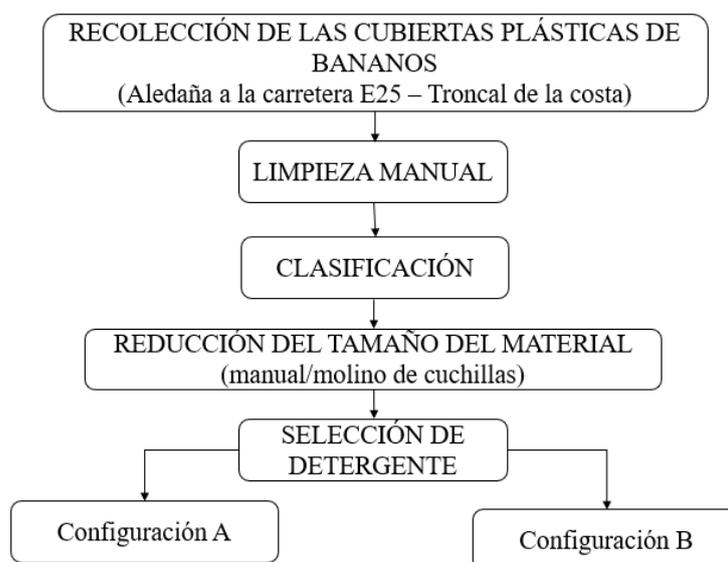
Las variables de operación aplicadas a nivel laboratorio, fueron ajustadas en las instalaciones del laboratorio LDIA. Los equipos empleados en el proceso de lavado a escala laboratorio dentro de las instalaciones se representa en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Equipo utilizado en el proceso de lavado a escala laboratorio

EQUIPO EMPLEADO A ESCALA LABORATORIO EN EL PROCESO DE LAVADO	
Equipo	Marca
Balanza analítica	Mettler Toledo
Prueba de jarras equipado con 6 agitadores de dos paletas de acero inoxidable	OVAN

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

En el proceso de limpieza, se tuvo en consideración el trabajo previamente realizado (Carranza, 2010), en el cual se trabaja y analiza dos configuraciones de lavado, a través de las que se busca obtener un material apto para ser reprocesado. (Carranza, 2010; Chachalo y Pérez, 2007). A continuación, en la Figura 12 se presenta la fase previa a la actividad de lavado mediante un esquema de bloques.

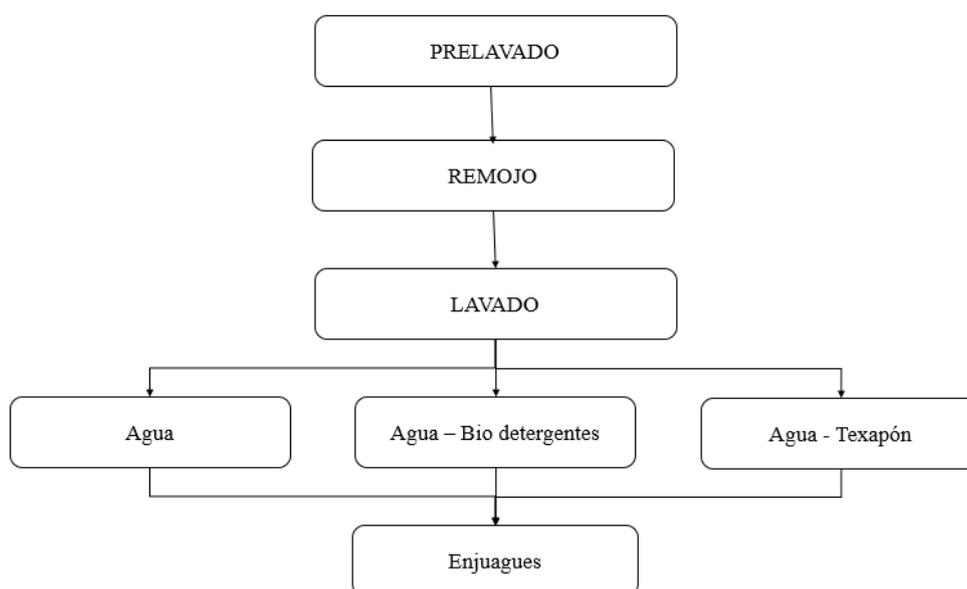


**Figura 12.** Diagrama de bloques de las etapas de prelavado  
Elaborado por: Cando e Inga, 2019

En los apartados siguientes, se planteó las dos alternativas de lavado (configuración A y configuración B), se seleccionó para su réplica a escala piloto al sistema que generó el mejor resultado.

### 3.1.6 CONFIGURACIÓN “A”

Las etapas que componen a la configuración A, se pueden apreciar en la Figura 13.



**Figura 13.** Diagrama de bloques del ciclo de lavado – configuración A.  
Realizado por: Cando e Inga, 2019

#### 3.1.6.1 Prelavado

El ensayo de prelavado se realizó con el objetivo de eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes del plástico, empleando simplemente agua para optimizar el proceso de lavado. Se logró determinar el tiempo requerido para ejecutar dicha actividad, en base al análisis del comportamiento de la turbidez y de la apariencia que presentan los plásticos una vez terminada la fase de prelavado. El parámetro de control de todo el proceso de lavado a escala laboratorio fue la turbidez, las mediciones se tomaron en el laboratorio LDIA cada

cinco minutos con un turbidímetro HACH 21000P, el proceso llegó a su fin una vez que la turbidez tiende a un valor constante.

### **3.1.6.2 Remojo**

Se dejó actuar el detergente sobre las manchas de las fundas durante un tiempo, el proceso permitió una mayor interacción de la solución limpiadora con el material adherido en la superficie del plástico. El objetivo fue suavizar las impurezas y mejorar la remoción de las mismas (ablandamiento). El proceso de ablandamiento favoreció posteriormente a la eliminación de las partículas más difíciles, tratadas en la fase de lavado.

Todos los detergentes que se tomaron en cuenta para la etapa de remojo son biodegradables y provienen de diferentes casas comerciales, entre ellos; Eurolatex, Banarox y Eurotex que son productos recomendados por las bananeras visitadas, empleados en el proceso productivo para limpiar utensilios metálicos y superficies impregnadas de resina. También se emplearon detergentes como sapolio (enzima activa proteasa), biosolutions (enzima activa biodigestoras) y texapón, los dos primeros son removedores enzimáticos de uso doméstico y el último es un elemento utilizado como materia prima por industrias como: cosmética, pintura y limpieza.

Para determinar tiempo de remojo, se evaluó el poder de remoción de seis detergentes biodegradables y del agua por separado, el proceso se llevó a cabo por duplicado en la prueba de jarras con seis concentraciones del detergente 0.4, 0.6, 1, 2, 3 y 4 ml/l, posteriormente entre los dos resultados se calculó el promedio y se seleccionó la concentración más eficiente de cada solución de lavado, finalmente se generó una figura comparativa entre el mejor resultado obtenido para cada detergente y su concentración, de esta manera se seleccionó la solución limpiadora y el tiempo de óptimo del proceso.

Los datos de remojo se obtuvieron por ensayos individuales, analizando en cada hora la variación de turbidez por un periodo de ocho horas de seguimiento,

finalmente se registra una última medida al dejar actuar a cada solución en sus diferentes concentraciones por un periodo de 24 horas.

Se seleccionó el tiempo que reflejó las mejores condiciones de ablandamiento del material adherido.

### **3.1.6.3 Lavado**

El objetivo de la fase de lavado fue remover las manchas más difíciles que se encuentran en el plástico, el proceso se llevó a cabo una vez terminada la fase de remojo, el ensayo de lavado se ejecutó por duplicado y, posteriormente, se representó el valor promedio entre el primer y segundo ensayo en un esquema para identificar el comportamiento de la turbidez durante todo el proceso. Las concentraciones de los detergentes fueron los mismos, que se usaron en la fase de remojo.

Para realizar el proceso de lavado, se utilizó la prueba de jarras con capacidad para seis vasos de precipitación, el primer ensayo corresponde al uso exclusivo de agua y plástico, y los otros ensayos con seis diferentes dosis de detergente.

Se evaluó la eficiencia de remoción de cada una de estas soluciones a través del control de la turbidez, que fue medida cada diez minutos por un periodo de tres horas y, se eligió el proceso que generó los mejores resultados de remoción.

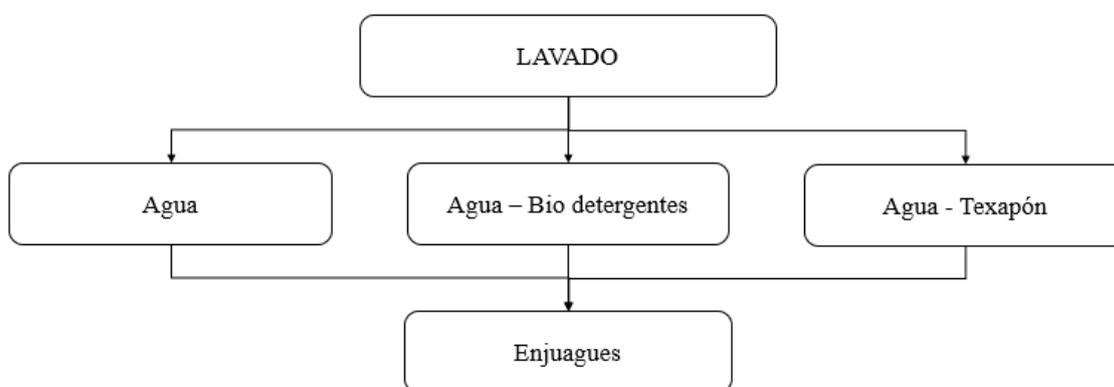
### **3.1.6.4 Enjuagues**

Luego de determinar y seleccionar el detergente que presentó el mejor resultado, se realizó el ensayo de enjuague, con el fin de remover las trazas de detergente que quedan en el plástico y, para conocer la cantidad de enjuagues necesarios, se utilizó la carga que salió de la fase de lavado y se agregó el mismo volumen de agua empleado anteriormente. Se realizó el proceso de enjuague por dos ocasiones consecutivas.

Se evaluó la eficiencia de los dos enjuagues realizados a través del control de la turbidez, que fue medida cada cinco minutos por un periodo de cuarenta minutos. Finalmente se examinó la apariencia superficial de los plásticos y se seleccionó el proceso que generó los mejores resultados de remoción.

### 3.1.7 CONFIGURACIÓN B

Las etapas que componen a la configuración B, se pueden apreciar en la Figura 14.



**Figura 14.** Diagrama de bloques del ciclo de lavado – configuración B.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

#### 3.1.7.1 Lavado

Antes de ingresar a la fase de lavado, los films fueron expuestos a una limpieza manual, en la que se retiró el material de mayor tamaño como ramas, hojas, etc. Posteriormente, se realizó la reducción de tamaño, el resto del proceso se mantuvo bajo las mismas condiciones empleadas en la configuración A, se aplicaron las mismas combinaciones de: detergente-agua, concentraciones del detergente y controles de lavado.

Para seleccionar la solución con mayor eficiencia se utilizó la prueba de jarras, colocando las concentraciones por detergente de: 0.4, 0.6, 1, 2, 3 y 4 ml/l. La evaluación de la eficiencia de remoción de cada una de las soluciones se realizó

por control de turbidez y apariencia superficial de los plásticos cada diez minutos hasta que el valor de este parámetro permaneció constante, finalmente se seleccionó el proceso que generó los mejores resultados de remoción.

### **3.1.7.2 Enjuague**

El enjuague se llevó a cabo de forma idéntica al empleado en la configuración A, para seleccionar el número de enjuagues, se colocó la misma cantidad de agua utilizada en la fase de lavado y se repitió el proceso por dos ocasiones. Se realizó un control de turbidez de las muestras cada cinco minutos hasta que el valor del parámetro de control permaneciera constante.

### **3.1.8 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA CONFIGURACIÓN “A” Y LA CONFIGURACIÓN “B” EMPLEADAS EN EL PROCESO DE LAVADO**

Cada configuración fue adaptada a la problemática que abarca el estudio, entre los objetivos que fueron planteados estuvieron: la adecuación del plástico para realizar el lavado, la remoción del material adherido a la superficie del plástico empleando o no un detergente y eliminar la resina (goma) producida por el racimo de banano que se encuentra reticulada sobre la superficie, todo esto con el propósito de evitar posibles daños en la maquinaria empleada en las etapas de reciclaje (extrusor).

Los ensayos en cada etapa, tanto de la configuración “A” como de la configuración “B”, se realizaron por duplicado, para el CASO 1 (muestras con menor carga de contaminantes en su superficie) y el CASO 2 (muestras con mayor carga de contaminantes en su superficie), para disponer y trabajar con los casos más representativos.

Una vez que se evaluó los resultados se determinó que se emplearía la configuración “A” debido a que la configuración “B” generó un exceso de espuma que impidió que el proceso de lavado se llevara a cabo de forma adecuada.

También se decidió trabajar con el material más contaminado (CASO 2) en los ensayos a escala piloto, los resultados obtenidos se evalúan en el capítulo 4.

### 3.1.9 PROCESO DE LAVADO A ESCALA PILOTO

Los datos obtenidos en los ensayos a escala laboratorio, establecieron los parámetros de operación con los que se llevó a cabo el proceso de lavado a escala piloto, para lo cual se empleó la configuración A y la solución de Eurolatex como detergente, se utilizaron instalaciones y equipo indicados en la Tabla 9 del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela Politécnica Nacional, las variables de operación fueron ajustadas conforme se avanzaba con los ensayos a escala piloto.

**Tabla 9.** Equipo utilizado para el proceso de lavado a escala piloto

<b>EQUIPO EMPLEADO A ESCALA PILOTO EN EL PROCESO DE LAVADO</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Capacidad / característica</b>
Agitador tipo ancla	Acero inoxidable
Motor ASEA	Velocidad única 142 r.p.m.
Tanque de acero inoxidable	55 galones
Tanque plástico	55 galones

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

Se realizó la caracterización de todos los efluentes generados a escala piloto por separado, a excepción del análisis de pesticidas en los que se evaluó únicamente los efluentes de: prelavado, lavado y tratamiento. Posteriormente, todos los caudales que fueron producidos en el proceso de lavado se transfirieron a un contenedor único, en el que se evaluó las características de la mezcla y se decidió el tipo de tratamiento que se aplicaría.

Con los datos recolectados se decidió y aplicó el tratamiento que se consideró como la mejor alternativa para obtener un caudal que cumpla con las disposiciones establecidas por la autoridad ambiental nacional. Se consideró

relevante el realizar la caracterización del efluente luego de pasar por el tratamiento y se determinó que posterior a este proceso, el efluente cumple con los límites de descarga.

### **3.2 CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE**

Se evaluaron los diferentes efluentes que se obtuvieron a escala piloto, así también de la mezcla que se obtiene de todas las descargas. Las muestras de agua fueron recolectadas y manipuladas empleando la norma INEN 2169:2013 *“AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS”*.

Debido a que se empleó la configuración A como mejor opción, en el proceso de limpieza se obtuvieron 3 descargas de agua (prelavado, lavado y enjuague), para cada etapa fue necesario el uso de 52 litros de agua, dando un total de 156 litros por ciclo de lavado.

La caracterización se realizó individualmente para cada efluente, posteriormente se analizó la mezcla de estas descargas y finalmente se evaluaron los resultados de la calidad del agua luego del tratamiento al que fue sometido. Los parámetros y los límites permitidos de descarga que se consideraron para la caracterización de los efluentes se presentan en la Tabla 3 y en la Tabla 4, los valores que se reflejan en las tablas mencionadas son parte del anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, aplicada a las descargas sobre cuerpos hídricos (TULSMA, 2015).

Debido a los altos costos que tiene el de análisis de pesticidas, se tuvo que elegir tres efluentes para enviar a realizar estos ensayos en el laboratorio acreditado “GRÜNTEC CIA. LTDA”, las descargas que se eligieron fueron: prelavado, lavado y el obtenido posterior al tratamiento.

Adicionalmente, se recolectaron tres muestras plásticas: sin ningún tipo de limpieza, luego de pasar por la fase de lavado y la que se obtuvo al final de todo

el proceso, con la finalidad de identificar la concentración de pesticidas presentes en su superficie.

### **3.3 TRATAMIENTO EMPLEADO PARA DISMINUIR LA CARGA DE CONTAMINANTES EN EL EFLUENTE**

Los objetivos que se impusieron en la evaluación del tratamiento del efluente total fueron: remover el material sólido de mayor tamaño del efluente a través de una malla, remoción del detergente empleado en el proceso de lavado, la remoción de los sólidos totales y el tratamiento para reducir la concentración de pesticidas de ser necesario.

Con el fin de evitar que el material plástico y los sólidos más grandes se transfieran al tanque de tratamiento fue indispensable colocar una malla que los retuviera, se eligió un colador con un tamaño de orificio de 0.29 mm, finalizado el transvase no se encontraron restos de plástico u otro tipo de material de tamaño considerable, posteriormente se evaluó la técnica para remover el detergente y los sólidos totales.

En ensayos previos se determinó el detergente y la concentración del mismo para eliminar las manchas que presentaban mayor dificultad (*resina seca*), una vez que la mezcla agua – detergente cumplió con su propósito fue necesario que el agua sea tratada con el fin de remover la mayor cantidad posible del limpiador, como una opción técnica y económicamente viable se eligió el tratamiento por floculación – coagulación con sulfato de aluminio, esta técnica permitió no solo reducir la concentración del detergente en el agua, sino también, favoreció la remoción de una fracción de los sólidos totales.

Para tratar los sólidos sobrantes, fue necesario comprender que, debido a la exposición a la intemperie, el material plástico contiene adherido en su superficie cierta cantidad de material orgánico e inorgánico, éstos fueron removidos y trasladados al cuerpo de agua en el proceso de lavado. La presencia de este tipo de contaminantes alteró los parámetros de: sólidos sedimentables, sólidos

suspendidos, sólidos totales, nutrientes, dureza total, DBO y DQO. Es por esto por lo que fue necesario remover este tipo de contaminantes, para lo cual se empleó el sistema de filtración lenta en arena.

Como último punto, fue fundamental conocer que la cantidad de plaguicidas que se transfiere desde las cubiertas plásticas hacia el agua, esencialmente organoclorados y organofosforados no presentaban ningún inconveniente y se encontraban bajo los límites permisibles que se pueden apreciar en la Tabla 5, es por ello, no se formuló ninguna propuesta de tratamiento.

### **3.3.1 TRATAMIENTO POR REJILLAS**

Fue indispensable evitar que el material de mayor tamaño y el plástico lavado se transfiera al tanque de tratamiento, la forma en la que se logró que esto sucediera fue empleando una malla número 30 (0.29 mm), en el caso de tener una carga de plástico mayor, se deberá considerar que se trabajó con un tamaño de plástico de 3 cm x 3 cm, por lo que se puede emplear una malla número 14 (1.41 mm) para evitar taponamientos.

### **3.3.2 TRATAMIENTO POR COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN**

Para realizar el tratamiento por coagulación – floculación, se consideró la concentración idónea a través del ensayo por prueba de jarras (Barajas & León, 2016), los parámetros de control que se consideraron fueron:

- Turbidez

Debido a que el tratamiento planteado favorece la remoción de los sólidos suspendidos del efluente a tratar, la turbidez es el parámetro de control más importante, ya que permite cuantificar la transparencia del efluente.

- pH

Dependiendo del coagulante que se emplee, existe un determinado valor de pH el cuál favorece a la formación de coágulos y flóculos en un periodo de tiempo mínimo. En el caso del sulfato de aluminio el rango de pH apropiado es de 5,5 - 8.

- Conductividad

La conductividad indica la cantidad de sólidos disueltos o la cantidad de iones en solución presentes en el agua.

- Temperatura

La temperatura es inversamente proporcional a la formación del flóculo, debido a que, a una menor temperatura, se emplea mayor tiempo para la formación del mismo. En el presente ensayo se registró únicamente la temperatura ambiente.

### 3.3.2.1 Preparación del sulfato de aluminio

Se colocaron 5 g de sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  en 1000 ml de agua destilada en un matraz aforado, la concentración que se obtuvo equivale a 5000 mg/L de solución de sulfato de aluminio, lo que significa que se cuenta con una concentración de 405 mg/L de aluminio. En los ensayos realizados se colocaron diferentes cantidades de la solución de sulfato de aluminio preparado, a través de los datos de turbidez se evaluó la eficiencia de cada mezcla, mediante la formación y sedimentación de flóculos (Barajas & León, 2016).

Se empleó el ensayo de prueba de jarras para determinar la dosis óptima, utilizando vasos de precipitación de 1000 ml de capacidad en los cuales se colocaron 500 ml de agua generada en fase de lavado de las cubiertas plásticas. Se colocó seis muestras con diferente concentración de sulfato de aluminio: 21, 23, 25, 27, 29 y 30 ml. Finalmente, se eligió el rango que presentó los mejores resultados y se afinó la cantidad de reactivo necesaria, empleando variaciones de 0.5 ml entre el valor inferior del rango hasta el valor superior, las concentraciones ensayadas fueron: 25, 25.5, 26, 26.5 y 27 ml por cada 500 ml de agua.

### 3.3.3 TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN

Para realizar el tratamiento por medio filtrante se usó como referencia el trabajo de Blacio & Palacios, (2011).

Para el diseño del filtro se tomaron en cuenta las siguientes especificaciones técnicas:

- **Capa de agua sobrenadante**

La altura de la capa de agua sobrenadante fue importante para el diseño, éste dependió de la carga hidráulica necesaria para hacer pasar el agua residual por el lecho filtrante a una velocidad específica. Fue necesario considerar que se debe dejar un borde libre, el mismo que debe estar entre 0,2 y 0,3 m sobre el nivel del agua.

- **Lecho del medio filtrante**

El medio filtrante se encuentra en función del diámetro efectivo y el coeficiente de uniformidad, para ello es necesario realizar un análisis de granulometría.

- **Granulometría**

Para el ensayo de granulometría se usaron 500 g de arena de sílice fina, previamente secada durante 24 horas en la estufa a una temperatura de 110°C. Posteriormente, se colocó la arena en un sistema de trece tamices como se puede apreciar en la Tabla 10. Una vez asegurado la columna, se la colocó en un agitador mecánico durante tres minutos, concluido el proceso se evaluó cada uno de los tamices y se determinó la cantidad de materia retenida en cada uno de ellos (Montenegro, 2015).

**Tabla 10.** Sistema de tamices empleados para el análisis granulométrico

<b>Tamiz (ASTM)</b>	<b>Tamiz (mm)</b>	<b>Abertura real (mm)</b>
3"	80	76,12
2"	50	50,8
1 1/2"	40	38,1
1"	25	25,4
3/4"	20	19,05
3/8"	10	9,52
N°4	5	4,76
N°10	2	2
N°20	0,9	0,84
N°40	0,5	0,42
N°60	0,3	0,25
N°140	0,1	0,11
N°200	0,08	0,07

Fuente: (Montenegro, 2015)

### **Criterios de diseño del filtro empleado a escala laboratorio**

Para el diseño del filtro se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- **Caudal por tratar (Q)**

$$Q = \frac{\text{Volumen a tratar (m}^3\text{)}}{\text{Tiempo de filtración (h)}}$$

- **Área horizontal de filtración necesaria (Sf)**

El criterio de la velocidad de filtración ( $V_f$ ) que consideró para un equipo de filtración lenta por arena es de la magnitud de 0.2 (m/h). Si se conoce conjuntamente el caudal ( $Q$ ) con el que se va a trabajar, es posible determinar el área horizontal requerida mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Velocidad de filtración (Vf)} = \frac{\text{Caudal (Q)}}{\text{Superficie horiozontal (Sf)}}$$

- **Área horizontal de filtración disponible (Sd)**

Debido a que el filtro que se diseñó tenía forma cilíndrica, fue necesario ajustar el área a estas condiciones, para lo cual se empleó la siguiente ecuación.

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$$

- **Selección de la constante (k) en función del espesor del lecho filtrante a emplear (L)**

Para determinar la carga hidráulica fue necesario establecer el valor de k, el mismo que depende de la longitud del filtro, para determinar la variable “k” se empleó las tablas de un trabajo anterior (Tejero, Suárez, Jácome, & Temprano, 2015).

$$L = 0.5 (m) \rightarrow k = 0.43 (m/h)$$

- **Carga hidráulica ( $\Delta H$ )**

$$\Delta H = \left( \frac{V_f}{k} \right) * L$$

El porcedimiento de cálculo de la estructura del filtro se pueden apreciar en el ANEXO 9.

### 3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los objetivos con los que se trabajó fueron: obtener un material óptimo para ser reprocesado y generar un efluente que cumpla con los estándares de descarga establecidos por la autoridad ambiental pertinente y, se optimizaron los valores que se encontraban dentro del rango de descarga permitido.

Para considerar los valores de operación definitivos se hizo uso de herramientas matemáticas que permitieron identificar la confiabilidad de los datos, las tablas de valores se encuentran en los anexos del presente trabajo. Los ensayos fueron ejecutados por duplicado para obtener una base de datos sólida.

Los datos fueron ordenados y representados gráficamente, debido a que para un mismo ensayo se realizó como mínimo un duplicado el valor que se tomó en cuenta para colocar en los esquemas fue la media aritmética entre dichos resultados. Con ayuda de las ilustraciones fue más sencillo el visualizar el comportamiento de cada proceso, esto permitió tomar las decisiones de una forma más clara

Los resultados que se obtuvieron de la configuración "A" y "B", permitieron establecer el proceso de lavado que se llevó a cabo posteriormente a escala piloto, a través del análisis de los efluentes por separado (prelavado, lavado, enjuague y combinado), se identificaron las características que se ven afectadas en cada parte del ciclo de limpieza y se evaluó el potencial tratamiento a ejecutar.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 PROCESO DE LAVADO

##### 4.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS

En primera instancia, se realizó la clasificación de acuerdo con el estado físico de las cubiertas plásticas. En la Tabla 11 se detalla la cantidad total de fundas que se obtuvo de cada finca y el volumen de plástico de acuerdo al estado físico de las mismas.

**Tabla 11.** Cantidad de cubiertas plásticas de acuerdo al porcentaje de deterioro

Estado físico de las bolsas plásticas							
Cuadrantes	Porcentaje de deterioro	Cantidad de bolsas por finca					
	(%)	Patricia Pilar	El Rancho	San Jacinto	Quinta Dianita	San Antonio	Miranda #2
3	0 - 10	3	21	26	93	10	0
6	11 – 20	1	52	44	27	79	2
8	21 – 30	9	17	45	13	20	28
11	31 – 40	56	12	3	15	8	36
14	41 – 50	17	13	7	9	7	18
17	51 – 60	13	7	11	1	3	21
20	61 – 70	0	3	3	0	1	10
22	71 – 80	2	3	1	0	0	2
25	81 – 90	2	3	0	0	0	0
28	91 – 100	3	1	0	0	0	0
	Total	106	132	140	158	128	117

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

Los plásticos de la finca Patricia Pilar, presentan mayor deterioro en comparación con las otras muestras plásticas, esto se deba a que, en las otras fincas las fundas no son cerradas en la parte inferior excepto en los racimos que se encuentran al borde de la carretera, para evitar la contaminación por automotores.

Ciertamente las plantaciones convencionales emplean una mayor cantidad de químicos que les permite alejar a las plagas y mejorar el rendimiento de sus cosechas, preservando la fruta. En cambio, la finca Patricia Pilar al dedicarse a la producción de una fruta cien por ciento “orgánica” tiene más cuidado, cerrando la manga en su totalidad, permitiendo que los residuos se depositen sobre la funda plástica y la resina caiga sobre la misma, provocando que el plástico se pegue y se fragmente gradualmente al momento de estirarlo.

No obstante, los daños en las cubiertas plásticas no son significativos, el material se encuentra en buenas condiciones para ser reprocesado, en la mayoría de los casos se podría evitar las grietas teniendo cuidado en la cosecha, en donde el plástico es retirado sin cuidado alguno y sufre rasgaduras que imposibilitan su reutilización. Se recolectaron un total de 781 bolsas plásticas, asumiendo que las bananeras admitieran reutilizar aquellas cubiertas con un daño menor o igual al treinta por ciento de su superficie, entonces, el sesenta y tres por ciento de las bolsas plásticas podrían ser reinsertados al sistema productivo, lo que evita que esto suceda, es el bajo precio que tienen las bolsas protectoras que oscila entre los \$0.01 – \$0.03 por unidad (Protekplas, 2019).

La clasificación también se realizó tomando en cuenta la cantidad de manchas en el plástico causada por la resina del banano y la materia orgánica presente en el mismo. En la Tabla 12 se detalla la cantidad de fundas de acuerdo con el porcentaje de suciedad presente.

**Tabla 12.** Cantidad de cubiertas plásticas de acuerdo con el porcentaje de suciedad

Grado de suciedad de las bolsas plásticas							
Cuadrantes	Porcentaje de suciedad	Cantidad de bolsas por finca					
	(%)	Patricia Pilar	El Rancho	San Jacinto	Quinta Dianita	San Antonio	Miranda #2
3	0 – 10	3	12	61	2	0	0
6	11 – 20	5	44	57	12	0	0
8	21 – 30	7	44	18	19	9	11
11	31 – 40	2	18	3	11	24	51
14	41 – 50	1	6	1	19	59	17

17	51 – 60	13	5	0	26	32	22
20	61 – 70	27	1	0	32	1	14
22	71 – 80	43	2	0	36	2	2
25	81 – 90	5	0	0	0	1	0
28	91 – 100	0	0	0	0	0	0
	Total	106	132	140	157	128	117

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

Los resultados permitieron apreciar que la finca Patricia Pilar presenta la mayor cantidad de fundas manchadas, esto debido al proceso de sellado mencionado anteriormente, sin duda alguna se puede establecer que el peor escenario en cuanto al deterioro de las bolsas plásticas, se debe a la producción orgánica de banano como es el caso de la finca Patricia Pilar, debido a la medida de cerrar completamente las cubiertas plásticas para proteger a la fruta, provocando que el material desprendido por el racimo como por ejemplo: la flor, permanezca en contacto directo con la bolsa por varios días. La Quinta Dianita es la segunda finca con mayor presencia de fundas con un alto porcentaje de suciedad, pero al ser convencional, es decir que presenta concentración de pesticidas, se decidió utilizar las fundas de esta finca para los ensayos, bajo dos clasificaciones dependiendo su estado de suciedad como CASO 1: “*caso regular*” y CASO 2: “*el peor caso*”.

#### 4.1.2 DATOS OBTENIDOS A ESCALA LABORATORIO – CONFIGURACIÓN “A”

El parámetro de control de todo el proceso de lavado a escala laboratorio es la turbidez, se consideró en los ensayos el punto en el que su valor tiende a ser una constante en el tiempo para concluir el procedimiento.

##### 4.1.2.1 Tamaño del plástico

Para seleccionar el tamaño de partícula se realizó el ciclo de lavado a escala laboratorio con diferentes dimensiones del plástico, llegando a concluir que un tamaño muy grande llega a enredarse en el eje del agitador como se muestra en

la Figura 15 y un tamaño muy pequeño permanece suspendido en la superficie del agua, por lo que se llegó a un valor adecuado de 3 cm x 3 cm.



**Figura 15.** Muestras plásticas enredadas en el eje del agitador

#### 4.1.2.2 Carga de plástico en el lavado

Para seleccionar la relación plástico - agua se tomó como referencia el proyecto de titulación (Carranza, 2010). Por ello se inició la prueba de jarras con una concentración inicial de 25 g de plástico en 1 litro de agua, al ejecutar la limpieza a 145 r.p.m., se produjo un desbordamiento del plástico por el vaso de precipitación, por lo tanto, se redujo la carga en un tercio de la inicial presentando el mismo inconvenientes, se procede a reducir la relación a la mitad de la carga inicial, generando mejores resultados de movimiento. Para la selección óptima de la relación plástico - agua se analizó adicionalmente la apariencia, puesto que no solo es necesario que presente una buena relación de agitación, si no también, es preciso que la solución de lavado tenga el contacto suficiente con el plástico para facilitar la remoción de la resina. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

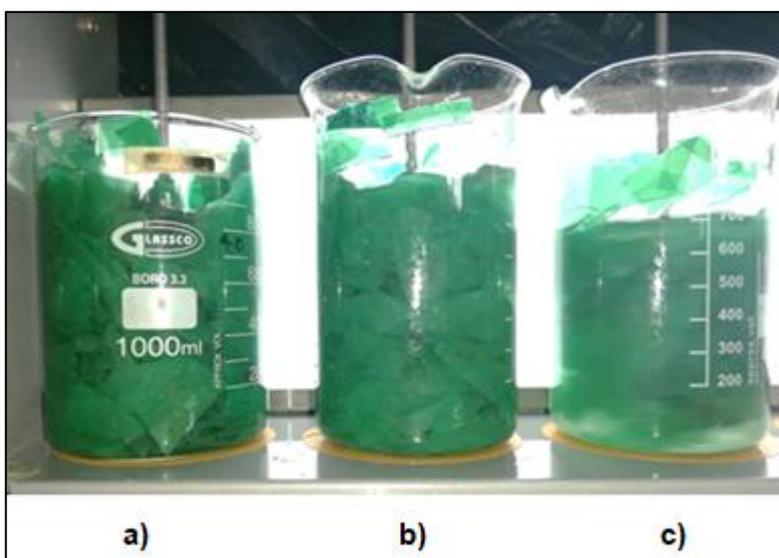
**Tabla 13.** Relación de plástico – agua determinada a escala laboratorio

Parámetros de operación	Valor del parámetro
-------------------------	---------------------

Velocidad de agitación	145 rpm
Relación Plástico – agua	12 g de plástico en 1 litro de agua

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

En la Figura 16 se muestran los tres ensayos realizados a diferente carga de plástico.



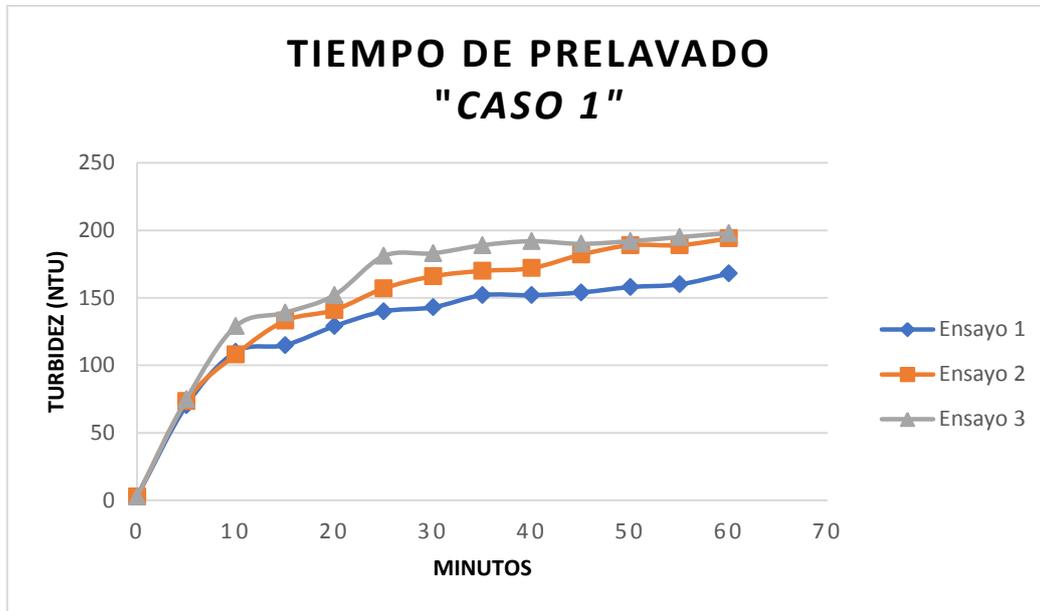
**Figura 16.** Relación de plástico – agua

En la Figura 16 se muestra tres vasos de precipitación; a) contiene una carga de 25 g de plástico en 1 litro de agua, b) contiene 16 g de plástico en 1 litro de agua y c) contiene 12 g de plástico en 1 litro agua.

#### 4.1.2.3 Prelavado

El ensayo se realizó por triplicado en la prueba de jarras, con una carga de material plástico igual en cada caso y se evaluó la turbidez cada cinco minutos. La tabla de valores que se obtuvieron se presenta en el ANEXO 1 y ANEXO 2.

- a) Para el ensayo de prelavado, se empleó inicialmente una carga de plástico correspondiente al CASO 1 (contaminación moderada), los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 17.



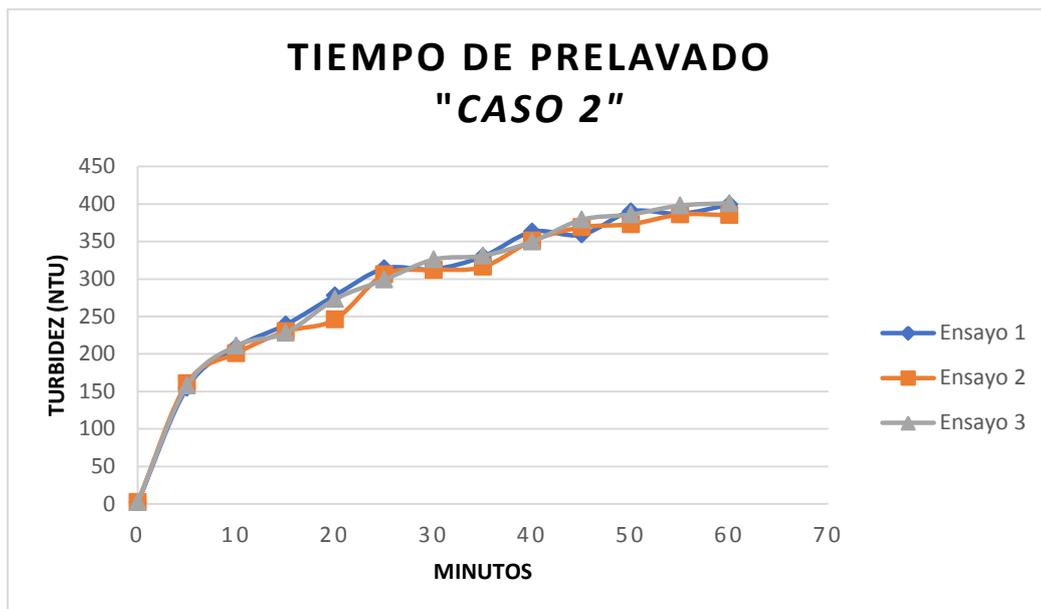
**Figura 17.** Evaluación del tiempo de prelavado para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 1.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

De acuerdo a los datos obtenidos representados en la Figura 17, un tiempo de veinte y cinco minutos es suficiente para el prelavado, posterior a esto la remoción de residuos no es significativa.

Los desfases entre curvas se deben principalmente a que cierto material puede contener más o menos contaminantes en su superficie, sin embargo, es un rango aceptable sin mencionar que la tendencia de las curvas es semejante y que el material previamente fue homogeneizado.

- b) Para el segundo ensayo de prelavado, se empleó una carga de plástico correspondiente al CASO 2 (contaminación alta), los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 18.



**Figura 18.** Evaluación del tiempo de prelavado para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 2.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

De acuerdo con los datos obtenidos representados en la Figura 18, fue necesario un tiempo de cuarenta minutos para el prelavado, posterior a esto, la remoción de residuos no es significativa.

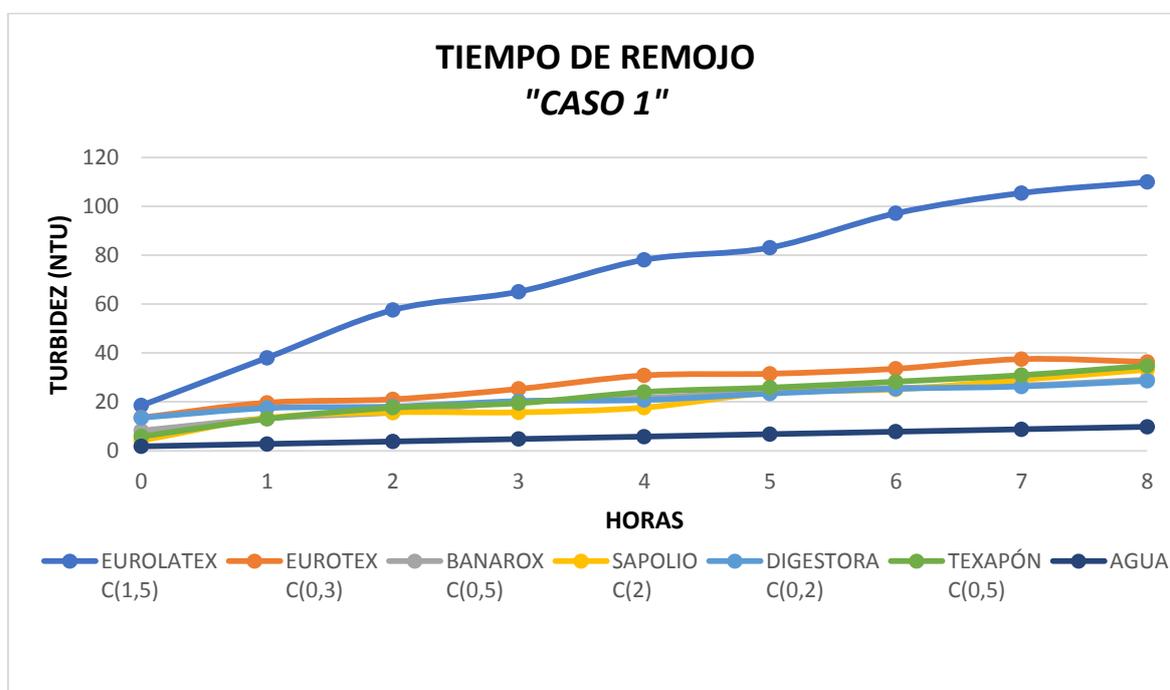
La diferencia al emplear los plásticos del CASO 1 y del CASO 2 es evidente, la carga de contaminantes es mayor en la segunda opción, esto se refleja en el valor de la turbidez que alcanzan valores máximos de 400 NTU en comparación del primer caso con un valor de 200 NTU.

El CASO 2, al contener más material por remover, fue necesario un lapso mayor de tiempo que el empleado para el CASO 1. El comportamiento de las curvas para cada caso es análogo, por lo que se puede confirmar la constancia de los datos.

#### 4.1.2.4 Remojo

Para el tratamiento de datos, se consideró la turbidez inicial de la mezcla entre la solución limpiadora con el agua, dado que ciertos detergentes presentaban color. Se restó el valor obtenido de la mezcla para cada medición de turbidez realizada en las etapas de remojo y lavado. Los valores que se obtuvieron se presenta en el ANEXO 1 y ANEXO 2.

- a) Para el ensayo de remojo, se empleó inicialmente una carga de plástico correspondiente al CASO 1, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 19.



**Figura 19.** Evaluación del tiempo de remojo para la configuración A, empleando mangas asociado al CASO 1.

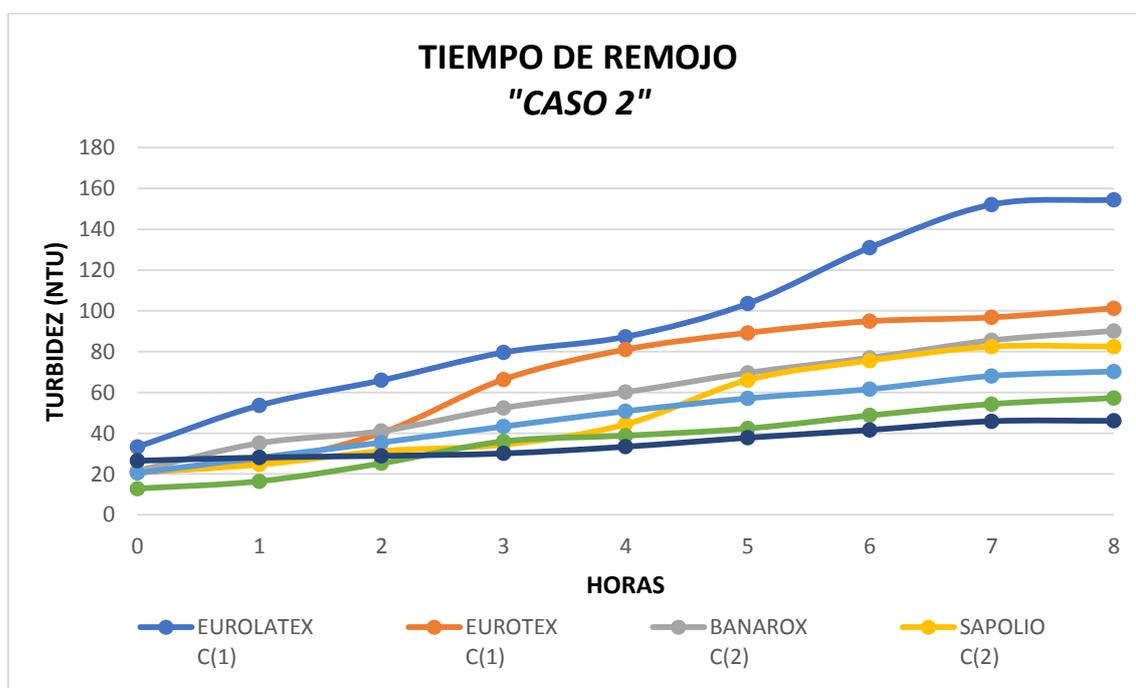
Realizado por: Cando e Inga, 2019

El comportamiento de las curvas que representan los mejores resultados de cada solución con su respectiva concentración, indica una clara diferencia en el poder de ablandamiento de removedor Eurolatex.

De acuerdo a los datos obtenidos y representados en la Figura 19, el removedor Eurolatex a una concentración de 1.5 ml por cada 500 ml de agua, tiene mayor eficiencia en lo que se refiere a la remoción del material adherido al plástico, por lo que, el tiempo de remojo está en función del comportamiento de dicha curva.

Para este ensayo, en el que se empleó las fundas plásticas del CASO 1, se estima un periodo de remojo de cinco horas como máximo, debido a que la variación de la turbidez no es significativa en un lapso más amplio.

- b) Para el segundo ensayo de lavado, se empleó una carga de plástico del CASO 2, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 20.



**Figura 20.** Evaluación del tiempo de remojo para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 2.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

De acuerdo a los datos obtenidos representados en la Figura 20, el removedor Eurolatex a una concentración de 1 ml por cada 500 ml, tiene mayor eficiencia en lo que se refiere a la remoción del material adherido al plástico, aunque a diferencia de la Figura 19, la variación entre el comportamiento de las curvas que representan las diferentes soluciones es menor, posiblemente se deba a que la

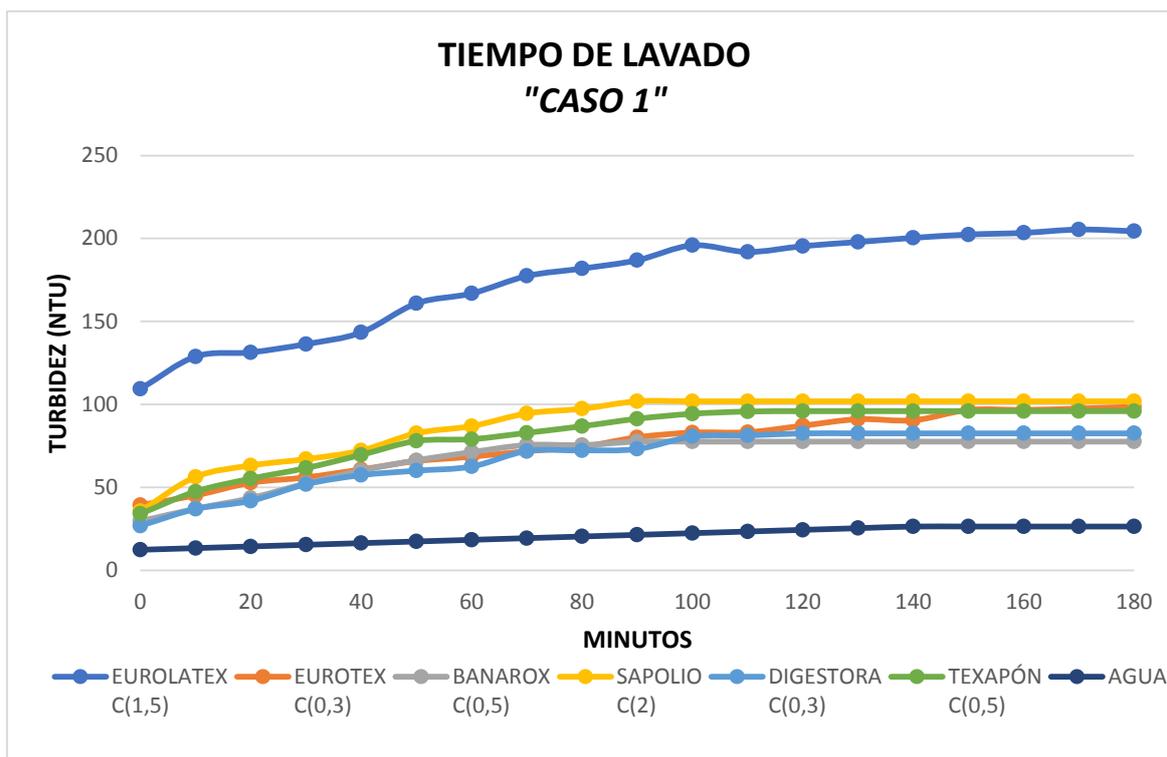
carga de contaminantes en el plástico es más alta y de fácil remoción, lo que aumenta el valor de la turbidez y reduce la diferencia entre resultados, aun así, el tiempo de remojo se basará directamente a la tendencia que presenta la curva del detergente Eurolatex.

Para el ensayo en el que se empleó las fundas plásticas más contaminadas se estima un periodo de remojo de seis horas como máximo, posterior a este no se aprecia cambios significativos en la turbidez.

#### **4.1.2.5 Lavado**

En el eje de las ordenadas se encuentran los valores de turbidez que fueron evaluadas cada diez minutos por un periodo máximo de tres horas, considerando a la turbidez inicial de cada solución dado que ciertos detergentes presentaron color. La tabla de valores de esta práctica se evidencian en el ANEXO 1 y ANEXO 2.

- a) Para el ensayo de lavado, se empleó inicialmente una carga de plástico correspondiente al CASO 1, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 21.



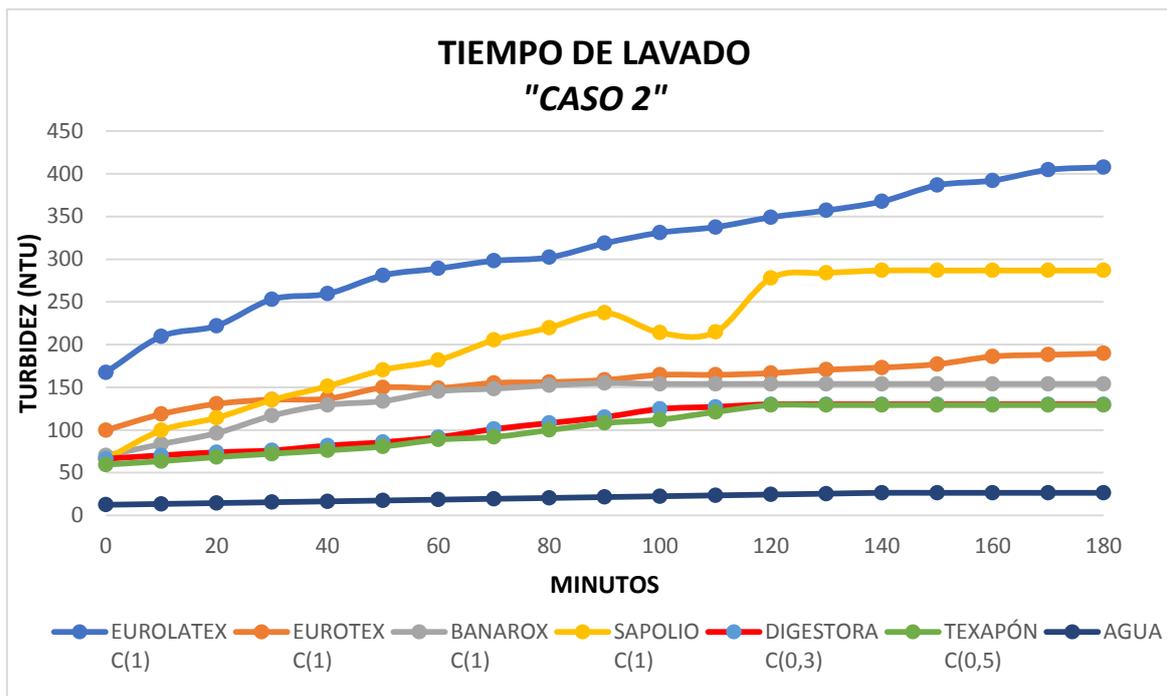
**Figura 21.** Evaluación del tiempo de lavado para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 1.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

De acuerdo con los datos obtenidos representados en la Figura 21, el bio-detergente Eurolatex a una concentración de 1.5 ml por cada 500 ml, refleja los mejores resultados de remoción, en base a los datos se estima que es suficiente ciento veinte minutos para que se realice el proceso de lavado.

La tendencia de la curva que representa al Eurolatex es superior al de los otros detergentes, a pesar de que las bolsas plásticas no están tan sucias como en el CASO 2, la presencia de manchas de resina es menor en las que fueron expuestas al Eurolatex.

- b) Para el segundo ensayo de lavado, se empleó una carga de plástico del CASO 2, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 22.



**Figura 22.** Evaluación del tiempo de lavado para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 2.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

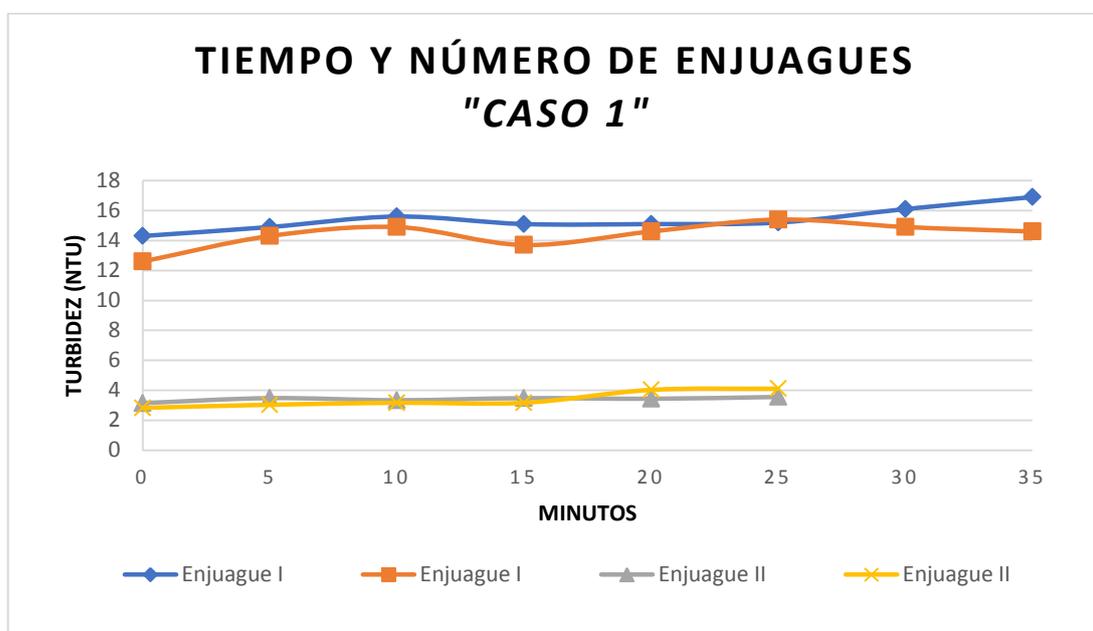
De acuerdo a los datos obtenidos y representados en la Figura 22, para el CASO 2, tanto el Eurolatex a una concentración de 1 ml por cada 500 ml, como el Sapolio a una concentración de 0.5 ml por cada 500 ml son los que presentan los mejores resultados y, entre ellos, el Eurolatex tiene mayor rendimiento; con lo cual, el tiempo de lavado se determina según esta solución de lavado, en la que se estima un tiempo de ciento cincuenta minutos para esta fase.

En el desarrollo y análisis de los ensayos se ha podido apreciar que el detergente Eurolatex tiende a ser más efectivo que sus competidores, esto debido a su carácter alcalino que alcanza un pH de 12, a pesar de esto, el producto es estable y cien por ciento biodegradable, el cual no representa ningún peligro a la seguridad de las personas, siempre y cuando cuenten con la indumentaria necesaria para su manipulación y tampoco representa mayor riesgo para el ambiente, las características del detergente se pueden apreciar en el ANEXO 10.

#### 4.1.2.6 Enjuague

El proceso se realizó por duplicado, y los resultados se graficaron en un plano en donde el eje de las ordenadas se encuentra el valor de la turbidez que fue medida cada cinco minutos hasta que su valor tienda a una constante. La tabla de valores de esta práctica se presenta en el ANEXO 1 y ANEXO 2.

- a) Para el ensayo de enjuague, se empleó inicialmente una carga de plástico correspondiente al CASO 1, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 23.



**Figura 23.** Evaluación del tiempo y número de enjuagues para la configuración A, empleando mangas asociadas al CASO 1.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

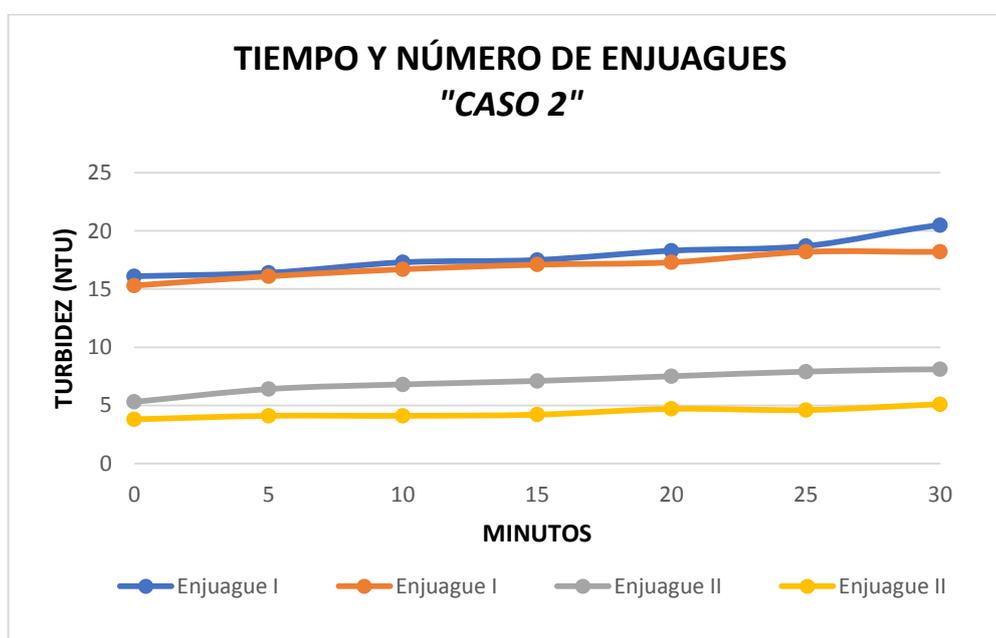
Las curvas superiores (azul y rojo) representan el primer enjuague, se puede apreciar que es suficiente un tiempo de diez minutos como máximo, posterior a este tiempo el valor de la turbidez no varía significativamente.

Las curvas inferiores (gris y amarilla) representan el segundo enjuague, el valor de estos es casi constante durante todo el proceso, por lo que se considera que

es suficiente un solo enjuague. El proceso se interrumpió a los veinte y cinco minutos, debido a que no se espera un aumento considerable de la turbidez.

A pesar de que el valor de la turbidez en el primer enjuague no es alto como para justificar dicha actividad, es necesario considerar el realizarla para retirar las trazas de detergente que quedan en el plástico y evitar daños en el equipo.

- b) Para el segundo ensayo de enjuague, se empleó una carga de plástico del CASO 2, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 24.



**Figura 24.** Evaluación del tiempo y número de enjuagues para la configuración A, empleando mangas correspondientes al CASO 2.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

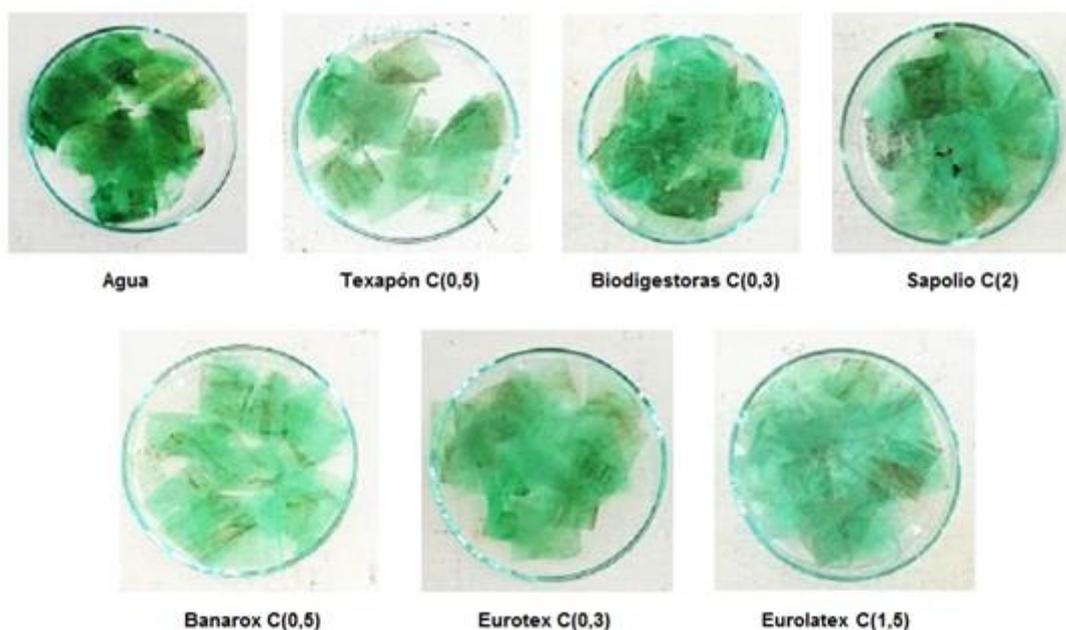
Las curvas superiores (azul y rojo) representan el primer enjuague, se puede apreciar que es suficiente un tiempo de diez minutos como máximo, posterior a este tiempo el valor de la turbidez no varía significativamente.

Las curvas inferiores (gris y amarilla) representan el segundo enjuague, el valor de éstos es casi constante durante todo el proceso y su valor no es significativo, por lo que se considera que es suficiente un solo enjuague.

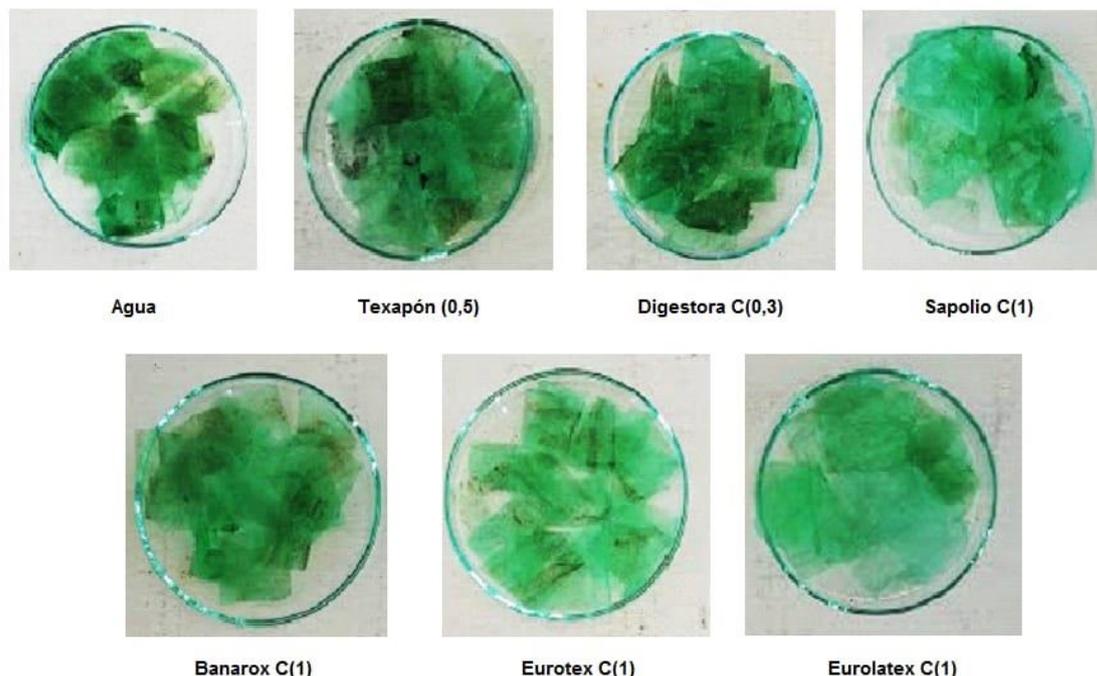
Tanto al emplear los plásticos del CASO 1 y del CASO 2, se llegó al punto en el que no es necesario más de un enjuague de diez minutos, con la finalidad de remover impurezas y retirar el detergente que se encuentra impregnado en el plástico.

En las Figuras 25 y 26 se pueden apreciar las diferencias en apariencia una vez terminado el ciclo de lavado entre los plásticos del CASO 1 y del CASO 2 respectivamente. Las imágenes que se expusieron en las figuras se obtuvieron empleando los mejores resultados de los diferentes detergentes y para ello, se consideró la concentración más eficiente según el comportamiento de la turbidez.

Para realizar la captura de las imágenes, se seleccionó la sección en la que los plásticos se notaban más sucios, posteriormente se los colocó en una caja Petri y se los expuso a una caja de fondo blanco para evidenciar de mejor manera los resultados.



**Figura 25.** Apariencia final del proceso de lavado empleando la configuración A y el plástico asociado al CASO 1.



**Figura 26.** Apariencia final del proceso de lavado empleando la configuración A y el plástico asociado al CASO 2.

En las Figuras 25 y 26, se puede observar que la solución de Eurolatex genera una mejor apariencia que los otros detergentes con los que se realizó el lavado, lo que respalda los datos que se pueden apreciar en las Figuras 19 y 21.

Entre las diferencias de apariencia de los plásticos del Caso 1, se puede evidenciar que la muestra que fue lavada con Eurolatex, presenta la mejor apariencia del grupo, seguida de las muestras en las que se empleó las soluciones de Banarox y Texapón.

Por el contrario, en el CASO 2, el mejor resultado en apariencia presenta la solución de Eurolatex, seguido por los resultados obtenidos con los detergentes de Sapolio y Eurotex.

Tanto para el CASO 1 como para el CASO 2, fue la solución de Eurolatex la que refleja la mejor apariencia en la configuración A, no obstante existen otros detergentes que se aproximan a los resultados obtenidos por este limpiador, como es el caso del Eurotex y el Sapolio, sin embargo, dado que se busca

obtener un material lo más limpio posible, se elige sobre los otros al Eurolatex como el detergente más eficiente. Para la selección de la concentración del detergente se obtiene que, para el CASO 1 una concentración de 1,5 ml por cada 500 ml de agua y para el CASO 2 una concentración de 1 ml por cada 500 ml de agua, pero tomando en cuenta que en el CASO 1 se puede apreciar de mejor manera la remoción de la resina, resultado que no se aprecia en el CASO 2 debido a la cantidad de tierra y lodo presente en el plástico, observando también que el volumen seleccionado no genera impacto económico considerable, debido al bajo costo del detergente y que la generación de espuma tampoco interfiere con el proceo de lavado, se elige la concentración de 1,5 ml por cada 500 ml de agua como concentración más eficiente.

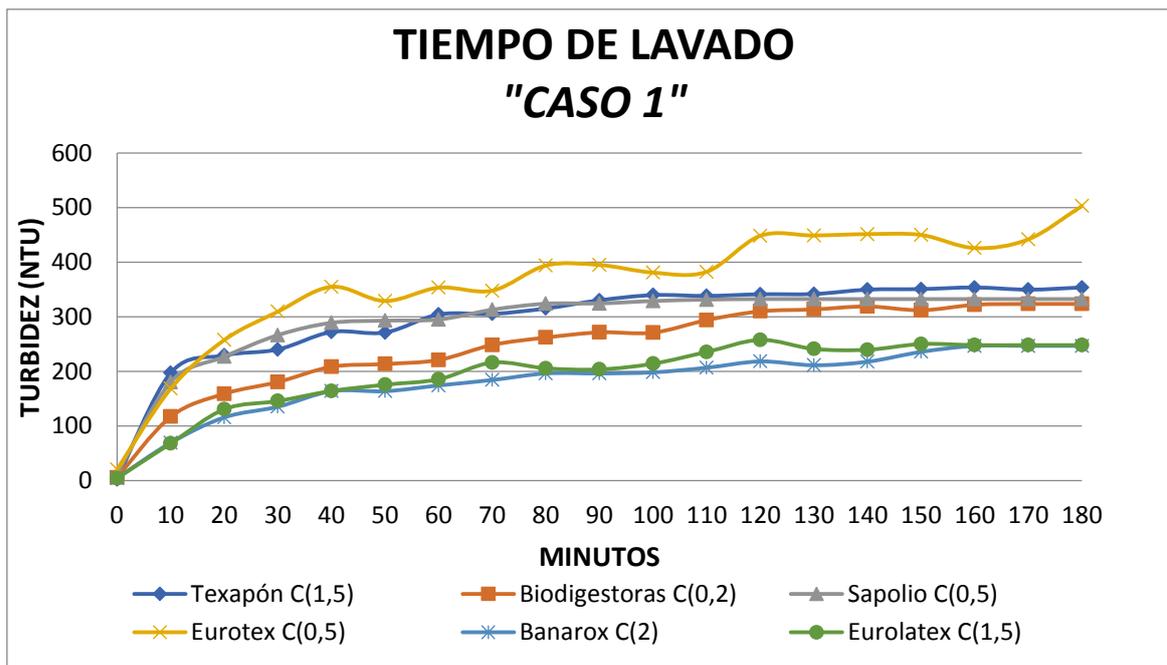
#### **4.1.3 DATOS OBTENIDOS A ESCALA LABORATORIO – CONFIGURACIÓN “B”**

##### **4.1.3.1 Lavado**

El proceso de lavado se realizó por duplicado con cada solución, se calculó un valor promedio y se seleccionó la concentración con mayor eficiencia de remoción de cada producto utilizado, los resultados fueron representados gráficamente y se pueden verificar los datos en el ANEXOS 3 y 4.

En el eje de las ordenadas se encuentran los valores de turbidez que fueron controladas cada diez minutos durante el tiempo necesario para que la turbidez sea constante, considerando a la turbidez inicial de cada solución dado que ciertos detergentes presentaron color.

- a) Para el ensayo de lavado, se empleó inicialmente una carga de plástico correspondiente al CASO 1, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 27.



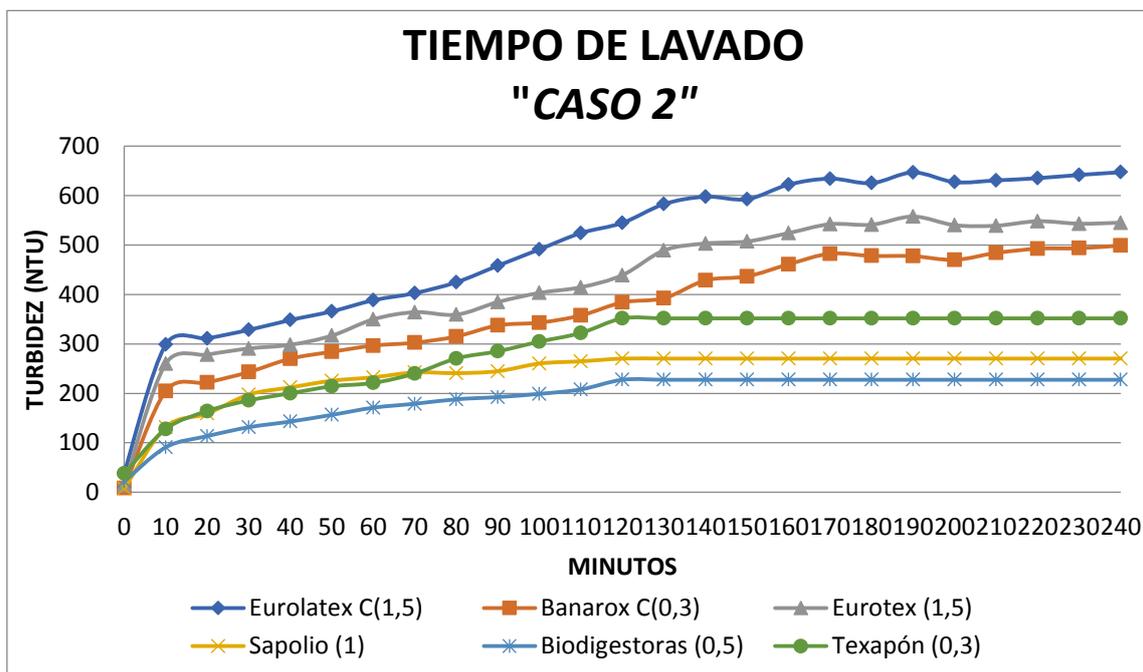
**Figura 27.** Evaluación del tiempo de lavado para la configuración B, empleando mangas asociadas al CASO 1.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

De acuerdo a los datos obtenidos en la etapa de lavado de la configuración B, se tiene que la solución limpiadora Eurotex en una concentración de 0.5 ml por cada 500 ml de agua, durante un periodo máximo de ciento cincuenta minutos.

Debido a la cantidad de materia adherida a la superficie del plástico que no fue retirada previamente, se generó una mayor cantidad de espuma, la misma que no permitió realizar el proceso de lavado de forma efectiva, porque parte del material plástico permaneció suspendido. Las muestras que se obtuvieron del proceso de lavado de cada configuración, se compararon para conocer si existe una diferencia apreciable en su apariencia final, los mismos se muestran en la Figura 33.

- b) Para el segundo ensayo de lavado, se empleó una carga de plástico del CASO 2, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 28.



**Figura 28.** Evaluación del tiempo de lavado para la configuración B, empleando mangas asociadas al CASO 2.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

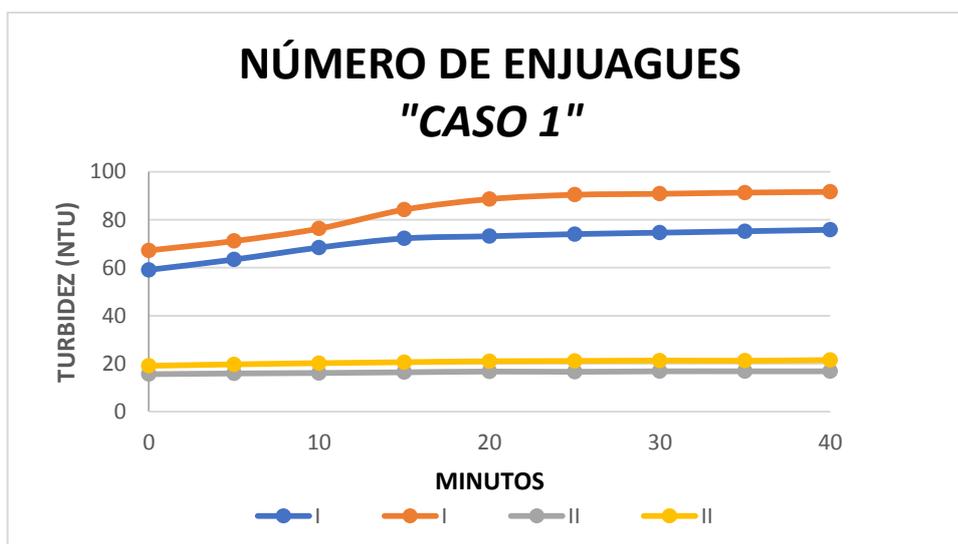
Para este caso se utilizaron las fundas que presentaban mayor cantidad de materia orgánica impregnada en el plástico, dando como mejor selección de producto de remoción el Eurolatex a una concentración de 2 ml por 500 ml de agua, durante un periodo de ciento cincuenta minutos. Se observa que la cantidad de materia orgánica influye mucho en la generación de espuma, es por ello por lo que no se termina la etapa de lavado con el tiempo previsto para ciertas concentraciones, específicamente se refiere a las concentraciones más altas de: sapolio, biodigestoras y texapón.

Se descartó la comparación de la apariencia final llevado a cabo con las concentraciones de detergente que generaron abundante espuma.

#### 4.1.3.2 Enjuague

Para la etapa de enjuague, se procede a retirar el agua empleada en el proceso lavado y reemplazarla por agua limpia. Este proceso se realiza por duplicado, midiendo la turbidez con un intervalo de cinco minutos por un periodo de cuarenta minutos. En el eje de las ordenadas se encuentra el valor de la turbidez. Los valores de este ensayo se pueden verificar en el ANEXOS 3 y 4.

- a) Para el ensayo de enjuague, se empleó inicialmente una carga de plástico correspondiente al CASO 1, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 29.



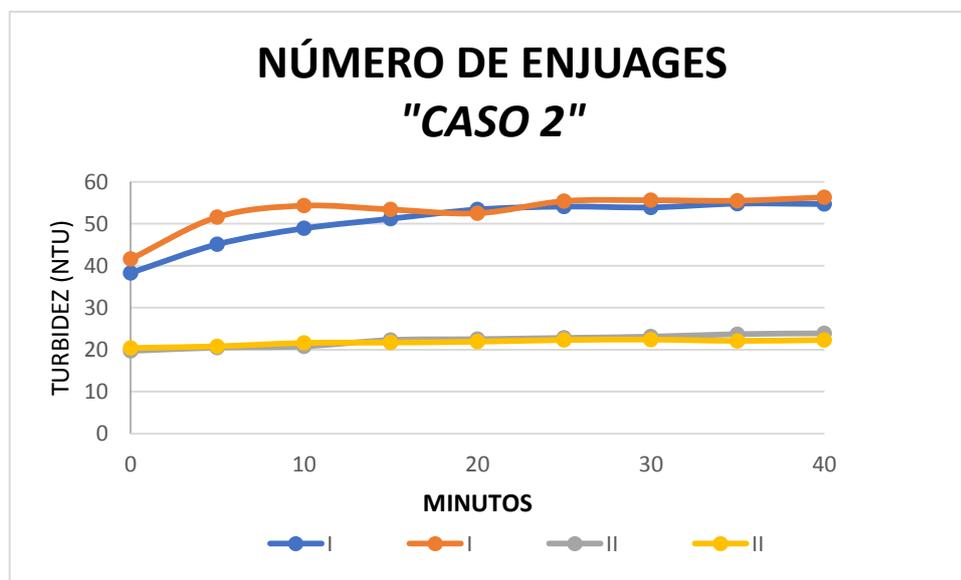
**Figura 29.** Evaluación del tiempo y número de enjuagues para la configuración B, empleando mangas asociadas al CASO 1.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

En la Figura 29, las curvas que se encuentran en la parte superior (rojo y azul) representan los valores de turbidez del primer enjuague, y las curvas que se encuentran en la parte inferior (amarillo y gris), representan los valores de turbidez del segundo enjuague. De acuerdo con ello se puede determinar que es suficiente un enjuague con un tiempo de veinte minutos como máximo, después de este periodo la turbidez permanece constante, mientras que en el segundo

enjuague la variación de turbidez en los cuarenta minutos es mínima, por lo tanto, no es necesaria.

- b) Para el segundo ensayo de enjuague, se empleó una carga de plástico del CASO 2, los resultados de los ensayos se resumen en la Figura 30.



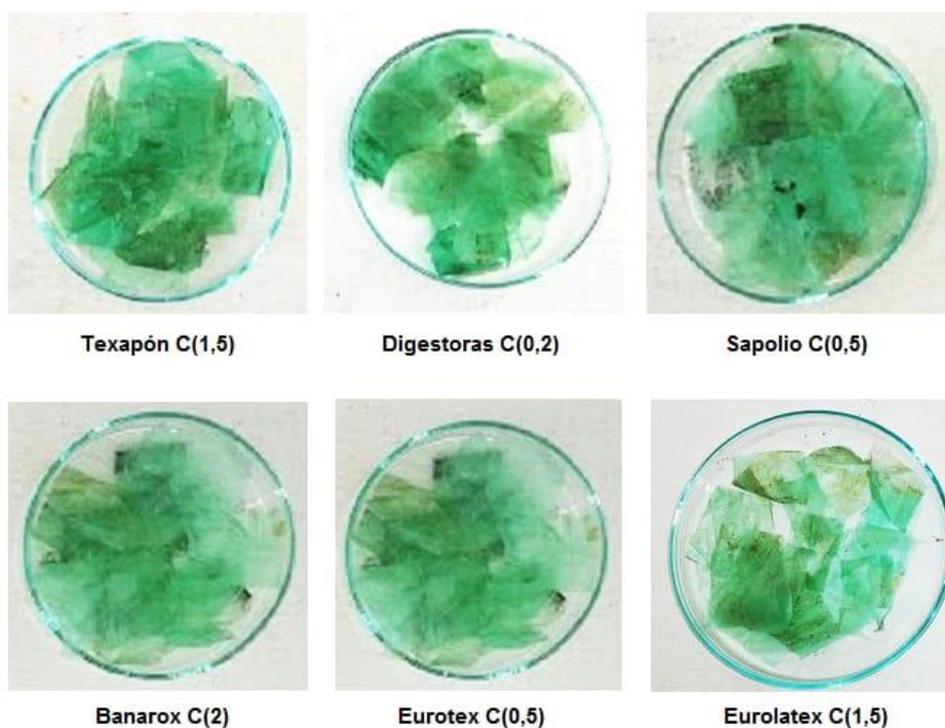
**Figura 30.** Evaluación del tiempo y número de enjuagues para la configuración B, empleando mangas asociado al CASO 2.

Realizado por: Cando e Inga, 2019

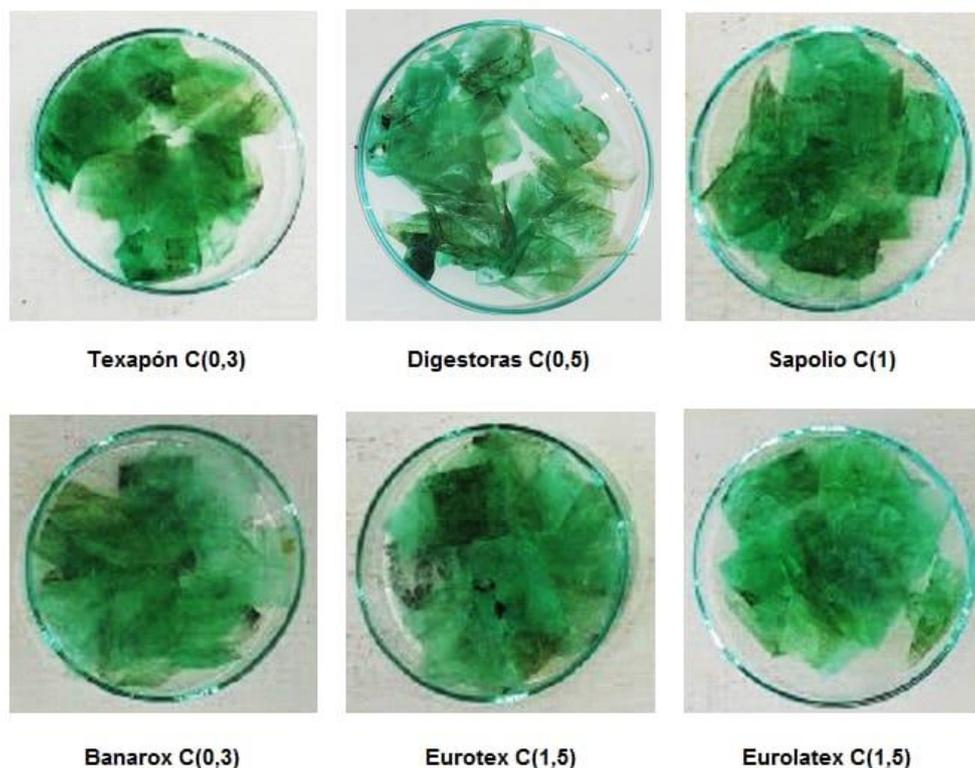
En la Figura 30 las curvas superiores (azul y rojo), representan los valores de turbidez del primer enjuague, y las curvas inferiores (amarillo y gris), representan los valores de turbidez del segundo enjuague. Se puede apreciar que es suficiente un enjuague con un tiempo de veinte minutos como máximo, después de ello la turbidez permanece constante, mientras que en el segundo enjuague la variación de turbidez en los cuarenta minutos es mínima, por lo tanto, no es necesaria.

En las Figuras 31 y 32 se pueden apreciar las diferencias en apariencia una vez terminado el ciclo de lavado entre los plásticos del CASO 1 y del CASO 2 respectivamente. Las imágenes que se expusieron en las figuras se obtuvieron empleando los mejores resultados de los diferentes detergentes y para ello, se consideró la concentración más eficiente según el comportamiento de la turbidez.

Para realizar la captura de las imágenes, se seleccionó la sección en la que los plásticos se notaban más sucios, posteriormente se los colocó en una caja Petri y se los expuso a una caja de fondo blanco para evidenciar de mejor manera los resultados.



**Figura 31.** Apariencia final del proceso de lavado empleando la configuración B y el plástico asociado al CASO 1.



**Figura 32.** Apariencia final del proceso de lavado empleando la configuración B y el plástico asociado al CASO 2.

En las Figuras 31 y 32, se puede observar que la solución de Eurolatex tiene una mejor apariencia, aunque la diferencia no es tan marcada como en el caso de la configuración A, los resultados obtenidos respaldan la información de las Figuras 28 y 29.

Entre las diferencias de apariencia de los plásticos del Caso 1, se puede evidenciar que la muestra de Eurolatex tiene la mejor apariencia del grupo, seguida de la muestra de Banarox y el Eurotex.

Por otro lado, en el CASO 2 el mejor resultado en apariencia no es fácil de identificar, se podría decir que los plásticos expuestos al Eurolatex y Banarox, presentan menos manchas de resina en la superficie de los films.

Tanto como para el CASO 1 y 2, la solución de Eurolatex se presenta como el mejor resultado en apariencia, sin embargo, la diferencia no es tan apreciable para el CASO 2.

El análisis de las curvas de tendencia y las fotos expuestas, permitieron definir que es la configuración A el potencial sistema a emplear en el lavado, no obstante, este tema se retomará en la sección 4.1.4. En cuanto al uso de detergente, a pesar de que las diferencias entre los resultados expuestos no son tan claras, sí es posible evidenciar que es la solución de Eurolatex la que genera el mejor resultado. En consecuencia, tanto en la configuración A como en la Configuración B, se seleccionó al detergente Eurolatex como el limpiador más eficiente y será el único que se emplee en todos los ensayos que se lleven a cabo a escala piloto.

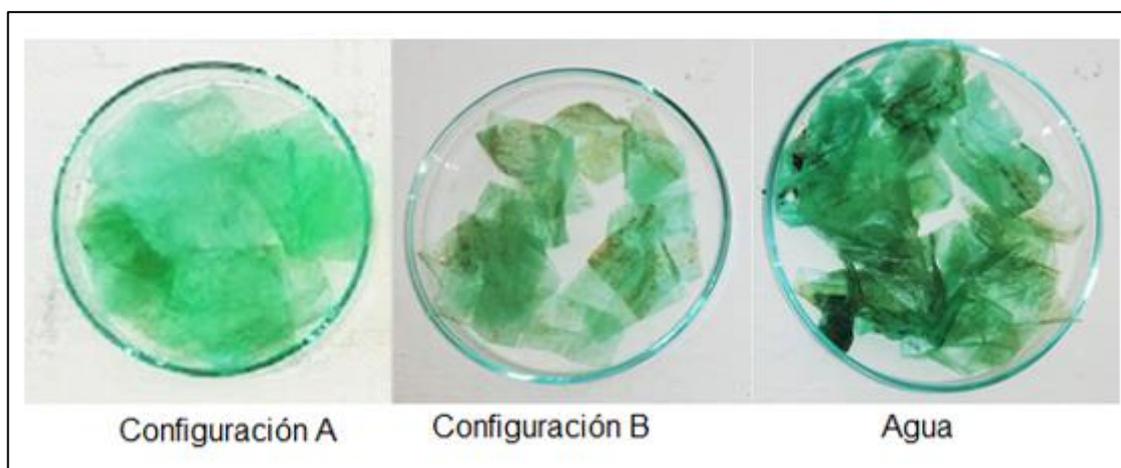
#### **4.1.4 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA A EMPLEAR EN EL LAVADO DE LOS PLÁSTICOS DE LA PRODUCCIÓN BANANERA (CONFIGURACIÓN A Y CONFIGURACIÓN B)**

El objetivo de la primera etapa de lavado que se llevó a cabo en la “*configuración A*” (prelavado), fue la de remover el material adherido al plástico empleando solamente agua, evitando que la materia de fácil remoción no interfiera con los valores de la turbidez obtenidas en las fases de remojo, lavado y enjuague. En las que se concentra la materia más difícil de remover.

Los resultados del proceso de lavado a los que se llegó empleando diferentes detergentes y variando sus concentraciones a través de la “*configuración A*”, indicaron que la solución de Eurolatex en una concentración de un 1,5 ml por cada 500 ml de agua presentó el mejor rendimiento en el escenario propuesto como CASO 1 y CASO2.

Por otra parte, la “*configuración B*” consta únicamente de dos etapas (lavado y enjuague), en la etapa de lavado, el plástico fue colocado sin retirar previamente la materia orgánica, esto hace que el valor de la turbidez no sea representativo en

cuanto a la eficiencia de remoción del detergente, debido a que existe cierto porcentaje del material adherido que puede ser retirado empleando únicamente agua e interfiere con el valor real de la remoción de la solución limpiadora. Los datos de turbidez obtenidos reflejaron que la mejor opción para la “*configuración B*” es el Eurolatex a una concentración de 2 ml por cada 500 ml de agua para el CASO 2, al final del proceso de lavado se observa que los plásticos presentan aún la resina impregnada. En la Figura 33, se puede apreciar la diferencia entre el lavado empleando la configuración “A”, “B” y el lavado en el que se empleó únicamente agua.



**Figura 33.** Plástico resultante del proceso de lavado

Por otro lado, en los ensayos realizados se observó que, al no retirar la materia orgánica previamente, se genera un exceso de espuma que no se presenta en la configuración A.

Para mejorar la toma de decisión referente a la mejor configuración, se complementó el análisis al comparar el coeficiente de correlación de los datos obtenidos como se puede apreciar en la Tabla 14, con el fin de evaluar la relación entre los datos y seleccionar una alternativa idónea.

**Tabla 14.** Comparación entre los coeficientes de correlación de la configuración “A” y “B”, considerados en la toma de decisión de la mejor alternativa de lavado.

<b>Parámetros evaluados para la toma de decisión de la configuración de lavado</b>	
Configuración A – CASO 2 Eurolatex C(1,5)	
Máxima turbidez alcanzada	C. Correlación
809 NTU	0,96
Configuración B – CASO 2 Eurolatex C(2)	
Máxima turbidez alcanzada	C. Correlación
647 NTU	0,92

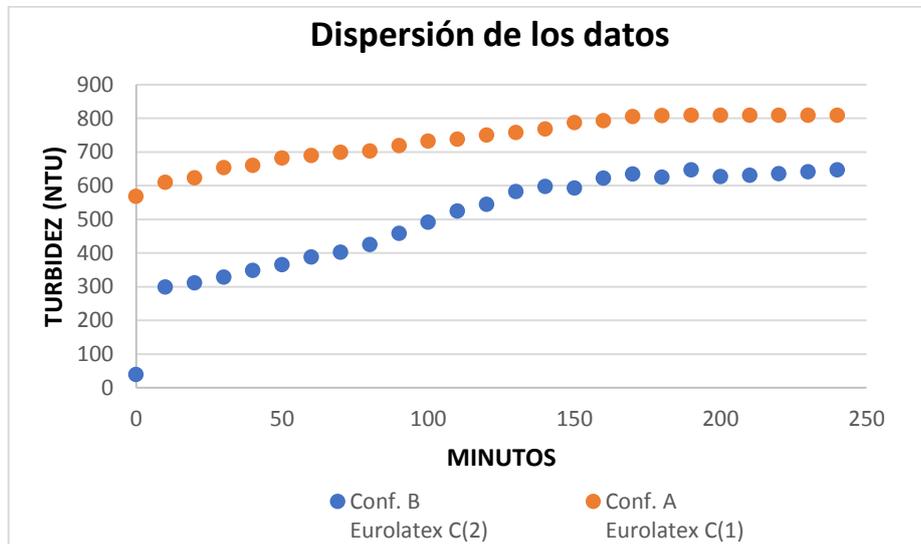
Realizado por: Cando e Inga

En la Tabla 14 se presentan los coeficientes de correlación, correspondientes al mejor resultado al que se llegó en cada configuración. Los datos corresponden al proceso de lavado en el que se utilizaron los plásticos del CASO 2.

La solución de Eurolatex, sin duda alguna reflejó los mejores resultados en la mayoría de los casos, tanto en la configuración A en una concentración de 1 ml por cada 500 ml de agua, alcanzando una turbidez máxima de 809 NTU y un coeficiente de correlación de 0.959, por otra parte, la configuración B obtuvo su mejor resultado a una concentración de 2 ml por cada 500 ml de agua, alcanzando una turbidez máxima de 647 NTU y un coeficiente de correlación de 0.921.

La variación entre el valor de la turbidez máxima entre los mejores resultados es de 162 NTU, este valor no es despreciable y sin duda alguna a través de esta diferencia, se considera que la configuración A como idónea para ser aplicada. La decisión fue respaldada por el coeficiente de correlación lineal que se obtuvo, en la que la misma configuración, evidencia una menor dispersión de los datos respecto a la media y afirmando la elección tomada anteriormente.

En la Figura 34, se puede apreciar la dispersión de datos del mejor resultado de cada configuración.



**Figura 34.** Valores de dispersión obtenidos del mejor resultado en la “configuración A” y la “configuración B”.

Elaborado por: Cando e Inga

Finalmente, se optó tomar la “*configuración A*” como mejor opción para el proceso lavado de las bolsas plásticas, en base a los siguientes criterios.

- La generación de espuma no es significativa y, tampoco interfiere con el proceso de lavado.
- La apariencia final de los plásticos limpios con la “*configuración A*” es mejor que la que presenta la “*configuración B*”.
- Existe mayor remoción ante una misma muestra, como se indica en la Tabla 14, la variación de la turbidez máxima alcanzada es de 162 (NTU).
- Los datos de la “*configuración A*”, presentan un coeficiente de correlación de 0.959, mientras que la “*configuración B*” que presentan un coeficiente de correlación menor.

Una vez seleccionado el procedimiento y evaluado los resultados a escala laboratorio, se identificó los valores de las variables de operación, los mismos que se indican en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Variables de operación de lavado a escala laboratorio

<b>Variables de Operación a nivel LABORATORIO</b>		
<b>Prelavado</b>		
Tiempo de agitación	40	min
<b>Lavado</b>		
Concentración de detergente	3	ml / l de agua
Tiempo de remojo	6	horas
Tiempo de lavado	150	minutos
Relación plástico - agua	6 / 500	g / ml
Velocidad de agitación	145	r.p.m.
Tamaño de plástico	3 x 3	cm x cm
<b>Enjuague</b>		
Número de enjuagues	1	
Tiempo de enjuague	10	min

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

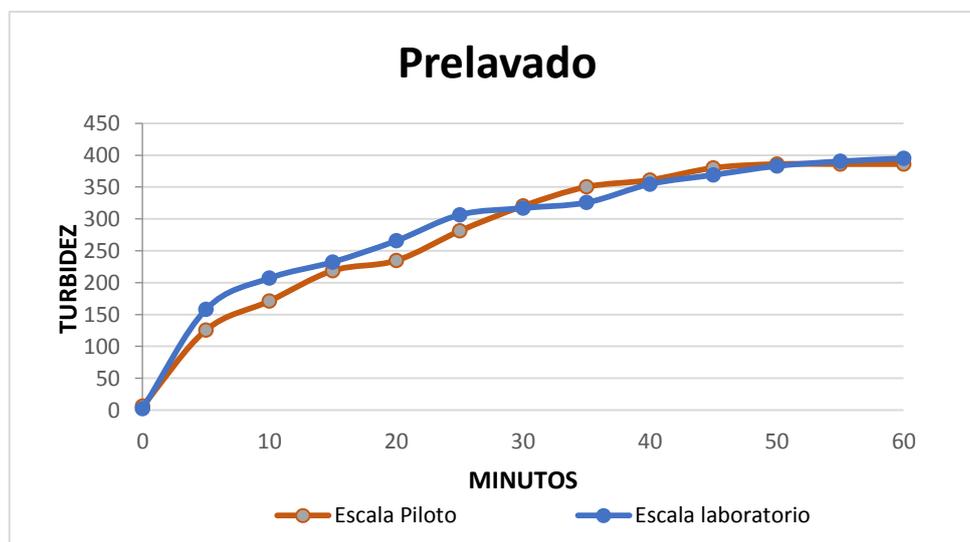
#### 4.1.5 DATOS OBTENIDOS A ESCALA PILOTO

Una vez seleccionada la mejor configuración, se procede a implementar las variables obtenidas a escala piloto. Para apreciar la veracidad del proceso, se comparan los resultados obtenidos a escala piloto con los generados a escala laboratorio en todas las fases de la configuración A.

##### 4.1.5.1 Prelavado

El proceso de prelavado a escala piloto se llevó a cabo por duplicado y fue ejecutado, empleando ciertas variaciones en las condiciones de operación establecidas en el laboratorio, los cambios se pueden apreciar comparando la Tabla 15 y la Tabla 20.

Una vez ajustado el proceso de lavado, los resultados que se obtuvieron en la fase de prelavado se encuentran en el ANEXO 5. A continuación en la Figura 35, se representa la curva de prelavado obtenida a escala piloto y la curva de prelavado obtenida a escala laboratorio.



**Figura 35.** Evaluación del tiempo de prelavado a escala piloto, empleando la configuración A y el plástico asociado al CASO 2.  
Elaborado por: Cando e Inga

Para conocer la desviación de los datos con respecto al valor medio. En la Tabla 16, se presenta la desviación estándar entre los valores obtenidos a escala laboratorio con respecto a los resultados a los que se llegó en escala piloto para la fase de prelavado.

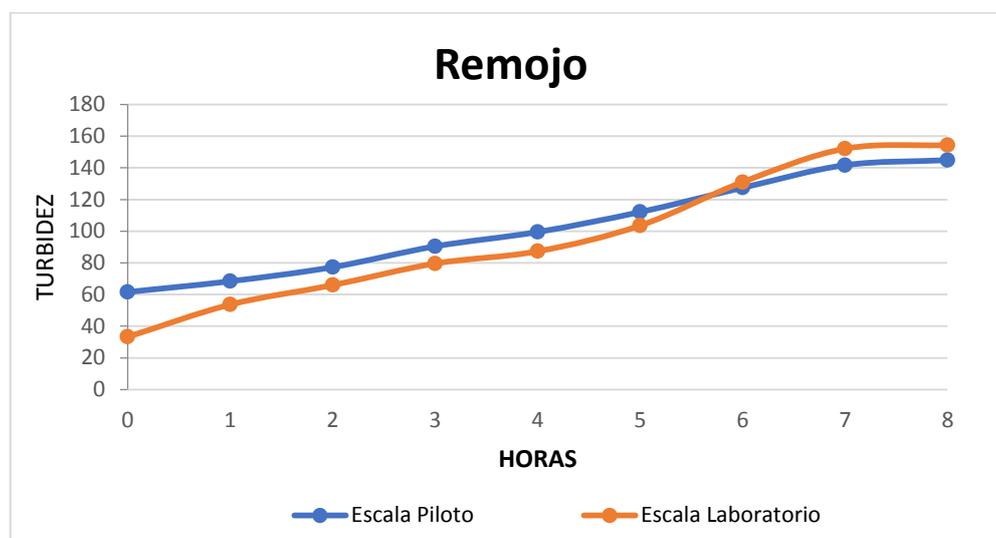
**Tabla 16.** Desviación estándar entre los datos obtenidos a escala laboratorio y a escala piloto en la etapa de prelavado.

Muestras	Etapa	Tiempo (min)	Turbidez (NTU)		Desviación Estándar
			Laboratorio	Piloto	
Escala laboratorio y escala piloto	Prelavado	0	6	2.23	2.69
		15	219	232	9.57
		30	320	317	2.30
		40	361	355	4.48
		45	380	369	7.78
		60	386	395	6.36

De acuerdo con la Figura 35, se puede apreciar que las curvas resultantes a escala laboratorio y a escala piloto indican que el tiempo adecuado de prelavado es de cuarenta minutos, posterior a los cuales no se registra un cambio significativo en el valor de la turbidez. Por otro lado en la Tabla 16, la desviación estándar evaluada en cada intervalo de tiempo es aceptable en comparación con el valor de la turbidez respectivo, el análisis permitió asegurar que los resultados tienen una base de datos sólida sobre la que se definió el tiempo óptimo de prelavado.

#### 4.1.5.2 Remojo

Los valores obtenidos en la fase de remojo a escala piloto se encuentran en el ANEXO 5, a continuación, en la Figura 36 se representa los datos promedio que se obtuvieron.



**Figura 36.** Evaluación del tiempo de remojo a escala piloto, empleando la configuración A y el plástico asociado al CASO 2.  
Elaborado por: Cando e Inga

Para conocer la desviación de los datos con respecto al valor medio. En la Tabla 17, se presenta la desviación estándar entre los valores obtenidos a escala laboratorio con respecto a los resultados a los que se llegó a escala piloto para la fase de remojo.

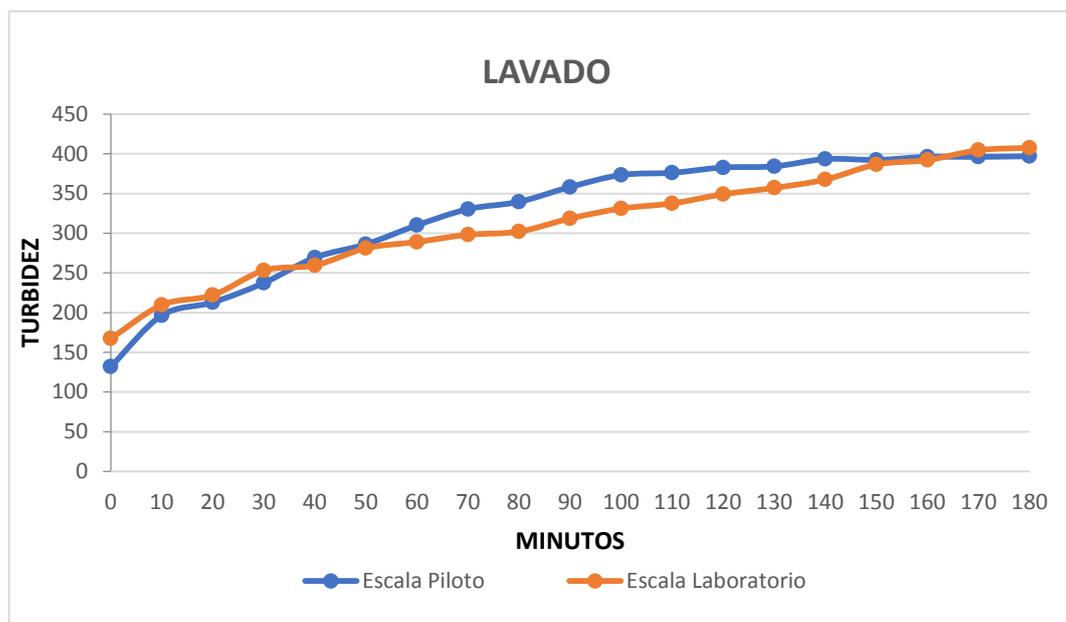
**Tabla 17.** Desviación estándar entre los datos obtenidos a escala laboratorio y a escala piloto en la etapa de remojo.

Muestras	Etapa	Tiempo (hora)	Turbidez (NTU)		Desviación Estándar
			Laboratorio	Piloto	
Escala laboratorio y escala piloto	Remojo	0	33.30	61.6	20.01
		1	53.65	68.4	10.43
		2	65.95	77.3	8.03
		3	79.60	90.45	7.67
		4	87.30	99.5	8.63
		5	103.55	112.1	6.05
		6	131,00	127.4	2.55
		7	152.10	141.7	7.35
		8	154.40	144.9	6.72
		24	167.40	156.7	7.57

De acuerdo a las curvas resultantes expuestas en la Figura 36, se puede apreciar que el tiempo adecuado de remojo es de seis horas, después de ello la variación de la turbidez no es significativa. Por otro lado en la Tabla 17, se puede apreciar que la desviación estándar evaluada en cada intervalo de tiempo es aceptable en comparación con la turbidez alcanzada, lo que permite asegurar que los datos tienen una base de datos sólida, sobre la que se determinó el tiempo óptimo de remojo.

#### 4.1.5.3 Lavado

Los valores obtenidos en la fase de lavado a escala piloto se encuentran en el ANEXO 5. A continuación en la Figura 37, se representa los datos promedio que se obtuvieron.



**Figura 37.** Evaluación del tiempo de lavado a escala piloto, empleando la configuración A y de plástico asociado al CASO 2.  
Elaborado por: Cando e Inga

Para conocer la desviación de los datos con respecto al valor medio, en la Tabla 18 se presenta la desviación estándar entre los valores obtenidos a escala laboratorio con respecto a los resultados a los que se llegó a escala piloto para la fase de lavado.

**Tabla 18.** Desviación estándar entre los datos obtenidos a escala laboratorio y a escala piloto en la etapa de lavado.

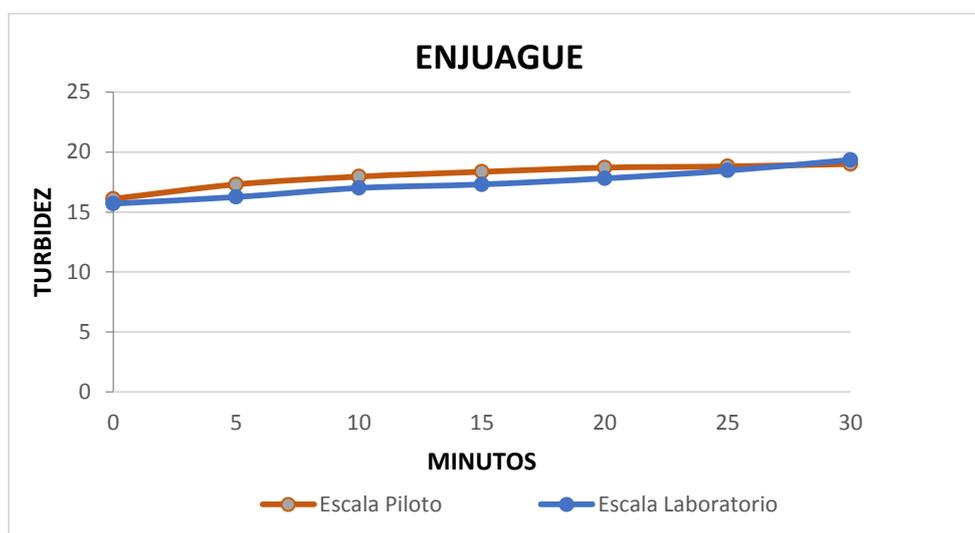
Muestras	Etapa	Tiempo (min)	Turbidez (NTU)		Desviación Estándar
			Laboratorio	Piloto	
Escala laboratorio y escala piloto	Lavado	0	167.40	131.95	25.07
		30	253.10	237.45	11.07
		60	289.10	310.05	14.81
		90	318.60	358.25	28.04
		120	349.10	382.80	23.83
		150	386.60	392.35	4.07
		180	407.60	396.95	7.53

De acuerdo a la Figura 37, se puede apreciar que las curvas resultantes a escala laboratorio y a escala piloto indican que el tiempo adecuado de lavado es de ciento cincuenta minutos, posterior a los cuales no se registra un cambio

significativo en el valor de la turbidez. Por otro lado, de acuerdo con la Tabla 18, la desviación estándar evaluada en cada intervalo de tiempo es aceptable en comparación al valor de la turbidez alcanzado, lo que permitió asegurar que los datos tienen una base sólida sobre la cual se determinó el tiempo óptimo de lavado.

#### 4.1.5.4 Enjuague

Los valores obtenidos en la fase de enjuague a escala piloto se encuentran en el ANEXO 5. En la Figura 38, se representa los datos promedio que se obtuvieron.



**Figura 38.** Evaluación del tiempo de enjuague a escala piloto, empleando la configuración A y de plástico asociado al CASO 2.  
Elaborado por: Cando e Inga

Para conocer la desviación de los datos con respecto al valor medio. En la Tabla 19, se presenta la desviación estándar entre los valores obtenidos a escala laboratorio con respecto a los resultados a los que se llegó a escala piloto para la fase de enjuague.

**Tabla 19.** Desviación estándar entre los datos obtenidos a escala laboratorio y a escala piloto en la etapa de enjuague.

Muestras	Etapa	Tiempo (min)	Turbidez (NTU)		Desviación Estándar
			Laboratorio	Piloto	
Escala laboratorio y escala piloto	Enjuague	0	15.70	16.10	0.28
		5	16.25	17.30	0.74
		10	17.00	17.95	0.67
		15	17.30	18.35	0.74
		20	17.80	18.70	0.64
		25	18.45	18.80	0.25
		30	19.35	19.00	0.25

De acuerdo con la Figura 38, se puede apreciar que las curvas resultantes a escala laboratorio y a escala piloto indican que el tiempo adecuado de enjuague es de diez minutos, después de ello la turbidez permanece relativamente constante. Por otro lado en la Tabla 19, en cada intervalo de tiempo el valor de la desviación estándar es aceptable en comparación al valor de la turbidez alcanzado, lo que permitió asegurar que los datos tienen una base de datos sólida sobre la cual se determinó el tiempo óptimo de enjuague.

En el sistema de limpieza a escala piloto se realizaron ciertas variaciones en los valores de los parámetros de operación, debido a que en el tanque de lavado, el material no permanece suspendido en las paredes y tampoco los films se enredaron en las paletas de agitación a pesar de aumentar la carga plástica. Los valores con los que se trabajó se presentan en la Tabla 20 y se seleccionaron de acuerdo a los resultados a los que se llegó en la configuración A, empleando los plásticos asociados al CASO 2.

**Tabla 20.** Variables de operación de lavado a escala piloto.

Variables de Operación a nivel PILOTO		
<b>Prelavado</b>		
Tiempo de agitación	40	minutos
<b>Lavado</b>		
Concentración de detergente	3	ml / l de agua
Tiempo de remojo	6	Horas
Tiempo de lavado	150	minutos
Relación de plástico – agua	1000 / 60	g / l

Velocidad de agitación	142	r.p.m.
Tamaño de plástico	3 x 3	cm x cm
<b>Enjuague</b>		
Número de enjuague	1	
Tiempo de enjuague	10	minutos

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

Con el fin de realizar la actividad de lavado en una jornada laboral, se podría ajustar el tiempo de remojo al reducirlo a cuatro horas, luego del cual se ejecutaría el proceso de lavado en que tarda en realizarse dos horas, completando estas últimas las seis horas de exposición del plástico al detergente.

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE LAVADO

### 4.2.1 DATOS DEL AGUA A TRATAR

En la caracterización de los efluentes a tratar para el CASO 1, se realizaron los ensayos fisicoquímicos por duplicado. En la Tabla 21, se presentan los valores que se obtuvieron.

**Tabla 21.** Resultados de la caracterización de los efluentes CASO 1

<b>CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES GENERADOS "CASO 1"</b>								
Parámetros	ANÁLISIS I				ANÁLISIS II			
	Prelavado	Lavado	Enjuague	Mezcla	Prelavado	Lavado	Enjuague	Mezcla
Conductividad (µS)	195,00	199.20	156.40	203,00	197,00	213,00	168.20	211,00
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1	1	0	1	1	1	0	1
DQO (mg/L)	186,00	230,00	53,00	86,00	237,00	296,00	44,00	125,00
Dureza Total	22.10	45.50	18.40	40.10	24.06	41.06	19.05	39.07
Fósforo Total (mg/L)	1.35	1.45	0.33	1.29	0.99	1.79	0.81	0.88
Nitratos + Nitritos (mg/l)	0.41	0.22	0.17	0.24	0.32	0.21	0.14	0.12
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L)	-----	-----	-----	-----	0.001	0.003	0.002	-----
Potencial Hidrógeno	8.50	8.46	8.34	8.02	8.08	8.80	8.69	7.82

Sólidos Sedimentables (mg/L)	1.90	2.50	0.10	1.20	0.80	0.20	0.15	0.60
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	70.60	93.50	19.30	64.50	41.80	117.10	16.40	58.20
Sólidos Totales (mg/L)	127.08	189.8	28.95	109.65	105.24	204.65	21.32	119.76
Tensoactivos (mg/L)	0.01	2.10	0.46	1.12	0.01	1.72	0.28	1.31
Turbidez NTU	93.20	220,00	28,00	82,00	48.50	197,00	11.40	63,00

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

En la caracterización del efluente a tratar para el CASO 2, se realizaron los ensayos fisicoquímicos solamente una vez por falta de material que cumpla con las características de un alto grado de contaminación. En la Tabla 22, se presenta los valores que se obtuvieron.

**Tabla 22.** Resultados de la caracterización de los efluentes "CASO 2"

<b>CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES GENERADOS "CASO 2"</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Prelavado</b>	<b>Lavado</b>	<b>Enjuague</b>	<b>Mezcla total</b>
Conductividad ( $\mu$ S)	291,00	359,00	197.40	283.80
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1	2	1	3
DQO (mg/L)	625.00	976.00	628.00	726.00
Dureza Total	32.03	44.04	28.03	42.05
Fósforo Total (mg/L)	1.53	1.94	0.23	1.49
Nitratos + Nitritos (mg/l)	0.25	0.11	0.04	0.10
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L)	0.36	----	----	0.39
Potencial Hidrógeno	6.60	6.83	6.91	6.33
Sólidos Sedimentables (mg/L)	2.90	3.50	0.30	2.80
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	472.10	548.10	67.20	368.10
Sólidos Totales (mg/L)	889.23	901.13	174.72	668.41
Tensoactivos (mg/L)	0.05	2.00	0.74	1.03
Turbidez NTU	270.50	375.90	11.00	118.40

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

Los resultados oficiales de los ensayos de nitrógeno total Kjeldahl proporcionados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias “INIAP”, se pueden apreciar en el ANEXO 7.

En el caso del análisis de pesticidas, se verificó la presencia de éstos en el agua y en el plástico en diferentes etapas del ciclo de lavado, así en el caso del agua los valores obtenidos se representan en la Tabla 23.

**Tabla 23.** Concentración de pesticidas presentes en el agua, evaluados en las etapas de: prelavado, lavado y tratamiento.

<b>VALOR DE LOS PESTICIDAS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE AGUA</b>				
<b>Pesticidas</b>	<b>Pesticidas específicos</b>	<b>Prelavado</b>	<b>Lavado</b>	<b>Tratamiento</b>
		<b>Valor (mg/l)</b>	<b>Valor (mg/l)</b>	<b>Valor (mg/l)</b>
Organoclorados	Chlorotalonil	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
Organofosforados	Cadusafos	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	Clorpirifos	0,0003	0,0002	0,0004
	Diazimón	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	Dimetoato	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
	Etoprofos	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	Metamidofos	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	Terbufos	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Organonitrogenados	Diurón + Llurón	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
	Tiabendazol	< 0,001	< 0,001	0,029
Carbamatos	Carbaril	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
	Carbofuran	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

Los resultados expuestos reflejaron que, en el agua existen concentraciones despreciables de pesticidas, que cumplen con el límite permisible mencionado en la Tabla 5, entre los que se puede apreciar un organonitrogenado (tiabendazol) y un organofosforado (clorpirifos).

La variación en la concentración del clorpirifos que se puede apreciar entre las fases de prelavado y lavado experimenta una disminución, posiblemente debido a

que, es en la etapa de prelavado en la que la mayor parte de la materia externa al plástico es removida. En cambio, la concentración de clorpirifos presente en el efluente total es mayor que los casos anteriormente mencionados, esto como resultado de que todas las descargas se recolectan en un único contenedor para ser tratado, por ende, cada descarga aporta cierta concentración del pesticida dando como resultado un valor en mezcla de 0.0004 mg/l de clorpirifos.

Por el contrario, la variación del tiabendazol es singular dado que no se encuentra presente en las diferentes etapas de lavado y, como se verá tampoco existe presencia de éste en el plástico original desechado, por lo que se describe como un caso aislado, en el que existió algún tipo de contaminación externa en la muestra.

La Tabla 24, presenta los resultados del análisis de pesticidas presentes en el plástico, las muestras que se recolectaron para su evaluación fueron tres y corresponden a: material plástico desechado sin ningún tipo de limpieza, el material plástico recolectado luego de dado por terminado la fase de lavado (sin enjuague) y material plástico que se obtuvo una vez terminado el ciclo de lavado (con enjuague).

**Tabla 24.** Concentración de pesticidas presentes en las muestras plásticas en su estado original y las que pasaron las etapas de: lavado y tratamiento.

<b>VALOR DE LOS PESTICIDAS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE PLÁSTICO</b>				
<b>Pesticidas</b>	<b>Pesticidas específicos</b>	<b>Usado</b>	<b>Lavado</b>	<b>Tratamiento</b>
		<b>Valor (mg/kg)</b>	<b>Valor (mg/kg)</b>	<b>Valor (mg/kg)</b>
Organoclorados	Chlorotalonil	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Organofosforados	Cadusafos	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Clorpirifos	38	21	15
	Diazimón	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Dimetoato	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Etoprofos	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Metamidofos	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Organonitrogenados	Terbufos	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Diurón + Llurón	< 0,01	< 0,01	< 0,01

	Tiabendazol	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Carbamatos	Carbaril	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Carbofuran	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

Los resultados expuestos reflejan que, el material plástico no contiene concentraciones peligrosas de pesticidas, pero se puede encontrar la presencia de un organofosforado conocido como clorpirifos.

En el análisis de la Tabla 24, se puede observar que existe cierta variación en la concentración de clorpirifos, entre las muestras que representa el estado original del plástico luego de ser desechado y la obtenida luego de pasar por la fases de prelavado y de lavado. El valor de la concentración experimenta una disminución de 38 mg/kg a 21 mg/kg entre las dos primeras muestras, debido a que existe una transferencia de los contaminantes desde la cubierta hacia el cuerpo de agua en la etapa de lavado, la remoción del material adherido al plástico reduce la carga de contaminantes y pesticidas disponibles en la superficie del mismo.

La concentración de clorpirifos presente en el plástico luego del ciclo completo de lavado (prelavado, remojo, lavado y enjuague), es menor que en las otras muestras analizadas, posiblemente como resultado de que a la muestra se la expuso a la etapa de lavado en la que se retiró el materia removido por el detergente empleado, se redujo la concentración de clorpirifos de 21 mg/kg a 15 mg/kg.

Los resultados que indican la concentración de pesticidas en el agua y en el plástico, realizado por el Laboratorio Químico "GRUNTEC", se pueden verificar en el ANEXO 8.

#### 4.2.2 EVALUACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS CON EL LÍMITE PERMISIBLE ESTABLECIDO POR LA AUTORIDAD AMBIENTAL.

Con los datos pertinentes a la caracterización, en la Tabla 25 se realiza la comparación entre los valores obtenidos experimentalmente y los valores establecidos en el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria.

**Tabla 25.** Análisis de los valores fisicoquímicos obtenidos en la caracterización de los diferentes efluentes en comparación con los valores establecidos en la normativa ambiental vigente.

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible Alcantarillado	Límite máximo permisible Agua dulce	Mezcla total Análisis I CASO 1	Mezcla total Análisis II CASO 1	Mezcla total CASO2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	250	100	1	1	3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	500	250	86	125	726
Fósforo Total (p)	mg/l	15	10	1.29	0.88	1.49
Nitritos + Nitratos	mg/l	-----	10	0.24	0.12	0.10
Nitrógeno Total Kjeldahl (N)	mg/l	40	15	-----	-----	0,39
Potencial de Hidrógeno (pH)		5--9	5--9	8.02	7.82	6.33
Sólidos Sedimentables	ml/l	20	1	1.20	0.60	2.80
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	220	100	64.50	58.20	368.10
Sólidos Totales	mg/l	1600	1600	109.65	119.76	668.41
Tensoactivos	mg/l	2	0.5	1.12	1.31	1.04
Compuestos organoclorados (totales)	mg/l	0.05	0.05	-----	-----	-----
Organofosforados y carbamatos (totales)	mg/l	0.1	-----	-----	-----	-----

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

El estudio entre las diferentes variables expresadas en la Tabla 25, identifican que el efluente de los dos casos regulares, cumplen todos sus parámetros con el límite máximo permisible estipulado por la autoridad ambiental. Por el contrario, el efluente que se obtuvo del peor caso no cumple con dos de sus parámetros, entre los que se tiene la cantidad de sólidos suspendidos totales y el parámetro de DQO, por lo que las técnicas que se propusieron para tratar el efluente se enfocaron en mejorar las características de estos dos valores.

### 4.3 PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA EL AGUA DE LAVADO

Para realizar el tratamiento del efluente generado se consideran las propuestas mencionadas en las conclusiones y recomendaciones del trabajo (Carranza, 2010).

El efluente obtenido es similar al que se generó en el proceso de lavado de los plásticos de invernadero. Con la finalidad de justificar el proceso de tratamiento, también se considera la toma de decisiones a través de los criterios presentados en la Tabla 26, en la que se emplea la turbidez de la mezcla total del proceso de lavado para determinar el posible tratamiento.

**Tabla 26.** Tipo de tratamiento

<b>Características del agua</b>	<b>Tratamiento probable</b>
Turbidez media < 10 NTU NMP < 1000 col/100ml	Filtración lenta
Turbidez media < 50 NTU NMP < 1000 col/100ml	Filtración lenta con pretratamiento
Turbidez media < 150 NTU NMP < 5000 col/100ml	Filtración lenta con sedimentación simple y pretratamiento

Fuente: Secretaría del agua, 2014

#### 4.3.1 TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN LENTA

Para el diseño del filtro se consideraron las variables descritas en la Tabla 27.

**Tabla 27.** Resumen de los datos obtenidos para el diseño del filtro

<b>Datos de dimensionamiento</b>	<b>Valor</b>
Caudal por tratar	$0.015 \left( \frac{m^3}{h} \right)$
Área horizontal (Sf)	$0.075 (m^2)$
Espesor del lecho filtrante (L)	$0.5 (m)$
Carga hidráulica ( $\Delta H$ )	$0.23 (m)$
Coeficiente de uniformidad	2.37
Velocidad de diseño	$0.2 \left( \frac{m}{h} \right)$
Altura de la capa sobrenadante	$0.5 (m)$
Altura de la capa de soporte (grava)	$0.4 (m)$

Elaborado por: Cando e Inga

Para la construcción del filtro lento de arena se utilizaron los materiales que se muestran en la Tabla 28.

**Tabla 28.** Materiales usados para la construcción del filtro

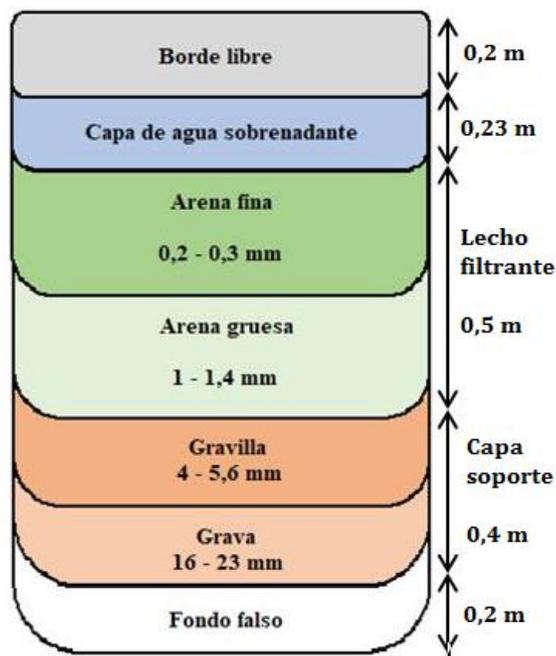
<b>Materiales</b>		
<b>Nombre comercial</b>	<b>Imagen</b>	<b>Descripción</b>
Tanque	 <p>(Plastigama, 2019)</p>	<p>Caneca plástica de polietileno de alta densidad.</p> <p>Capacidad: 5 galones</p>
<b>Entrada y sistema de drenaje del tanque</b>		
Llave de paso	 <p>(Plastigama, 2019)</p>	<p>Diámetro nominal: ½"</p> <p>Ubicada a la salida del tanque de captación usada para regular el caudal.</p>
Unión universal	 <p>(Plastigama, 2019)</p>	<p>Diámetro noila de ½"</p> <p>Ubicada en la entrada de la caneca.</p>

<p>Junta al tanque</p>	 <p>(Plastigama, 2019)</p>	<p>Diámetro nominal de 1"</p> <p>Ubicada a la entrada del tanque de captación, y la salida de la caneca.</p>
<p>Codos de 90°</p>	 <p>(Plastigama, 2019)</p>	<p>Diámetro nominal de ½"</p> <p>Ubicada a la salida del tanque de captación para darle caída al agua residual hacia el filtro.</p>
<p>Tubería PVC</p>	 <p>(Plastigama, 2019)</p>	<p>Diámetro nominal de 1"</p> <p>Usada para el transporte del agua residual y del agua filtrada.</p>
<p>Llave de jardinería</p>	 <p>(Plastigama, 2019)</p>	<p>Diámetro nominal de ½"</p> <p>Ubicada al final del sistema de drenaje para controlar el agua filtrada.</p>
<p><b>Material granular filtrante</b></p>		

Grava gruesa		<p>El tamaño de grava gruesa a utilizar se encuentra en un rango de 16 a 23 mm. Utilizada como material de soporte.</p>
Grava fina		<p>La grava fina que se utilizó se encuentra entre 4 y 5,6 mm.</p>
Arena gruesa		<p>El tamaño de la arena gruesa que se utilizó varía entre 1 y 1,14 mm</p>
Arena fina		<p>El tamaño usado para la capa de arena fina varía entre los 0,2 y 0,3 mm</p>

Elaborado por Cando e Inga

En la Figura 39 se detalla la estructura vertical del filtro que se realizó manualmente para llevar a cabo el tratamiento del efluente.



**Figura 39.** Estructura del filtro  
Elaborado por: Cando e Inga

Para conocer la eficiencia del filtro se calculó el porcentaje de remoción de los parámetros indicados en la Tabla 29. Debido a que se tienen dos análisis para el CASO 1, se obtuvo la media entre ambos análisis y se calculó el porcentaje de remoción.

**Tabla 29.** Eficiencia de remoción por medio filtrante

Parámetros	Límite máximo permisible alcantarillado	Límite máximo permisible e agua dulce	Datos promedio del CASO 1			Datos promedio del análisis del CASO 2		
				Tratamiento	% de remoción	Mezcla	Tratamiento	% de remoción
Conductividad ( $\mu\text{S}$ )			207	183.65	11.28	283.8	224.5	20.89
DBO5 (mg/L)	250	100	1	0	100.00	3	2	33.33
DQO (mg/L)	500	250	105.50	97	8.06	726	513	29.34
Dureza Total			39.59	35.93	9.24	42.05	36.03	14.31
Fósforo Total (mg/L)	15	10	1.09	1.02	5.99	1.49	1.32	11.41
Nitratos + Nitritos (mg/l)	-----	10	0.18	0.14	25.41	0.10	0.09	11.88

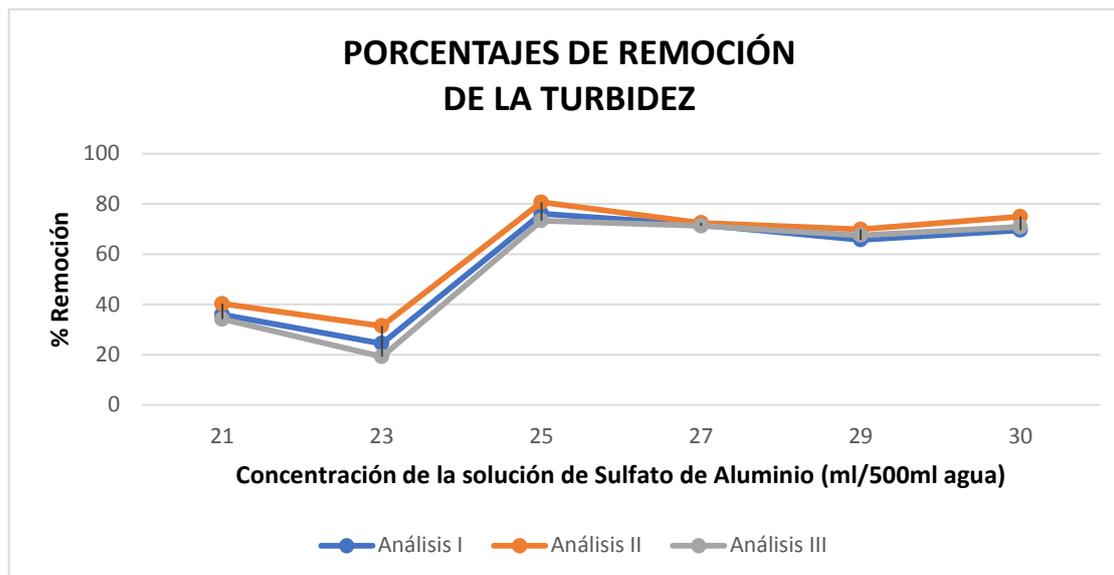
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L)	40	15	----	----	----	0.39	0.36	7.69
Potencial Hidrógeno	5 – 9	5 - 9	7.92	8.02		6.33	6.87	
Sólidos Sedimentables (mg/L)	20	1	0.90	0.05	94.44	2.80	0.30	89.29
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	220	100	61.35	12.55	79.54	368.10	93.40	74.63
Sólidos Totales (mg/L)	1600	1600	114.71	50.65	55.84	668.41	273.50	59.08
Tensoactivos (mg/L)	2	0.5	1.22	0.65	46.49	1.03	0.68	34.53
Turbidez NTU			72.5	6.21	91.43	118.40	18.50	84.38
Compuestos organoclorados totales (mg/L)	0.05	0.05	----	----	----	----	----	----
Organofosforados y carbamatos totales (mg/L)	0.1		----	----	----	----	----	----

Después de haber realizado el tratamiento por medio filtrante, de acuerdo a los datos obtenidos descritos en la Tabla 29, se observó que la variación en los parámetros de nutrientes, nitrógeno y fósforo es mínimo, esto se debe a que el tratamiento por filtración no está diseñado para eliminar compuestos disueltos en el agua, por otro lado, se observa que el medio filtrante no es suficiente tratamiento para que el agua residual cumpla con la DQO necesaria para ser descargada, por lo tanto antes de usar el tratamiento por filtración es necesario realizar un pretratamiento.

#### 4.3.2 TRATAMIENTO POR COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN

Como se mencionó en la sección 3.3.2 referente al parámetro de pH óptimo, se puede apreciar en la Tabla 25, que los límites que se obtuvieron en los ensayos pertenecen al rango comprendido entre 6 – 8, estos límites están dentro del rango en el que el sulfato de aluminio trabaja de forma adecuada y eficiente.

Para conocer la dosis óptima de sulfato de aluminio a adicionar se empleó seis concentraciones diferentes y se realizó el ensayo por triplicado, los datos del mismo se encuentran en el Anexo 6, el porcentaje de remoción de la turbidez alcanzado en cada caso se representa en el Figura 40.



**Figura 40.** Porcentajes de la eficiencia de remoción de la turbidez (sólidos suspendidos) por parte de la solución de sulfato de aluminio en diferentes concentraciones para una misma cantidad de muestra.  
Elaborado por: Cando e Inga, 2019

En la Tabla 30, se presentan los valores de los demás parámetros de control que fueron evaluados.

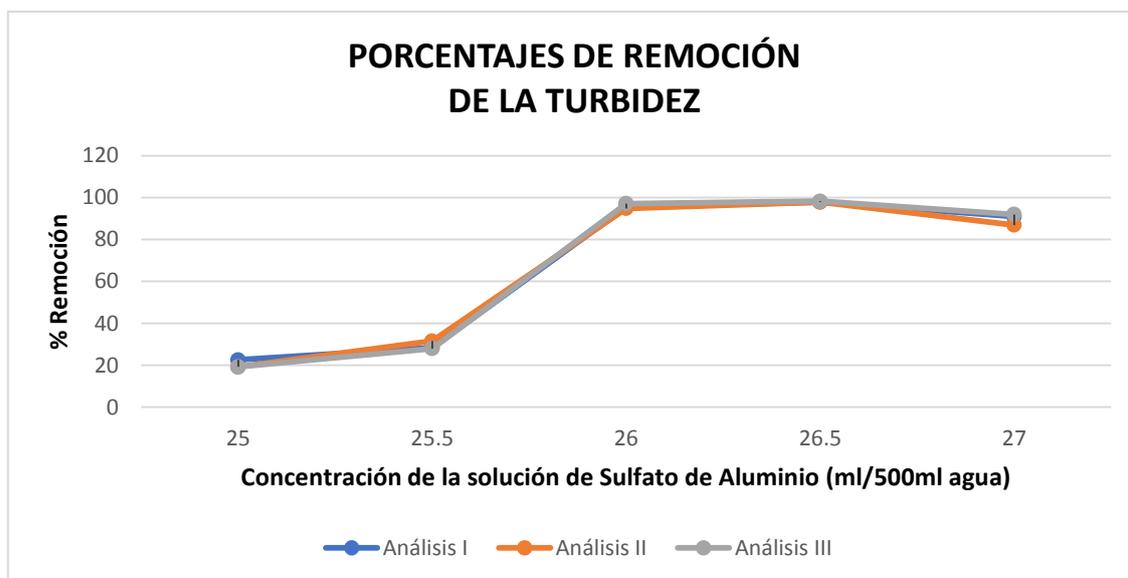
**Tabla 30.** Valores de los parámetros de control evaluados a diferentes concentraciones de la solución de sulfato de aluminio para seleccionar la dosis óptima a emplear.

<b>Valores representativos de los parámetros de control en el análisis de la dosis óptima de solución de sulfato de aluminio</b>			
<b>Parámetros de control</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MEDIA</b>
pH	7,90	6,10	7,00
Temperatura (°C)	19,50	17,90	19,10
Conductividad (μS/cm)	452,10	326,70	350,55

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

En el rango de 25 – 27 ml de la solución de sulfato de aluminio por cada 500 ml de agua es la zona que presenta mejores resultados, es por lo cual el siguiente paso es afinar el valor de la dosis a emplear mediante un segundo ensayo en la que se realiza variaciones de 0.5 ml en cada caso.

Para realizar el afinamiento de la dosis óptima de sulfato de aluminio a adicionar en el ensayo definitivo, se empleó cinco concentraciones diferentes y se realizó el ensayo por triplicado, los datos de este se encuentran en el ANEXO 6, el porcentaje de remoción de la turbidez alcanzado en cada caso se representa en el Figura 41.



**Figura 41.** Porcentajes de la eficiencia de remoción de la turbidez (sólidos suspendidos) por parte de la solución de sulfato de aluminio en diferentes concentraciones para una misma cantidad de muestra, en el proceso de afinamiento de la cantidad de reactivo a emplear a escala piloto.

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

En la Tabla 31 se presentan los valores de los demás parámetros de control que fueron evaluados.

**Tabla 31.** Valores de los parámetros de control obtenidos en el proceso del afinamiento de la concentración de la solución de sulfato de aluminio a emplear como coagulante.

<b>Valores representativos de los parámetros de control en el afinamiento de la dosis óptima de la solución de sulfato de aluminio</b>			
<b>Parámetros de control</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MEDIA</b>
pH	8,00	6,20	7,00
Temperatura (°C)	19,70	19,40	19,60
Conductividad (μS/cm)	379,50	315,40	331,20

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

**Tabla 32.** Eficiencia de remoción por coagulación - floculación

Parámetros	Límite máximo permisible alcantarillado	Límite máximo permisible agua dulce	Datos promedio del análisis CASO 1			Datos promedio del CASO 2		
			Mezcla	Tratamiento	% de remoción	Mezcla	Tratamiento	% de remoción
Conductividad (µS)			207.00	173.20	16.33	283.80	211.50	25.48
DBO5 (mg/L)	250	100	1	0	100.00	3	1	66.67
DQO (mg/L)	500	250	105.50	88.86	15.77	726	303	58.26
Dureza Total			39.59	29.52	25.44	42.05	30.03	28.59
Fósforo Total (mg/L)	15	10	1.08	0.35	68.02	1.49	0.13	91.28
Nitratos + Nitritos (mg/l)	-----	10	0.18	0.10	44.48	0.10	0.04	60.40
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L)	40	15	-----	-----	-----	0.39	0.30	23.08
Potencial Hidrógeno	5 – 9	5 – 9	7.92	7.62		6.33	5.69	
Sólidos Sedimentables (mg/L)	20	1	0.90	0	100.00	2.80	0.10	95.71
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	220	100	61.35	7.74	87.39	368.10	35.20	90.44
Sólidos Totales (mg/L)	1600	1600	114.71	35.51	69.04	668.41	235.70	64.74
Tensoactivos (mg/L)	2	0.5	1.22	0.10	92.19	1.03	0.08	92.46
Turbidez NTU			72.50	2.76	96.20	118.40	18.70	84.21
Compuestos organoclorados totales (mg/L)	0.05	0.05	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Organofosforados y carbamatos totales (mg/L)	0.10		-----	-----	-----	-----	-----	-----

De acuerdo con la Tabla 32, los porcentajes de remoción en todos los parámetros analizados son mayores en comparación con el tratamiento por filtración, esto se debe a que al agregar el sulfato de aluminio los contaminantes presentes en el agua se agrupan formando flóculos que facilitan la sedimentación de éstos, permitiendo la obtención de una mejor calidad del agua.

### 4.3.3 TRATAMIENTO COMBINADO

En el tratamiento combinado se realizó en dos etapas, la primera etapa fue realizar un tratamiento por coagulación - floculación, seguidamente el agua resultante fue expuesta al tratamiento por filtración. Los resultados del tratamiento combinado se detallan en la Tabla 33.

**Tabla 33.** Porcentaje de remoción empleando el tratamiento combinado

Parámetros	Límite máximo permisible alcantarillado	Límite máximo permisible agua dulce	Datos promedio del análisis del CASO 1			Datos promedio del CASO 2		
			Mezcla	Tratamiento	% de remoción	Mezcla	Tratamiento	% de remoción
Conductividad (µS)			207.00	163.05	21.23	283.80	202.70	28.58
DBO5 (mg/L)	250	100	1	0	100.00	3.00	1	66.67
DQO (mg/L)	500	250	105.50	45.00	57.35	726.00	237.00	67.30
Dureza Total			39.59	32.26	18.53	42.05	26.02	38.11
Fósforo Total (mg/L)	15	10	1.08	0.53	50.74	1.49	0.23	84.56
Nitratos + Nitritos (mg/l)	-----	10	0.18	0.07	59.67	0.10	0.05	54.46
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L)	40	15	-----	0.001	-----	0.39	0.26	33.33
Potencial Hidrógeno	5 – 9	5 – 9	7.92	8.00		6.33	6.31	
Sólidos Sedimentables (mg/L)	20	1	0.90	0	100.00	2.80	0.0	100.00
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	220	100	61.35	5.93	90.33	368.10	17.50	95.23
Sólidos Totales (mg/L)	1600	1600	114.71	26.51	76.89	668.41	163.80	75.49
Tensoactivos (mg/L)	2	0.5	1.22	0.07	94.35	1.0340	0.04	95.74
Turbidez NTU			72.50	1.18	98.37	118.40	16.40	86.15
Compuestos organoclorados totales (mg/L)	0.05	0.05	-----	-----	-----	-----	< 0,00005	-----
Organofosforados y carbamatos totales (mg/L)	0.1		-----	-----	-----	-----	0.0004	-----

La técnica de tratamiento por coagulación – floculación, por sí sola cumple con la normativa de descarga en el sistema de alcantarillado. Sin embargo, no todas las fincas cuentan con una red de alcantarillado por lo cual es indispensable generar

un tipo de agua residual que pueda ser descargado en cuerpos hídricos. Por lo que, fue necesario emplear un sistema de tratamiento combinado.

De acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 33, se observa que las técnica de tratamiento combinada, cumple con la norma de descarga directa a cuerpos de agua dulce.

#### 4.4 ANÁLISIS DE COSTOS

Para el análisis de costos se consideró la generación promedio de 494 mangas por día, a partir de este punto de referencia, aplicaremos los datos obtenidos en la fase experimental como: cantidad de agua a emplear, las dimensiones del filtro, la cantidad de sulfato de aluminio que se necesitará y el volumen de agua que será tratada.

Es necesario considerar el impacto económico que tendrá la inversión necesaria para la implementación del sistema de tratamiento, debido a que se desea que el proceso sea accesible para la mayoría de los productores. En el análisis de costos que se realizará, está basado en la hipótesis de operación de una finca con las características que se mencionan en la Tabla 34.

**Tabla 34.** Valores de consumo por ciclo de lavado

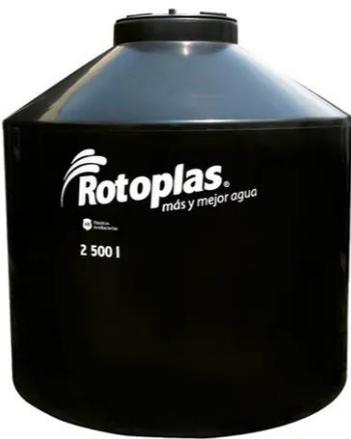
<b>Valores estándar de consumo empleados en un ciclo de lavado</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Cubiertas generadas	494	cubiertas/d
Masa de plástico	14.60	kg/d
Volumen de agua	875.00	l/d
Cantidad de sulfato de aluminio	39.40	g

Elaborado por: Cando e Inga, 2019

La inversión y costos de se presentan en las tablas 36 y 37, hacen referencia a los requisitos de costo mínimos para implementar un sistema de tratamiento para aguas grises. El sistema se llevará a cabo a presión atmosférica, empleando los siguientes equipos: en la primera etapa el proceso de coagulación – floculación y

en la segunda etapa el tratamiento por filtración lenta, en la Tabla 35 se indica los elementos requeridos para implementar el filtro de arena.

**Tabla 35.** Materiales requeridos para la implementación de un sistema de filtración lenta por arena

<b>Características del equipo empleado para fabricar un filtro de arena</b>	
<p><b>Filtro de arena</b></p> <p>El filtro necesario para el tratamiento se construirá de concreto y tendrá las siguientes dimensiones: 3 m de largo, 2 m de ancho y 1.53 m de alto, el tiempo en el que todo el volumen atraviese el lecho filtrante es de 2.1 h. La vida útil del filtro es de 10 años o más, se debe realizar un mantenimiento periódico cada tres meses.</p>	 <p>(Blacio &amp; Palacios, 2011)</p>
<p><b>Tanque de tratamiento</b></p> <p>Se considera el colocar contenedores de 2500 litros de capacidad de la marca "Rotoplas", con un diámetro y altura de 1.55 m y 1.60 m respectivamente, cuenta con una válvula check y otra esférica para realizar los procesos de llenado y vaciado, las paredes del tanque tienen un sistema de tricapa compuesto de polietileno de alta resistencia en su parte externa, una capa espumosa intermedia y en la parte interna una capa antibacteriana. El equipo tiene una vida útil de 45 años.</p>	 <p>(Plastigama, 2019)</p>
<p><b>Agitador vertical</b></p> <p>Se estima que la mejor opción es un agitador multi-velocidades, por lo que se recomienda el uso del modelo FAR-V perteneciente a la marca "Timsa", equipado con una hélice axial tripala T25 de acero inoxidable, con un intervalo de velocidad que va desde los 1 a 40 rpm, capaz de generar una velocidad periférica menor que 1.5 m/s. Cuenta con un motor trifásico de 2.2 kW de potencia y 50/60 Hz de frecuencia, lo que le permite trabajar con un volumen máximo de 4000 litros.</p>	 <p>(INOXPA, 2019)</p>

<p><b>Bomba de 1 HP</b></p> <p>La bomba es requerida para transportar el líquido desde el tanque de lavado al tanque de almacenamiento, se considera emplear una bomba de la marca “Gladiator”, trabaja con un voltaje de 110/220 V y genera hasta 60 PSI, está fabricado de acero inoxidable</p>	 <p>(INOXPA, 2019)</p>
<p><b>Accesorios</b></p> <p>Para conectar los elementos es necesario el uso de tubos y acoples.</p>	 <p>(Plastigama, 2019)</p>

Elaborado por: Cando e Inga

Para realizar el tratamiento, es necesario adquirir el equipo necesario para que el proceso se lleve a cabo, en la Tabla 36 se indica una lista con la maquinaria necesaria y el costo de adquisición de estos.

**Tabla 36.** Inversión del equipo necesario para implementar el sistema de tratamiento

<b>INVERSIÓN INICIAL</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (USD)</b>
Filtro de arena	1250 l/h	2	2421.25
Tanque de tratamiento	2500 litros	2	504
Agitador	-----	2	440
Bomba	1HP	2	314
Tubos y acoples	-----	-----	30
<b>Total</b>	-----	-----	<b>3709.25</b>

Elaborado por: Cando e Inga

En la Tabla 36 se puede apreciar que se adquiere dos unidades de cada equipo, se consideró la medida para no suspender el tratamiento en el caso que se requiera realizar mantenimiento o se genere algún daño inesperado en la maquinaria.

Una vez que se cuente con el equipo necesario, como punto siguiente se debe evaluar los gastos mensuales que se va a generar, en la Tabla 37 se detalla el valor de cada uno de los rubros que se consideró.

**Tabla 37.** Valores de implementación, operación, materiales e insumos.

<b>COSTOS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Detalle/capacidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (USD)</b>
Electricidad	0	----	103.2
Agua	l/mes	73500	0.008
Operador	Mensual	1	400
Mantenimiento de equipos	Semestral	1	
Sulfato de Aluminio	g/mensual	1102.92	0.53
<b>Total</b>	-----	-----	<b>503.74</b>

Elaborado por: Cando e Inga

En las Tabla 37, se reflejan los costos que serán afrontados por los propietarios de las fincas o de cualquier interesado en implementar un proceso de reciclaje , a pesar de que la inversión inicial para tratar el agua es considerable, es necesario que se considere que el tiempo de operación de sistema es alrededor de 15 años con cierto mantenimiento y cambios en el filtro como la renovación de la arena o el mantenimiento de la bomba semestralmente, los costos al pasar el tiempo irán disminuyendo y el aporte ambiental es considerable.

El proceso de lavado no requiere una supervisión exclusiva, por lo que el salario del operador puede retirarse de los gastos siempre y cuando un trabajador interno realice el proceso.

El presupuesto inicial para llevar a cabo el tratamiento es aproximadamente de \$4213, posteriormente el rubro mensual a cubrir es de \$ 504, tomando en cuenta lo mencionado a cerca de que no es necesario el emplear a un operador exclusivamente para llevar a cabo el tratamiento, la cuota mensual puede bajar a \$104.

El equipo empleado en el sistema de tratamiento tiene como mínimo un tiempo de operación de 10 años, posterior al cual se debe verificar los diferentes elementos. Sin embargo, al filtro se debe dar un mantenimiento preventivo cada 3 meses y a los equipos cada semestre.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- En base a los ensayos realizados a escala laboratorio, se determinó por su eficiencia de remoción y apariencia final del plástico el uso del limpiador Eurolatex que, en la fase de remojo obtuvo un valor de turbidez de 150 NTU y en la fase de lavado de 400 NTU, a diferencia de los otros detergentes con los que se trabajó, con los que se obtuvo los valores de 100 NTU y 300 NTU respectivamente en cada etapa. Además, la apariencia de los films eran más oscuras que las expuestas al Eurolatex.
- Tras variar la concentración del detergente e identificar el estado de las bolsas plásticas y los valores de turbidez alcanzados, se determinó emplear la cantidad de 3 ml de detergente por cada litro de agua. Además, se estableció en los ensayos a escala piloto que la carga de plástico a tratar debe ser de 1kg por cada 60 litros de agua.
- La etapa de prelavado es esencial, debido a que remueve la mayor cantidad de impurezas del plástico y evita el exceso de espuma .
- Evaluadas las características a escala piloto, se puede verificar que las variables de DQO y los sólidos totales de los parámetros físico – químicos del efluente final obtenidos no cumplen con la norma de descarga permitida en el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, motivo por el cual, es necesario implementar una fase de tratamiento.
- El análisis de pesticidas realizado por la empresa GRUNTEC, demostró que la concentración en el agua de estos compuestos químicos no representa ningún problema, los valores más altos que se obtuvieron se refieren a un organofosforado (chlorpyrifos) y un organoclorado (chlorothalonil), mismo que se encuentra bajo los límites de la norma japonesa y estadounidense aplicada a alimentos. El análisis indica que no

se identifica riesgo alguno a la descarga del efluente sin un tratamiento previo que disminuya la concentración de estos elementos.

- Se consideraron dos posibles tratamientos con el objetivo de disminuir los valores de DQO y de los sólidos suspendidos totales. Debido a que no todas las fincas cuentan con el servicio de alcantarillado, fue necesario establecer alternativas para aquellos que pueden realizar sus descargas en el sistema de alcantarillado y aquellas fincas que vierten sus descargas directamente en un cuerpo de agua. Fue así que, cada tratamiento evaluado por separado, determinó que es suficiente el tratamiento por coagulación-floculación para aquellas plantaciones que cuentan con un sistema de alcantarillado. En cambio, no es suficiente el emplear cada tratamiento independientemente si se considera que el efluente se libera a un cuerpo de agua directamente, por lo que se consideró necesario el realizar un proceso combinado entre la técnica de coagulación – floculación, seguido de un tratamiento por filtración lenta, con el fin de obtener una descarga que cumpla con los límites permisibles de descarga sobre cuerpos de agua. Los tratamientos que se seleccionaron, están basados principalmente en las perspectivas de logística, recursos técnicos y estado económico a los que tienen accesibilidad los pequeños y grandes productores bananeros.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios que se realicen con referencia al presente trabajo, se debería considerar el evaluar el número de cargas que puede soportar el volumen de agua en el proceso de prelavado, lavado y enjuague, antes de ser renovado el líquido.
- Se recomienda realizar la etapa de reprocesamiento de los plásticos obtenidos en las diferentes etapas de lavado recomendado en el presente trabajo, con la finalidad de evaluar las características del material final y el efecto que causa el plástico en el extrusor.
- En el presente trabajo se realizó la reducción de tamaño de forma manual, sin embargo, se recomienda el emplear un molino de cuchillas para la reducción de tamaño.
- Se recomienda realizar la disminución de tamaño del plástico luego de la etapa de prelavado, con el objetivo de retirar cualquier tipo de material que pueda generar daños al equipo de corte.
- Se recomienda la evaluación de algún tipo de exfoliante en el proceso de lavado, que permita disminuir la concentración del detergente empleado manteniendo la eficiencia del producto final y que sea de fácil recuperación.

## BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo Ministerial N°142. Ministerio del Ambiente, Ecuador, 21 de diciembre del 2012.

Aguilar, D. (2019). *Reciclaje Mecánico de la Cobertura Plástica del Racimo de las Bananas (Musa Paradisiaca)*. Quito.

Altmajer, D. (2004). *Formulaciones Detergentes Biodegradables: Ensayo de Lavado*. Granada.

Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua "Coagulación y Floculación". *SEDAPAL, Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico*.

Arandes, J. M., Bilbao, J., & López, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Universidad del País Vasco*, vol. 5, p 18.

Arial, B. (2018). *Evaluación de la concentración óptima de detergentes y desinfectante industrial, en el proceso de lavado y desinfección de envases de policarbonato para el embotellamiento de agua de consumo humano*. Lima.

Armendáriz, S., Porta, M., Foster, R., Koutsoukos, P., Bautista, R & Alonso, G. (2003). Com- portamiento isotérmico de la precipitación salina en un destilador solar experimental. *Sociedad Química de México*, 47(3), 287 – 288.

Aznárez, C., Aznarez, R., Claver, I., Díaz, A., Ferreira, R., Gutierrez, R., . . . Martínez, M. (2015). BIOTECNOLOGÍA EN DETERGENTES. *Enzimas*. Gibraltar, Algeciras, España.

Banaplast. (2019). Fichas de productos, Ecuador.: Banaplast S.A.. Reuperado: <http://www.banaplast.com/productos.html>.

Barajas, C., & López, A. (2016). *DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 18H<sub>2</sub>O) EN EL PROCESO DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA*

*POTABLE POR MEDIO DEL USO DE UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL.*  
Bogotá.

BCE. (2018). Banano. *REPORTE DE COYUNTURA SECTOR AGROPECUARIO* No. 91(No. 91), 12-16.

BCE. (2019). *REPORTE DE COYUNTURA SECTOR AGROPECUARIO*. Banco Central del Ecuador, Quito. Recuperado el 16 de 10 de 2019

Betancur, J., Aguirre, R., & Henao, G. (2010). *ACTITUD DE LOS CONSUMIDORES DE PEREIRA Y DOS QUEBRADAS HACIA LAS MARCAS PROPIAS EN LA CATEGORÍA DETERGENTES EN LOS SUPERMERCADOS*. Manizales, Colombia.

Biesiot, P., & Capuzzo, J. (1990). *Changes in digestive enzyme activities during early development of the American lobster Homarus americanus Milne Edwards*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.

Blacio, D., & Palacios, J. (2011). *FILTOS BIOLÓGICOS PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA, POSIBILDADES DE USO DE FLA (FILTROS LENTOS DE ARENA) CON AGUA SUPERFICIAL DE NUESTRA REGION*. (Trabajo de Titulación). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Borges, A., & Da Silva, L. (2004). *O CULTIVO DA BANANEIRA*. Cruz das Almas, Brazil: Embrapa.

Brady, L., Brzozowsky, A., Derewnda, Z., Dodson, E., Dodson, G., Tolley, S., . . . Menge, U. (1990). *A sirine protease triad forms the catalytic centre of a triacy*. *Nature*.

Buitrón, G., Sánchez, C., & Carrera, J. (2016). *Manual de tecnologías biológicas aerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales*. RED TRITÓN .

Cabrera, X., Fleites, M., & Contreras, A. (septiembre - diciembre de 2009). Estudio del proceso de coagulación - floculación de aguas residuales de la empresa textil

"DESEMBARCO DEL GRANMA" a escala de laboratorio. *Tecnología Química*, 19(3), 64-73.

Camp. (2005). *Sedimentation and the desing of the settling tanks*. Paper 2285: Journal ASCE.

Cano, M. (15 de enero de 2019). *Detergentes ecológicos: la alternativa natural*. Obtenido de Detergentes ecológicos: la alternativa natural: [https://www.cuerpomente.com/ecologia/medio-ambiente/mejores-detergentes-ecologicos\\_2754](https://www.cuerpomente.com/ecologia/medio-ambiente/mejores-detergentes-ecologicos_2754)

Carranza, N. (2010). Diseño del proceso de lavado de residuo plásticos provenientes de invernadero (Trabajo de Titulación). EPN, Quito, Ecuador.

Cayon, D., Morales, H., & Giraldo, G. (2003). *Efecto del color de las bolsas de polietileno sobre el desarrollo de los frutos y la concentración de carbohidratos en el clon del plátano Dominico-Hartón (Musa AAB SIMMONDS)*. 10(1), 9–17.

Chibinda, C., Arada, P & Pompa, P. (2017). Caracterización por métodos físicos – químicos y evaluación del impacto cuantitativo de las aguas del Pozo la Calera. *Revista cubana de química*, 29(2), 303-321.

COA., Código Orgánico de Ambiente. Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador, 21 de Agosto del 2018.

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito.

Derewenda, U., Swenson, L., Green, R., Wei, Y., Yamaguchi, S., Joerger, R., . . . Derewenda, Z. (1994). *Current progress in crystallographic studies of new lipases from filamentous fungi*. Edmonton.

Digesa. (s.f). PARÁMETROS ORGANOLÉOTICOS. *Digesa*. Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf).

Escobar, J. C. (2019). *Separación de Aguas Grises*. 5.

Espigares García, M., & Pérez López, J. (2003). *AGUAS RESIDUALES COMPOSICIÓN*. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua.

Espín, G. (2007). Plásticos y contaminación ambiental. *Academia de Ciencias de Morelos*. 1(1), 30.

FAO. (2018). Developments in banana trade - results for 2018. *BANANA MARKET REVIEW*, 4-5.

FAO. (2018). Stastiscal. *BANANA STATISTICAL COMPENDIUM*.

Fersht, A. (1980). *Enzyme Structure and Mechanism*. Barcelona: REVERTÉ, S. A.

Gar, M., Tawfit, A., & Ookawara, S. (2015). Comparison of solar TiO<sub>2</sub> photocatalysis and solar foton – Fenton for tratament of pesticides industry wastewater: Operational conditions of kinetics, and costs. *Journal of wáter Process Engineering* 8(4), 65-63.

Garcia, J., & Montoya, L. (2017). *EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE ENZIMAS PROTEASAS EN UN DETERGENTE LÍQUIDO PARA LA REMOCIÓN DE MANCHAS DE SANGRE, APLICANDO LA METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PRODUCTOS QUÍMICOS*. Bogotá.

INEN 2169. (2013). INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169. *AGUA. CALIDAD DEL AGUA MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. Quito, Ecuador.

INEN 2588. (2012). INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2588. *DISPOSITION OF PLASTICS IN DISUSE COMING FROM THE AGRICULTURE SECTOR. REQUIREMENTS*. Quito, Ecuador.

INOXPA. (2019). Fichas de productos, Ecuador.: Inoxpa . Reuperado: <https://www.inoxpa.es>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *NTE INEN 2588:2012*. Quito.

Jaeger, K., Dijkstra, B., & Reet, M. (1999). *BACTERIAL BIOCATALYSTS: Molecular Biology, Three-Dimensional Structure, and Biotechnological Applications of Lipases*. Binnenstad.

Leal Ascencio, M. T. L. (2007). Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones (Trabajo de Titulación). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

Leite, M. (2007). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DEL SULFONATO DE AQUILBENCENO LINEAL (LAS) EN UNA PARCELA AGRÍCOLA DE LA VAGA DE GRANDA*. Granda.

Lina, V., & Suarez, T. (2010). *DETRMINACIÓN DEL PERFIL DEL CLIENTE DE LA ECO BOLA EN LA CIUDAD DE BOGOTA*. Bogota.

Marín, R. (2007). *CARACTERIZACIÓN Y EXPRESIÓN RECOMBINANTE DE UNA CELULASA DE ORIGEN ANTÁRTICO*. Santiago de Chile.

Martínez, R. (2012). *LIPASAS DIGESTIVA E INTRACELULAR DE *Penaeus vannamei*. ESPECIFICIDAD Y ACTIVIDAD EN PRESENCIA DE SURFACTANTES*. La Paz Baja California Sur.

Mendoza, M. (24 de octubre del 2018). *EXPORTACIONES DE BANANO CRECIERO 5% EN NUEVE MESES*. El Comercio: Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/exportaciones-banano-crecimiento-ventas-ecuador.html>.

Montenegro, E. (2015). *ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA FABRICA PRODUCTORA DE PAPEL*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Morales, T., & Sánchez, Y. (2018). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas para el estero de Sabanilla para la reutilización en actividades agrícolas*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral .

Muñoz, M & Aldás, M. (2017). *SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES*. Quito, Ecuador: EPN editorial.

Pérez, F., & Urrea, M. (2011). *Abastecimiento de aguas " Desbaste y tamizado"*. Cartagena, Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena .

Pérez, G. (2015). *Tratamiento de aguas residuales de la industria textil mediante procesos electroquímicos*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

PLASTIGAMA, W. (2019). Fichas de productos, Ecuador.: Plastigama Wavin. Reuperado: <https://plastigamawavin.com/>

Porro, Á., Atela, I., Peiron, M., & Suriñach, R. (2013). Detergentes. *Opciones*(43), 15-16.

Protekplas. (2019). *Plástico HDPE o LDPE*.

R COA, Reglamento del Código Orgánico del Ambiente. Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador, 12 de junio del 2019.

Regla, I., Vázquez, E., Humberto, D., Cuervo, A., & Neri, A. (1 de mayo de 2014). LA QUÍMICA DEL JABÓN Y ALGUNAS APLICACIONES. *UNAM*, 15(5), 10.

Righini, R., & Grossi, H. (2005). *Análisis de la correlación entre la radiación fotosintéticamente activa y la radiación solar global en San Miguel, Provincia de Buenos Aires*. 9(1), 4.

Rivera, R. (2004). Propuesta de reciclaje mecánico de plásticos en la ciudad de Piura (Trabajo de Titulación). Universidad de Piura, Perú.

Rodriguez, A., Letón, P., & Rosal, R. (2006). *Tratamientos avanzados de aguas residuales*. España: Informe de vigilancia tecnológica.

Rossi, D. (2013). *LOS AGROQUÍMICOS UTILIZADOS EN LAS PLANTACIONES BANANERAS Y SUS EFECTOS EN EL AGUA, LA GENTE, Y EL AMBIENTE EN LA COMUNIDAD DE CHANQUINOLA, BOCAS DEL TORO, PANAMÁ*. Lehigh University. Panamá.

Sáez, I. A. (2008). *Formación de contaminantes y estudio cinético en la pirólisis y combustión de plásticos (PE, PVC y PCP) (Trabajo Doctoral)*. Univesidad de Alicante, Alicante, España.

Salas, O. (2012). *BOLSAS DE BANANO SON RECICLADAS EN PRODUCCIÓN DE ASFA- LTO*. Costa Rica: *SEMINARIOUNIVERSIDAD*. Recuperado de <https://semanariouniversidad.com/suplementos/crisol/bolsas-de-banano-son-recicladadas-en-produccin-de-asfalto/>.

Saldarriaga, J., Hoyos, D., & Correa, M. (Julio de 2011). Evaluación de procesos biológicos unitarios en la remoción simultánea de nutrientes para minimizar la eutrofización. *EIA(15)*, 129-140.

Secretaría del Agua. (2014). *Normas para estudio y diseño de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Recuperado de [https://www.agua.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/04/norma\\_urbana\\_para\\_estudios\\_y\\_disenos.pdf](https://www.agua.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf).

Segura, I., Hurtado, R., & Vázquez, S. (2016). *Remoción de E-coli y turbiedad en filtros empacados de zeolita (Trabajo de Titulación)*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

STERIS. (2007). *DETERGENTE ENZIMÁTICO DE PRELAVADO Y LIMPIEZA PROLYST- ICA*. EEUU: *STERIS*. Recuperado de [www. Steris.com](http://www.Steris.com).

Tejero, I., Suárez, J., Jácome, A., & Temprano, J. (2015). *FILTRACIÓN*. España.

Toalongo, E. (2012). *Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la*

*parroquia El Valle-Cantón Cuenca* (Trabajo de Titulación). Universidad de Cuenca.

Torres, S., Quezada, P., Carrillo, F., Verástegui, J., Murguía, C., & Borreno, M. (2012). *Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira*. Piura, Perú: Hidalga Impresores E.I.R.L.

TULSMA. (2015). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA*. Quito.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

ENSAYOS DE LAVADO A ESCALA LABORATORIO, EMPLEANDO: LA CONFIGURACIÓN "A", DIFERENTES DETERGENTES Y EL PLÁSTICOS ASOCIADOS AL CASO 1

**Tabla 1: Prelavado**

<b>TIEMPO DE PRELAVADO - CASO REGULAR</b>			
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Ensayo 3</b>
0	2.86	2.85	2.85
5	70.40	73.40	75
10	110	108	129
15	115	133	139
20	129	141	152
25	140	157	181
30	143	166	183
35	152	170	189
40	152	172	192
45	154	182	190
50	158	189	192
55	160	189	195
60	168	194	198

**Tabla 2: Remojo****Eurolatex**

<b>TIEMPO DE REMOJO - I</b>						
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	13.10	12.80	12.20	11.90	23.80	22.90
1	16.80	15.00	18.30	22.10	44.70	40.20
2	19.90	17.00	28.00	29.90	62.70	53.70
3	23.30	21.20	36.90	38.50	67.60	59.10
4	27.80	25.20	43.60	53.70	83.40	74.90
5	27.90	25.50	44.70	52.70	84.20	76.30
6	32.80	25.80	52.10	55.60	94.30	79.60
7	36.70	29.60	58.60	61.00	106.90	92.80
8	36.90	27.50	65.40	59.50	115.90	97.80
24	39.30	28.80	70.40	66.70	111.90	103.80
<b>TIEMPO DE REMOJO - II</b>						
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2

0	11.80	10.90	13.60	3.80	13.20	6.90
1	15.80	13.00	16.80	9.20	31.40	19.40
2	21.00	18.00	27.10	28.20	52.40	25.40
3	22.70	21.80	37.00	33.70	62.50	55.10
4	25.10	25.90	42.80	53.10	72.80	65.70
5	26.70	26.70	47.70	58.80	82.00	74.30
6	30.80	24.00	54.10	68.80	99.90	80.40
7	35.40	32.50	57.10	80.00	103.90	82.30
8	33.00	26.60	61.70	85.90	103.90	90.80
24	36.00	27.80	69.00	90.10	106.90	95.80
<b>TIEMPO DE REMOJO - MEDIA</b>						
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	12.50	11.90	12.90	7.90	18.50	14.90
1	16.30	14.00	17.50	15.70	38.10	29.80
2	20.50	17.50	27.50	29.10	57.60	39.60
3	23.00	21.50	36.90	36.10	65.10	57.10
4	26.50	25.60	43.20	53.40	78.10	70.30
5	27.30	26.10	46.20	55.80	83.10	75.30
6	31.80	24.90	53.10	62.20	97.10	80.00
7	36.10	31.10	57.80	70.50	105.40	87.60
8	35.00	27.10	63.50	72.70	109.90	94.30
24	37.70	28.30	69.70	78.40	109.40	99.80

### Eurotex

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROTEx</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	11.30	15.60	13.60	11.40	10.00	13.20
1	14.60	22.80	17.60	20.20	17.00	21.90
2	14.90	22.90	17.60	22.40	16.10	23.80
3	18.50	26.30	21.10	20.90	17.10	24.10
4	23.50	33.40	25.20	26.50	20.40	32.50
5	22.60	32.00	25.00	27.30	20.60	34.60
6	24.30	35.00	28.20	31.80	25.90	38.80
7	27.70	38.50	32.40	36.40	30.90	42.30
8	28.70	37.70	28.00	28.90	27.20	41.30
24	31.10	40.70	32.00	36.10	37.50	44.70
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROTEx</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2

0	8.63	11.50	10.20	4.18	3.80	0.90
1	11.40	16.50	13.90	15.80	11.20	12.00
2	16.50	19.20	15.80	20.60	12.90	18.60
3	20.70	24.30	16.10	26.10	20.90	19.90
4	24.20	28.20	18.20	30.20	22.00	27.40
5	24.70	31.00	22.70	33.70	25.40	27.80
6	29.30	32.10	28.40	33.00	30.70	32.60
7	29.30	36.50	28.80	34.80	31.80	38.40
8	31.60	35.00	31.60	40.20	36.20	43.10
24	32.20	38.20	31.80	40.60	37.20	46.40
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROTEx</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	10.00	13.60	11.90	7.80	6.90	7.10
1	13.00	19.70	15.80	18.00	14.10	17.00
2	15.70	21.10	16.70	21.50	14.50	21.20
3	19.60	25.30	18.60	23.50	19.00	22.00
4	23.90	30.80	21.70	28.40	21.20	30.00
5	23.70	31.50	23.90	30.50	23.00	31.20
6	26.80	33.60	28.30	32.40	28.30	35.70
7	28.50	37.50	30.60	35.60	31.40	40.40
8	30.20	36.40	29.80	34.60	31.70	42.20
24	31.70	39.50	31.90	38.40	37.40	45.60

### Banarox

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	5.40	7.70	9.90	9.50	9.10	9.40
1	8.60	11.00	14.90	17.00	13.70	9.50
2	10.90	13.00	17.40	20.60	15.00	14.00
3	12.50	14.90	19.30	22.80	16.40	15.30
4	12.90	15.50	19.10	22.50	17.90	15.40
5	13.20	18.80	22.30	26.20	21.50	15.90
6	15.40	19.60	23.80	26.20	23.20	18.00
7	19.40	22.60	24.50	28.60	24.60	19.60
8	19.90	20.90	29.00	26.20	26.90	22.90
24	21.90	22.70	27.80	28.80	25.70	36.50
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	2.90	3.60	6.60	8.10	8.30	9.00

1	9.20	13.40	11.60	15.30	10.20	10.70
2	14.30	15.70	13.90	17.40	17.30	13.90
3	16.30	18.30	20.60	19.50	20.30	15.60
4	15.10	19.50	24.10	18.50	24.90	15.10
5	16.60	21.00	26.20	21.80	23.00	15.90
6	18.80	21.30	27.60	23.40	25.70	17.20
7	19.30	23.30	28.90	24.10	26.40	18.40
8	21.20	24.20	29.20	24.90	26.80	19.60
24	20.80	24.50	31.60	26.40	27.70	21.40
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	4.20	5.70	8.20	8.80	8.70	9.20
1	8.90	12.20	13.30	16.10	11.90	10.10
2	12.60	14.30	15.70	19.00	16.10	14.00
3	14.40	16.60	20.00	21.10	18.30	15.50
4	14.00	17.50	21.60	20.50	21.40	15.30
5	14.90	19.90	24.30	24.00	22.20	15.90
6	17.10	20.40	25.70	24.80	24.40	17.60
7	19.40	22.90	26.70	26.30	25.50	19.00
8	20.60	22.50	29.10	25.50	26.80	21.30
24	21.40	23.60	29.70	27.60	26.70	29.00

### Sapolio

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	2.50	5.30	4.90	6.70	8.50	4.60
1	5.60	11.30	10.50	12.80	11.90	14.80
2	7.20	14.10	13.50	14.20	13.80	16.40
3	7.30	15.20	13.60	16.40	14.00	16.50
4	9.90	14.80	16.00	17.50	14.10	17.30
5	12.20	21.00	20.30	25.50	18.30	23.50
6	16.50	22.30	20.50	25.10	21.80	24.40
7	17.30	23.10	24.70	25.20	24.20	28.60
8	19.90	31.50	26.40	26.30	28.70	33.60
24	22.00	27.00	25.70	25.90	29.50	36.90
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	1.50	2.10	4.10	3.00	2.80	3.70
1	5.70	13.10	9.40	12.50	13.60	12.00

2	10.50	15.40	12.40	9.00	14.50	15.00
3	13.50	19.00	13.30	17.40	15.00	14.90
4	16.60	23.10	18.10	19.30	17.80	18.00
5	17.50	25.00	19.40	24.40	23.70	24.00
6	18.90	25.90	22.20	24.90	20.60	25.80
7	18.40	27.20	24.40	26.80	26.80	29.50
8	19.50	28.70	23.70	27.30	30.60	32.70
24	20.20	29.00	25.50	28.00	32.50	34.60
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	2.00	3.70	4.50	4.80	5.60	4.20
1	5.70	12.20	9.90	12.70	12.70	13.40
2	8.90	14.80	12.90	11.60	14.10	15.70
3	10.40	17.10	13.40	16.90	14.50	15.70
4	13.30	19.00	17.00	18.40	15.90	17.70
5	14.90	23.00	19.80	25.00	21.00	23.80
6	17.70	24.10	21.30	25.00	21.20	25.10
7	17.90	25.20	24.50	26.00	25.50	29.10
8	19.70	30.10	25.00	26.80	29.60	33.20
24	21.10	28.00	25.60	27.00	31.00	35.80

### Digestoras

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - DIGESTORAS</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	12.30	12.60	9.90	12.50	11.90	18.70
1	18.10	11.20	13.20	11.30	8.70	8.60
2	17.80	13.50	9.00	11.50	12.40	11.30
3	20.10	14.60	9.40	15.40	12.80	13.10
4	20.40	15.50	11.50	18.90	17.20	12.60
5	24.20	23.80	12.50	18.60	20.10	19.00
6	26.20	20.90	13.20	19.50	19.40	16.50
7	27.00	25.90	14.30	23.60	21.40	19.20
8	29.10	24.00	14.80	24.90	26.00	19.10
24	29.30	26.30	17.30	28.10	31.10	29.00
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - DIGESTORAS</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	14.80	9.60	10.80	9.80	10.20	13.90
1	16.90	12.40	11.40	11.20	12.10	10.70
2	18.40	14.30	11.80	12.30	15.10	15.50

3	20.60	16.50	12.30	14.50	13.90	16.00
4	21.20	14.30	12.70	17.40	18.40	16.50
5	22.70	23.30	13.10	21.30	18.10	17.10
6	24.60	24.50	13.30	24.50	22.30	17.80
7	25.70	26.40	14.40	27.30	23.30	19.20
8	28.20	26.70	16.60	27.20	22.60	19.70
24	30.50	27.50	16.90	29.00	24.30	21.50
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - DIGESTORAS</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	13.50	11.10	10.30	11.20	11.10	16.30
1	17.50	11.80	12.30	11.30	10.40	9.60
2	18.10	13.90	10.40	11.90	13.80	13.40
3	20.30	15.60	10.80	15.00	13.40	14.50
4	20.80	14.90	12.10	18.20	17.80	14.50
5	23.40	23.60	12.80	20.00	19.10	18.00
6	25.40	22.70	13.20	22.00	20.90	17.10
7	26.30	26.20	14.30	25.50	22.40	19.20
8	28.60	25.40	15.70	26.10	24.30	19.40
24	29.90	26.90	17.10	28.60	27.70	25.20

### Texapón

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - TEXAPÓN</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	4.60	4.90	5.80	6.60	6.80	7.50
1	16.30	14.40	11.50	13.40	10.90	9.90
2	19.90	17.70	16.60	15.70	15.30	11.20
3	21.40	18.60	17.20	14.80	17.60	13.00
4	26.50	16.70	21.30	15.70	19.80	13.50
5	24.30	20.10	23.10	17.50	22.00	17.10
6	28.30	23.50	25.90	18.40	23.40	17.90
7	31.00	25.80	29.60	21.10	26.30	19.00
8	31.90	25.80	35.30	23.70	30.30	20.50
24	34.40	35.90	32.90	22.70	31.80	24.00
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - TEXAPÓN</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	3.80	3.30	6.00	4.20	6.60	5.60
1	15.40	19.20	14.60	15.30	14.40	10.40
2	19.60	22.10	18.70	16.00	17.30	14.00
3	23.50	23.20	21.80	16.50	19.50	14.60

4	27.50	21.30	26.80	16.90	21.60	17.10
5	29.00	26.10	28.60	17.50	23.00	16.40
6	30.00	25.40	30.70	19.70	26.60	17.80
7	30.40	28.10	32.30	20.10	28.40	18.50
8	31.10	31.40	34.30	20.70	29.70	22.50
24	33.00	32.90	35.50	21.20	32.40	27.10
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - TEXAPÓN</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	4.20	4.10	5.90	5.40	6.70	6.60
1	15.80	16.80	13.00	14.30	12.70	10.20
2	19.70	19.90	17.60	15.80	16.30	12.60
3	22.40	20.90	19.50	15.60	18.60	13.80
4	27.00	19.00	24.00	16.30	20.70	15.30
5	26.60	23.10	25.80	17.50	22.50	16.80
6	29.10	24.50	28.30	19.00	25.00	17.90
7	30.70	27.00	30.90	20.60	27.40	18.80
8	31.50	28.60	34.80	22.20	30.00	21.50
24	33.70	34.40	34.20	21.90	32.10	25.60

**Tabla 3: Lavado****Eurolatex**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	39.30	28.80	70.40	66.70	111.90	103.80
10	44.30	49.01	92.77	105.60	147.90	155.80
20	54.33	44.51	99.47	112.60	147.90	155.80
30	54.23	42.61	115.47	109.60	154.90	170.80
40	57.43	45.01	118.47	112.60	159.90	171.80
50	58.73	50.31	120.47	124.60	173.90	178.80
60	60.43	50.81	121.47	133.60	172.90	179.80
70	62.83	61.51	125.47	132.60	184.90	183.80
80	66.73	46.61	131.47	139.60	186.90	187.80
90	73.53	67.21	134.47	140.60	188.90	195.80
100	72.13	66.51	144.47	153.60	200.90	204.80
110	74.43	76.71	146.47	136.60	190.90	208.80
120	74.13	78.41	146.47	147.60	197.90	204.80
130	73.23	77.41	145.47	145.60	196.90	202.80

140	80.13	77.71	143.47	149.60	197.90	205.80
150	79.03	77.51	146.47	144.60	202.90	213.80
160	80.93	72.41	147.47	153.60	199.90	222.80
170	87.73	75.11	153.47	155.60	202.90	222.80
180	84.73	76.21	153.47	155.60	201.90	222.80
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	36.00	27.80	69.00	90.10	106.90	95.80
10	40.13	36.51	91.97	92.30	109.90	109.80
20	49.33	39.51	95.37	94.60	114.90	123.80
30	50.43	44.61	100.47	98.60	117.90	143.80
40	54.83	44.21	113.47	102.60	126.90	151.80
50	58.43	48.01	116.47	108.60	147.90	170.80
60	56.93	50.61	119.47	120.60	160.90	179.80
70	62.03	58.01	128.47	118.60	169.90	182.80
80	67.83	61.51	129.47	122.60	176.90	185.80
90	70.73	64.81	140.47	124.60	184.90	189.80
100	74.83	68.51	146.47	127.60	190.90	199.80
110	76.73	69.61	149.47	126.60	192.90	201.80
120	76.03	74.81	144.47	130.60	192.90	204.80
130	79.63	78.31	148.47	133.60	198.90	218.80
140	80.13	79.51	150.47	138.60	202.90	219.80
150	82.73	79.91	148.47	142.60	201.90	225.80
160	85.63	82.31	152.47	149.60	206.90	223.80
170	84.53	84.81	153.47	152.60	207.90	227.80
180	86.23	88.61	153.47	152.60	206.90	229.80
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	37.70	28.30	69.70	78.40	109.40	99.80
10	42.20	42.80	92.40	99.00	128.90	132.80
20	51.80	42.00	97.40	103.60	131.40	139.80
30	52.30	43.60	108.00	104.10	136.40	157.30
40	56.10	44.60	116.00	107.60	143.40	161.80
50	58.60	49.20	118.50	116.60	160.90	174.80
60	58.70	50.70	120.50	127.10	166.90	179.80
70	62.40	59.80	127.00	125.60	177.40	183.30
80	67.30	54.10	130.50	131.10	181.90	186.80
90	72.10	66.00	137.50	132.60	186.90	192.80
100	73.50	67.50	145.50	140.60	195.90	202.30
110	75.60	73.20	148.00	131.60	191.90	205.30
120	75.10	76.60	145.50	139.10	195.40	204.80
130	76.40	77.90	147.00	139.60	197.90	210.80

140	80.10	78.60	147.00	144.10	200.40	212.80
150	80.90	78.70	147.50	143.60	202.40	219.80
160	83.30	77.40	150.00	151.60	203.40	223.30
170	86.10	80.00	153.50	154.10	205.40	225.30
180	85.50	82.40	153.50	154.10	204.40	226.30

### Eurotex

Tiempo (min)	DETERGENTE - EUROTEx					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	31.10	40.70	32.00	36.10	37.50	44.70
10	36.60	51.80	35.40	55.30	40.30	49.20
20	47.50	60.30	31.20	60.60	47.30	59.80
30	47.40	62.30	40.70	62.70	48.40	63.20
40	57.60	65.70	47.40	74.40	56.60	75.70
50	57.50	73.20	46.60	71.10	58.20	75.70
60	62.20	77.30	55.00	78.40	65.10	75.80
70	66.20	75.40	58.10	86.70	64.90	69.00
80	68.00	77.80	67.80	82.70	64.80	77.10
90	69.40	82.30	62.70	83.60	66.50	81.20
100	72.30	83.90	64.20	82.60	69.40	85.80
110	72.30	86.10	66.90	86.90	69.70	84.60
120	72.00	89.10	67.60	90.00	71.70	82.90
130	71.00	92.20	69.10	88.20	72.40	85.80
140	72.50	90.60	67.30	88.90	73.50	88.10
150	80.10	97.00	72.10	93.70	73.90	88.20
160	78.90	96.70	73.30	94.30	73.20	90.50
170	84.80	94.20	70.90	94.50	75.60	89.00
180	76.90	92.30	69.90	92.10	72.40	89.50
Tiempo (min)	DETERGENTE - EUROTEx					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	32.20	38.20	31.80	40.60	37.20	46.40
10	34.30	38.70	29.90	43.10	40.40	52.70
20	38.90	45.40	36.50	48.20	42.50	57.70
30	44.70	49.90	39.00	58.00	45.60	61.00
40	47.60	56.10	45.00	70.20	56.40	67.10
50	52.70	58.70	51.10	73.20	59.40	71.60
60	58.20	59.80	53.90	76.20	60.20	75.90
70	65.40	68.40	57.80	82.80	62.60	79.00
80	69.30	71.20	52.10	74.10	62.90	79.50

90	68.60	78.20	61.00	85.00	64.70	82.90
100	70.60	82.30	62.70	87.10	67.70	84.80
110	71.00	80.50	67.00	87.50	70.40	85.70
120	72.60	85.40	66.00	84.20	73.70	86.60
130	69.70	90.10	69.90	87.70	74.20	87.30
140	73.70	90.40	70.30	88.10	72.70	88.10
150	78.60	96.50	70.60	88.10	74.90	88.70
160	81.20	96.80	71.70	91.00	73.80	89.00
170	81.60	100.90	71.40	91.60	76.70	90.50
180	84.20	104.90	72.20	91.80	77.30	90.50
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - EUROTEx</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	31.70	39.50	31.90	38.40	37.40	45.60
10	35.50	45.30	32.70	49.20	40.40	51.00
20	43.20	52.90	33.90	54.40	44.90	58.80
30	46.10	56.10	39.90	60.40	47.00	62.10
40	52.60	60.90	46.20	72.30	56.50	71.40
50	55.10	66.00	48.90	72.20	58.80	73.70
60	60.20	68.60	54.50	77.30	62.70	75.90
70	65.80	71.90	58.00	84.80	63.80	74.00
80	68.70	74.50	60.00	78.40	63.90	78.30
90	69.00	80.30	61.90	84.30	65.60	82.10
100	71.50	83.10	63.50	84.90	68.60	85.30
110	71.70	83.30	67.00	87.20	70.10	85.20
120	72.30	87.30	66.80	87.10	72.70	84.80
130	70.40	91.20	69.50	88.00	73.30	86.60
140	73.10	90.50	68.80	88.50	73.10	88.10
150	79.40	96.80	71.40	90.90	74.40	88.50
160	80.10	96.80	72.50	92.70	73.50	89.80
170	83.20	97.60	71.20	93.10	76.20	89.80
180	80.60	98.60	71.10	92.00	74.90	90.00

### Banarox

<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	21.93	22.65	27.80	28.77	25.68	36.52

10	36.83	38.95	40.70	42.37	42.58	37.62
20	37.43	48.65	48.10	51.57	48.48	41.02
30	40.83	53.25	53.20	57.77	55.28	42.02
40	43.03	56.15	57.60	59.27	59.58	45.02
50	47.43	59.15	61.10	63.77	62.88	46.92
60	48.43	62.35	63.20	60.07	63.78	49.72
70	53.63	64.85	72.10	63.67	61.68	50.22
80	54.43	69.45	70.70	73.17	65.98	52.92
90	58.33	70.05	73.00	70.77	69.28	57.62
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	20.83	24.45	31.60	26.37	27.68	21.42
10	34.83	28.75	33.70	27.37	34.88	34.72
20	36.13	40.65	39.20	30.37	44.18	37.02
30	39.23	44.85	51.70	37.57	49.38	39.12
40	41.33	51.75	62.90	41.37	55.78	42.72
50	47.33	60.95	71.70	52.97	58.88	47.02
60	51.53	67.55	79.40	60.27	64.58	53.12
70	56.33	71.35	79.10	71.37	68.18	57.72
80	58.93	71.25	80.40	69.97	70.28	56.62
90	60.83	73.65	82.30	71.37	74.08	61.02
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	21.40	23.60	29.70	27.60	26.70	29.00
10	35.80	33.90	37.20	34.90	38.70	36.20
20	36.80	44.70	43.70	41.00	46.30	39.00
30	40.00	49.10	52.50	47.70	52.30	40.60
40	42.20	54.00	60.30	50.30	57.70	43.90
50	47.40	60.10	66.40	58.40	60.90	47.00
60	50.00	65.00	71.30	60.20	64.20	51.40
70	55.00	68.10	75.60	67.50	64.90	54.00
80	56.70	70.40	75.60	71.60	68.10	54.80
90	59.60	71.90	77.70	71.10	71.70	59.30

### Sapolio

<b>Tiempo</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>
---------------	-----------------------------

(min)	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	22.02	27.03	25.66	25.91	29.46	36.92
10	29.72	53.33	54.46	45.11	47.56	59.02
20	41.72	55.53	53.36	57.41	54.46	63.62
30	43.22	59.63	63.36	61.01	60.46	59.22
40	47.52	63.83	62.96	66.81	57.46	65.22
50	45.42	68.33	66.16	73.91	60.16	81.52
60	59.82	69.33	67.96	73.61	61.26	82.82
70	57.52	76.83	75.76	80.91	63.06	85.82
80	58.42	79.03	78.96	80.71	63.76	89.42
90	59.82	83.33	80.96	84.41	71.66	96.42
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	20.22	29.03	25.46	28.01	32.46	34.62
10	23.32	37.33	53.96	47.41	51.56	53.72
20	27.42	42.03	55.86	62.01	60.46	62.92
30	35.02	51.83	57.26	64.91	64.46	75.02
40	43.72	61.03	60.16	68.21	63.96	79.32
50	51.72	67.73	62.66	75.11	66.86	83.92
60	62.22	74.33	73.16	75.91	71.56	91.12
70	62.92	78.03	81.86	82.91	76.86	103.42
80	63.22	78.53	82.96	84.31	78.76	105.42
90	64.12	78.73	85.16	86.31	79.46	107.42
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	21.10	28.00	25.60	27.00	31.00	35.80
10	26.50	45.30	54.20	46.30	49.60	56.40
20	34.60	48.80	54.60	59.70	57.50	63.30
30	39.10	55.70	60.30	63.00	62.50	67.10
40	45.60	62.40	61.60	67.50	60.70	72.30
50	48.60	68.00	64.40	74.50	63.50	82.70
60	61.00	71.80	70.60	74.80	66.40	87.00
70	60.20	77.40	78.80	81.90	70.00	94.60
80	60.80	78.80	81.00	82.50	71.30	97.40
90	62.00	81.00	83.10	85.40	75.60	101.90

### Digestora

Tiempo (min)	DETERGENTE - DIGESTORA					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	29.26	26.34	17.27	28.13	31.14	28.96
10	34.76	36.84	20.27	39.83	39.44	35.26
20	51.46	43.24	25.67	41.83	49.74	42.56
30	54.46	52.24	29.37	49.23	53.64	44.56
40	60.16	56.54	30.37	49.23	66.84	52.36
50	60.96	59.64	33.37	53.93	61.64	52.96
60	65.76	60.74	35.07	55.73	64.44	53.26
70	72.26	75.94	37.77	63.33	66.84	59.26
80	66.56	72.04	38.27	62.33	71.94	65.26
90	70.76	68.14	38.57	60.33	68.34	63.56
100	75.56	79.64	41.27	78.13	67.54	66.56
110	71.26	78.44	40.97	66.83	71.04	67.96
120	72.66	79.94	44.07	68.03	73.24	67.86
Tiempo (min)	DETERGENTE - DIGESTORA					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	30.46	27.54	16.87	29.03	24.34	21.46
10	39.76	37.34	31.77	35.13	38.04	33.66
20	43.16	40.74	34.27	39.03	40.24	38.56
30	52.36	51.74	34.97	44.73	47.64	44.86
40	61.06	58.34	36.67	48.53	51.34	49.86
50	52.96	60.64	37.97	51.53	57.84	55.36
60	58.26	64.54	35.07	58.83	62.14	57.66
70	62.26	68.04	37.97	60.23	61.74	59.56
80	68.76	72.64	42.27	64.83	67.94	63.26
90	71.16	78.24	47.37	66.83	65.64	69.56
100	72.76	81.84	48.17	69.43	72.64	74.46
110	73.76	84.34	48.57	73.13	73.94	76.96
120	73.56	85.24	49.67	75.03	75.64	77.36
Tiempo (min)	DETERGENTE - DIGESTORA					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	29.90	26.90	17.10	28.60	27.70	25.20
10	37.30	37.10	26.00	37.50	38.70	34.50
20	47.30	42.00	30.00	40.40	45.00	40.60
30	53.40	52.00	32.20	47.00	50.60	44.70
40	60.60	57.40	33.50	48.90	59.10	51.10
50	57.00	60.10	35.70	52.70	59.70	54.20
60	62.00	62.60	35.10	57.30	63.30	55.50
70	67.30	72.00	37.90	61.80	64.30	59.40

80	67.70	72.30	40.30	63.60	69.90	64.30
90	71.00	73.20	43.00	63.60	67.00	66.60
100	74.20	80.70	44.70	73.80	70.10	70.50
110	72.50	81.40	44.80	70.00	72.50	72.50
120	73.10	82.60	46.90	71.50	74.40	72.60

### Texapón

Tiempo (min)	DETERGENTE - TEXAPÓN					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	34.37	35.94	32.87	22.65	31.83	24.02
10	54.67	41.64	55.37	40.05	38.23	30.62
20	61.57	44.24	61.97	44.85	47.33	34.02
30	62.17	48.34	70.87	46.35	48.83	37.42
40	68.27	60.14	75.37	53.15	51.13	41.72
50	78.77	68.64	81.17	54.25	52.23	43.52
60	79.57	64.24	79.87	57.85	53.93	56.72
70	78.87	68.44	83.27	60.35	55.13	48.62
80	83.37	69.24	87.77	60.45	57.53	48.42
90	89.87	73.84	88.67	70.25	63.23	49.22
100	83.87	77.64	91.67	61.55	60.93	50.62
110	84.17	80.94	91.37	62.95	60.93	50.92
120	81.87	78.84	91.77	88.05	61.63	52.32
Tiempo (min)	DETERGENTE - TEXAPÓN					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	32.97	32.94	35.47	21.15	32.43	27.12
10	35.47	33.04	39.77	38.65	34.93	45.32
20	39.67	39.24	48.67	42.55	40.53	48.02
30	40.37	42.54	52.57	55.35	48.53	50.92
40	49.57	49.24	63.97	58.65	52.43	58.52
50	56.77	52.84	74.97	61.85	57.73	61.72
60	62.97	53.54	78.37	67.75	56.13	67.42
70	73.27	61.54	82.57	74.95	63.83	70.02
80	83.27	69.24	86.07	80.35	67.33	71.72
90	91.17	78.24	94.17	88.55	74.63	71.82
100	89.37	79.24	97.17	89.75	74.13	73.12
110	90.07	79.54	100.17	91.15	75.03	73.82
120	91.27	80.14	100.17	91.05	75.23	73.92
Tiempo (min)	DETERGENTE - TEXAPÓN					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2

0	33.70	34.40	34.20	21.90	32.10	25.60
10	45.10	37.30	47.60	39.40	36.60	38.00
20	50.60	41.70	55.30	43.70	43.90	41.00
30	51.30	45.40	61.70	50.90	48.70	44.20
40	58.90	54.70	69.70	55.90	51.80	50.10
50	67.80	60.70	78.10	58.10	55.00	52.60
60	71.30	58.90	79.10	62.80	55.00	62.10
70	76.10	65.00	82.90	67.70	59.50	59.30
80	83.30	69.20	86.90	70.40	62.40	60.10
90	90.50	76.00	91.40	79.40	68.90	60.50
100	86.60	78.40	94.40	75.70	67.50	61.90
110	87.10	80.20	95.80	77.10	68.00	62.40
120	86.60	79.50	96.00	89.60	68.40	63.10

**Tabla 4:** Enjuague

Tiempo (min)	NÚMERO DE ENJUAGUES			
	Enjuague I		Enjuague II	
0	14.30	12.60	3.15	2.83
5	14.90	14.30	3.48	3.04
10	15.60	14.90	3.34	3.17
15	15.10	13.70	3.48	3.17
20	15.10	14.60	3.44	4.03
25	15.20	15.40	3.56	4.11
30	16.10	14.90		
35	16.90	14.60		

## **ANEXO 2**

ENSAYOS DE LAVADO A ESCALA LABORATORIO, EMPLEANDO: LA CONFIGURACIÓN "A", DIFERENTES DETERGENTES Y EL PLÁSTICOS ASOCIADOS AL CASO 2

**Tabla 1: Prelavado**

<b>TIEMPO DE PRELAVADO - PEOR CASO</b>			
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Ensayo 3</b>
0	2	2.3	2.4
5	155	161	158
10	209	201	211
15	239	230	228
20	278	246	273
25	314	306	299
30	313	312	326
35	330	316	331
40	363	351	350
45	359	369	379
50	390	373	386
55	387	386	398
60	399	385	401

**Tabla 2: Remojo****Eurolatex**

<b>TIEMPO DE REMOJO - I</b>						
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	26.20	24.20	20.00	31.70	17.80	16.70
1	29.10	29.50	27.80	47.20	26.70	37.90
2	32.90	36.90	38.20	65.10	51.20	56.30
3	40.00	43.60	53.30	77.20	67.60	68.20
4	45.80	51.00	60.00	87.00	83.40	74.90
5	52.00	66.50	84.90	106.60	89.30	68.20
6	57.70	75.60	97.00	137.60	107.90	79.90
7	64.80	88.80	107.50	161.60	128.90	105.80
8	72.10	90.70	110.50	167.60	132.90	112.80
24	77.70	95.10	115.50	188.60	136.90	123.80
<b>TIEMPO DE REMOJO - II</b>						
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2

0	28.50	25.30	22.90	34.90	22.10	19.90
1	30.10	27.80	29.30	60.10	40.00	24.00
2	31.80	35.90	39.10	66.80	61.50	28.30
3	40.60	43.00	53.20	82.00	72.70	47.30
4	48.50	50.30	60.80	87.60	94.00	72.20
5	53.20	65.30	81.90	100.50	91.50	76.10
6	59.70	77.40	95.00	124.40	102.30	83.30
7	66.10	85.90	109.00	142.60	131.90	116.30
8	76.00	91.60	114.20	141.20	144.90	119.80
24	81.00	96.10	116.90	146.20	141.90	131.80
<b>TIEMPO DE REMOJO - MEDIA</b>						
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	27.40	24.80	21.40	33.30	20.00	18.30
1	29.60	28.70	28.50	53.70	33.40	31.00
2	32.40	36.40	38.60	66.00	56.40	42.30
3	40.30	43.30	53.20	79.60	70.20	57.80
4	47.20	50.70	60.40	87.30	88.70	73.60
5	52.60	65.90	83.40	103.60	90.40	72.20
6	58.70	76.50	96.00	131.00	105.10	81.60
7	65.50	87.40	108.20	152.10	130.40	111.10
8	74.10	91.20	112.30	154.40	138.90	116.30
24	79.40	95.60	116.20	167.40	139.40	127.80

### Eurotex

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROTEx</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	25.00	23.50	25.10	21.40	21.70	24.60
1	26.50	21.40	30.00	27.80	28.40	54.00
2	26.90	27.50	36.90	41.10	26.40	59.20
3	32.20	33.40	41.30	63.80	50.00	72.20
4	42.30	45.40	51.90	79.20	61.00	81.00
5	55.90	60.30	65.90	86.00	61.80	88.10
6	67.80	69.50	65.80	94.30	85.80	92.50
7	69.20	78.30	68.00	97.60	90.60	105.50
8	70.40	84.50	69.90	95.60	93.30	108.50
24	71.20	87.90	68.70	97.60	97.30	110.50
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROTEx</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2

0	22.90	19.40	19.80	20.00	15.60	20.40
1	23.30	15.10	26.30	23.40	22.60	44.10
2	28.50	23.80	35.10	39.30	23.20	54.00
3	34.40	31.40	36.30	69.00	53.80	68.00
4	43.00	40.20	44.90	82.90	62.60	75.90
5	58.00	59.30	63.60	92.40	66.60	81.30
6	72.80	66.60	66.00	95.50	90.60	86.30
7	70.80	76.30	64.40	96.00	91.50	101.60
8	73.30	81.80	73.50	106.90	102.30	110.30
24	72.30	85.40	68.50	102.10	97.00	112.20
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - EUROTEx</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	24.00	21.50	22.50	20.70	18.70	22.50
1	24.90	18.30	28.20	25.60	25.50	49.10
2	27.70	25.70	36.00	40.20	24.80	56.60
3	33.30	32.40	38.80	66.40	51.90	70.10
4	42.70	42.80	48.40	81.10	61.80	78.50
5	57.00	59.80	64.80	89.20	64.20	84.70
6	70.30	68.10	65.90	94.90	88.20	89.40
7	70.00	77.30	66.20	96.80	91.10	103.60
8	71.90	83.20	71.70	101.30	97.80	109.40
24	71.80	86.70	68.60	99.90	97.20	111.40

### Banarox

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	14.30	17.60	21.20	19.40	22.50	28.40
1	25.30	20.00	26.70	21.50	25.50	40.00
2	28.20	20.80	31.00	29.40	32.90	47.10
3	30.20	28.70	35.70	36.60	35.20	53.90
4	36.80	37.70	43.70	40.00	43.90	59.60
5	42.30	41.10	47.80	47.60	51.10	73.60
6	43.50	46.30	56.40	55.50	55.30	83.90
7	41.30	52.80	60.90	67.10	60.00	87.60
8	44.00	55.10	63.80	69.80	51.10	93.60
24	43.90	55.30	65.00	71.40	60.70	95.60
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	17.30	16.30	21.80	23.10	19.70	14.80

1	26.00	22.40	23.40	19.80	22.00	30.20
2	31.60	23.50	27.50	26.20	35.20	35.00
3	34.00	32.10	37.00	33.30	39.10	50.90
4	39.00	41.70	48.70	36.00	50.90	60.70
5	45.70	43.30	51.70	43.20	52.60	65.60
6	46.90	48.00	60.20	52.70	57.80	70.10
7	41.20	53.50	65.30	62.60	61.80	83.40
8	45.30	58.40	64.00	68.50	51.00	86.70
24	42.80	57.10	68.80	69.00	62.70	89.80
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	15.80	16.90	21.50	21.20	21.10	15.80
1	25.70	21.20	25.10	20.60	23.70	25.70
2	29.90	22.10	29.30	27.80	34.00	29.90
3	32.10	30.40	36.40	34.90	37.10	32.10
4	37.90	39.70	46.20	38.00	47.40	37.90
5	44.00	42.20	49.80	45.40	51.80	44.00
6	45.20	47.10	58.30	54.10	56.50	45.20
7	41.30	53.10	63.10	64.80	60.90	41.30
8	44.70	56.70	63.90	69.10	51.00	44.70
24	43.40	56.20	66.90	70.20	61.70	43.40

### Sapolio

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	10.40	12.70	14.30	12.20	13.80	21.90
1	13.30	19.80	18.40	13.30	15.10	26.00
2	19.60	32.10	26.40	14.40	20.50	31.90
3	24.70	43.20	28.60	22.20	32.00	35.20
4	30.30	53.00	30.30	31.70	39.20	44.00
5	37.00	61.30	36.20	37.30	50.90	65.80
6	41.40	69.00	39.90	43.60	63.80	74.90
7	49.10	70.40	53.50	55.00	69.90	82.00
8	50.30	72.80	55.30	57.30	68.50	82.90
24	50.20	70.70	56.00	65.00	71.00	83.80
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	11.70	11.10	16.30	9.80	15.80	20.30
1	13.50	21.60	17.30	13.00	16.80	23.20

2	22.90	33.40	25.30	9.20	21.20	30.50
3	30.90	47.00	28.30	23.20	33.00	33.60
4	37.00	61.30	32.40	33.50	42.90	44.70
5	42.30	65.30	35.30	36.20	56.30	66.30
6	43.80	72.60	41.60	43.40	62.60	76.30
7	50.20	74.50	53.20	56.60	72.50	82.90
8	49.90	70.00	52.60	58.30	70.40	82.00
24	48.40	72.70	55.80	67.10	74.00	81.50
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	11.10	11.90	15.30	11.00	14.80	21.10
1	13.40	20.70	17.80	13.20	15.90	24.60
2	21.30	32.80	25.80	11.80	20.80	31.20
3	27.80	45.10	28.40	22.70	32.50	34.40
4	33.70	57.20	31.30	32.60	41.00	44.40
5	39.70	63.30	35.70	36.80	53.60	66.10
6	42.60	70.80	40.70	43.50	63.20	75.60
7	49.70	72.50	53.30	55.80	71.20	82.50
8	50.10	71.40	53.90	57.80	69.40	82.50
24	49.30	71.70	55.90	66.10	72.50	82.70

### Digestor

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - DIGESTORAS</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	20.90	18.00	18.60	21.30	22.30	16.70
1	28.70	25.20	22.70	28.40	26.80	23.40
2	35.20	31.00	26.90	31.40	30.20	27.20
3	43.10	37.60	31.90	37.10	37.30	36.70
4	53.20	43.00	36.20	41.50	41.20	44.40
5	57.90	39.70	40.70	47.50	49.00	51.00
6	60.50	52.90	45.80	52.10	55.80	59.60
7	68.80	61.20	54.70	61.80	63.20	65.40
8	70.80	64.80	57.40	62.60	65.10	66.30
24	71.40	65.80	58.50	66.30	68.20	68.30
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - DIGESTORAS</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	20.30	16.40	12.70	20.50	24.10	19.70
1	27.50	26.40	19.10	28.30	30.20	25.50
2	35.80	31.80	26.20	32.20	32.90	31.40

3	43.60	39.50	34.00	36.20	38.40	39.60
4	48.50	41.80	36.10	40.00	42.40	48.30
5	56.40	47.60	40.80	50.20	47.00	52.70
6	62.80	56.50	45.90	57.10	60.00	60.90
7	67.50	61.70	54.80	62.00	63.50	65.40
8	69.90	67.50	59.20	64.90	62.10	66.90
24	72.60	67.00	60.40	67.20	65.20	67.20
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - DIGESTORAS</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	20.60	17.20	15.60	20.90	23.20	18.20
1	28.10	25.80	20.90	28.40	28.50	24.40
2	35.50	31.40	26.50	31.80	31.60	29.30
3	43.30	38.60	32.90	36.70	37.90	38.10
4	50.80	42.40	36.10	40.80	41.80	46.30
5	57.10	43.70	40.70	48.90	48.00	51.80
6	61.60	54.70	45.80	54.60	57.90	60.20
7	68.10	61.50	54.70	61.90	63.40	65.40
8	70.30	66.20	58.30	63.80	63.60	66.60
24	72.00	66.40	59.40	66.80	66.70	67.70

### Texapón

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - TEXAPÓN</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	15.80	16.50	13.00	13.60	18.20	16.40
1	25.80	26.10	18.30	17.50	22.50	20.30
2	34.60	31.20	25.70	20.60	25.10	26.40
3	40.40	38.90	35.00	25.80	26.50	32.20
4	47.10	43.50	38.90	30.60	32.60	36.90
5	54.30	52.00	42.30	37.80	36.50	41.30
6	54.70	65.80	48.70	40.90	40.50	43.50
7	59.90	68.00	54.30	44.70	48.60	46.30
8	61.10	71.20	56.40	48.20	51.10	48.40
24	62.00	74.90	59.70	48.90	58.40	51.40
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - TEXAPÓN</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	15.20	14.90	12.80	11.50	15.30	19.30
1	24.60	27.30	14.70	17.40	25.90	22.40
2	35.20	32.00	24.90	21.40	27.80	30.60
3	42.50	40.80	37.10	24.90	30.20	35.10

4	47.90	47.60	38.80	36.30	38.10	41.40
5	52.80	51.50	42.40	40.50	41.50	39.40
6	55.20	63.10	48.80	45.90	47.60	44.80
7	58.60	68.50	54.40	48.40	50.30	46.30
8	60.20	73.90	58.20	50.50	50.60	43.90
24	63.20	76.10	59.30	49.80	51.60	49.10
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>DETERGENTE - TEXAPÓN</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	15.50	15.70	12.90	12.50	16.80	17.90
1	25.20	26.70	16.50	17.40	24.20	21.40
2	34.90	31.60	25.30	21.00	26.50	28.50
3	41.40	39.90	36.00	25.30	28.40	33.70
4	47.50	45.60	38.80	33.40	35.40	39.20
5	53.50	51.80	42.30	39.10	39.00	40.40
6	54.90	64.50	48.70	43.40	44.10	44.20
7	59.20	68.30	54.30	46.50	49.50	46.30
8	60.60	72.60	57.30	49.30	50.90	46.20
24	62.60	75.50	59.50	49.30	55.00	50.30

**Tabla 3: Lavado****Eurolatex**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	77.70	95.10	115.50	188.60	136.90	123.80
10	82.70	138.41	141.47	246.60	166.90	147.80
20	111.53	142.41	163.47	258.60	176.90	180.80
30	129.53	152.41	180.47	297.60	184.90	182.80
40	134.53	161.41	211.47	290.60	202.90	199.80
50	142.53	175.41	221.47	312.60	214.90	205.80
60	168.53	185.41	241.47	317.60	226.90	214.80
70	164.53	206.41	274.47	327.60	237.90	229.80
80	170.53	214.41	290.47	326.60	244.90	233.80
90	186.53	225.41	313.47	344.60	254.90	240.80
100	192.53	230.41	326.47	350.60	270.90	247.80
110	209.53	245.41	344.47	352.60	274.90	253.80
120	229.53	267.41	359.47	358.60	283.90	260.80
130	248.53	277.41	373.47	361.60	306.90	269.80

140	250.53	282.41	389.47	366.60	326.90	277.80
150	268.53	290.41	408.47	385.60	334.90	291.80
160	288.53	298.41	443.47	384.60	356.90	294.80
170	290.53	298.41	447.47	396.60	362.90	295.80
180	295.53	302.41	450.47	400.60	369.90	299.80
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	81.00	96.10	116.90	146.20	141.90	131.80
10	89.03	120.41	130.47	172.60	166.90	146.80
20	89.63	128.41	141.47	185.60	186.90	163.80
30	95.13	132.41	150.47	208.60	192.90	176.80
40	102.53	134.41	167.47	228.60	217.90	187.80
50	116.53	142.41	183.47	249.60	232.90	200.80
60	125.53	151.41	190.47	260.60	244.90	210.80
70	140.53	164.41	210.47	268.60	267.90	218.80
80	157.53	175.41	233.47	277.60	280.90	230.80
90	163.53	185.41	247.47	292.60	288.90	243.80
100	175.53	214.41	261.47	311.60	303.90	252.80
110	196.53	220.41	279.47	322.60	317.90	260.80
120	218.53	245.41	293.47	339.60	326.90	246.80
130	234.53	251.41	310.47	352.60	329.90	268.80
140	250.53	267.41	324.47	368.60	336.90	272.80
150	264.53	272.41	340.47	387.60	345.90	276.80
160	270.53	285.41	349.47	399.60	360.90	279.80
170	278.53	288.41	357.47	412.60	367.90	285.80
180	286.53	293.41	365.47	414.60	372.90	288.80
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - EUROLATEX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	79.40	95.60	116.20	167.40	139.40	127.80
10	85.90	129.40	136.00	209.60	166.90	147.30
20	100.60	135.40	152.50	222.10	181.90	172.30
30	112.30	142.40	165.50	253.10	188.90	179.80
40	118.50	147.90	189.50	259.60	210.40	193.80
50	129.50	158.90	202.50	281.10	223.90	203.30
60	147.00	168.40	216.00	289.10	235.90	212.80
70	152.50	185.40	242.50	298.10	252.90	224.30
80	164.00	194.90	262.00	302.10	262.90	232.30
90	175.00	205.40	280.50	318.60	271.90	242.30
100	184.00	222.40	294.00	331.10	287.40	250.30
110	203.00	232.90	312.00	337.60	296.40	257.30
120	224.00	256.40	326.50	349.10	305.40	253.80
130	241.50	264.40	342.00	357.10	318.40	269.30

140	250.50	274.90	357.00	367.60	331.90	275.30
150	266.50	281.40	374.50	386.60	340.40	284.30
160	279.50	291.90	396.50	392.10	358.90	287.30
170	284.50	293.40	402.50	404.60	365.40	290.80
180	291.00	297.90	408.00	407.60	371.40	294.30

### Eurotex

Tiempo (min)	DETERGENTE - EUROTEx					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	71.20	87.90	68.70	97.60	97.30	110.50
10	81.70	94.10	72.10	116.60	106.30	115.50
20	84.20	98.00	73.90	131.60	110.30	118.50
30	89.00	102.90	77.90	135.60	112.30	120.50
40	90.60	114.90	80.30	135.60	116.30	124.50
50	92.50	117.90	82.10	153.60	118.30	127.50
60	109.10	121.90	86.80	149.60	120.30	131.50
70	106.10	125.90	88.20	159.60	123.30	133.50
80	114.10	123.90	88.50	158.60	128.30	136.50
90	118.10	129.90	90.00	157.60	130.30	138.50
100	126.10	133.90	90.20	166.60	133.30	142.50
110	128.10	135.90	91.80	163.60	134.30	148.50
120	130.10	141.90	92.40	165.60	132.30	151.50
130	134.10	146.90	93.30	168.60	138.30	156.50
140	147.10	149.90	95.20	170.60	140.30	152.50
150	156.10	155.90	101.70	174.60	142.30	158.50
160	135.10	159.90	109.70	180.60	144.30	159.50
170	134.10	163.90	113.70	183.60	144.30	162.50
180	137.10	166.90	116.70	183.60	145.30	161.50
Tiempo (min)	DETERGENTE - EUROTEx					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	72.30	85.40	68.50	102.10	97.00	112.20
10	74.40	89.00	72.90	120.60	103.30	118.50
20	76.60	92.00	77.20	129.60	117.30	120.50
30	77.60	94.40	78.20	135.60	121.30	124.50
40	77.50	97.30	78.50	137.60	125.30	126.50
50	78.20	99.90	78.00	145.60	126.30	129.50
60	79.00	107.90	80.80	148.60	129.30	132.50
70	82.30	119.90	82.20	150.60	134.30	135.50
80	84.50	123.90	87.90	153.60	140.30	138.50

90	89.20	130.90	94.30	159.60	144.30	142.50
100	92.60	141.90	100.70	162.60	148.30	147.50
110	96.70	145.90	115.70	165.60	148.30	150.50
120	111.10	154.90	124.70	167.60	150.30	152.50
130	128.10	163.90	133.70	172.60	152.30	157.50
140	134.10	181.90	140.70	175.60	154.30	160.50
150	137.10	185.90	147.70	179.60	160.30	165.50
160	148.10	195.90	148.70	191.60	162.30	176.50
170	149.10	189.90	151.70	192.60	162.30	178.50
180	153.10	191.90	150.70	195.60	163.30	184.50
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - EUROTEx</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	71.80	86.70	68.60	99.90	97.20	111.40
10	78.10	91.60	72.50	118.60	104.80	117.00
20	80.40	95.00	75.60	130.60	113.80	119.50
30	83.30	98.70	78.10	135.60	116.80	122.50
40	84.10	106.10	79.40	136.60	120.80	125.50
50	85.40	108.90	80.10	149.60	122.30	128.50
60	94.10	114.90	83.80	149.10	124.80	132.00
70	94.20	122.90	85.20	155.10	128.80	134.50
80	99.30	123.90	88.20	156.10	134.30	137.50
90	103.70	130.40	92.20	158.60	137.30	140.50
100	109.40	137.90	95.50	164.60	140.80	145.00
110	112.40	140.90	103.80	164.60	141.30	149.50
120	120.60	148.40	108.60	166.60	141.30	152.00
130	131.10	155.40	113.50	170.60	145.30	157.00
140	140.60	165.90	118.00	173.10	147.30	156.50
150	146.60	170.90	124.70	177.10	151.30	162.00
160	141.60	177.90	129.20	186.10	153.30	168.00
170	141.60	176.90	132.70	188.10	153.30	170.50
180	145.10	179.40	133.70	189.60	154.30	173.00

### Banarox

<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	43.93	55.25	65	71.37	60.68	95.62
10	55.43	74.35	63.1	85.37	83.88	90.82
20	57.33	77.15	66.3	99.87	86.88	92.12
30	62.03	80.75	69.3	111.87	88.98	97.12

40	73.83	82.65	77.6	125.87	91.48	109.52
50	84.93	84.55	87.6	120.87	91.68	123.52
60	89.93	93.25	91.6	127.87	91.68	132.52
70	94.23	103.15	106.1	129.87	103.68	143.52
80	94.33	116.15	109.1	133.87	109.68	146.52
90	94.73	118.15	114.1	136.87	111.68	153.52
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	42.83	57.05	68.8	68.97	62.68	89.82
10	55.03	75.35	61.6	81.77	79.18	90.72
20	57.93	77.15	67.4	92.97	86.88	95.62
30	59.93	81.35	74.6	121.87	93.28	98.52
40	61.83	83.65	87.6	132.87	109.68	109.52
50	73.23	90.45	114.1	146.87	121.68	116.52
60	77.83	95.75	123.1	162.87	136.68	120.52
70	79.93	101.15	133.1	166.87	146.68	126.52
80	82.13	98.15	137.1	170.87	148.68	130.52
90	85.23	99.15	141.1	172.87	150.68	131.52
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - BANAROX</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	43.40	56.20	66.90	70.20	61.70	92.70
10	55.20	74.90	62.40	83.60	81.50	90.80
20	57.60	77.20	66.90	96.40	86.90	93.90
30	61.00	81.10	72.00	116.90	91.10	97.80
40	67.80	83.20	82.60	129.40	100.60	109.50
50	79.10	87.50	100.90	133.90	106.70	120.00
60	83.90	94.50	107.40	145.40	114.20	126.50
70	87.10	102.20	119.60	148.40	125.20	135.00
80	88.20	107.20	123.10	152.40	129.20	138.50
90	90.00	108.70	127.60	154.90	131.20	142.50

### Sapolio

<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	50.22	70.73	55.96	65.01	70.96	83.82
10	51.32	74.33	162.76	111.81	75.66	118.42
20	63.02	80.93	192.00	121.00	88.86	127.00
30	84.42	121.00	198.00	139.00	118.00	141.00
40	104.00	145.00	207.00	164.00	141.00	147.00

50	129.00	174.00	224.00	167.00	148.00	154.00
60	157.00	191.00	241.00	172.00	171.00	178.00
70	164.00	217.00	227.00	194.00	182.00	185.00
80	174.00	232.00	237.00	205.00	205.00	195.00
90	183.00	239.00	233.00	233.00	231.00	208.00
100	194.00	247.00	239.00	249.00	238.00	221.00
110	214.00	252.00	252.00	272.00	247.00	228.00
120	221.00	259.00	262.00	284.00	256.00	233.00
130	229.00	266.00	267.00	291.00	259.00	237.00
140	233.00	269.00	271.00	293.00	258.00	238.00
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	48.42	72.73	55.76	67.11	73.96	81.52
10	69.12	91.03	94.96	87.31	81.36	119.00
20	81.52	114.00	120.00	108.00	90.00	130.00
30	90.00	124.00	142.00	132.00	121.00	141.00
40	113.00	134.00	153.00	139.00	128.00	158.00
50	134.00	144.00	154.00	174.00	144.00	171.00
60	144.00	163.00	166.00	192.00	159.00	178.00
70	157.00	174.00	170.00	217.00	174.00	202.00
80	161.00	195.00	193.00	235.00	188.00	208.00
90	184.00	214.00	213.00	242.00	196.00	221.00
100	190.00	219.00	231.00	179.00	211.00	225.00
110	203.00	232.00	245.00	158.00	220.00	228.00
120	209.00	251.00	253.00	272.00	224.00	231.00
130	215.00	262.00	264.00	277.00	226.00	234.00
140	217.00	261.00	276.00	281.00	226.00	238.00
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - SAPOLIO</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	49.30	71.70	55.90	66.10	72.50	82.70
10	60.20	82.70	128.90	99.60	78.50	118.90
20	72.30	97.20	155.80	114.30	89.20	128.90
30	87.20	122.00	169.80	135.30	119.90	141.40
40	108.40	139.00	179.80	151.30	134.90	152.90
50	131.40	158.50	188.80	170.30	146.40	162.90
60	150.40	176.50	203.30	181.80	165.40	178.40
70	160.40	195.00	198.30	205.30	178.40	193.90
80	167.40	213.00	214.80	219.80	196.90	201.90
90	183.40	226.00	222.80	237.30	213.90	214.90
100	191.90	232.50	234.80	213.90	224.90	223.40
110	208.40	241.50	248.30	214.90	233.90	228.40
120	214.90	254.50	257.30	277.80	240.40	232.40

130	221.90	263.50	265.30	283.80	242.90	235.90
140	224.90	264.50	273.30	286.80	242.40	238.40

### Digestora

Tiempo (min)	DETERGENTE - DIGESTORA					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	71.36	65.84	58.47	66.33	68.24	68.26
10	74.46	72.64	60.27	93.83	72.14	71.76
20	75.76	78.64	62.57	100.93	77.94	71.96
30	82.76	80.74	67.97	99.93	81.24	73.66
40	91.46	85.64	70.67	99.93	80.04	76.96
50	94.36	90.74	72.57	102.93	82.64	79.66
60	97.66	96.44	72.27	106.93	84.64	81.56
70	100.26	105.14	75.97	110.93	85.24	85.66
80	102.26	116.14	77.57	109.93	86.34	87.56
90	103.26	120.14	78.67	112.93	87.84	89.66
100	107.26	129.14	79.57	111.93	97.24	89.06
110	109.26	128.14	81.17	113.93	101.74	90.56
120	109.26	130.14	82.57	113.93	100.74	91.06
Tiempo (min)	DETERGENTE - DIGESTORA					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	72.56	67.04	60.37	67.23	65.24	67.16
10	77.56	68.04	62.57	70.43	67.84	69.16
20	78.46	69.24	67.97	72.53	71.24	71.56
30	82.76	71.54	70.57	76.43	75.24	75.56
40	85.16	77.84	75.47	80.53	78.64	79.66
50	87.96	80.64	78.87	81.03	84.64	81.16
60	90.76	86.74	82.27	83.53	87.04	81.66
70	91.76	96.94	86.67	88.73	88.24	87.36
80	94.06	100.14	88.27	93.43	88.94	91.66
90	97.66	110.14	92.57	106.93	92.24	93.66
100	111.26	120.14	96.87	110.93	107.74	95.66
110	114.26	126.14	103.07	121.93	110.74	105.06
120	116.26	130.14	105.07	123.93	114.74	108.06
Tiempo (min)	DETERGENTE - DIGESTORA					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	72.00	66.40	59.40	66.80	66.70	67.70
10	76.00	70.30	61.40	82.10	70.00	70.50
20	77.10	73.90	65.30	86.70	74.60	71.80

30	82.80	76.10	69.30	88.20	78.20	74.60
40	88.30	81.70	73.10	90.20	79.30	78.30
50	91.20	85.70	75.70	92.00	83.60	80.40
60	94.20	91.60	77.30	95.20	85.80	81.60
70	96.00	101.00	81.30	99.80	86.70	86.50
80	98.20	108.10	82.90	101.70	87.60	89.60
90	100.50	115.10	85.60	109.90	90.00	91.70
100	109.30	124.60	88.20	111.40	102.50	92.40
110	111.80	127.10	92.10	117.90	106.20	97.80
120	112.80	130.10	93.80	118.90	107.70	99.60

### Texapón

Tiempo (min)	DETERGENTE - TEXAPÓN					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	61.97	74.94	59.67	48.85	58.43	51.42
10	64.37	76.64	64.47	53.25	61.33	53.42
20	66.87	79.04	68.47	62.35	64.83	54.32
30	67.97	82.24	70.07	75.05	68.13	58.12
40	73.37	86.14	74.37	80.15	72.53	59.92
50	76.77	89.24	80.77	86.35	75.93	62.02
60	83.27	92.24	84.57	92.45	81.43	65.02
70	89.47	95.14	85.27	100.05	84.63	66.62
80	91.37	97.54	97.67	100.05	86.93	70.42
90	95.67	99.04	107.17	108.05	90.23	78.32
100	102.87	103.74	117.17	108.05	89.53	80.02
110	106.87	102.74	124.17	105.05	91.73	85.32
120	108.87	102.74	134.17	115.05	92.03	88.02
Tiempo (min)	DETERGENTE - TEXAPÓN					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	63.17	76.14	59.27	49.75	51.63	49.12
10	69.27	79.24	62.67	55.55	54.23	51.02
20	72.37	82.04	68.27	57.75	62.43	58.42
30	75.27	83.34	74.37	61.55	65.83	62.32
40	78.37	85.64	78.07	63.95	67.93	67.52
50	79.37	89.64	80.67	67.55	70.03	70.32
60	83.07	91.24	92.97	70.55	75.53	76.12
70	85.27	93.04	98.37	97.75	77.93	80.42
80	87.37	96.34	102.17	95.45	85.43	82.32
90	91.07	98.84	109.17	103.05	88.63	84.72

100	93.37	100.74	107.17	114.05	94.93	90.42
110	110.87	106.74	118.17	118.05	98.33	92.12
120	115.87	109.74	124.17	122.05	104.03	92.92
<b>Tiempo (min)</b>	<b>DETERGENTE - TEXAPÓN</b>					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	62.60	75.50	59.50	49.30	55.00	50.30
10	66.80	77.90	63.60	54.40	57.80	52.20
20	69.60	80.50	68.40	60.10	63.60	56.40
30	71.60	82.80	72.20	68.30	67.00	60.20
40	75.90	85.90	76.20	72.10	70.20	63.70
50	78.10	89.40	80.70	77.00	73.00	66.20
60	83.20	91.70	88.80	81.50	78.50	70.60
70	87.40	94.10	91.80	98.90	81.30	73.50
80	89.40	96.90	99.90	97.80	86.20	76.40
90	93.40	98.90	108.20	105.60	89.40	81.50
100	98.10	102.20	112.20	111.10	92.20	85.20
110	108.90	104.70	121.20	111.60	95.00	88.70
120	112.40	106.20	129.20	118.60	98.00	90.50

**Tabla 4:** Enjuague

<b>Tiempo (min)</b>	<b>NÚMERO DE ENJUAGUES</b>			
	<b>Enjuague I</b>		<b>Enjuague II</b>	
0	16.10	15.30	5.30	3.80
5	16.40	16.10	6.40	4.10
10	17.30	16.70	6.80	4.10
15	17.50	17.10	7.10	4.20
20	18.30	17.30	7.50	4.70
25	18.70	18.20	7.90	4.60
30	20.50	18.20	8.10	5.10
35	21.20	18.40	8.00	5.60

### **ANEXO 3**

ENSAYOS DE LAVADO A ESCALA LABORATORIO, EMPLEANDO: LA CONFIGURACIÓN "B", DIFERENTES DETERGENTES Y EL PLÁSTICOS ASOCIADOS AL CASO 1

Tabla 1: Lavado

## Eurolatex

Tiempo (min)	Detergente-Eurolatex I					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	5.00	8.00	5.40	1.56	1.66	0.86
10	60.00	74.00	67.87	39.90	63.94	114.80
20	112.00	116.00	125.47	117.60	121.90	191.80
30	127.00	143.00	133.47	147.60	128.90	165.80
40	145.00	152.00	146.47	169.60	144.90	164.80
50	149.00	161.00	157.47	169.60	155.90	178.80
60	157.00	166.00	165.47	184.60	162.90	182.80
70	166.00	174.00	168.47	185.60	208.90	183.80
80	167.00	174.00	170.47	191.60	170.90	180.80
90	170.00	185.00	175.47	191.60	173.90	185.80
100	172.00	179.00	186.47	193.60	181.90	186.80
110	172.00	181.00	181.47	197.60	202.90	180.80
120	170.00	202.00	188.47	201.60	243.90	181.80
130	170.00	180.00	193.47	193.60	204.90	184.80
140	183.00	197.00	196.47	204.60	200.90	183.80
150	179.00	202.00	195.47	206.60	210.90	194.80
160	171.00	191.00	196.47	206.60	208.90	191.80
Tiempo (min)	Detergente-Eurolatex II					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	8.80	10.00	9.40	6.00	7.50	3.90
10	69.50	82.40	76.50	48.60	72.90	123.80
20	129.50	134.40	143.50	135.60	139.90	140.80
30	160.50	177.40	167.50	181.60	162.90	202.80
40	183.50	191.40	185.50	208.60	183.90	203.80
50	188.50	201.40	197.50	209.60	195.90	218.80
60	202.50	212.40	211.50	230.60	208.90	228.80
70	213.50	222.40	216.50	233.60	223.90	231.80
80	228.50	230.40	226.50	247.60	240.90	236.80
90	229.50	245.40	235.50	251.60	233.90	245.80
100	236.50	244.40	251.50	258.60	246.90	251.80
110	237.50	247.40	247.50	263.60	268.90	246.80
120	239.50	272.40	258.50	271.60	271.90	251.80
130	242.50	253.40	266.50	266.60	277.90	257.80
140	260.50	275.40	274.50	282.60	278.90	261.80
150	258.50	281.40	274.50	285.60	289.90	273.80

160	257.50	270.40	275.50	285.60	287.90	270.80
Tiempo (min)	Detergente-Eurolatex Media					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	7.00	9.00	7.39	3.78	4.58	2.38
10	65.00	78.00	72.17	44.25	68.42	119.30
20	121.00	125.00	134.47	126.60	130.90	166.30
30	144.00	160.00	150.47	164.60	145.90	184.30
40	164.00	172.00	165.97	189.10	164.40	184.30
50	169.00	181.00	177.47	189.60	175.90	198.80
60	180.00	189.00	188.47	207.60	185.90	205.80
70	190.00	198.00	192.47	209.60	216.40	207.80
80	198.00	202.00	198.47	219.60	205.90	208.80
90	200.00	215.00	205.47	221.60	203.90	215.80
100	204.00	212.00	218.97	226.10	214.40	219.30
110	205.00	214.00	214.47	230.60	235.90	213.80
120	205.00	237.00	223.47	236.60	257.90	216.80
130	206.00	217.00	229.97	230.10	241.40	221.30
140	222.00	236.00	235.47	243.60	239.90	222.80
150	219.00	242.00	234.97	246.10	250.40	234.30
160	214.00	231.00	235.97	246.10	248.40	231.30

### Eurotex

Tiempo (min)	Detergente-Eurotex I					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	20.40	10.60	25.20	15.70	31.10	17.90
10	260.10	120.90	195.70	93.70	156.30	106.50
20	366.10	167.90	281.70	128.60	217.30	145.50
30	402.10	183.90	329.70	148.60	231.30	146.50
40	415.10	199.90	372.70	163.60	275.30	156.50
50	428.10	209.90	343.70	164.60	243.30	160.50
60	437.10	236.90	364.70	161.60	248.30	167.50
70	434.10	227.90	357.70	180.60	251.30	180.50
80	452.10	251.90	401.70	191.60	251.30	172.50
90	430.10	222.90	398.70	211.60	245.30	170.50
100	435.10	235.90	383.70	204.60	251.30	171.50
110	485.10	255.90	384.70	221.60	269.30	165.50
120	474.10	246.90	498.70	221.60	275.30	183.50
130	464.10	250.90	473.70	230.60	287.30	200.50
140	472.10	253.90	470.70	231.60	277.30	199.50

150	502.10	267.90	448.70	234.60	279.30	193.50
160	488.10	259.90	423.70	235.60	274.30	194.50
170	494.10	263.90	439.70	231.60	287.30	195.50
180	498.10	262.90	557.70	239.60	289.30	201.50
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Eurotex II</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	18.20	12.70	16.20	17.60	9.90	2.80
10	106.10	96.90	141.70	69.60	102.30	82.50
20	218.10	149.90	233.70	110.60	169.30	127.50
30	262.10	173.90	289.70	138.60	191.30	136.50
40	280.10	194.90	337.70	158.60	209.30	151.50
50	299.10	210.90	314.70	165.60	214.30	161.50
60	315.10	244.90	342.70	169.60	226.30	175.50
70	315.10	238.90	338.70	191.60	232.30	191.50
80	337.10	266.90	386.70	206.60	236.30	187.50
90	323.10	245.90	391.70	234.60	238.30	193.50
100	330.10	260.90	378.70	229.60	246.30	196.50
110	381.10	281.90	380.70	247.60	265.30	191.50
120	374.10	276.90	398.70	251.60	275.30	213.50
130	365.10	281.90	424.70	261.60	276.30	231.50
140	374.10	285.90	432.70	263.60	279.30	231.50
150	405.10	300.90	451.70	267.60	282.30	226.50
160	393.10	294.90	428.70	270.60	279.30	229.50
170	399.10	298.90	444.70	266.60	292.30	230.50
180	401.10	295.90	448.70	272.60	292.30	234.50
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Eurotex Media</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	19.30	11.70	20.70	16.65	20.50	10.35
10	183.00	109.00	168.70	81.65	129.30	94.50
20	292.00	159.00	257.70	119.60	193.30	136.50
30	332.00	179.00	309.70	143.60	211.30	141.50
40	348.00	197.00	355.20	161.10	242.30	154.00
50	364.00	210.00	329.20	165.10	228.80	161.00
60	376.00	241.00	353.70	165.60	237.30	171.50
70	375.00	233.00	348.20	186.10	241.80	186.00
80	395.00	259.00	394.20	199.10	243.80	180.00
90	377.00	234.00	395.20	223.10	241.80	182.00
100	383.00	248.00	381.20	217.10	248.80	184.00
110	433.00	269.00	382.70	234.60	267.30	178.50
120	424.00	262.00	448.70	236.60	275.30	198.50
130	415.00	266.00	449.20	246.10	281.80	216.00
140	423.00	270.00	451.70	247.60	278.30	215.50

150	454.00	284.00	450.20	251.10	280.80	210.00
160	441.00	277.00	426.20	253.10	276.80	212.00
170	447.00	281.00	442.20	249.10	289.80	213.00
180	450.00	279.00	503.20	256.10	290.80	218.00

### Banarox

Tiempo (min)	Detergente-Banarox I					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	2.74	2.50	2.43	4.51	4.90	4.73
10	67.23	49.00	27.40	70.87	88.18	63.52
20	89.83	69.40	80.50	116.87	170.68	108.52
30	101.73	86.20	115.10	118.87	181.68	122.52
40	126.73	100.20	127.10	125.87	215.68	148.52
50	128.73	113.20	143.10	135.87	207.68	146.52
60	135.73	120.20	164.10	139.87	230.68	155.52
70	129.73	131.20	176.10	143.87	225.68	163.52
80	146.73	138.20	175.10	154.87	255.68	172.52
90	145.73	143.20	172.10	153.87	258.68	171.52
100	144.73	156.20	171.10	183.87	264.68	172.52
110	158.73	154.20	201.10	144.87	256.68	179.52
120	147.73	149.20	188.10	150.87	257.68	189.52
130	150.73	152.20	205.10	152.87	271.68	181.52
140	147.73	158.20	201.10	161.87	278.68	187.52
150	144.73	163.20	203.10	167.87	275.68	205.52
160	160.73	164.20	207.10	177.87	228.68	216.52
Tiempo (min)	Detergente-Banarox II					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	5.60	5.50	6.60	4.97	5.88	4.92
10	79.70	61.20	39.10	72.87	90.68	75.52
20	104.70	84.20	95.10	121.87	125.68	123.52
30	127.70	112.20	141.10	134.87	162.68	148.52
40	157.70	131.20	158.10	146.87	170.68	179.52
50	163.70	148.20	178.10	160.87	188.68	181.52
60	173.70	158.20	202.10	176.87	199.68	193.52
70	171.70	173.20	218.10	182.87	207.68	205.52
80	194.70	186.20	223.10	190.87	213.68	220.52
90	195.70	193.20	222.10	203.87	218.68	221.52
100	196.70	208.20	223.10	218.87	220.68	224.52
110	213.70	209.20	256.10	213.87	222.68	234.52

120	205.70	207.20	246.10	208.87	228.68	247.52
130	210.70	212.20	265.10	212.87	229.68	241.52
140	208.70	219.20	262.10	222.87	227.68	248.52
150	205.70	224.20	264.10	224.87	228.68	266.52
160	221.70	225.20	268.10	224.87	228.68	277.52
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Banarox Media</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	4.20	4.00	4.52	4.74	5.39	4.83
10	73.00	55.00	33.25	71.87	89.43	69.52
20	97.00	77.00	87.80	119.37	148.18	116.02
30	115.00	99.00	128.10	126.87	172.18	135.52
40	142.00	116.00	142.60	136.37	193.18	164.02
50	146.00	131.00	160.60	148.37	198.18	164.02
60	155.00	139.00	183.10	158.37	215.18	174.52
70	151.00	152.00	197.10	163.37	216.68	184.52
80	171.00	162.00	199.10	172.87	234.68	196.52
90	171.00	168.00	197.10	178.87	238.68	196.52
100	171.00	182.00	197.10	201.37	242.68	198.52
110	186.00	182.00	228.60	179.37	239.68	207.02
120	177.00	178.00	217.10	179.87	243.18	218.52
130	181.00	182.00	235.10	182.87	250.68	211.52
140	178.00	189.00	231.60	192.37	253.18	218.02
150	175.00	194.00	233.60	196.37	252.18	236.02
160	191.00	195.00	237.60	201.37	228.68	247.02

### Sapolio

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Sapolio I</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	16.02	17.7	16.56	26.21	26.86	34.32
10	107.92	242.5	213.76	118.81	99.36	159.42
20	143.92	296.5	276.76	167.81	110.36	195.42
30	160.92	327.5	326.76	196.81	121.36	233.42
40	170.92	359.5	341.76	208.81	133.36	257.42
50	165.92	349.5	343.76	222.81	138.36	265.42
60	169.92	344.5	343.76	231.81	146.36	262.42
70	175.92	353.5	363.76	255.81	159.36	261.42
80	180.92	356.5	376.76	260.81	152.36	265.42
90	181.92	360.5	374.76	253.81	160.36	269.42
100	187.92	364.5	381.76	260.81	148.36	273.42

110	184.92	370.5	385.76	258.81	165.36	282.42
120	185.92	373.5	388.76	283.81	153.36	277.42
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Sapolio II</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	9.90	11.50	8.06	9.11	7.06	6.92
10	101.90	186.50	147.76	112.81	93.36	103.42
20	131.90	234.50	177.76	155.81	98.36	133.42
30	140.90	257.50	206.76	176.81	111.36	163.42
40	145.90	266.50	236.76	183.81	118.36	182.42
50	134.90	262.50	242.76	191.81	127.36	184.42
60	131.90	256.50	246.76	193.81	128.36	174.42
70	134.90	262.50	262.76	214.81	148.36	170.42
80	135.90	261.50	271.76	215.81	157.36	170.42
90	128.90	260.50	274.76	200.81	157.36	166.42
100	132.90	262.50	276.76	205.81	153.36	168.42
110	128.90	264.50	277.76	202.81	159.36	165.42
120	125.90	263.50	276.76	223.81	159.36	167.42
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Sapolio Media</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	13.00	14.60	12.31	17.66	16.96	20.62
10	105.00	215.00	180.76	115.81	96.36	131.42
20	138.00	266.00	227.26	161.81	104.36	164.42
30	151.00	293.00	266.76	186.81	116.36	198.42
40	158.00	313.00	289.26	196.31	125.86	219.92
50	150.00	306.00	293.26	207.31	132.86	224.92
60	151.00	301.00	295.26	212.81	137.36	218.42
70	155.00	308.00	313.26	235.31	153.86	215.92
80	158.00	309.00	324.26	238.31	154.86	217.92
90	155.00	311.00	324.76	227.31	158.86	217.92
100	160.00	314.00	329.26	233.31	150.86	220.92
110	157.00	318.00	331.76	230.81	162.36	223.92
120	156.00	319.00	332.76	253.81	156.36	222.42

### Digestora

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Digestoras I</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	4.26	2.60	1.37	3.91	3.61	0.76
10	123.26	100.10	73.77	98.33	67.84	60.56
20	164.26	119.10	77.67	123.93	93.94	105.06

30	180.26	137.10	78.57	154.93	119.74	125.06
40	216.26	165.10	106.07	174.93	130.74	140.06
50	210.26	168.10	97.57	172.93	135.74	132.06
60	220.26	164.10	91.37	187.93	149.74	156.06
70	229.26	165.10	116.07	210.93	170.74	154.06
80	252.26	166.10	111.07	188.93	179.74	159.06
90	260.26	159.10	107.07	179.93	168.74	142.06
100	250.26	164.10	109.07	193.93	177.74	143.06
110	268.26	119.10	182.07	198.93	176.74	153.06
120	272.26	176.10	142.07	208.93	197.74	157.06
130	274.26	192.10	130.07	226.93	195.74	178.06
140	278.26	193.10	129.07	202.93	191.74	155.06
150	269.26	190.10	142.07	214.93	186.74	161.06
160	282.26	203.10	140.07	199.93	195.74	175.06
170	283.26	210.10	137.07	228.93	204.74	183.06
180	283.26	215.10	138.07	227.93	200.74	168.06
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Digestoras II</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	7.40	8.40	9.37	9.43	8.14	7.66
10	111.30	108.10	102.07	105.93	75.74	69.06
20	154.30	139.10	118.07	143.93	113.74	125.06
30	181.30	168.10	120.07	185.93	150.74	156.06
40	201.30	200.10	141.07	209.93	168.74	175.06
50	217.30	205.10	135.07	209.93	172.74	169.06
60	222.30	216.10	143.07	219.93	201.74	208.06
70	268.30	224.10	175.07	239.93	229.74	213.06
80	272.30	226.10	171.07	248.93	239.74	219.06
90	283.30	230.10	170.07	242.93	231.74	205.06
100	292.30	234.10	230.07	261.93	247.74	213.06
110	320.30	245.10	242.07	265.93	249.74	226.06
120	348.30	252.10	275.07	274.93	278.74	233.06
130	353.30	271.10	288.07	293.93	274.74	235.06
140	360.30	275.10	317.07	284.93	273.74	237.06
150	355.30	276.10	318.07	294.93	272.74	247.06
160	362.30	276.10	318.07	291.93	285.74	265.06
170	364.30	277.10	316.07	293.93	295.74	274.06
180	364.30	278.10	317.07	292.93	291.74	268.06
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Digestoras Media</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	5.80	5.50	5.37	6.67	5.88	4.21
10	117.30	104.10	87.92	102.13	71.79	64.81
20	159.30	129.10	97.87	133.93	103.84	115.06

30	180.80	152.60	99.32	170.43	135.24	140.56
40	208.80	182.60	123.57	192.43	149.74	157.56
50	213.80	186.60	116.32	191.43	154.24	150.56
60	221.30	190.10	117.22	203.93	175.74	182.06
70	248.80	194.60	145.57	225.43	200.24	183.56
80	262.30	196.10	141.07	218.93	209.74	189.06
90	271.80	194.60	138.57	211.43	200.24	173.56
100	271.30	199.10	169.57	227.93	212.74	178.06
110	294.30	182.10	212.07	232.43	213.24	189.56
120	310.30	214.10	208.57	241.93	238.24	195.06
130	313.80	231.60	209.07	260.43	235.24	206.56
140	319.30	234.10	223.07	243.93	232.74	196.06
150	312.30	233.10	230.07	254.93	229.74	204.06
160	322.30	239.60	229.07	245.93	240.74	220.06
170	323.80	243.60	226.57	261.43	250.24	228.56
180	323.80	246.60	227.57	260.43	246.24	218.06

### Texapón

Tiempo (min)	Detergente-Texapón I					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	0.94	0.50	0.39	0.47	0.36	0.35
10	152.87	118.70	108.17	78.15	271.03	88.82
20	187.87	167.70	116.17	86.05	310.03	82.82
30	239.87	184.70	143.17	90.45	317.03	91.82
40	251.87	199.70	158.17	106.05	362.03	124.82
50	268.87	228.70	157.17	121.05	345.03	131.82
60	264.87	215.70	186.17	139.05	384.03	135.82
70	277.87	229.70	181.17	132.05	371.03	130.82
80	288.87	229.70	173.17	124.05	377.03	135.82
90	273.87	237.70	189.17	130.05	391.03	149.82
100	282.87	232.70	182.17	144.05	397.03	158.82
110	289.87	227.70	173.17	145.05	393.03	159.82
120	276.87	237.70	192.17	141.05	393.03	177.82
130	292.87	251.70	195.17	140.05	390.03	178.82
140	314.87	248.70	188.17	145.05	402.03	178.82
150	310.87	257.70	184.17	141.05	406.03	185.82
160	315.87	252.70	186.17	147.05	409.03	191.82
170	309.87	250.70	194.17	154.05	402.03	188.82
180	311.87	260.70	192.17	150.05	411.03	194.82

Tiempo (min)	Detergente-Texapón II					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	3.17	2.34	3.27	2.95	4.33	7.12
10	122.87	146.74	104.17	137.05	124.03	107.82
20	157.87	177.74	108.17	151.05	149.03	107.82
30	178.87	191.74	123.17	163.05	164.03	134.82
40	182.87	222.74	163.17	184.05	183.03	162.82
50	205.87	244.74	164.17	200.05	198.03	160.82
60	217.87	252.74	195.17	201.05	225.03	167.82
70	221.87	227.74	202.17	196.05	240.03	164.82
80	228.87	263.74	203.17	187.05	254.03	168.82
90	233.87	277.74	212.17	196.05	270.03	175.82
100	240.87	280.74	219.17	218.05	283.03	182.82
110	255.87	279.74	213.17	218.05	284.03	181.82
120	260.87	283.74	218.17	220.05	290.03	206.82
130	262.87	289.74	225.17	223.05	294.03	211.82
140	267.87	292.74	220.17	230.05	298.03	203.82
150	269.87	290.74	220.17	230.05	296.03	214.82
160	268.87	291.74	224.17	238.05	299.03	212.82
170	269.87	286.74	225.17	248.05	298.03	212.82
180	270.87	289.74	225.17	246.05	297.03	220.82
Tiempo (min)	Detergente-Texapón Media					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	2.10	1.40	1.83	1.71	2.35	3.74
10	137.90	132.70	106.17	107.60	197.53	98.32
20	172.90	172.70	112.17	118.55	229.53	95.32
30	209.40	188.20	133.17	126.75	240.53	113.32
40	217.40	211.20	160.67	145.05	272.53	143.82
50	237.40	236.70	160.67	160.55	271.53	146.32
60	241.40	234.20	187.00	170.05	304.53	151.82
70	249.90	228.70	191.67	164.05	305.53	147.82
80	258.90	246.70	188.17	155.55	315.53	152.32
90	253.90	257.70	200.67	163.05	330.53	162.82
100	261.90	256.70	200.67	181.05	340.03	170.82
110	272.90	253.70	193.17	181.55	338.53	170.82
120	268.90	260.70	205.17	180.55	341.53	192.32
130	277.90	270.70	210.17	181.55	342.03	195.32
140	291.40	270.70	204.17	187.55	350.03	191.32
150	290.40	274.20	202.17	185.55	351.03	200.32
160	292.40	272.20	205.17	192.55	354.03	202.32
170	289.90	268.70	209.67	201.05	350.03	200.82
180	291.40	275.20	208.67	198.05	354.03	207.82

**Tabla 2:** Enjuague

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Eurolatex Primer Enjuague</b>		
	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>III</b>
<b>0</b>	59.10	67.20	44.30
<b>5</b>	63.40	71.10	51.10
<b>10</b>	68.40	76.30	57.60
<b>15</b>	72.20	84.20	59.40
<b>20</b>	73.10	88.60	62.70
<b>25</b>	74.00	90.40	63.20
<b>30</b>	74.60	90.80	63.50
<b>35</b>	75.20	91.30	64.00
<b>40</b>	75.80	91.60	64.20
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Eurolatex Segundo Enjuague</b>		
	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>0</b>	15.60	19.10	18.70
<b>5</b>	15.90	19.70	19.10
<b>10</b>	16.10	20.20	19.50
<b>15</b>	16.40	20.60	19.70
<b>20</b>	16.70	21.00	19.80
<b>25</b>	16.60	21.10	20.40
<b>30</b>	16.80	21.30	20.80
<b>35</b>	16.80	21.20	20.90
<b>40</b>	16.80	21.50	20.90

## **ANEXO 4**

ENSAYOS DE LAVADO A ESCALA LABORATORIO, EMPLEANDO: LA CONFIGURACIÓN "B", DIFERENTES DETERGENTES Y EL PLÁSTICOS ASOCIADOS AL CASO 2

Tabla 1: Lavado

## Eurolatex

Tiempo (min)	Detergente-Eurolatex I					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	28.00	38.00	35.00	35.00	35.00	30.00
10	301.00	215.41	307.47	314.60	311.90	281.80
20	339.00	262.41	315.47	293.60	310.90	292.80
30	346.00	289.41	343.47	332.60	327.90	314.80
40	359.00	297.41	350.47	347.60	351.90	351.80
50	368.00	316.41	373.47	355.60	367.90	357.80
60	424.00	332.41	378.47	368.60	381.90	361.80
70	441.00	384.41	402.47	384.60	398.90	386.80
80	456.00	397.41	457.47	406.60	426.90	426.80
90	468.00	409.41	475.47	453.60	453.90	442.80
100	476.00	423.41	487.47	479.60	495.90	478.80
110	491.00	443.41	516.47	517.60	534.90	523.80
120	502.00	450.41	536.47	535.60	541.90	531.80
130	523.00	471.41	571.47	584.60	582.90	560.80
140	535.00	483.41	582.47	596.60	598.90	583.80
150	542.00	487.41	583.47	588.60	590.90	585.80
160	548.00	500.41	608.47	613.60	618.90	616.80
170	554.00	510.41	625.47	637.60	630.90	615.80
180	557.00	513.41	622.47	617.60	619.90	605.80
190	562.00	532.41	639.47	636.60	638.90	625.80
200	566.00	505.41	608.47	611.60	617.90	632.80
210	565.00	513.41	618.47	617.60	620.90	636.80
220	566.00	522.41	622.47	637.60	624.90	638.80
230	567.00	505.41	612.47	617.60	634.90	638.80
240	568.00	501.41	617.47	633.60	644.90	638.80
Tiempo (min)	Detergente-Eurolatex II					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	32.00	36.00	47.47	32.90	43.90	33.80
10	208.00	314.41	306.47	166.90	285.90	262.80
20	249.00	311.41	324.47	242.90	311.90	318.80
30	289.00	331.41	319.47	257.90	328.90	354.80
40	319.00	351.41	341.47	260.90	344.90	372.80
50	321.00	377.41	346.47	292.90	363.90	395.80
60	355.00	404.41	414.47	304.90	394.90	429.80
70	377.00	453.41	417.47	335.90	406.90	437.80

80	401.00	455.41	438.47	350.90	422.90	458.80
90	433.00	477.41	455.47	346.90	462.90	476.80
100	441.00	488.41	464.47	363.90	486.90	487.80
110	441.00	500.41	491.47	381.90	513.90	515.80
120	474.00	525.41	554.47	394.90	547.90	535.80
130	517.00	555.41	578.47	401.90	582.90	562.80
140	531.00	576.41	595.47	404.90	596.90	591.80
150	520.00	582.41	589.47	415.90	594.90	597.80
160	538.00	617.41	612.47	416.90	625.90	627.80
170	551.00	630.41	624.47	442.90	637.90	648.80
180	550.00	630.41	611.47	441.90	630.90	647.80
190	566.00	670.41	639.47	453.90	654.90	648.80
200	539.00	643.41	631.47	456.90	636.90	653.80
210	525.00	654.41	640.47	456.90	640.90	653.80
220	534.00	655.41	647.47	456.90	645.90	654.80
230	551.00	658.41	647.47	455.90	648.90	653.80
240	556.00	657.41	645.47	457.90	649.90	654.80
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Eurolatex Media</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	30.00	37.00	41.47	33.75	39.40	31.80
10	254.00	265.00	306.97	240.75	298.90	272.30
20	294.00	287.00	319.97	268.25	311.40	305.80
30	317.00	310.00	331.47	295.25	328.40	334.80
40	339.00	324.00	345.97	304.25	348.40	362.30
50	344.00	347.00	359.97	324.25	365.90	376.80
60	389.00	368.00	396.47	336.75	388.40	395.80
70	409.00	419.00	409.97	360.25	402.90	363.00
80	428.00	426.00	447.97	378.75	424.90	442.80
90	450.00	443.00	465.47	400.25	458.40	459.80
100	458.00	456.00	475.97	421.75	491.40	483.30
110	466.00	472.00	503.97	449.75	524.40	519.80
120	488.00	488.00	545.47	465.25	544.90	533.80
130	520.00	513.00	574.97	493.25	582.90	561.80
140	533.00	530.00	588.97	500.75	597.90	587.80
150	531.00	535.00	586.47	502.25	592.90	591.80
160	543.00	559.00	610.47	515.25	622.40	622.30
170	552.00	570.00	624.97	540.25	634.40	632.30
180	553.00	572.00	616.97	529.75	625.40	626.80
190	564.00	601.00	639.47	545.25	646.90	637.30
200	552.00	574.00	619.97	534.25	627.40	643.30
210	545.00	584.00	629.47	537.25	630.90	645.30
220	550.00	589.00	634.97	547.25	635.40	646.80

230	559.00	582.00	629.97	536.75	641.90	646.30
240	562.00	579.00	631.47	545.75	647.40	646.80

### Eurotex

Tiempo (min)	Detergente-Eurotex I					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	17.20	21.60	20.10	18.20	13.20	15.60
10	253.00	243.90	263.70	233.60	255.30	248.50
20	265.00	279.90	270.70	252.60	277.30	265.50
30	278.00	306.90	285.70	270.60	288.30	273.50
40	286.00	312.90	302.70	277.60	295.30	296.50
50	292.00	324.90	314.70	300.60	313.30	312.50
60	314.00	328.90	326.70	315.60	345.30	335.50
70	325.00	343.90	344.70	342.60	359.30	357.50
80	348.00	364.90	375.70	360.60	352.30	376.50
90	357.00	369.90	387.70	389.60	372.30	394.50
100	380.00	385.90	395.70	403.60	388.30	402.50
110	392.00	391.90	402.70	409.60	397.30	413.50
120	403.00	408.90	411.70	422.60	418.30	427.50
130	414.00	421.90	422.70	438.60	459.30	435.50
140	425.00	440.90	437.70	437.60	468.30	467.50
150	443.00	437.90	440.70	448.60	477.30	488.50
160	458.00	453.90	464.70	453.60	483.30	490.50
170	464.00	460.90	475.70	462.60	497.30	503.50
180	490.00	445.90	482.70	470.60	506.30	516.50
190	493.00	448.90	496.70	476.60	518.30	520.50
200	504.00	462.90	498.70	491.60	522.30	517.50
210	515.00	476.90	504.70	494.60	521.30	521.50
220	523.00	479.90	509.70	503.60	531.30	522.50
230	523.00	478.90	508.70	501.60	528.30	522.50
240	526.00	481.90	510.70	502.60	530.30	524.50
Tiempo (min)	Detergente-Eurotex II					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	18.70	22.40	23.40	15.40	16.60	15.50
10	263.00	253.90	273.70	240.30	265.30	258.50
20	267.00	281.90	272.70	251.30	279.30	267.50
30	283.00	311.90	290.70	272.30	293.30	278.50
40	292.00	318.90	308.70	280.30	301.30	302.50
50	299.00	331.90	321.70	304.30	320.30	319.50

60	323.00	337.90	335.70	321.30	354.30	344.50
70	335.00	353.90	354.70	349.30	369.30	367.50
80	362.00	378.90	389.70	371.30	366.30	390.50
90	382.00	394.90	412.70	411.30	397.30	419.50
100	410.00	415.90	425.70	430.30	418.30	432.50
110	427.00	426.90	437.70	441.30	432.30	448.50
120	445.00	450.90	453.70	461.30	460.30	469.50
130	474.00	481.90	482.70	495.30	519.30	495.50
140	495.00	510.90	507.70	504.30	538.30	537.50
150	503.00	497.90	500.70	505.30	537.30	548.50
160	540.00	535.90	546.70	532.30	565.30	572.50
170	554.00	550.90	565.70	549.30	587.30	593.50
180	560.00	515.90	552.70	537.30	576.30	586.50
190	572.00	527.90	575.70	552.30	597.30	599.50
200	540.00	498.90	534.70	524.30	558.30	553.50
210	551.00	512.90	540.70	527.30	557.30	557.50
220	557.00	513.90	543.70	534.30	565.30	556.50
230	553.00	508.90	538.70	528.30	558.30	552.50
240	556.00	511.90	540.70	529.30	560.30	554.50
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Eurotex Media</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	18.00	22.00	21.75	16.80	14.90	15.55
10	258.00	249.00	268.70	236.95	260.30	253.50
20	266.00	281.00	271.70	251.95	278.30	266.50
30	281.00	309.00	288.20	271.45	290.80	276.00
40	289.00	316.00	305.70	278.95	298.30	299.50
50	296.00	328.00	318.20	302.45	316.80	316.00
60	319.00	333.00	331.20	318.45	349.80	340.00
70	330.00	349.00	349.70	345.95	364.30	362.50
80	355.00	372.00	382.70	365.95	359.30	383.50
90	370.00	382.00	400.20	400.45	384.80	407.00
100	395.00	401.00	410.70	416.95	403.30	417.50
110	410.00	409.00	420.20	425.45	414.80	431.00
120	424.00	430.00	432.70	441.95	439.30	448.50
130	444.00	452.00	452.70	466.95	489.30	465.50
140	460.00	476.00	472.70	470.95	503.30	502.50
150	473.00	468.00	470.70	476.95	507.30	518.50
160	499.00	495.00	505.70	492.95	524.30	531.50
170	509.00	506.00	520.70	505.95	542.30	548.50
180	525.00	481.00	517.70	503.95	541.30	551.50
190	533.00	488.00	536.20	514.45	557.80	560.00
200	522.00	481.00	516.70	507.95	540.30	535.50

210	533.00	495.00	522.70	510.95	539.30	539.50
220	540.00	497.00	526.70	518.95	548.30	539.50
230	538.00	494.00	523.70	514.95	543.30	537.50
240	541.00	497.00	525.70	515.95	545.30	539.50

### Banarox

Tiempo (min)	Detergente-Banarox I					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	10.13	7.50	8.20	8.80	8.51	8.12
10	189.00	195.15	165.10	174.87	219.68	198.52
20	197.00	212.15	183.10	187.87	232.68	198.52
30	215.00	230.15	192.10	203.87	243.68	214.52
40	221.00	245.15	205.10	209.87	249.68	228.52
50	243.00	254.15	216.10	226.87	266.68	248.52
60	257.00	271.15	227.10	231.87	277.68	286.52
70	270.00	287.15	291.10	244.87	289.68	308.52
80	287.00	300.15	313.10	256.87	305.68	323.52
90	320.00	323.15	330.10	279.87	327.68	346.52
100	331.00	328.15	340.10	295.87	330.68	356.52
110	348.00	339.15	349.10	321.87	340.68	372.52
120	363.00	369.15	374.10	351.87	367.68	386.52
130	401.00	383.15	406.10	386.87	394.68	412.52
140	415.00	410.15	429.10	409.87	416.68	437.52
150	410.00	412.15	442.10	401.87	407.68	417.52
160	444.00	447.15	446.10	440.87	432.68	439.52
170	458.00	488.15	462.10	460.87	463.68	456.52
180	458.00	465.15	456.10	453.87	464.68	448.52
190	495.00	462.15	474.10	494.87	485.68	471.52
200	461.00	446.15	447.10	466.87	450.68	446.52
210	474.00	454.15	457.10	477.87	456.68	446.52
220	482.00	459.15	461.10	482.87	463.68	449.52
230	480.00	464.15	461.10	468.87	462.68	447.52
240	479.00	473.15	464.10	473.87	456.68	448.52
Tiempo (min)	Detergente-Banarox II					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	8.10	9.70	10.00	8.10	9.80	8.30
10	177.00	214.15	192.10	204.68	201.68	211.52
20	190.00	232.15	203.10	209.68	202.68	211.52
30	204.00	256.15	225.10	225.68	216.68	221.52

40	218.00	295.15	237.10	228.68	242.68	237.52
50	230.00	314.15	248.10	237.68	248.68	245.52
60	240.00	322.15	266.10	250.68	256.68	269.52
70	258.00	318.15	269.10	254.68	264.68	288.52
80	287.00	330.15	285.10	273.68	284.68	304.52
90	302.00	352.15	311.10	304.68	301.68	334.52
100	341.00	358.15	340.10	321.68	323.68	345.52
110	340.00	376.15	351.10	364.68	326.68	358.52
120	359.00	399.15	369.10	358.68	342.68	368.52
130	383.00	402.15	407.10	381.68	373.68	394.52
140	381.00	447.15	419.10	415.68	400.68	406.52
150	374.00	461.15	410.10	400.68	406.68	411.52
160	383.00	475.15	440.10	423.68	412.68	412.52
170	384.00	477.15	467.10	438.68	467.68	416.52
180	393.00	491.15	462.10	439.68	491.68	417.52
190	395.00	493.15	473.10	426.68	494.68	421.52
200	383.00	494.15	470.10	417.68	513.68	425.52
210	384.00	514.15	471.10	424.68	518.68	425.52
220	384.00	526.15	469.10	427.68	512.68	422.52
230	387.00	523.15	470.10	424.68	515.68	423.52
240	388.00	525.15	471.10	427.68	518.68	431.52
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Banarox Media</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	9.10	8.60	9.10	8.43	9.15	8.22
10	183.00	205.00	178.60	189.78	210.68	205.02
20	193.00	222.00	193.10	198.78	217.68	205.02
30	209.00	243.00	208.60	214.78	230.18	218.02
40	219.00	270.00	221.10	219.28	246.18	233.02
50	236.00	284.00	232.10	232.28	257.68	247.02
60	248.00	297.00	246.60	241.28	267.18	278.02
70	264.00	303.00	280.10	249.78	277.18	298.52
80	287.00	315.00	299.10	265.28	295.18	314.02
90	311.00	338.00	320.60	292.28	314.68	340.52
100	336.00	343.00	340.10	308.78	327.18	351.02
110	344.00	358.00	350.10	343.28	333.68	365.52
120	361.00	384.00	371.60	355.28	355.18	377.52
130	392.00	393.00	406.60	384.28	384.18	403.52
140	398.00	429.00	424.10	412.78	408.68	422.02
150	392.00	437.00	426.10	401.28	407.18	414.52
160	413.00	461.00	443.10	432.28	422.68	426.02
170	421.00	483.00	464.60	449.78	465.68	436.52
180	425.00	478.00	459.10	446.78	478.18	433.02

190	445.00	478.00	473.60	460.78	490.18	446.52
200	422.00	470.00	458.60	442.28	482.18	436.02
210	429.00	484.00	464.10	451.28	487.68	436.02
220	433.00	493.00	465.10	455.28	488.18	436.02
230	433.00	494.00	465.60	446.78	489.18	435.52
240	433.00	499.00	467.60	450.78	487.68	440.02

### Sapolio

Tiempo (min)	Detergente-Sapolio I					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	8.00	7.40	8.30	7.71	7.76	5.22
10	113.92	122.53	120.76	141.81	133.36	118.42
20	137.92	140.53	132.76	168.81	156.36	168.42
30	147.92	154.53	141.76	202.81	158.36	171.42
40	160.92	163.53	153.76	221.81	166.36	196.42
50	167.92	174.53	162.76	226.81	179.36	235.42
60	172.92	181.53	169.76	235.81	182.36	243.42
70	180.92	180.53	174.76	243.81	182.36	243.42
80	193.92	198.53	189.76	231.81	182.36	243.42
90	210.92	203.53	205.76	226.81	182.36	243.42
100	219.92	208.53	211.76	251.81	182.36	243.42
110	226.92	216.53	218.76	258.81	182.36	243.42
120	245.92	234.53	238.76	255.81	182.36	243.42
Tiempo (min)	Detergente-Sapolio II					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	7.50	7.30	7.30	7.10	6.80	4.50
10	110.92	130.53	114.76	121.36	127.36	113.42
20	129.92	142.53	131.76	149.36	147.36	166.42
30	152.92	156.53	146.76	192.36	164.36	177.42
40	169.92	164.53	165.76	202.36	169.36	183.42
50	176.92	175.53	181.76	224.36	180.36	192.42
60	181.92	186.53	189.76	229.36	211.36	199.42
70	188.92	195.53	190.76	241.00	211.36	199.42
80	201.92	210.53	205.76	250.00	211.36	199.42
90	218.92	217.53	216.76	263.00	211.36	199.42
100	227.92	222.53	223.76	269.00	211.36	199.42
110	234.92	230.53	230.76	271.00	211.36	199.42
120	253.92	249.53	251.76	285.00	211.36	199.42
Tiempo	Detergente-Sapolio Media					

(min)	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	7.80	7.40	7.76	7.39	7.26	4.87
10	112.00	127.00	117.76	131.59	130.36	115.92
20	134.00	142.00	132.26	159.09	151.86	167.42
30	150.00	156.00	144.26	197.59	161.36	174.42
40	165.00	164.00	159.76	212.09	167.86	189.92
50	172.00	175.00	172.26	225.59	179.86	213.92
60	177.00	184.00	179.76	232.59	196.86	221.42
70	185.00	188.00	182.76	242.41	196.86	221.42
80	198.00	205.00	197.76	240.91	196.86	221.42
90	215.00	211.00	211.26	244.91	196.86	221.42
100	224.00	216.00	217.76	260.41	196.86	221.42
110	231.00	224.00	224.76	264.91	196.86	221.42
120	250.00	242.00	245.26	270.41	196.86	221.42

### Digestoras

Tiempo (min)	Detergente-Digestoras I					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	19.10	19.40	23.67	20.70	24.20	23.00
10	81.26	79.14	92.07	104.93	98.74	88.06
20	96.26	93.14	114.07	117.93	154.74	130.06
30	119.26	122.14	129.07	136.93	167.74	151.06
40	126.26	129.14	137.07	136.93	167.74	151.06
50	135.26	144.14	147.07	136.93	167.74	151.06
60	141.26	158.14	161.07	136.93	167.74	151.06
70	162.26	163.14	171.07	136.93	167.74	151.06
80	175.26	179.14	180.07	136.93	167.74	151.06
90	186.26	185.14	187.07	136.93	167.74	151.06
100	190.26	192.14	193.07	136.93	167.74	151.06
110	199.26	199.14	202.07	136.93	167.74	151.06
120	217.26	218.14	221.07	136.93	167.74	151.06
Tiempo (min)	Detergente-Digestoras II					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	17.90	18.80	19.70	20.00	20.10	18.60
10	75.26	83.14	90.07	96.74	99.74	101.06
20	108.26	114.14	113.07	161.74	143.74	137.06
30	124.26	129.14	134.07	177.74	154.74	166.06
40	140.26	137.14	149.07	177.74	154.74	166.06

50	158.26	150.14	166.07	177.74	154.74	166.06
60	162.26	160.14	181.07	177.74	154.74	166.06
70	177.26	168.14	187.07	177.74	154.74	166.06
80	181.26	183.14	196.07	177.74	154.74	166.06
90	190.26	191.14	198.07	177.74	154.74	166.06
100	196.26	195.14	205.07	177.74	154.74	166.06
110	205.26	202.14	214.07	177.74	154.74	166.06
120	224.26	219.14	234.07	177.74	154.74	166.06
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Digestoras Media</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	18.50	19.10	21.67	20.39	22.19	20.76
10	78.00	81.00	91.07	100.84	99.24	94.56
20	102.00	104.00	113.57	139.84	149.24	133.56
30	122.00	126.00	131.57	157.34	161.24	158.56
40	133.00	133.00	143.07	157.34	161.24	158.56
50	147.00	147.00	156.57	157.34	161.24	158.56
60	152.00	159.00	171.07	157.34	161.24	158.56
70	170.00	166.00	179.07	157.34	161.24	158.56
80	178.00	181.00	188.07	157.34	161.24	158.56
90	188.00	188.00	192.57	157.34	161.24	158.56
100	193.00	194.00	199.07	157.34	161.24	158.56
110	202.00	201.00	208.07	157.34	161.24	158.56
120	221.00	219.00	227.57	157.34	161.24	158.56

### Texapón

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Detergente-Texapón I</b>					
	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
0	35.00	34.00	29.67	40.20	44.20	48.80
10	125.87	116.74	136.17	110.05	135.03	129.82
20	140.87	155.74	145.17	110.05	135.03	129.82
30	154.87	183.74	166.17	110.05	135.03	129.82
40	163.87	190.74	187.17	110.05	135.03	129.82
50	171.87	204.74	187.17	110.05	135.03	129.82
60	194.87	209.74	187.17	110.05	135.03	129.82
70	209.87	228.74	187.17	110.05	135.03	129.82
80	243.87	260.74	187.17	110.05	135.03	129.82
90	257.87	270.74	187.17	110.05	135.03	129.82
100	285.87	291.74	187.17	110.05	135.03	129.82
110	304.87	304.74	187.17	110.05	135.03	129.82

120	333.87	339.74	187.17	110.05	135.03	129.82
Tiempo (min)	Detergente-Texapón II					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	38.30	41.20	39.77	41.73	46.63	44.72
10	124.87	138.74	128.17	142.03	130.03	102.82
20	162.87	172.74	131.17	142.03	130.03	102.82
30	184.87	187.74	175.17	142.03	130.03	102.82
40	189.87	209.74	192.17	142.03	130.03	102.82
50	214.87	223.74	192.17	142.03	130.03	102.82
60	227.87	232.74	192.17	142.03	130.03	102.82
70	235.87	251.74	192.17	142.03	130.03	102.82
80	258.87	280.74	192.17	142.03	130.03	102.82
90	286.87	299.74	192.17	142.03	130.03	102.82
100	300.87	317.74	192.17	142.03	130.03	102.82
110	319.87	339.74	192.17	142.03	130.03	102.82
120	340.87	363.74	192.17	142.03	130.03	102.82
Tiempo (min)	Detergente-Texapón Media					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
0	36.60	37.80	34.72	40.94	45.43	46.77
10	125.00	128.00	132.17	126.04	132.53	116.32
20	152.00	164.00	138.17	126.04	132.53	116.32
30	170.00	186.00	170.67	126.04	132.53	116.32
40	177.00	200.00	189.67	126.04	132.53	116.32
50	193.00	214.00	189.67	126.04	132.53	116.32
60	211.00	221.00	189.67	126.04	132.53	116.32
70	223.00	240.00	189.67	126.04	132.53	116.32
80	251.00	271.00	189.67	126.04	132.53	116.32
90	272.00	285.00	189.67	126.04	132.53	116.32
100	293.00	305.00	189.67	126.04	132.53	116.32
110	312.00	322.00	189.67	126.04	132.53	116.32
120	337.00	352.00	189.67	126.04	132.53	116.32

**Tabla 2:** Enjuague

Tiempo (min)	Eurolatex Primer Enjuague		
	I	I	III
0	38.30	41.60	49.10
5	45.10	51.60	49.80
10	48.90	54.30	50.50
15	51.20	53.40	50.80

<b>20</b>	53.40	52.50	51.20
<b>25</b>	54.10	55.40	51.30
<b>30</b>	53.90	55.60	51.20
<b>35</b>	54.80	55.50	51.50
<b>40</b>	54.70	56.30	51.60
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Eurolatex Segundo Enjuague</b>		
	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>0</b>	19.70	20.40	13.70
<b>5</b>	20.50	20.80	14.10
<b>10</b>	20.80	21.60	14.80
<b>15</b>	22.30	21.70	15.20
<b>20</b>	22.50	21.90	15.60
<b>25</b>	22.80	22.30	15.80
<b>30</b>	23.10	22.40	15.70
<b>35</b>	23.70	22.10	15.80
<b>40</b>	23.90	22.30	15.80

## **ANEXO 5**

ENSAYOS DE LAVADO A ESCALA PILOTO EMPLEANDO LA CONFIGURACIÓN "A"  
Y LOS PLÁSTICOS ASOCIADOS AL CASO 2

**Tabla 1: Lavado**

<b>Prelavado</b>			
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Valor Promedio</b>
0	2.03	2.40	2.20
5	121.00	196.00	158.00
10	159.00	255.00	207.00
15	212.00	253.00	232.30
20	226.00	305.00	265.70
25	267.00	346.00	306.30
30	310.00	324.00	317.00
35	338.00	313.00	325.70
40	349.00	360.00	354.70
45	368.00	370.00	369.00
50	374.00	392.00	383.00
55	374.00	407.00	390.30
60	374.00	416.00	395.00

**Tabla 2: Remojo**

<b>Remojo</b>			
<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Valor Promedio</b>
0	50.00	73.20	61.60
1	59.30	77.50	68.40
2	66.20	88.40	77.30
3	93.40	87.50	90.45
4	100.20	98.80	99.50
5	113.60	110.60	112.10
6	124.40	130.40	127.40
7	148.50	134.90	141.70
8	150.20	139.60	144.90
24	159.10	154.30	156.70

**Tabla 3: Lavado**

<b>Lavado</b>			
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Valor Promedio</b>
0	123.40	140.50	131.95
10	190.20	202.70	196.45
20	212.00	213.90	212.95
30	228.70	246.20	237.45
40	259.10	279.70	269.40
50	273.70	298.50	286.10
60	289.00	331.10	310.05
70	313.00	347.80	330.40
80	321.90	357.30	339.60
90	340.00	376.50	358.25
100	358.00	388.80	373.40
110	361.50	390.80	376.15
120	367.10	398.50	382.80
130	373.80	394.60	384.20
140	382.00	404.80	393.40
150	373.00	411.70	392.35
160	377.70	414.60	396.15
170	377.30	415.00	396.15
180	378.10	415.80	396.95

**Tabla 4: Enjuague**

<b>Enjuague</b>			
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Valor Promedio</b>
0	18.10	14.10	16.10
5	18.90	15.70	17.30
10	19.70	16.20	17.95
15	20.10	16.60	18.35
20	20.40	17.00	18.70
25	20.50	17.10	18.80
30	20.70	17.30	19.00

## **ANEXO 6**

ENSAYOS PREVIOS DE DOSIFICACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO PARA EL  
PROCESO DE TRATAMIENTO POR COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN

**Tabla 1:** Determinación de la dosis de sulfato de aluminio a emplear sin detergente

<b>CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO EN 500 ml AGUA CONAMINADA SIN DETERGENTE</b>					
<b>Análisis I</b>					
<b>Parámetros de control</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
Turbidez inicial	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00
Turbidez final	95.30	88.10	5.41	2.65	11.10
pH	7.42	7.01	6.32	6.18	5.76
Temperatura	19.60	19.60	19.60	19.60	19.60
Conductividad	181.10	185.90	182.70	194.20	195.00
<b>Análisis I</b>					
<b>Parámetros de control</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
Turbidez inicial	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00
Turbidez final	96.10	81.50	6.12	2.54	15.60
pH	7.67	7.21	7.01	6.86	6.24
Temperatura	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40
Conductividad	178.50	182.50	179.40	187.30	188.40
<b>Análisis III</b>					
<b>Parámetros de control</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
Turbidez inicial	102.00	102.00	102.00	102.00	102.00
Turbidez final	98.60	87.90	3.54	2.17	9.85
pH	7.55	7.24	6.51	6.02	5.86
Temperatura	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70
Conductividad	195.50	203.10	198.40	211.30	216.20



## **ANEXO 7**

ANÁLISIS DE NITRÓGENO KJEDAHN REALIZADOS POR EL INSTITUTO NACIONAL  
DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS "INIAP"

	<b>ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS</b>	
	Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec Mejía -Ecuador	

**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Allyson Inga Dirección : Quito Ciudad : Teléfono : 0984617926 Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Universidad Politécnica Provincia : Pichincha Cantón : Quito Parroquia : La Floresta Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> No. Muestra Lab. : 2171-2174 Fecha de Muestreo : 16/09/2019 Fecha de Ingreso : 18/09/2019 Fecha de Salida : 26/09/2019
--	---	--

No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	mg/l													pH	%		mg/l CaCO <sub>3</sub> Dureza		
		Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B	Fe	Zn	Cu	Mn		N. T	RAS			
2171	Prelavado- AL.																	0.001		
2172	Lavado																	0.003		
2173	Enjuague																	0.002		
2174	Tratamiento																	0.001		

<b>Unidades</b> mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón. dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centímetro.	<b>RAS</b> Menos de 1 : Excelente (E). De 1 a 2 : Buena (B). De 2 a 4 : Regular (R). De 4 a 8 : Mala (M). Más de 15 : Inapropiada (I).	<b>Dureza</b> De 0 a 15 : Muy suave (MS). De 16 a 75 : Suave (S). De 76 a 150 : Media (M). De 151 a 300 : Dura (D). Más de 300 : Muy dura (MD).
---	---	--




	<b>ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS</b>	
	Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec Mejía -Ecuador	

**REPORTE DE ANÁLISIS DE NITRÓGENO TOTAL**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Allyson Inga Dirección : Quito Ciudad : Teléfono : 0984617926 Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Laboratorios EPN Provincia : Pichincha Cantón : Quito Parroquia : La Floresta Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> No. Muestra Lab. : 20-0187-20-0191 Fecha de Muestreo : 19/12/2019 Fecha de Ingreso : 20/12/2019 Fecha de Salida : 06/01/2020
--	--	--

NO. DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DEL LOTE	% NITRÓGENO TOTAL
20-0187	Prelavado	0.36
20-0188	Muestra Total	0.39
20-0189	Tratamiento Con Coagulante	0.36
20-0190	Tratamiento Con Filtro	0.30
20-0191	Tratamiento Con Filtro Y Coagulante	0.26


  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO


  
 LABORATORISTA

## **ANEXO 8**

**ANÁLISIS DE PESTICIDAS EN EL AGUA Y PLÁSTICO REALIZADO POR EL  
LABORATORIO QUÍMICO “GRUNTEC CÍA. LTDA”**

### REPORTE DE ANÁLISIS

UNIDAD DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
 Cliente: QUITO / LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA  
 Telf: 2976300

Atn: Dr. Francisco Cadena

Proyecto: Análisis de pesticidas - Agua de lavado de plástico protector de banano

Muestra Recibida: 24-sep-19

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua Residual

Análisis Completado: 26-sep-19

Número reporte Gruentec: 1909390-AG001

Fecha de Emisión: 02-oct-19

Identificación de la muestra:	M1.- PRELAVADO	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	16-sep-19	
No. Reporte Gruentec:	1909390-AG001	
<b>Pesticidas Organoclorados:</b>		
Chlorotalonil mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organofosforados:</b>		
Cadusafos mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Clorpirifós mg/l <sup>(1,2)</sup>	0.0003	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Diazinón mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Dimetoato mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Etoprofos mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Metamidofos mg/l *	<0.001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Terbufos mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organonitrogenados:</b>		
Diurón+Liurón mg/l *	<0.0002	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Tiabendazol mg/l *	<0.001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Carbamatos:</b>		
Carbaril mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Carbofuran mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27

**Registros y Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación No. SAE LEN 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

INCERTIDUMBRE (U):

Pesticidas en Agua = 22%

Cálculo: C +/- (UxC/100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

## REPORTE DE ANÁLISIS

UNIDAD DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN

**Cliente:** SOCIAL

QUITO / LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA  
Telf: 2976300

**Atn:** Dr. Francisco Cadena

**Proyecto:** Análisis de pesticidas - Agua de lavado de plástico protector de banano

**Muestra Recibida:** 24-sep-19

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Agua Residual

**Análisis Completado:** 26-sep-19

**Número reporte Gruentec:** 1909390-AG002

**Fecha de Emisión:** 02-oct-19

Identificación de la muestra:	M2.- LAVADO	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	17-sep-19	
No. Reporte Gruentec:	1909390-AG002	
<b>Pesticidas Organoclorados:</b>		
Chlorotalonil mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organofosforados:</b>		
Cadusafos mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Clorpirifós mg/l <sup>(1,2)</sup>	0.0002	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Diazinón mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Dimetoato mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Etoprofos mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Metamidofos mg/l *	<0.001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Terbufos mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organonitrogenados:</b>		
Diurón+Lirón mg/l *	<0.0002	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Tiabendazol mg/l *	<0.001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Carbamatos:</b>		
Carbaril mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Carbofuran mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27

**Registros y Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación No. SAE LEN 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

INCERTIDUMBRE (U):

Pesticidas en Agua = 22%

Cálculo: C +/- (UxC/100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.



Ing. Isabel Estrella

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1



### REPORTE DE ANÁLISIS

UNIDAD DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN

**Cliente:** SOCIAL

QUITO / LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA  
Telf: 2976300

**Atn:** Dr. Francisco Cadena

**Proyecto:** Análisis de pesticidas - Agua de lavado de plástico protector de banano

**Muestra Recibida:** 24-sep-19

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Agua Residual

**Análisis Completado:** 26-sep-19

**Número reporte Gruentec:** 1909390-AG003

**Fecha de Emisión:** 02-oct-19

Identificación de la muestra:	M3.- TRATAMIENTO	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	17-sep-19	
No. Reporte Gruentec:	1909390-AG003	
<b>Pesticidas Organoclorados:</b>		
Chlorotalonil mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organofosforados:</b>		
Cadusafos mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Clorpirifós mg/l <sup>(1,2)</sup>	0.0004	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Diazinón mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Dimetoato mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Etoprofos mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Metamidofos mg/l *	<0.001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Terbufos mg/l <sup>(1,2)</sup>	<0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organonitrogenados:</b>		
Diurón+Liurón mg/l *	<0.0002	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Tiabendazol mg/l *	0.029	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Carbamatos:</b>		
Carbaril mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Carbofuran mg/l *	<0.00005	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27

**Registros y Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación No. SAE LEN 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

INCERTIDUMBRE (U):

Pesticidas en Agua = 22%

Cálculo: C +/- (Ux100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

## REPORTE DE ANÁLISIS

UNIDAD DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN  
**Ciente:** SOCIAL  
 QUITO / LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA  
 Telf: 2976300  
**Atn:** Dr. Francisco Cadena  
**Proyecto:** Análisis de pesticidas - Plástico protector de banano  
**Muestra Recibida:** 24-sep-19  
**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Plástico  
**Análisis Completado:** 27-sep-19  
**Número reporte Gruentec:** 1909390-LA001  
**Fecha de Emisión:** 02-oct-19

Identificación de la muestra:	M1.- FRESCO	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	n.d.	
No. Reporte Gruentec:	1909390-LA001	
<b>Pesticidas Organoclorados en peso húmedo:</b>		
Chlorotalonil mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organofosforados en peso húmedo:</b>		
Cadusafos mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Chlorpirifos mg/kg	38 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Diazinon mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Dimethoate mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Enthoprofos mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Methamidophos mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Terbufos mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organonitrogenados en peso húmedo:</b>		
Diuron+Liuron mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Thiabendazole mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Carbamatos en peso húmedo:</b>		
Carbaryl mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Carbofuran mg/kg	<0.01 <sup>o)</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27

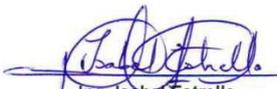
n.d. - No Determinado. Fecha de muestreo no disponible, el laboratorio no se responsabiliza por el cumplimiento del tiempo máximo de análisis recomendado por los métodos de referencia.

o) La muestra presenta características que hicieron necesario ampliar dilución 10x

INCERTIDUMBRE (U):

Pesticidas = 50%

Cálculo: C +/- (UxC/100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.



Ing. Isabel Estrella  
 Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

### REPORTE DE ANÁLISIS

UNIDAD DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN  
**Cliente:** SOCIAL  
 QUITO / LACRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA  
 Telf: 2916330  
**Atn:** Dr. Francisco Cadena  
**Proyecto:** Análisis de pesticidas - Plástico protector de banana  
**Muestra Recibida:** 24-sep-19  
**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Plástico  
**Análisis Completado:** 26-sep-19  
**Número reporte Gruentec:** 1909350-LA002  
**Fecha de Emisión:** 02-oct-19

Identificación de la muestra:	M2 - LAVADO	Método Adoptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	n.d.	
No. Reporte Gruentec:	1909350-LA002	
<b>Pesticidas Organoclorados en peso húmedo:</b>		
Chlorotalonil mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organofosforados en peso húmedo:</b>		
Cadusafos mg/kg	21 <sup>(b)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
Chlorpirifos mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
Diazinon mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
Dimethoate mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
Enthoprofos mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
Methamidophos mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
Terbufos mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organonitrogenados en peso húmedo:</b>		
Diuron+Luron mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
Thiabendazole mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
<b>Carbamatos en peso húmedo:</b>		
Carbaryl mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27
Carbofuran mg/kg	<0.01 <sup>(c)</sup>	EPA 8275 D / MMA-AG/S/VEG-27

n.d. - No Determinado. Fecha de muestreo no disponible, el laboratorio no se responsabiliza por el cumplimiento del tiempo máximo de análisis recomendado por los métodos de referencia.

(c) La muestra presenta características que hicieron necesario aplicar dilución 10x.

INCERTIDUMBRE (U):

Pesticidas = 60%

Cálculo:  $C \cdot U \cdot (2/C)^{1/2}$  en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.



Ing. Isabele Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

### REPORTE DE ANÁLISIS

UNIDAD DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN  
**Ciente:** SOCIAL  
 QUITO / LACRÓN DE GUEVARA E11-250 Y ANDALUCIA  
 Tel: 2608300  
**Ato:** Dr. Francisco Cadena  
**Proyecto:** Análisis de pesticidas - Plástico protector de banana  
**Muestra Recibida:** 24-sep-19  
**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Plástico  
**Análisis Completado:** 26-sep-19  
**Número reporte Gruentec:** 1909390-LA003  
**Fecha de Emisión:** 02-oct-19

Identificación de la muestra:	M3.- TRATADO	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	n.d.	
No. Reporte Gruentec:	1909390-LA003	
<b>Pesticidas Organoclorados en peso húmedo:</b>		
Chlorobalonil mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organofosforados en peso húmedo:</b>		
Cadusafos mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Chlorpirifos mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Diazinon mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Dimethoate mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Ethiofatos mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Methamidophos mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Terbufos mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Pesticidas Organonitrogenados en peso húmedo:</b>		
Duron+Luron mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Thiabendazole mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
<b>Carbamatos en peso húmedo:</b>		
Carbaryl mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27
Carbofuran mg/kg	<0.01 <sup>nd</sup>	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27

n.d. - No Determinado. Fecha de muestra no disponible, el laboratorio no se responsabiliza por el cumplimiento del tiempo máximo de análisis recomendado por los métodos de referencia.

nd) La muestra presenta características que hicieron necesario aplicar dilución 10x

INCERTIDUMBRE (U):

Resolvas = 50%

Cálculo:  $C \pm (U \times C/100)$  en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.



Ing. Isabel Goretta

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestra fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

## **ANEXO 9**

CÁLCULO DE LAS VARIABLES EMPLEADAS PARA EL DISEÑO DEL FILTRO DE ARENA, UTILIZADO EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO

Criterios de diseño del filtro empleado a escala piloto.

- **Caudal a tratar (Q)**

$$Q = \frac{\text{Volumen a tratar (m}^3\text{)}}{\text{Tiempo de filtración (h)}} = \frac{0.18 \text{ (m}^3\text{)}}{12 \text{ (h)}} = 0.015 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

- **Área horizontal de filtración necesaria (Sf)**

Velocidad de filtración considerada = 0.2 (m/h)

$$\text{Velocidad de filtración (Vf)} = \frac{\text{Caudal (Q)}}{\text{Superficie horizontal (Sf)}}$$

$$Sf = \frac{Q}{Vf} = \frac{0.015 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)}{0.2 \left( \frac{\text{m}}{\text{h}} \right)} = 0.075 \text{ (m}^2\text{)}$$

- **Área horizontal de filtración disponible (Sd)**

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (0.31 \text{ m})^2}{4} = 0.0755 \text{ (m}^2\text{)}$$

- **Selección de la constante (k) en función del espesor del lecho filtrante a emplear (L)**

$$L = 0.5 \text{ (m)} \rightarrow k = 0.43 \text{ (m/h)}$$

- **Carga hidráulica (ΔH)**

$$\Delta H = \left( \frac{Vf}{k} \right) * L$$

$$\Delta H = \left( \frac{0.2 \text{ (m/h)}}{0.43 \text{ (m/h)}} \right) * 0.5 \text{ (m)}$$

$$\Delta H = 0.23 \text{ (m)}$$

Criterios de diseño del filtro empleado en el caso propuesto como ejemplo

- **Caudal a tratar (Q)**

$$Q = \frac{\text{Volumen a tratar (m}^3\text{)}}{\text{Tiempo de filtración (h)}} = \frac{2.625 \text{ (m}^3\text{)}}{12 \text{ (h)}} = 0.219 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

- **Área horizontal de filtración necesaria (Sf)**

Velocidad de filtración considerada = 0.2 (m/h)

$$\text{Velocidad de filtración (Vf)} = \frac{\text{Caudal (Q)}}{\text{Superficie horizontal (Sf)}}$$

$$Sf = \frac{Q}{Vf} = \frac{0.219 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)}{0.2 \left( \frac{\text{m}}{\text{h}} \right)} = 1.1 \text{ (m}^2\text{)}$$

- **Selección de la constante (k) en función del espesor del lecho filtrante a emplear (L)**

$$L = 1 \text{ (m)} \rightarrow k = 0.95 \text{ (m/h)}$$

- **Carga hidráulica ( $\Delta H$ )**

$$\Delta H = \left( \frac{Vf}{k} \right) * L$$

$$\Delta H = \left( \frac{0.2 \text{ (m/h)}}{0.95 \text{ (m/h)}} \right) * 1 \text{ (m)}$$

$$\Delta H = 0.21 \text{ (m)}$$

## **ANEXO 10**

HOJA DE SEGURIDAD DEL DETERGENTE EUROLATEX-A

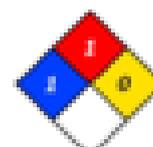


**EUROXS** Producción Química, Industrial y Agrícola.

## MATERIAL SAFETY DATA SHEET (M. S. D. S.)

# **EUROLATEX-A**

### HOJA DE SEGURIDAD



#### SECCIÓN I: IDENTIFICACION DEL PRODUCTO/ Y COMPAÑIA

1.1 Nombre del producto:	<b>EUROLATEX - A</b>
1.2 Usos del producto:	Limpiaador y desmenuador de látex semi-seco.
1.3 Proveedor:	EUROXS S.A. PRODUCTOS QUÍMICOS INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS
1.4 Teléfonos:	P. B. X. 04-2286100 Celular: 0938968257.
1.5 Web/e-mail:	eucoxguayaquil@gmail.com

#### SECCIÓN II: COMPOSICION/INFORMACION DE LOS INGREDIENTES

- 2.1 Sustancias: ~~Cloruro de Sodio~~, CAS. # 111-76-2; ~~Ácido Sulfónico~~ ~~ácido sulfónico~~ lineal, CAS. # 27176-87-8; ~~Hidróxido de Sodio~~, CAS. # 1310-73-2; ~~Sulfato de Sodio~~, CAS. # 8834-92-0.
- 2.2 Componentes peligrosos: No contiene componentes peligrosos.

#### SECCIÓN III: IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

- 3.1 **Inhalación:** Evite la inhalación, puede causar irritación de la mucosa, dolor de cabeza.
- 3.2 **Ingestión:** No ingerir, puede causar problemas gástricos.
- 3.3 **Contacto con los ojos:** Evite el contacto con los ojos, puede causar irritación produciendo inflamación.
- 3.4 **Contacto con la piel:** Evite el contacto prolongado con la piel, puede causar irritación y picazón.

#### SECCIÓN IV: PRIMEROS AUXILIOS

- 4.1 **Inhalación:** Saque a la víctima a un lugar con aire limpio, fresco y ventilado.
- 4.2 **Ingestión:** Si se ingiere solicite la atención médica inmediata.
- 4.3 **Contacto:** En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con agua, durante 15 minutos, manteniendo los párpados separados para asegurar un lavado completo del ojo y solicitar atención médica. Lavar bien con abundante agua las zonas que tuvieron contacto con el producto. Quitar la ropa contaminada incluyendo los zapatos. Lave bien la ropa antes de reusar.

\*QUIMIA: Calle Amazonas No 1-8 Vía # 1, edificio EUROXS, 1er piso alto \*PLANTA: Vía 4 Vía Durán-Tumbaco

\*TEL: 042-2286101 \*CELULAR: 093 8968257 \*E-MAIL: eucoxguayaquil@gmail.com

Química - Ecuador



**EUROXS** Productos Químicos, Industriales y Agrícolas.

#### SECCIÓN V: MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

- 5.1 Límites de inflamabilidad:** El producto no es inflamable y no combusible.
- 5.2 Medios de extinción:** Enfría los envases expuestos al fuego rociándolos con agua. Para controlar los incendios grandes y pequeños se debe usar polvo químico seco, CO2 en racha de agua o espuma química.
- Evite salpicar o despartar este producto.
- 5.3 Equipo de protección:** Se debe usar equipo adecuado de protección incluyendo aparatos de respiración cuando se aproxime a un incendio en un espacio confinado.

#### SECCIÓN VI: MEDIDAS EN CASO DE DERRAME O FUGAS

- 6.1** Use ropa de protección y evite el contacto con los ojos.
- 6.2** Lavar con agua abundante la superficie afectada por el derrame.
- 6.3** Se debe impedir que el agua de lavado entre en el sistema de evacuación de las aguas superficiales y residuales.
- 6.4** Absorber el líquido con arena o tierra. Barrer y recoger a un recipiente adecuado, claramente identificado, para su eliminación de acuerdo a las regulaciones locales.

#### SECCIÓN VII: MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

- 7.1 Precauciones para una manipulación segura:** Cuando se manipule el producto en tanques, se debe usar zapatos de seguridad y el equipo de manipulación adecuado. Evite derrames.
- 7.2 Condiciones de almacenamiento segura:** Mantener en un lugar fresco, seco y bien ventilado. Usar reserretos adecuadamente identificados y que se puedan cerrar. Evitar la luz directa del sol, fuentes de calor y aparatos calientes. Proteger contra el congelamiento.
- 7.3 Información adicional:** Los recipientes de polietileno no deben ser expuestos a altas temperaturas debido a posibles riesgos de deformación.

#### SECCIÓN VIII: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

- 8.1 Medidas de control:** Use ventilación local si existe riesgo de inhalación de vapores, neblinas o aerosoles.
- 8.2 Medidas de higiene:** Lavarse las manos antes de comer, beber, fumar y usar los servicios higiénicos.
- 8.3 Protección respiratoria:** No se requiere normalmente. Si la neblina no puede ser controlada, se debe usar un respirador con un cartucho de vapor orgánico, combinado con un pre-filtro de partículas.
- 8.4 Protección de las manos:** Guantes de PVC o de nitrilo.
- 8.5 Protección de los ojos:** Si es posible que ocurran salpicaduras, usar arneses de seguridad o protectores para toda la cara.



**EUROXS** Productos Químicos, Industriales y Agrícolas.

**B.6 Protección del cuerpo:** Minimizar toda forma de contacto con la piel. Usar overoles para minimizar la contaminación del personal. Llevar la indumentaria regularmente.

#### SECCIÓN IX: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

**9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas:**

Aspecto:	Líquido transparente
Color:	Amarillo
pH sol. al 10 %:	12 +/- 0,5
Densidad a 25°C:	1,05 – 1,10
Carácter:	Alcalino
Punto de inflamación:	No tiene
Volatilidad:	100 %
Estabilidad de almacenamiento:	Un año en condiciones normales.

#### SECCIÓN X: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**10.1 Estabilidad:** Estable.

**10.2 Condiciones que deben evitarse:** Temperaturas extremas y luz solar directa.

**10.3 Materiales incompatibles:** Agentes ácidos fuertes.

**10.4 Productos de descomposición peligrosos:** No se espera la descomposición en productos peligrosos durante un almacenamiento normal.

#### SECCIÓN XI: INFORMACION TOXICOLÓGICA

**11.1 Información sobre los efectos toxicológicos:** Clasificada como NO tóxico.

**11.2 Información adicional:** El contacto prolongado o repetitivo con este producto podría llevar a una irritación, especialmente bajo condiciones de inadecuada higiene personal. El contacto con la piel debe ser minimizado.

#### SECCIÓN XII: INFORMACION ECOLÓGICA

**12.1 Movilidad:** Líquido, 100 % soluble en agua, si entra en el suelo se absorberá en sus partículas perdiendo su movilidad.

**12.1 Toxicidad:** Evitar derrames hacia alcantarillas.



**EUROXS** Productos Químicos, Industriales y Agrícolas.

### SECCIÓN XIII: CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN

**13.1 Eliminación del producto:** El producto debe eliminarse según las disposiciones locales o nacionales vigentes sobre eliminación de residuos industriales.

**13.2 Eliminación de envases:** Los recipientes deben ser vaciados y devueltos al proveedor o enviados a un reciclador de tarbotones sin remover las marcas y etiquetas. Los recipientes no reutilizables deben ser reciclados donde sea posible, o eliminados como residuos domésticos.

### SECCIÓN XIV: INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE

14.1 No está clasificada como peligrosa.

### SECCIÓN XV: INFORMACION REGLAMENTARIA

**15.1 Seguridad, salud y medio ambiente reglamentos/legislación de la mezcla:** No clasificada como peligrosa para la seguridad y el medio ambiente.

**15.2 Evaluación de la seguridad química:** Se ha realizado una evaluación de la seguridad química para esta sustancia.

### SECCIÓN XVI: OTRA INFORMACION

16.1 Escala de riesgos: Riesgo moderado.

16.2 NFPA: Riesgo mínimo.

16.3 Datos de riesgo: No Tóxico por Inhalación.

**16.4 Importante:** La información de esta ficha de Datos de Seguridad no basada en las propiedades de los componentes que nos han suministrado nuestros proveedores, así como en nuestros conocimientos en el momento en que esta hoja ha sido editada. Esta ficha pretende dar información relativa a la valoración sanitaria y de seguridad de las condiciones bajo las cuales este producto se transporta, almacena o emplea en el trabajo. La empresa no acepta responsabilidad en cuanto a su valoración sobre las medidas de seguridad. Es responsabilidad del usuario dar la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.