

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA LA SEPARACIÓN DE UNA LÁMINA
DE PVC Y UNA CAPA DE POLIÉSTER A NIVEL LABORATORIO
EN CROYDON COLOMBIA S.A.**

PAULA ALEJANDRA FANDIÑO CASTRO

**Proyecto integral de grado para optar al título de
Ingeniero Químico**

Director

CAMILO ANDRES PARRA NAVARRETE

Ingeniero Químico

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.**

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Ing. Edgar Fernando Moreno Torres

Jurado orientador

Dr. David Leonardo Sotelo Tobón

Jurado1

Pr. Luis Figueroa

Jurado 2

Bogotá D.C., Febrero de 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y rector del claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. MARÍA CLAUDIA APONTE GONZÁLEZ

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretaria General

Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Decano de la Facultad de Ingenierías

Dr. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería Química

Ing. IVÁN RAMÍREZ MARÍN

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza y ser mi guía en todas las etapas de mi vida.

A mi madre por su perseverancia y su fe.

A mi amado padre por ser un ejemplo de ser humano con valores y disciplina, que me han llevado a lograr lo que he soñado y me he propuesto.

A mi familia que ha sido un apoyo incondicional y me motivan a ser mejor cada día con su ejemplo.

A mis mejores amigos porque son personas a las que admiro por sus capacidades, su lealtad y todos los aportes que hacen a mi vida. Gracias por alentarme a seguir mis sueños a través del cumplimiento de los suyos.

A Angie Hong por ser la luz de mi camino.

AGRADECIMIENTOS

A Croydon Colombia S.A. por confiar en mis capacidades y permitirme realizar este proyecto, en el cual pude aplicar mis conocimientos y ponerlos a su disposición.

Al ingeniero Carlos Quintero por brindarme la motivación profesional y emocional para desarrollar mis proyectos durante todas las etapas que hemos podido compartir.

Al ingeniero Fredy Ramirez por ser un apoyo profesional, personal y espiritual.

Al Ingeniero Camilo Andres Parra Navarrete por asesorarme durante el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero Hever Andres Chaves Romero por su participación cordial, su paciencia y su interés por vincularse con el desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero Santiago Fernandez por todos los conocimientos transmitidos desde que ingrese a Croydon S.A.

Al ingeniero Fernando Moreno, mi asesor, por su paciencia y sus respuestas concretas a mis dudas.

Al ingeniero Nestor Humberto Agudelo Diaz por asesorar mi diseño experimental, fase clave para lograr cumplir el objetivo de este proyecto.

A la Fundación Universidad de América por brindarme las herramientas conceptuales y físicas para desarrollar mi pregrado.

Las directivas de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 Proceso de fabricación de bota inyectada de PVC	15
1.2 PVC	16
1.3 Estructura y composición del PVC	19
1.4 Aditivos clave	21
1.5 Poliéster	22
1.5.1 <i>Poliéster textil</i>	22
1.6 Propiedades físicas y mecánicas del PVC	23
1.6.1 <i>Densidad</i>	23
1.6.2 <i>Abrasión</i>	23
1.6.3 <i>Flexión</i>	23
1.6.4 <i>Tensión</i>	23
1.6.5 <i>Rasgadura</i>	24
1.6.6 <i>Elongación</i>	24
1.7 Procesos para separar poliéster de otros materiales	24
1.7.1 <i>Flotación</i>	25
1.7.2 <i>Saponificación</i>	26
Niveles jerárquicos de decisión	30
2. EXPERIMENTACIÓN	31
2.1 Metodología	31
2.1.1 <i>Lavado</i>	31
2.1.2 <i>Determinación de propiedades mecánicas</i>	32
2.1.2.1 <i>Desprendimiento</i>	32
2.1.2.2 <i>Ensayo de flexión</i>	32
2.2 Diseño de experimentos	40
2.3.1 <i>Planteamiento de la hipótesis</i>	40
2.4. Análisis final del capítulo	53
3. REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO SELECCIONADO	54
3.1 Requerimientos generales del proceso	54

3.2 Propuesta para la reutilización del residuo de PVC	55
3.3 Descripción del proceso de reutilización de PVC	56
3.4 Condiciones del proceso	61
3.4.1 <i>Cantidad de Scrap alimentado</i>	62
3.4.2 <i>Capacidad de producción nominal</i>	62
3.5 Equipos que requiere el proceso	63
3.5.1 <i>Tanques</i>	64
3.5.2 <i>Cabina para la captación de solventes (VOC)</i>	65
3.5.3 <i>Mascarilla de protección</i>	70
3.6 Distribución en planta	71
4. EVALUACIÓN FINANCIERA	73
4.1 Análisis de costo de operación	74
4.2 Estimación de los costos del proceso actual de recuperación de PVC	74
4.3 Costo sin proyecto	75
4.4 Costo con proyecto	77
4.5 Flujo de caja	78
4.5.1 <i>Flujo de efectivo</i>	80
5. CONCLUSIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	91

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Propiedades del PVC	20
Tabla 2. Propiedades de los compuestos de PVC rígido y PVC Flexible	20
Tabla 3. Ventajas y deventajas de los procesos de separacion	27
Tabla 4. Niveles jerárquicos de decisión	30
Tabla 5. Clasificación de las posibles sustancias según su composición química	38
Tabla 6. Resultados obtenidos de la separación	38
Tabla 7. Pruebas de adhesión con acetona	41
Tabla 8. Prueba de adhesión usando isobutil acetato	43
Tabla 9. Promedio de resultados de adhesión con acetona e isobutil acetato	45
Tabla 10. Tabla de normalidad	46
Tabla 11. Datos atípicos	47
Tabla 12. Datos promedio de adhesión	48
Tabla 13. Varianzas	49
Tabla 14. Resumen ANOVA	50
Tabla 15. Requerimientos para la prueba F	50
Tabla 16. Resumen prueba F	51
Tabla 17. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales	52
Tabla 18. Condiciones diagrama PFD	60
Tabla 19. Porcentaje media poliester PVC	60
Tabla 20. Convenciones diagrama PFD	61
Tabla 21. Peso en gramos de las botas de acuerdo con su tipo y talla	61
Tabla 22. Balance de masa del proceso de recuperación de PVC	63
Tabla 23. Especificaciones del tanque de limpieza	64
Tabla 24. Especificaciones del tanque de lavado	65
Tabla 25. Dimensiones de la cabina	66
Tabla 26. Especificaciones técnicas del ventilador	67
Tabla 27. Especificaciones de la mascarilla de protección	70
Tabla 28. Convenciones del plano del área de recuperación de PVC	73
Tabla 29. Equipos y reactivos requeridos para la propuesta	73

Tabla 30. Inversión asignada al proceso de recuperación de PVC	74
Tabla 31. Costos variables en la recuperación de scrap	75
Tabla 32. Scrap generado y recuperado durante la producción de tres meses	76
Tabla 33. Scrap recuperado y costo de procesamiento	77
Tabla 34. Costos de recuperación por kilogramo de scrap con proyecto	77
Tabla 35. Costos de recuperación de Scrap con proyecto	78
Tabla 36. Costos promedio elaboración por par de botas sin proyecto	79
Tabla 37. Proyección del costo por par de bota sin proyecto	79
Tabla 38. Costos promedio por par de botas con proyecto	79
Tabla 39. Proyección de costos por par de bota con proyecto	80
Tabla 40. Proyección del flujo de efectivo sin proyecto	80
Tabla 41. Proyección de flujo de efectivo sin proyecto año 2021	81
Tabla 42. Proyección de flujo de efectivo sin proyecto año 2022	82
Tabla 43. Proyección del flujo de efectivo con proyecto	83
Tabla 44. Proyección de flujo de efectivo con proyecto año 2021	84
Tabla 45. Proyección de flujo de efectivo con proyecto año 2022	85
Tabla 46. Depreciación de los equipos	86

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Diagrama general del proceso de elaboración de bota PVC	15
Figura 2. Proceso de obtencion de la resina de PVC	16
Figura 3. Fórmula estructural del Policloruro de vinilo	19
Figura 4. Reciclaje de PVC por flotación	25
Figura 5. Reciclaje de PVC por lavado	26
Figura 6. Esquema de principio de la instalación necesaria para llevar a cabo el proceso de saponificación	27
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de lavado	31
Figura 8. Muestra de adhesión entre poliéster y PVC	32
Figura 9. PVC granulado	33
Figura 10. Molde de Aluminio cubierto con media de poliéster	34
Figura 11. Diagrama general del proceso	36
Figura 12. Probetas	41
Figura 13. Prueba de adhesión usando acetona	42
Figura 14. Pruebas con acetona	42
Figura 15. Pruebas de adhesión con isobutil acetato	44
Figura 16. Pruebas adhesión con isobutil acetato	44
Figura 17. Prueba de Normalidad	47
Figura 18. Diagrama del proceso de separación	56
Figura 19. Molino Vion	57
Figura 20. Proceso de lavado	58
Figura 21. Proceso de lavado	59
Figura 22. Cabina para captación de solventes	65
Figura 23. Funcionamiento del sistema de la cabina	67
Figura 24. Ventilador de succión	68
Figura 25. Filtros de salida	68
Figura 26. Plano de la Planta de Croydon Colombia S.A.	71
Figura 27. Área de recuperación de Caucho	72
Figura 28. Área de recuperación de PVC	72

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar una propuesta para la separación de una lámina de PVC y una capa de poliéster a nivel laboratorio en CROYDON COLOMBIA S.A. Actualmente, la producción diaria es de 6000 pares de botas con un 8% de botas defectuosas. Esta propuesta pretende lograr un aprovechamiento óptimo del PVC de las botas defectuosas para evitar los taponamientos que se presentan en las inyectoras debido a la contaminación con poliéster.

Durante el desarrollo de esta propuesta se seleccionó el proceso por medio de la evaluación de sus ventajas y desventajas. Asimismo, se seleccionó el método de lavado por su sencillez y porque implica menor inversión a nivel energético, logístico y locativo.

Para la selección del solvente adecuado en el proceso de separación del residuo PVC/poliéster se realizó una pre-experimentación, donde se usaron seis solventes: cuatro orgánicos (Acetona, isobutil acetato, gasolina y ácido acético) y dos inorgánicos (Peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio). A partir de esta pre- experimentación se obtuvieron datos despreciables con cuatro de los solventes (Peroxido de hidrogeno, hipoclorito de sodio, ácido acético y gasolina). Por lo anterior, para la experimentación solamente se utilizó isobutil acetato y acetona.

Después de obtener los resultados de la experimentación, se determinó que la sustancia que permitía lograr la separación, sin afectar las propiedades mecánicas del PVC, es el isobutil acetato. Con este método de lavado se logró obtener un porcentaje de recuperación del 99 %.

Finalmente, se realizó un diseño para la implementación del proceso de lavado y se elaboró una evaluación financiera de la propuesta.

Palabras claves: Lavado, Solvente, PVC, Poliéster, Scrap, Recuperación.

INTRODUCCIÓN

Croydon Colombia S.A. es una compañía con 65 años de antigüedad en el sector de fabricación y comercialización de calzado, su producción de bota PVC representa el 80% de la producción nacional. Actualmente cuenta con 3 marcas propias: discovery (zapatos para el público Juvenil), gomosos (zapatos para el público Infantil) y Workman (zapatos para el sector industrial). En la línea de producción en PVC sobresalen las marcas Workman (Amarilla) , Macha (Bota negra) y Food Industry (Bota Blanca).

Su producción actual (Junio de 2020) es de 193.610 pares de botas en PVC de los cuales 7.816 son SCRAP (Bota que presenta defectos y entra a proceso de reciclaje). Entre los defectos relevantes que presenta la bota de PVC está el llenado incompleto, quemaduras, suela despegada, media filtrada, falta de homogeneidad y contaminación con poliéster, este último defecto es el que se pretende disminuir con el desarrollo de este proyecto.

El método usado actualmente para reciclar el scrap es introducirlo en un molino de vion, el cual homogeniza los dos compuestos de la bota PVC y poliéster y lo libera en forma de láminas que luego son trituradas y se reinyectan para producir bota negra.

Este tratamiento mecánico afecta el proceso de inyección diariamente, debido a que se forman taponamientos en las maquinas por la presencia del poliéster, material del que está elaborada la media.

El presente documento indica el procedimiento más viable y la sustancia que permita eliminar el poliéster adherido al PVC con el fin de mejorar el proceso de inyección y beneficiar toda la línea de producción de bota de PVC.

Finalmente se analizará la rentabilidad y el costo de implementación del proceso.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la separación de una lámina de PVC y una capa de poliéster a nivel laboratorio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Seleccionar el proceso y la sustancia que permitan una separación de la fibra de poliéster adherida a una lámina de PVC.
2. Especificar los requisitos técnicos para la implementación del proceso seleccionado.
3. Realizar el análisis financiero a la alternativa seleccionada.

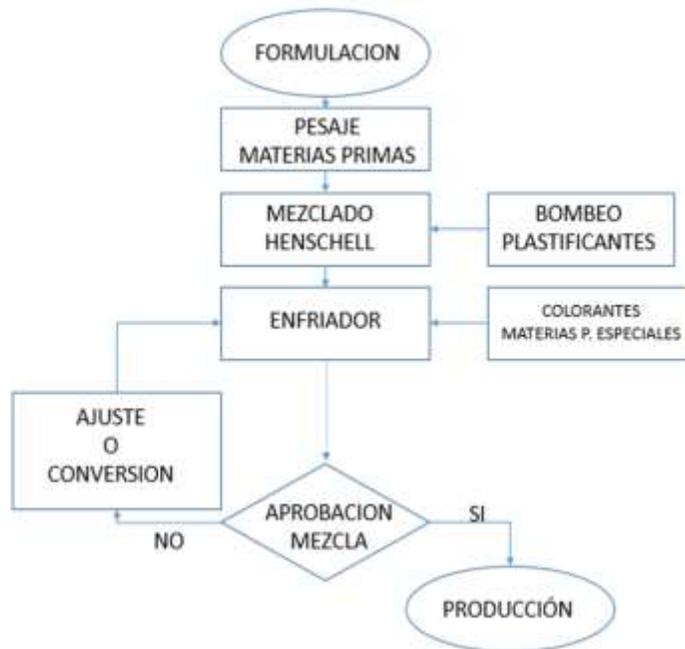
1. MARCO TEÓRICO

El propósito del marco teórico es explicar los términos que se utilizan dentro del proyecto para tener un mejor entendimiento del comportamiento del PVC y el poliéster, los materiales de interés, a un nivel general. Además, se exponen los conceptos que se usarán para desarrollar el cuerpo del trabajo y proporcionar conocimientos básicos sobre el problema que se pretende estudiar. Del mismo modo, se intenta explicar brevemente el funcionamiento de la empresa Croydon Colombia S.A., exponiendo sus líneas de producción más importantes.

1.1 Proceso de fabricación de bota inyectada de P.V.C. en Croydon Colombia S.A.

Figura 1.

Diagrama general del proceso de elaboración de bota PVC en Croydon Colombia S.A



Nota. Diagrama que describe la formulación química para la elaboración de la bota PVC en Croydon Colombia S.A.

En la elaboración de las botas en PVC, la materia prima pasa por una serie de operaciones hasta llegar a una maquina inyectora en las condiciones ideales. La máquina inyectora cuenta con un molde donde es acondicionada una media de poliéster y una vez está la maquina lista, es inyectado el PVC que se adhiere a la media de poliéster para dar origen a un par de botas. Posteriormente, las botas se llevan a la zona de terminados y acabados, y finalmente llegan al área de empaque.

1.2 PVC

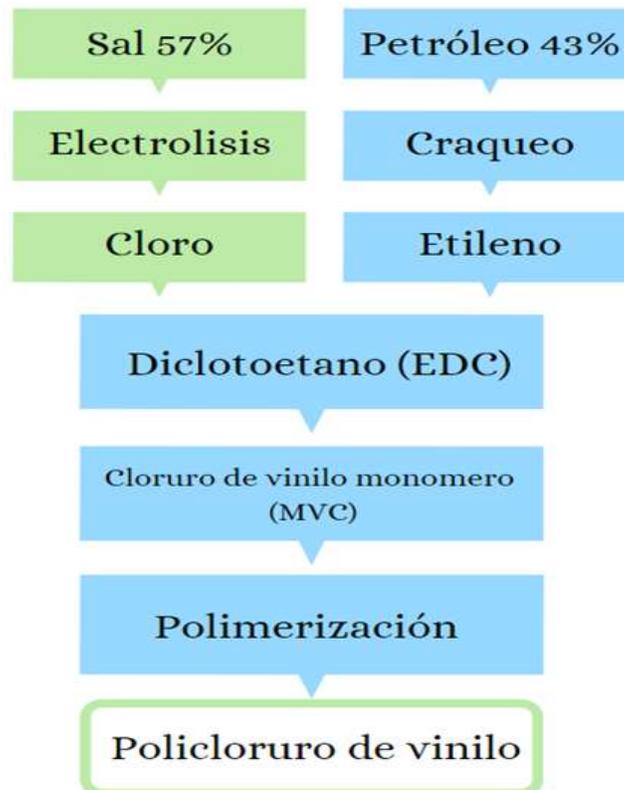
La resina de PVC, además de ser una especie química, es una mezcla compleja de estructuras y pesos moleculares. Existen diferentes tipos de PVC dependiendo del proceso de fabricación, e de acuerdo con las condiciones de operación detalladas y su receta. La mayor parte del PVC se utiliza o se vende en forma de polvos.

A continuación se mostrarán algunas características de composición y procesamiento del PVC. El peso molecular del cloruro de vinilo (compuesto fundamental del PVC) es de aproximadamente 62,5 g/mol. Las principales materias primas para la producción de PVC son el petróleo y la sal común o cloruro sódico. Sin embargo, existen otros ingredientes, como plastificantes, catalizadores y pigmentos colorantes que mejoran sus propiedades.

En su composición, el PVC contiene un 57% de cloro, proveniente de la sal común y un 43% de hidrocarburos (gas y/o petróleo). El proceso de refinado del petróleo da lugar a una fracción de sus compuestos en forma de naftas, que por medio de un proceso de *cracking* producen, entre otras sustancias gaseosas, el etileno (una de las bases para la fabricación de PVC). Paralelamente, el cloruro sódico se descompone por electrólisis, obteniéndose cloro, hidróxido sódico e hidrógeno. Aproximadamente el 35% del cloro obtenido en este proceso se destina a la producción de PVC.

Figura 2.

Proceso de obtención de la resina de PVC



Nota. Proceso general para la obtención resina de PVC.

Tomado de: Beltran Dominguez, C. (2016)

Ingeniería básica de una Planta de Producción de PVC granular (Trabajo de grado)

Universidad de Sevilla.

Depósito de investigación Universidad de Sevilla

<https://idus.us.es/handle/11441/49638>

La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos. Lo anterior, debido a que además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles. A partir de procesos de polimerización se obtienen compuestos en forma de polvo o pellet, plastisoles, soluciones y emulsiones.

Es un polímero ampliamente estudiado empleado en diversas áreas como:

- Construcción.
- Energía.
- Salud.
- Envases de alimentos.
- Artículos diversos de uso diario.

« Además de su gran versatilidad, el PVC es la resina sintética más compleja y difícil de formular y procesar, pues requiere de un número importante de ingredientes y un balance adecuado de éstos para poder transformarlo al producto final deseado.

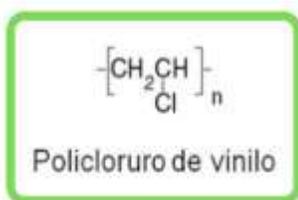
En 1930 B.F. Goodrich Chemical descubre que el PVC absorbe plastificante y que al procesarse se transforma en un producto flexible. Este descubrimiento hizo posible el desarrollo comercial inicial. Posteriormente, con el empleo de estabilizadores más adecuados, se hizo posible el desarrollo del mercado del PVC rígido. Estos dos importantes desarrollos permitieron que el PVC se convirtiera en el termoplástico más versátil e importante del mercado mundial. El desarrollo en tecnología y aplicaciones no ha tenido pausa, llegando en la actualidad a una producción de 25 millones de toneladas diarias a nivel global. » ^[1]

1.3 Estructura y composición del PVC.

« El monómero del cloruro de vinilo ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$), se produjo por primera vez en 1835 por Justus Von Liebig y su asistente Henri Victor Regnault, , lo obtuvieron por tratamiento del 1,2- dicloroetano con una solución de hidróxido de potasio en etanol. Al conservar este producto gaseoso en un frasco herméticamente cerrado, se observó que al cabo de unos meses se convertía en un polvo blanco. Sin embargo, hubo que esperar a que el fenómeno fuera interpretado como una polimerización bajo la acción de la luz solar, gracias a Herman Staudinger en 1922. » [2]

Figura 3.

Fórmula estructural del Policloruro de vinilo.



Nota. Proceso general para la obtención resina de PVC.

Tomado de: Beltran Dominguez, C. (2016)

Ingeniería básica de una Planta de Producción de PVC granular (Trabajo de grado)

Universidad de Sevilla.

Depósito de investigación Universidad de Sevilla

Puede polimerizarse en masa, emulsión o suspensión, según el tipo de aplicación a que vaya destinado. El PVC es bastante inestable al calor y a la luz, desprendiendo HCl y originando dobles enlaces. En presencia de oxígeno estas reacciones se aceleran y se forman estructuras cetónicas.

Debido a lo anterior, el PVC se transforma en productos finales combinado con aditivos estabilizantes, por lo que las propiedades resultantes dependen de la formulación utilizada así como de las condiciones de transformación.

Se indican a continuación algunas de las características más usuales y los valores medios de las mismas:

La densidad suele oscilar alrededor de 1,41 Kg/L, las posibilidades de pigmentación son ilimitadas. La absorción de agua varía en fórmulas rígidas entre 0,07% y 0,4% y en formulas flexibles puede llegar al 0,75%.

A continuación indicamos las propiedades mecánicas normales:

Tabla 1.

Propiedades del PVC

Esfuerzo de tracción	35-65 MPa
Alargamiento	2-150%
Módulo elástico	2.450-4.200 MPa
Dureza	70-90 Shore D

Nota. Propiedades mecánicas normales del PVC.

Los compuestos de PVC rígido y PVC flexible responden en general a los tipos de fórmulas siguientes:

Tabla 2.

Propiedades de los compuestos de PVC rígido y PVC Flexible

	Rígido	Flexible
PVC resina	100 kg	100 kg
Estabilizante	-	1-2 kg
Estabilizantes	2-5 kg	1-2 kg
Lubricantes	0,5-1 kg	0,2-0,5 kg

Nota. Diferencia entre las propiedades del PVC rígido y PVC Flexible

«Escogiendo aditivos específicos pueden obtenerse compuestos con alguna característica especial que interese para ciertas aplicaciones. Así por ejemplo, es posible fabricar compuestos de PVC resistentes a ciertos disolventes, transparentes, resistentes al choque, resistentes al fuego, con buen comportamiento a bajas temperaturas, buena resistencia eléctrica, compuestos atóxicos que pueden entrar en contacto con alimentos, etc.» [3]

1.4 Aditivos clave

Las formulaciones de PVC pueden incluir muchos tipos diferentes de aditivos que ayudan a impartir una amplia gama de características físicas y químicas. Esta versatilidad es el principal motivo por el cual el PVC ha sido tan exitoso como termoplástico para elaboración de productos básicos, desde aplicaciones médicas tales como tubos y bolsas de sangre a las aplicaciones de larga duración tales como marcos de ventanas y productos de agua de lluvia.

Las características polares únicas del PVC permiten una amplia gama de aditivos apropiados para ser incorporados dentro del polímero. Los principales grupos de aditivos son:

- Estabilizador de calor.
- Plastificante.
- Modificador de impacto.
- Ayudas de proceso.
- Lubricante.
- Relleno.
- Retardante de llama / supresor de humo.
- Pigmento.
- Agente de expansión.
- Biosida.
- Modificador de la viscosidad.
- Agente antiestático.
- Antioxidante.
- Absolvedor de luz UV.
- Agente anti-empañamiento.

1.5 Poliéster

Se definen como polímeros que contienen en su estructura repetidamente el grupo éster. Son obtenidos a partir de reacciones de poli-condensación entre ácidos y alcoholes poli funcionales. Hoy en día los poliésteres constituyen una gran parte en la industria de plástico, debido a su gran variedad de aplicaciones y a las excelentes propiedades.

1.5.1 Poliéster textil

Es una tela liviana que presenta ventajas como:

- Fácil lavado.
- No se encoge ni se estira.
- Puede ser mezclada con otros tipos de hilo tales como el nylon, algodón, viscosa o rayón para dar origen a tejidos de mayor calidad.
- Resistente contra el moho, hongos y polillas.
- No requiere planchado.
- Se adapta al teñido de color.

Desventajas

- «Retiene muy poca cantidad de agua, no se recomienda el uso de este tipo de prendas en climas húmedos.»^[4]

1.6 Propiedades físicas y mecánicas del PVC.

1.6.1 Densidad Cantidad de masa por unidad de volumen. Para la determinación de la densidad del PVC se utilizan soluciones salinas con densidades previamente establecidas. Se sumerge la probeta en cada una de las soluciones y se compara el comportamiento y la flotación para obtener la densidad más acertada.

1.6.2 Abrasión «En los plásticos toma comúnmente la forma de un ensayo de rayado, en el cual el material se somete a muchos rozamientos usualmente por contacto con una rueda abrasiva o una corriente de material abrasivo que cae. El grado de abrasión puede determinarse por la pérdida de peso debida a un desgaste importante, pero se mide más comúnmente por la aparición de deterioros superficiales tales como una pérdida de brillo o el desarrollo de opalescencias en las muestras translucidas.

Las resistencias a la abrasión y la dureza están íntimamente relacionadas con las propiedades visco-elásticas de los polímeros. » [5]

1.6.3 Flexión También conocido como ensayo de fatiga. La probeta de PVC que se somete a deformaciones repetidas a velocidades altas puede llegar a sufrir agrietamientos o roturas, aun cuando la magnitud de cada una de las deformaciones sea menor al límite que el caucho pueda soportar. A esta deformación, se agrega el fenómeno de degradación química producido por los efectos de la ruptura. Análogamente puede determinar la eficiencia de los aditivos antioxidantes para prevenir dicha degradación.

1.6.4 Tensión Es la resistencia que tiene el material al ser sometido a una fuerza axial constante y creciente, produciendo el alargamiento de la probeta y determinando la fuerza en que esta se rompe. Es comparable al típico ensayo de tracción que se usa para determinar la resistencia de los metales ante el estiramiento.

1.6.5 Rasgadura La rasgadura hace referencia a la resistencia que presenta el material a la ruptura en películas. Se realiza la prueba de manera similar a la resistencia tensil, sometiendo el material a una fuerza creciente entrecruzada, determinando previamente el eje de ruptura, a partir de una hendidura horizontal semejante a un doblez.

1.6.6 Elongación La elongación es una propiedad elástica que hace referencia al máximo estiramiento que alcanza el material antes de romperse, al ser sometido a un ensayo de tensión. Para su determinación se debe conocer exactamente la elongación inicial, para comparar con el valor obtenido luego de la ruptura.

1.7 Procesos para separar poliéster de otros materiales

Antes de que el poliéster pueda reciclarse, es necesario separarlo de otros productos y materiales que pueden encontrarse mezclados o unidos a él. Los procesos más conocidos y aplicados son flotación, lavado, saponificación.

1.7.1 Flotación

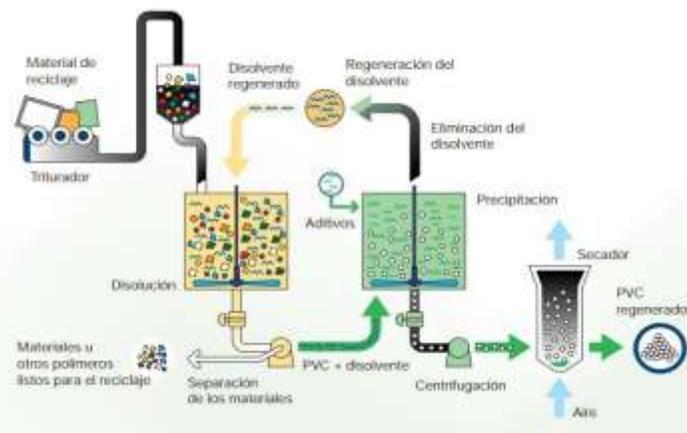
- El proceso de separación por flotación se basa en la diferencia de densidades.
- Los materiales se introducen en el agua haciendo que el poliéster se hunda, los materiales menos densos flotarán y así serán fácilmente separados.

Densidad del poliéster 1,38 g/cm³.

- Este procedimiento es relativamente simple y muy efectivo en la separación de poliésteres de impurezas específicas de baja densidad.
- Esta técnica no se puede usar si se encuentra el poliéster en combinación con materiales que se hunden en el agua o que tienen densidades comparables a la del poliéster.
- Se usa este método, cuando los materiales se encuentran en forma de pellet y no tienen sustancias adheridas. [6]

Figura 4.

Reciclaje de PVC por flotación.



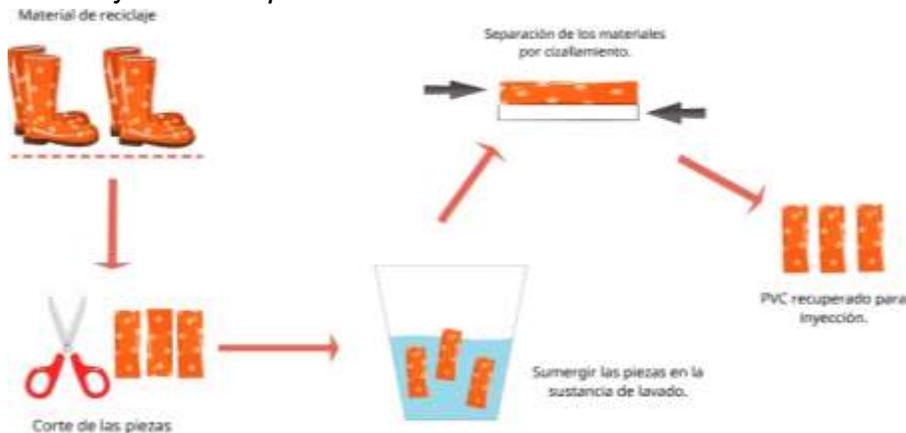
Nota. Proceso reciclaje de PVC por flotación.

Tomado de: Gutiérrez Gomez , M. y Martínez Rodríguez,L. (2018) Propuesta de flotación para la separación del residuo PVC/Poliéster en Croydon Colombia S.A. (Trabajo de grado) Universidad de América.
Repositorio institucional Lumieres
<https://cutt.ly/ik8AK6B>

- Proceso de recuperación mecánica utilizado para pelar capas de películas de poliéster sin reacción sustancial usando una solución de lavado.
- El material de desecho se corta en pedazos individuales pequeños y se trata con solventes, posteriormente se somete a condiciones de cizallamiento. Así se elimina el material de recubrimiento.
- “Realizar este proceso implica un análisis físico-químico de los materiales que se pretenden separar para así analizar cuál es la solución de lavado apropiada.” [7]

Figura 5.

Reciclaje de PVC por lavado.



Nota. La figura describe el proceso mecánico de separación de PVC/Poliéster.

1.7.2 Saponificación

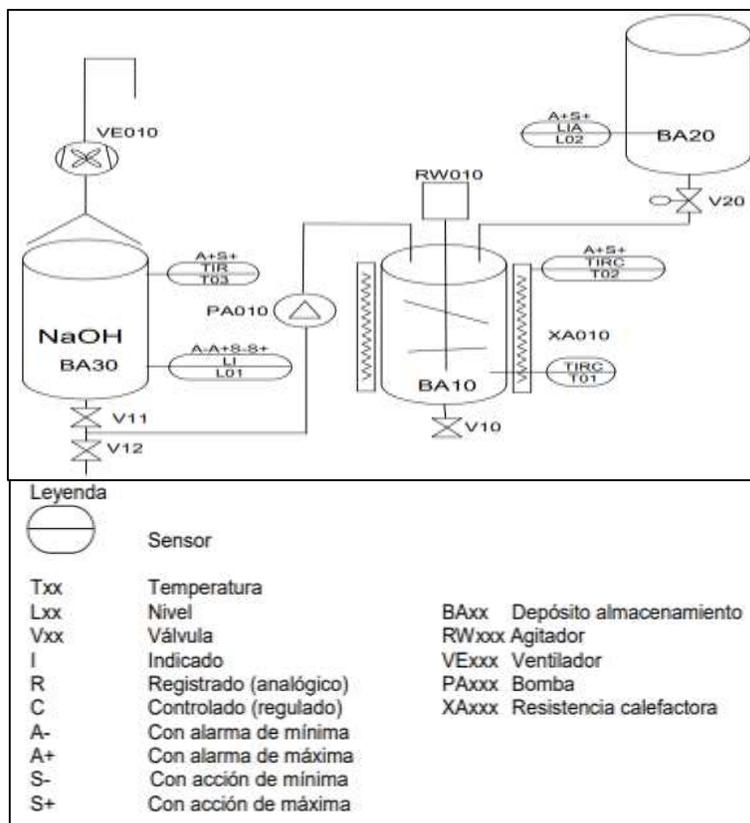
- Este proceso es eficiente en la eliminación de compuestos orgánicos e inorgánicos absorbidos por poliésteres.
- El proceso incluye los pasos de mezclar materiales que contienen poliéster con una composición alcalina en un mezclador. El mezclador imparte energía suficiente a la suspensión para proporcionar un recubrimiento sustancialmente completo y uniforme de los materiales que contienen poliéster con la composición alcalina y provocar la saponificación de la superficie externa del poliéster con la composición alcalina. Después de la reacción en el mezclador, la mezcla se calienta haciendo que algunas de las impurezas se modifiquen químicamente en una forma más separable. Después

de calentar, la mezcla se puede lavar con agua y el poliéster se puede separar fácilmente de las impurezas restantes. Mediante este proceso, el poliéster se puede separar y recuperar de los materiales de desecho, como los que contienen cloruro de polivinilo y aluminio.

- El proceso también es efectivo para eliminar compuestos orgánicos e inorgánicos arrastrados y contenidos dentro del poliéster. [8]

Figura 6.

Esquema de principio de la instalación necesaria para llevar a cabo el proceso de saponificación.



Nota. Instalación básica para el proceso de saponificación.

Tomado de: Font Ortega, R. (2009)

Diseño, implementación y automatización
de una planta piloto de saponificación.

(Trabajo de grado)

Universidad de Catalunya

<https://cutt.ly/Fk8VM8L>

Tabla 3.

Ventajas y desventajas de los procesos para separar poliéster de otros materiales.

	Ventajas del proceso	Desventajas del proceso
Flotación	Permite la separación de materiales en forma de pellet de forma eficiente.	<p>Se requieren varios recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Físicos (Equipos) <ul style="list-style-type: none"> • Equipos • Triturador • Tanques • Centrifugador • Secador • Separador ✓ Químicos (Sustancias) <ul style="list-style-type: none"> • Disolventes • Aditivos ✓ Energéticos <ul style="list-style-type: none"> • Calor • Electricidad <p>Muchos procesos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trituración • Disolución • Separación • Regeneración de solventes • Agregar aditivos • Centrifugar • Secar • Inyección de aire
	<p>Se utiliza en caso de tener sustancias adheridas en capas como películas al poliéster sin reacción sustancial.</p> <p>Pocos procesos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte • Lavado 	Se debe hacer un estudio profundo de las propiedades de los materiales

<p>Lavado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Separación mecánica <p>Pocos recursos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere un tanque para sumergir las piezas y una superficie plana para realizar el corte de las piezas y la posterior separación. • Recurso químico una sustancia. • Ventilación y aspiración localizada. 	<p>a separar y la sustancia que se va a emplear para lograr la separación.</p> <p>En algunos casos se puede usar una sustancia que implique riesgos para los que estén desarrollando el proceso por esta razón se debe ejecutar bajo un protocolo de seguridad.</p>
<p>Saponificación</p>	<p>El proceso permite eliminar revestimientos adheridos al poliéster y eliminar compuestos orgánicos e inorgánicos absorbidos por el poliéster.</p>	<p>Se requieren varios recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Físicos. (Equipos) <ul style="list-style-type: none"> • Depósitos de almacenamiento • Agitador • Ventilador • Bomba • Resistencia • Válvulas ✓ Químicos. (Sustancias) <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias alcalinas ✓ Energéticos. <ul style="list-style-type: none"> • Calor • Electricidad <p>Varios procesos para lograr las separaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agitación • Bombeo • Calentamiento • Secado <p>Es un proceso más viable para retirar sustancias que han sido absorbidas que para separar películas adheridas.</p>

Nota. La tabla 3 indica las ventajas y desventajas de los posibles procesos que se pueden usar en el desarrollo de este proyecto.

Para tomar una decisión sobre el proceso a implementar se tuvieron en cuenta aspectos como la practicidad, cantidad de equipos y recursos que se requieren.

Niveles jerárquicos de decisión

Se pretende elaborar un diseño conceptual siguiendo la jerarquía de Douglas. Para el desarrollo del trabajo se sugiere el nivel 4 “Especificación del sistema de separación” que es la más promisorio conforme al objetivo establecido y para indicar los requerimientos técnicos tales como: servicios, equipos, sustancias, flujos, instalaciones y tipos de almacenamiento necesarios para llevar a cabo el proceso de separación del PVC y el poliéster.

Tabla 4.

Niveles jerárquicos de decisión

Niveles jerárquicos de decisión (Douglas,1985)	
NIVEL 1	Procesos Batch versus procesos continuos
NIVEL 2	Estructura de entrada-salida del proceso
NIVEL 3	Estructura de reciclo del flowheet y de sistema de reactores
NIVEL 4	Especificación del sistema de separación
NIVEL 5	Red de intercambio energético

Nota. Con ayuda de la tabla se determina el nivel jerárquico apropiado para el desarrollo del objetivo del trabajo.

2. EXPERIMENTACIÓN

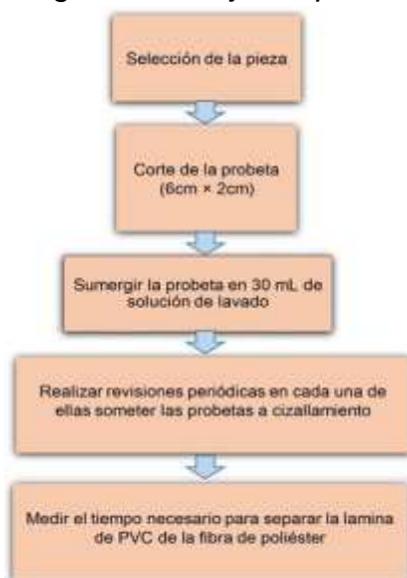
El desarrollo de este proyecto se divide en dos etapas: primero, la selección del proceso y en segundo lugar, la selección de la sustancia indicada para lograr la separación de los materiales adheridos. Teniendo como variable de interés la disminución en la adhesión de los materiales, al usar diferentes solventes para así elaborar una fase experimental y un desarrollo efectivo del proceso seleccionado y llegar finalmente a un análisis técnico, conceptual y financiero.

2.1 Metodología

2.1.1 Lavado: «Proceso de recuperación mecánica utilizado para pelar capas de películas de poliéster sin reacción sustancial usando una solución de lavado. El material de desecho se corta en pedazos individuales pequeños y se trata con solventes, posteriormente se somete a condiciones de cizallamiento. Así se elimina el material de recubrimiento. Realizar este proceso implica un análisis físico-químico de los materiales que se pretenden separar, para así analizar cuál es la solución de lavado apropiada.» [9]

Figura 7.

Diagrama de flujo del proceso de lavado



Nota. Diagrama de proceso de lavado a nivel laboratorio

2.1.2 Determinación de propiedades mecánicas

2.1.2.1 Desprendimiento: Este procedimiento se realizará de forma manual y se evaluará la cantidad de material que se separa realizando una medición del área que se logra despegar.

2.1.2.2 Ensayo de flexión: « El ensayo de flexión se determina a partir del Flexómetro de suelas SATRA (Anexo B, Flexómetro), en donde se somete el PVC a pliegues o arrugas similares a los que se forman en la caña de la bota durante su uso, hasta que no sufra cambio a un número especificado de ciclos de flexión que ocurren en un periodo de 24 horas. »^[10]

La empresa Croydon Colombia S.A. no cuenta con un proceso que permita la separación efectiva del PVC y el poliéster. La unión de los materiales se muestra en la figura 8.

Figura 8.

Muestra de adhesión entre poliéster y PVC.



Nota. Muestra tomada de la bota PVC que permite apreciar la adhesión entre el PVC y el poliéster.

La metodología para elaborar la bota de PVC inicia con la llegada de la materia prima a la fábrica: el PVC y los plastificantes. Estos materiales son transportados a la maquina mezcladora donde se agregan los colores y dependiendo de los requerimientos se agregan los compuestos que permiten a las botas ser utilizadas en los diferentes ambientes de humedad. ácidos grasos, hidrocarburos, etc. Esta mezcla se granula como se muestra en la figura 9. Para que sea más homogénea.

Figura 9.

PVC granulado.



Nota. PVC granulado listo para inyección.

Después de un reposo, los gránulos son trasladados a la máquina inyectora. Ésta máquina calienta el PVC hasta fundirlo para ser inyectado a presión. Son colocadas las

hormas y moldes de aluminio de acuerdo con las especificaciones de la bota recubriéndose con una media como lo muestra la figura 10.

Figura 10.

Molde de Aluminio cubierto con media de poliéster.



Nota. Imagen del molde de aluminio empleado en la fabricación de bota PVC en Croydon Colombia S.A.

La media cumple la función de dar frescura y comodidad al interior de la bota, dadas sus propiedades de absorción de sudor. Se coloca puntera y plantilla de acero si se requiere. En la primera etapa de producción, se inyecta la caña de la bota. Esta mezcla recubre completamente la puntera y la plantilla de acero asegurándolas e impidiendo que se desplacen. En la siguiente etapa se inyecta la suela, que luego pasa a un proceso de enfriamiento que le otorga la rigidez y flexibilidad necesaria. Finalmente, se abre el molde para ser retirada y colocada en la banda transportadora.

Posteriormente se cortan y retiran los sobrantes de la bota y se realiza la última inspección. Se coloca el sello que identifica las características con las cuales se elaboró la bota, se limpian y se empacan en bolsas para ser almacenadas en cartones de a doce unidades y se ingresan a la bodega de producto terminado.

Inicialmente, para determinar el proceso y la sustancia óptima para la separación, se realiza la investigación de las características fisicoquímicas de los materiales a separar: la lámina de PVC y la fibra de poliéster.

La selección del proceso no requiere de experimentación, ya que la investigación ofrece información puntual sobre el método a utilizar en caso de tener PVC en forma de película unido a otro material, sin reacción sustancial entre ellos. Usando una solución de lavado y sometiendo posteriormente el PVC recubierto a condiciones de cizallamiento para eliminar el material de recubrimiento.^[11]

“Para la parte experimental se realizó una investigación sobre los posibles solventes que permitirían cumplir con el objetivo de separar la fibra de poliéster a la lámina de PVC a través de artículos científicos, cuyas metodologías indican qué solventes permiten una separación efectiva a diferentes condiciones de temperatura” ^[12] , analizando también parámetros como la solubilidad, que es una herramienta útil para la búsqueda de los solventes adecuados y las propiedades del polímero.

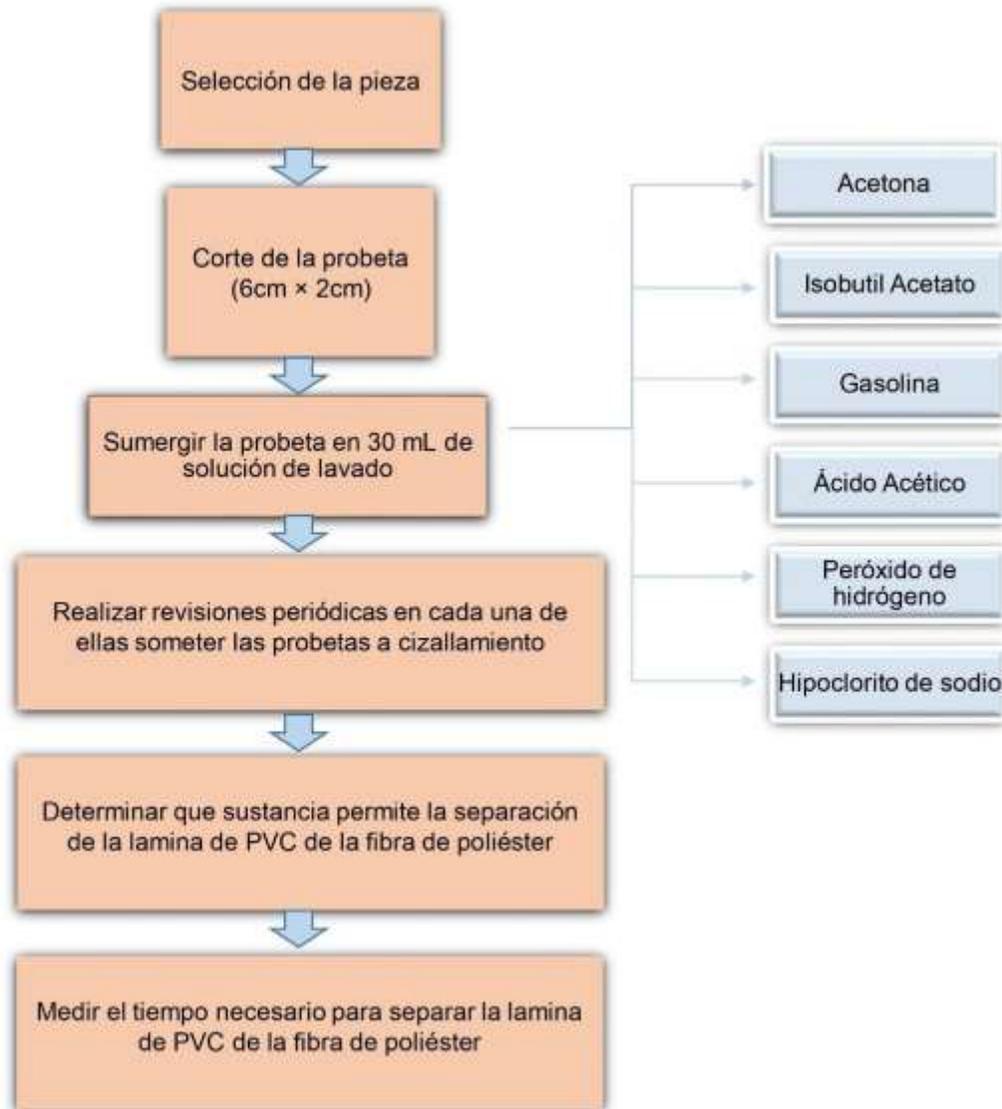
Para la determinación de los solventes óptimos en la separación de PVC cubierto con fibras de poliéster se tuvieron en cuenta parámetros como: la solubilidad, composición química, facilidad de adquisición, riesgos ambientales y seguridad durante su uso y se seleccionaron las siguientes sustancias para ser evaluadas en el proceso de separación. La información contenida en los artículos sugería que la sustancia que permitiría la separación de los materiales de forma efectiva sería la acetona por esta razón se utiliza para el desarrollo experimental del proyecto.

- Acetona. 99,5 %
- Isobutil Acetato. 32,59%
- Ácido Acético. Vinagre 5%
- Gasolina. Octanaje 87
- Hipoclorito de sodio. 13%
- Peróxido de hidrógeno. 35%

Para el proceso de lavado se seleccionaron piezas de corte en las probetas de 6cm x 2 cm, se sumergieron en 30 ml de cada una de las sustancias en una caja de Petri de vidrio. Se realizaron revisiones periódicas para determinar el tiempo necesario que toma lograr la separación sometiendo la probeta a cizallamiento en cada una de las revisiones.

Figura 11.

Diagrama general del proceso



Nota. Descripción del proceso que se realizara a nivel laboratorio.

Por último, y después de haber realizado el registro de las sustancias que permitieron la separación y el tiempo que les tomó, se evalúa la flexión en la probeta de PVC sin poliéster adherido.

Toma de muestra. Las muestras recolectadas para evaluar la separación de la lámina de PVC y la fibra de poliéster, se tomaron al finalizar la etapa de inyección.

El espesor mínimo de la probeta, para este ensayo, es de 6 mm. ^[13]

El número de pruebas realizadas fueron veinticuatro y se repartieron en:

- Seis pruebas con dosificación correspondiente a 30 ml dentro de una caja de Petri.
 - ✓ Una usando isobutil acetato
 - ✓ Una usando gasolina
 - ✓ Una usando acetona
 - ✓ Una usando ácido acético
 - ✓ Una usando peróxido de hidrogeno
 - ✓ Una usando hipoclorito de sodio

- Evaluando el desprendimiento en cuatro periodos de tiempo distintos después de 30 minutos, 60 minutos, 120 minutos y 180 minutos.

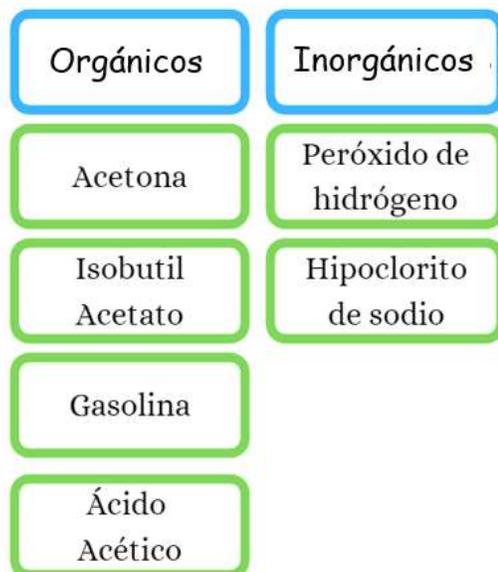
Parámetros de supervisión. Para la toma de datos, y posterior realización de los análisis relacionados al proyecto, así como la determinación de la sustancia más apropiada, se seleccionaron los siguientes parámetros de supervisión:

- Cantidad de poliéster separado
- Tiempo requerido para la separación

Productos químicos. Para el desarrollo de la experimentación se utilizaron seis sustancias de lavado: tres inorgánicas y tres orgánicas. La información sobre manipulación, medidas de protección individual y almacenamiento se encuentra en el anexo A.

Tabla 5.

Clasificación de las posibles sustancias según su composición química.



Nota. Clasificación de las posibles sustancias a emplear en la experimentación.

Los resultados obtenidos para la separación de la fibra de poliéster adherido a la lámina de PVC, así como las características de cada prueba, se muestran en la tabla 6.

Tabla 6.

Resultados obtenidos de la separación.

Sustancia	Periodo			
	30 minutos	60 minutos	120 minutos	180 minutos
Acetona	Sin cambios	Presenta desprendimiento del 80 %	Desprende totalmente	Desprende totalmente
Isobutil Acetato	Sin cambios	Presenta desprendimiento del 30%	Desprende totalmente	Desprende totalmente
Gasolina	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	Presenta desprendimiento del 10 %
Peróxido de hidrogeno	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios
Hipoclorito de sodio	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	Presenta desprendimiento del 5%
Ácido Acético	Sin cambios	Sin cambios	Presenta desprendimiento del 25 %	Presenta desprendimiento del 30 %

Nota. Resultados obtenidos de la separación con cada uno de los solventes.

La determinación de los porcentajes de desprendimiento se realizó midiendo el área que se lograba desprender después de realizar un esfuerzo mecánico manual sobre los materiales después de ser sumergidos en los solventes.

El análisis de datos permite identificar que las sustancias que permiten la separación efectiva de la fibra de poliéster son el isobutil acetato y la acetona.

Por un parte la acetona efectúa el proceso en 2 horas, pero es absorbida por el PVC generando desmoronamiento, por lo cual se debe dar un reposo al material de 24 horas con el fin de eliminar el exceso y proceder a realizar las pruebas de flexión. Por otra parte, el isobutil acetato logra hacer la separación de materiales de manera limpia en un tiempo de 2 horas dejando el material listo para la prueba de flexión.

Si bien la acetona y el isobutil acetato son indicados para el procedimiento el isobutil acetato hace más corta y limpia la separación del PVC para la posterior inyección. La gasolina, el hipoclorito de sodio, el ácido acético y el peróxido de hidrogeno no generan desprendimiento representativo en las muestras, por esta razón se descartan para la experimentación.

2.2 Diseño de experimentos

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la pre-experimentación se pretende con el diseño experimental evaluar cuantitativamente si existe una diferencia de la adhesión entre la acetona y el isobutil acetato, solventes que permitieron una separación efectiva de los materiales de interés.

El grado de aceptación para la aplicación del proceso, se determina mediante la evaluación de la flexión que es la propiedad mecánica relevante para el uso del PVC.

2.3.1 Planteamiento de la hipótesis

2.3.1.1 Hipótesis Alternativa La adhesión entre el isobutil y la acetona es diferente después del tratamiento.

2.3.1.2 Hipótesis Nula La adhesión de los materiales después de tratarlos con el isobutil y con la acetona es igual.

Se define que las probetas serán evaluadas en periodos de tiempo de (5 minutos) hasta lograr el valor más bajo de adhesión.

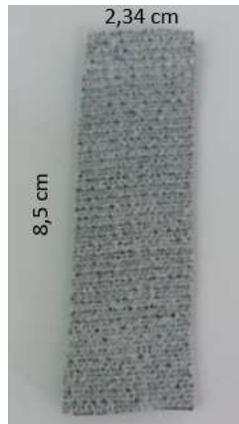
Se definen como constantes a partir de la experimentación la temperatura del laboratorio que es de (22°C) y la concentración de los solventes: acetona al 99,5 % e isobutil acetato al 32,59 %.

Se utiliza el ANOVA de un factor con replica en la prueba de adhesión que se realiza utilizando el dinamómetro ELEVAC y el software SATURN PLUS desarrollados para ensayos requeridos en los laboratorios de control de calidad, especialmente en el área de fuerza.

Las probetas miden 2,54 cm por 8,5 cm como aparece en la figura 12.

Figura 12.

Probetas



Nota. Muestra de las probetas requeridas en la experimentación.

Los resultados obtenidos (ANEXO C) a través de las pruebas con acetona fueron los siguientes.

Tabla 7.

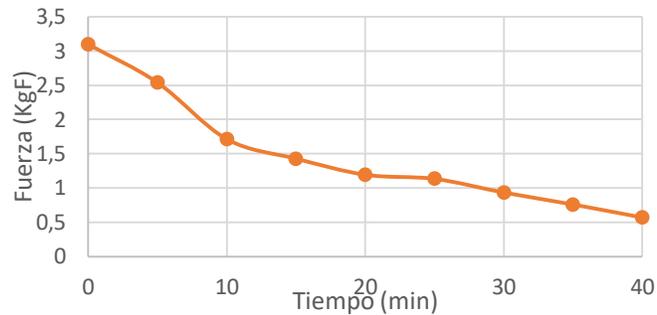
Pruebas de adhesión con acetona.

Minutos	Ensayo 1 adhesión - Acetona (KgF)	Ensayo 2 Adhesión- Acetona (KgF)	Promedio adhesión acetona (KgF)
0	3,10	3,10	3,10
5	2,72	2,36	2,54
10	2,42	1,01	1,72
15	1,85	1,01	1,43
20	1,59	0,80	1,20
25	1,51	0,76	1,14
30	1,14	0,73	0,94
35	0,91	0,61	0,76
40	0,80	0,34	0,57

Nota. Resultados de la prueba de adhesión con acetona.

Figura 13.

Prueba de adhesión usando acetona.



Nota. La grafica describe el comportamiento del desprendimiento usando acetona.

En la figura 14 se observa que el comportamiento de la adhesión se ve considerablemente afectado por la acetona. La adhesión inicial es de 3,01 KgF y la final es de 0,57. El valor anterior es prácticamente despreciable en un periodo de tiempo corto de 40 minutos esta sustancia logro la separación.

Figura 14.

Pruebas con acetona.



Nota. Resultado de las probetas después de la prueba con acetona.

En la figura 14 se observa que se logra el desprendimiento del poliéster, pero el PVC con el pasar del tiempo se degrada.

Los resultados obtenidos a través de las pruebas con isobutil fueron los siguientes (se detallan en el anexo D).

Tabla 8.

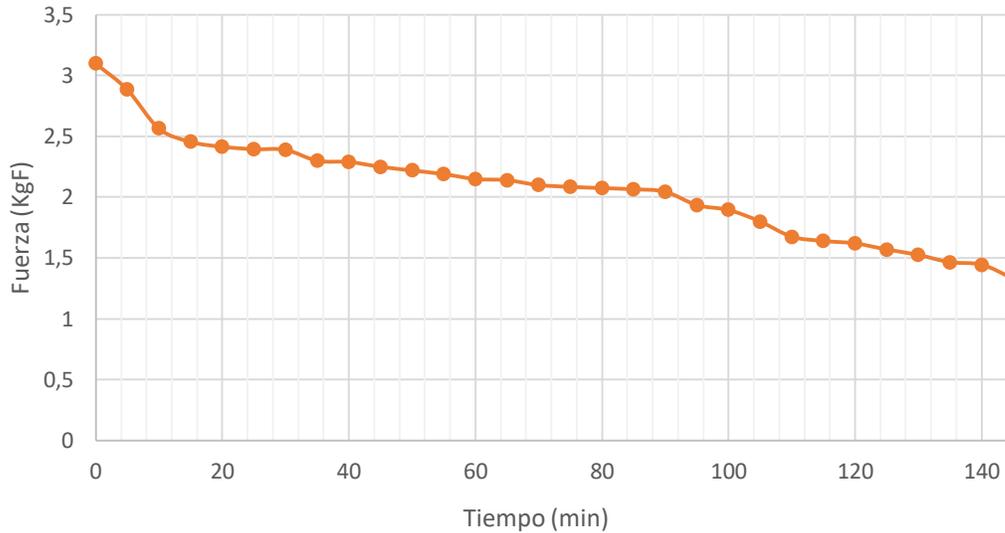
Prueba de adhesión usando isobutil acetato.

Minutos	Ensayo adhesión 1-Isobutil (KgF)	Ensayo adhesión 2- Isobutil (KgF)	Promedio adhesión isobutil (KgF)
0	3,10	3,10	3,10
5	2,83	2,94	2,89
10	2,36	2,77	2,57
15	2,36	2,55	2,46
20	2,36	2,47	2,42
25	2,34	2,45	2,40
30	2,34	2,44	2,39
35	2,26	2,34	2,30
40	2,25	2,33	2,29
45	2,17	2,33	2,25
50	2,17	2,27	2,22
55	2,12	2,26	2,19
60	2,04	2,26	2,15
65	2,02	2,26	2,14
70	2,01	2,19	2,10
75	2,00	2,17	2,09
80	1,98	2,17	2,08
85	1,97	2,16	2,07
90	1,95	2,14	2,05
95	1,85	2,02	1,94
100	1,79	2,00	1,90
105	1,75	1,85	1,80
110	1,55	1,80	1,68
115	1,50	1,78	1,64
120	1,46	1,78	1,62
125	1,37	1,77	1,57
130	1,37	1,68	1,53
135	1,28	1,65	1,47
140	1,25	1,64	1,45
145	1,11	1,55	1,33

Nota. Resultados obtenidos de la prueba de adhesión usando isobutil acetato

Figura 15.

Pruebas de adhesión con isobutil acetato.



Nota. La grafica describe el comportamiento del desprendimiento usando isobutil acetato.

En la figura 15 se observa que el comportamiento de la adhesión es afectado por el isobutil acetato, la adhesión inicial es de 3,01 KgF y la final es de 1,33 KgF. En un periodo de tiempo de 145 minutos esta sustancia logró una disminución considerable de la fuerza entre la unión de los materiales.

Figura 16.

Pruebas adhesión con isobutil acetato.



Nota. Resultado de las probetas después de la prueba con isobutil acetato.

En la figura 16 se observa que se logra el desprendimiento del poliéster, sin afectar las propiedades mecánicas del PVC.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente se procede a realizar el ANOVA (análisis de varianza) ^[14] que permite determinar en términos de adhesión cuál es el solvente que cumple mejor con el objetivo de lograr la separación efectiva del PVC y el poliéster, ejecutando como variable respuesta la adhesión a través de unos periodos determinados.

Tabla 9.

Promedio de resultados de adhesión con acetona e isobutil acetato.

Mínutos	Promedio adhesión isobutil (KgF)	Promedio adhesión isobutil (KgF)
0	3,10	3,10
5	2,89	2,54
10	2,57	1,72
15	2,46	1,43
20	2,42	1,20
25	2,40	1,14
30	2,39	0,94
35	2,30	0,76
40	2,29	0,57
45	2,25	
50	2,22	
55	2,19	
60	2,15	
65	2,14	
70	2,10	
75	2,09	
80	2,08	
85	2,07	
90	2,05	
95	1,94	
100	1,90	
105	1,80	
110	1,68	
115	1,64	
120	1,62	
125	1,57	
130	1,53	
135	1,47	
140	1,45	
145	1,33	

Media	2,067166667	1,486666667
n	30	9
k	2	

Nota. Promedio de adhesión con acetona e isobutil acetato

Evaluaremos el R^2 para verificar la normalidad de los datos.

Tabla 10.

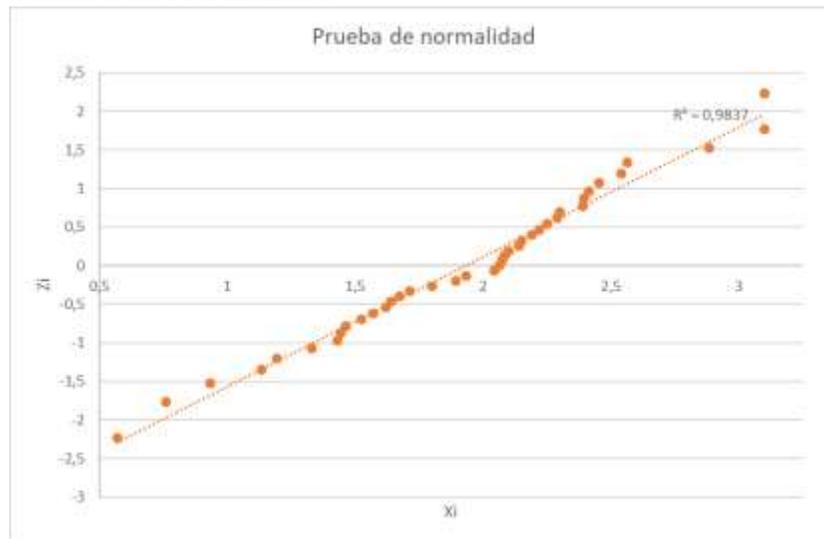
Tabla de normalidad

X_i	i	$(i-0,5)/N$	Z_i
0,57	1	0,012820513	-2,23160584
0,76	2	0,038461538	-1,76882504
0,94	3	0,064102564	-1,52121805
1,14	4	0,08974359	-1,34233568
1,20	5	0,115384615	-1,1983797
1,33	6	0,141025641	-1,07572272
1,43	7	0,166666667	-0,96742157
1,45	8	0,192307692	-0,86942377
1,47	9	0,217948718	-0,77913968
1,53	10	0,243589744	-0,69480185
1,57	11	0,269230769	-0,6151411
1,62	12	0,294871795	-0,53920764
1,64	13	0,320512821	-0,46626526
1,68	14	0,346153846	-0,3957253
1,72	15	0,371794872	-0,32710332
1,80	16	0,397435897	-0,2599896
1,90	17	0,423076923	-0,19402814
1,94	18	0,448717949	-0,12890111
2,05	19	0,474358974	-0,06431684
2,07	20	0,5	0
2,08	21	0,525641026	0,06431684
2,09	22	0,551282051	0,12890111
2,10	23	0,576923077	0,19402814
2,14	24	0,602564103	0,2599896
2,15	25	0,628205128	0,32710332
2,19	26	0,653846154	0,3957253
2,22	27	0,679487179	0,46626526
2,25	28	0,705128205	0,53920764
2,29	29	0,730769231	0,6151411
2,30	30	0,756410256	0,69480185
2,39	31	0,782051282	0,77913968
2,40	32	0,807692308	0,86942377
2,42	33	0,833333333	0,96742157
2,46	34	0,858974359	1,07572272
2,54	35	0,884615385	1,1983797
2,57	36	0,91025641	1,34233568
2,89	37	0,935897436	1,52121805
3,10	38	0,961538462	1,76882504
3,10	39	0,987179487	2,23160584

Nota. Descripción de los datos requeridos para calcular la normalidad.

Figura 17.

Prueba de Normalidad



Nota. Grafica de la prueba de normalidad.

El resultado obtenido de R^2 fue de 0,9837 un excelente indicador de la cercanía obtenida entre los datos que se forman en la línea de regresión ajustada.

La tabla 11 permite ver si existen datos atípicos, que se pueden eliminar para tener un mejor ajuste en los datos de la regresión:

Tabla 11.

Datos atípicos.

N	39
Datos Atípicos	
Q1	1,5475
Q3	2,295
R.I.C.	0,7475
Limite inferior	0,42625
Limite superior	3,41625

Nota. Resultados para determinar datos atípicos

Los resultados obtenidos del límite inferior y el límite superior nos indican que ningún dato debe ser eliminado, pues todos los datos están en concordancia con el objetivo de este análisis.

Se realiza la prueba de igualdad de varianzas usando el estadístico de Bartlett con un grado de significancia del 5%, un $\alpha=0,05$ y un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 12.

Datos promedio de adhesión.

Minutos	Promedio adhesión isobutil (KgF)	Promedio adhesión isobutil (KgF)
0	3,10	3,10
5	2,89	2,54
10	2,57	1,72
15	2,46	1,43
20	2,42	1,20
25	2,40	1,14
30	2,39	0,94
35	2,30	0,76
40	2,29	0,57
45	2,25	
50	2,22	
55	2,19	
60	2,15	
65	2,14	
70	2,10	
75	2,09	
80	2,08	
85	2,07	
90	2,05	
95	1,94	
100	1,90	
105	1,80	
110	1,68	
115	1,64	
120	1,62	
125	1,57	
130	1,53	
135	1,47	
140	1,45	
145	1,33	

Nota. Datos promedio de adhesión KgF.

Tabla 13.

Varianzas

$s_i^2 =$	0,177425316	0,7061375
$n_i =$	30	9
$N =$	39	
$k =$	2	

Nota. Varianzas obtenidas

Ecuación 1. Varianzas muestrales combinadas.

$$s_p^2 = \frac{1}{N - k} \sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2 = 0,291741464$$

Ecuación 2. Estadístico de Bartlett

$$b = \frac{\left[(s_1^2)^{n_1-1} (s_2^2)^{n_2-1} \dots (s_k^2)^{n_k-1} \right]^{\frac{1}{N-k}}}{s_p^2} = 0,819822529$$

En este caso

$$b_1(\alpha; n_1) = b_1(0,05; 30) = 0,9348$$
$$b_2(\alpha; n_2) = b_2(0,05; 9) = 0,7751$$

Entonces

$$b_k \approx \frac{n_1 * b_1 + n_2 * b_2 + n_3 * b_3}{N} = 0,897946154$$

Como $b < b_k$

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que las varianzas entre los tratamientos son diferentes.

Sin embargo, se realiza el ANOVA ya que los valores no son tan distantes.

Se realiza la prueba F que permite identificar en la tabla ANOVA los factores significativos y el valor P de prueba de significancia estadística de cada uno de los valores. Es decir, F refleja el grado de similitud existente entre las medidas a comparar. Si el valor $\alpha > P$, los factores tendrán un efecto estadísticamente significativo sobre las pruebas mecánicas, evaluado para un nivel de significancia del 5%, en un $\alpha=0,05$ y con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 14.

Resumen ANOVA

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Promedio adhesión isobutil	30	62,015	2,067166667	0,1774253
Promedio adhesión acetona	9	13,38	1,486666667	0,7061375

Nota. Descripción resumida de los resultados obtenidos del ANOVA.

La tabla 13 arroja los valores de varianza para este caso desiguales entre las pruebas de isobutil acetato y acetona.

Desarrollo de la Prueba F

Tabla 15.

Requerimientos para la prueba F

Total	62,015	13,38
Media	2,06	1,49
n	30	9
ñ	19	
k	2	
Y	75,395	
N	39	

Nota. Datos requeridos para la prueba F

Donde :

- El total indica la suma de los datos de cada tratamiento.
- La media es el promedio de los datos en cada tratamiento.
- n indica la cantidad de observaciones en cada tratamiento.
- ñ es el valor promedio entre las observaciones de los tratamientos que se usa específicamente en casos desbalanceados.

- k es el número de tratamientos.
- Y suma de todos los datos.
- N número total de datos en todos los tratamientos.

Ecuación 3. Fórmula para el cálculo de la suma de cuadrados entre grupos (SCE).

$$SCE = \sum_{i=1}^k \frac{y_i^2}{n} - \frac{Y^2}{N}$$

Para el cálculo de la suma de cuadrados dentro de los grupos se requiere calcular la variación total de los datos con respecto a la media global (SCT)

Ecuación 4. Suma total de cuadrados.

$$SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (y_{i,j} - \bar{y}_i)^2$$

Ecuación 5. Fórmula para el cálculo de la suma de cuadrados dentro de los grupos

$$SCD = SCT - SCE$$

(SCD).

Ecuación 6. Grados de libertad entre grupos

$$SCE = k - 1$$

$$SCD = k * (\bar{n} - 1)$$

Ecuación 7. Grados de libertad dentro de los grupos

Ecuación 8. Grados de libertad totales

$$SCT = \bar{n} * k - 1$$

Tabla 16.

Resumen prueba F

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2,332940192	1	2,332940192	7,9966014	0,007520749	4,105455897
Dentro de los grupos	10,79443417	37	0,291741464			
Total	13,12737436	38				

Nota. Resumen de resultados obtenidos de la prueba F.

Teniendo en cuenta lo expuesto en las hipótesis y de acuerdo con los datos de la tabla 15: prueba F, donde el estadístico de prueba $F >$ Valor crítico F, se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa. Lo que confirma que la adhesión es diferente al usar acetona y al usar isobutil acetato.

Posteriormente se realiza prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales:

Tabla 17.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales.

	Promedio adhesión isobutil	Promedio adhesión acetona
Media	2,067166667	1,486666667
Varianza	0,177425316	0,7061375
Observaciones	30	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	1,998472441	
P(T<=t) una cola	0,038370791	
Valor crítico de t (una cola)	1,833112933	

Nota. Resultados de la prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales.

Con un nivel de significancia de 0,05 el estadístico de prueba es mayor que el valor crítico, lo que ratifica que se debe rechazar la hipótesis nula y por lo tanto la adhesión es diferente para la acetona y el isobutil acetato.

Los grados de libertad hacen referencia a que la asociación entre las muestras debe ser mayor que la menor muestra y menor que la suma de las dos muestras. En este caso, está en el extremo ya que tiene el mismo tamaño que el de la muestra de acetona. Con este valor se calcula el valor crítico de t y por lo tanto será mayor que 9 y menor de 39.

El P valor es 0.038, cercano al límite que es 0.05 y aún así está por debajo de este, esta información indica nuevamente que se debe rechazar la hipótesis nula.

Se selecciona la prueba de una cola porque se cuenta con un referente bibliográfico que indica que la acetona es la sustancia que permite una separación más rápida. Por lo anterior, ésta es una prueba de una cola unilateral derecha.

Las pruebas de flexión se realizan en las probetas de PVC después de la separación con isobutil acetato y acetona, ambos materiales cumplen con el ensayo, aunque la probeta

con acetona requiere un reposo de 24 horas luego del proceso de separación pues ésta absorbe la sustancia, lo que no permite hacer la prueba de flexión inmediatamente después de la separación.

Por lo anterior, tanto la selección del proceso y el desarrollo de la experimentación determina que se logra el cumplimiento del objetivo de manera eficiente usando el proceso de lavado y las sustancias sugeridas teóricamente y que la sustancia que permite un mejor desempeño para el proceso es el isobutil acetato teniendo en cuenta la limpieza que da al proceso y su facilidad de adquisición.

2.4. Análisis final del capítulo

- Se realiza el análisis de datos a través del ANOVA de un solo factor y se determina que se debe rechazar la hipótesis nula, ya que los datos de adhesión son diferentes entre isobutil acetato y la acetona, para corroborar esto se decide hacer la prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, esta prueba ratifica el hecho de rechazar la hipótesis nula ya que el estadístico de prueba F es mayor al valor crítico F.
- Se logra la separación de los materiales con acetona e isobutil acetato con una diferencia: la acetona efectúa el proceso de forma más rápida y más eficiente, ya que el valor medio de desprendimiento es de 1,486 KgF en comparación con el isobutil acetato que es de 2,067 KgF, pero es absorbida por el PVC generando desmoronamiento, por lo que se debe dar un reposo al material de 24 horas, con el fin de eliminar el exceso.
- El isobutil acetato logra hacer la separación de los materiales de manera limpia en un tiempo de 2 horas dejando el material listo para la prueba de flexión.

- Por lo anterior, se concluye que si bien las dos sustancias son indicadas para el procedimiento, el isobutil acetato hace más corta y limpia la separación del PVC para la posterior inyección.

3. REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO SELECCIONADO

Los resultados obtenidos del diseño de experimentos indicaron la sustancia adecuada, variables y condiciones necesarias para el proceso de lavado, a continuación, se especificarán los requisitos técnicos para implementar este proceso que tiene como fin mejorar el método de recuperación del residuo de PVC, se pretende crear una línea de producción que permita incorporar el PVC recuperado nuevamente a inyección con la máxima limpieza posible.

En este capítulo se pretende elaborar un diseño conceptual siguiendo la jerarquía de Douglas Nivel 4 que corresponde a la “Especificación del sistema de separación” que es la más promisorio conforme al objetivo establecido en este capítulo, el cual es indicar los requerimientos técnicos como: servicios, equipos, sustancias, flujos, instalaciones y tipo de almacenamiento necesarios para llevar a cabo el proceso de separación del PVC y el poliéster.

Los aspectos más relevantes para la implementación de este proceso y que dividen el contenido de este capítulo serán:

- Condiciones generales del proceso (tales como flujos, composiciones, temperatura y otros indicadores de estado).
- Capacidad de producción.
- Localización de los equipos en la planta.

3.1 Requerimientos generales del proceso

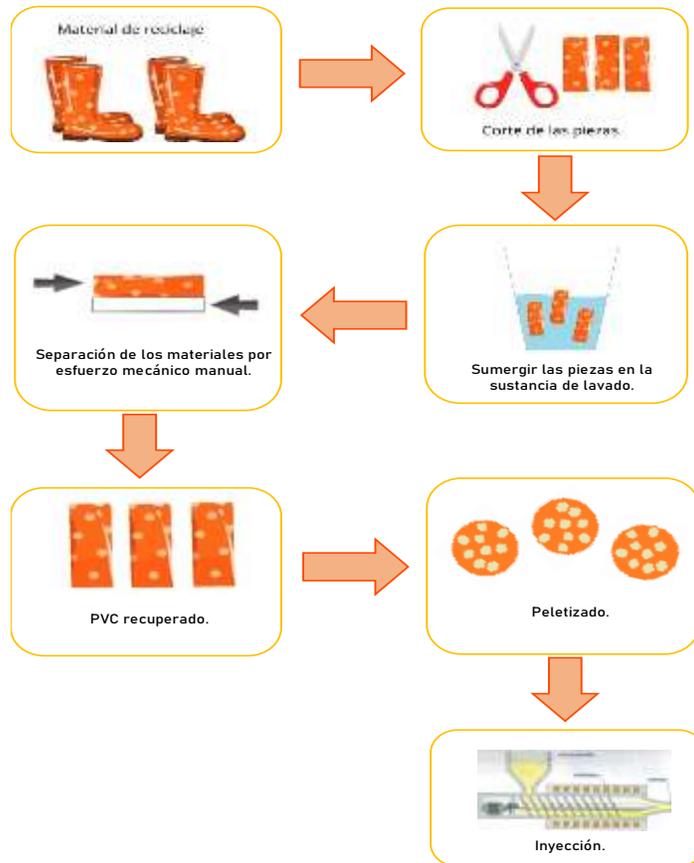
Los requerimientos generales del proceso son:

- **Servicios.** Se requieren los servicios básicos de agua potable y energía eléctrica. Agua (150 Kg/día) para realizar el proceso de limpieza y energía eléctrica (220 V) para la cabina de extracción.
- **Infraestructura.** “Es importante tener en cuenta que, cuando las actividades laborales implican contacto con solventes orgánicos, las medidas de higiene y seguridad industrial juegan un papel muy importante en la prevención de los efectos asociados a su uso y de enfermedades de alto costo social.” [15]
 “Se debe contar con ciclos de **ventilación y aspiración localizada**. Renovar la atmósfera de trabajo con aire fresco, no contaminado, y la aspiración localizada cada hora.” [16]
- **Almacenamiento de materia prima.** El Isobutil acetato es un solvente altamente inflamable, volátil, con alta capacidad explosiva y toxicidad elevada. Por esta razón deben estar en canecas metálicas cerradas.

3.2 Propuesta para la reutilización del residuo de PVC

El proceso de separación de PVC y poliéster busca obtener dos materiales independientes mediante el proceso de lavado el cual consiste en sumergir los materiales adheridos en una sustancia que debilite sus enlaces en este caso la sustancia de separación será isobutil acetato, posteriormente los materiales serán sometidos a una separación mecánica manual para finalmente ser reinyectado junto al PVC puro. En el capítulo 2 se presentó que es un proceso factible y eficaz ya que permite recuperar el 99 % del PVC para su posterior inyección. La implementación correcta de este proceso evitará daños en los equipos, disminuirá las pérdidas de material y mejorará el proceso de inyección evitando taponamientos que representan tiempo para los empleados y fallas mecánicas en las inyectoras.

Figura 18.
Diagrama del proceso de separación



Nota. Diagrama que describe el proceso de separación y reinyección del PVC limpio.

3.3 Descripción del proceso de reutilización de PVC

El método usado actualmente para reciclar el scrap es introducirlo en un molino de vion (figura 19), el cual homogeniza los dos compuestos de la bota: el PVC y el poliéster y lo libera en forma de láminas donde es triturado y se reinyecta para producir bota negra.

Figura 19.

Molino Vion



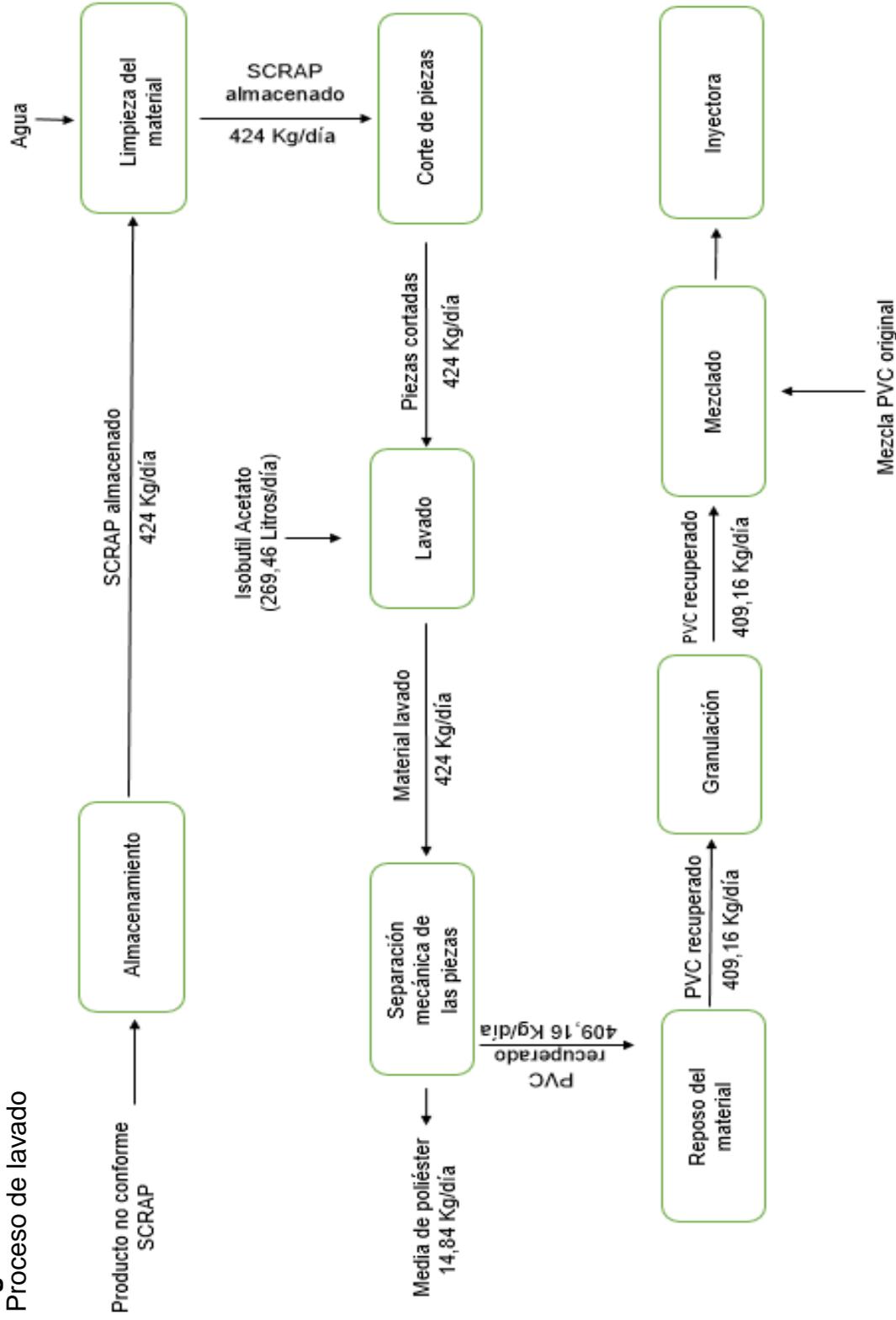
Nota. Imagen del molino empleado actualmente para la reutilización del PVC en Croydon Colombia S.A.

El objetivo principal de este trabajo es lograr la separación de estos materiales para permitir una entrada del PVC limpio a la inyectora y así evitar taponamientos. Para esto realizaremos una breve descripción del proceso de lavado que permitirá la incorporación del material al proceso de elaboración de bota.

El scrap entra a una primera etapa de limpieza donde se acondiciona, luego se corta en una sola pieza para facilitar la posterior separación. Después de tener la pieza cortada será sumergido en Isobutil Acetato durante 140 minutos. Después de transcurrido este tiempo de acondicionamiento se procede a separar de forma manual los materiales. Se dará reposo al material por 10 minutos y se llevará nuevamente a proceso de granulación, después será mezclado con PVC original para finalmente proceder a la inyección.

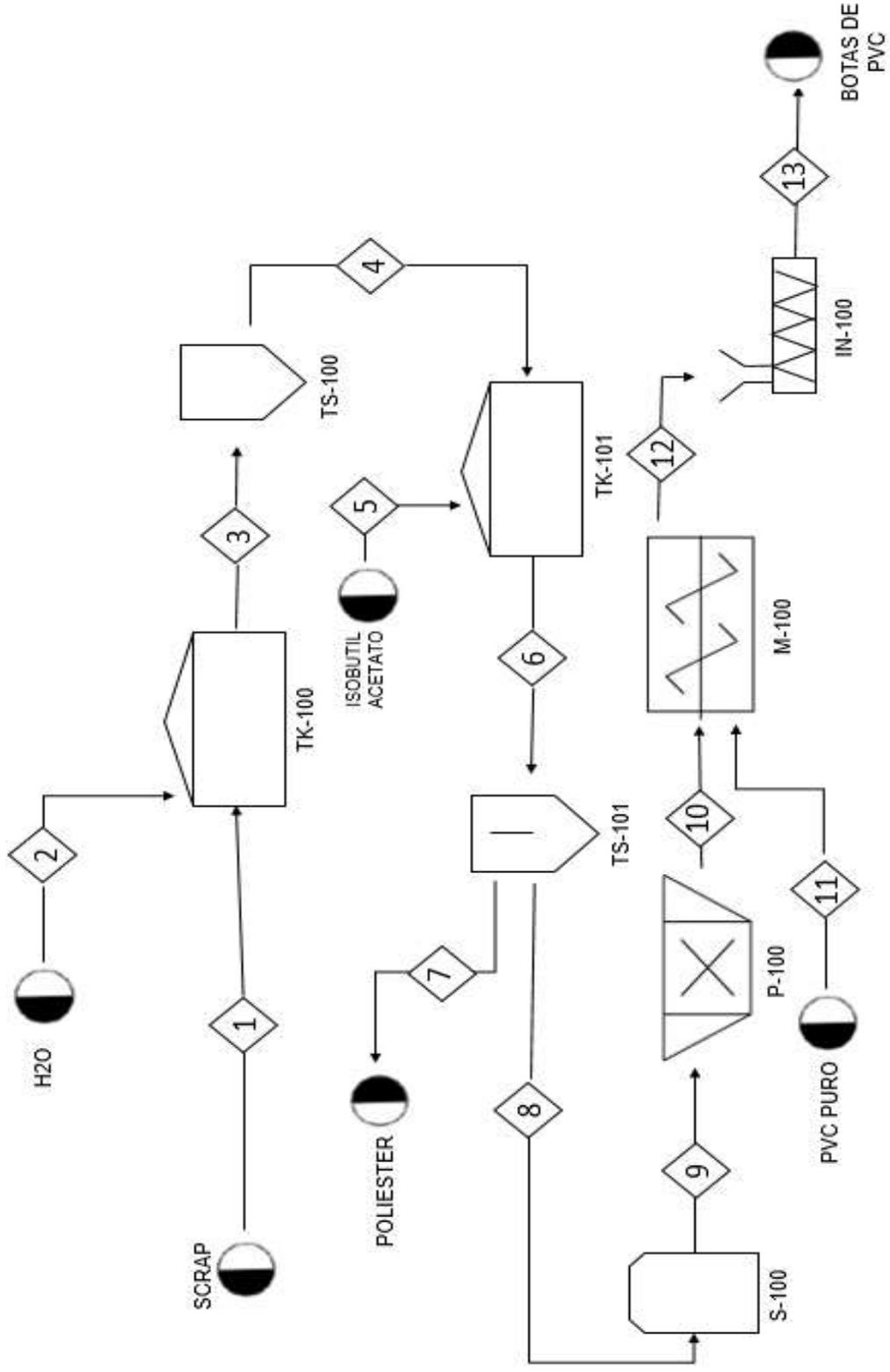
La figura 20 (Diagrama de procesos) y 21 (Diagrama PFD) representan el proceso anteriormente planteado.

Figura 20.
Proceso de lavado



Nota. Diagrama del proceso de lavado planteado para la recuperación del PVC y el poliéster.

Figura 21.
Proceso de lavado



Nota. Diagrama PFD para el proceso planteado en la recuperación del PVC y el poliéster.

Tabla 18.

Condiciones diagrama PFD

Número de corriente	Temperatura (°C)	Flujo
1	22	424 (Kg/día)
2	20	150 (Kg/día)
3	22	424 (Kg/día)
4	22	424 (Kg/día)
5	20	270 (Kg/día)
6	22	424 (Kg/día)
7	22	15 (Kg/ día)
8	22	409 (Kg/día)
9	22	409 (Kg/día)
10	22	409 (Kg/día)
11	22	
12	22	

Nota. Condiciones de proceso diagrama PFD

La corriente 7 y 8 se determinaron a partir del estudio previo ^[17] de la cantidad de poliéster que contiene una bota de PVC.

Tabla 19.

Porcentaje media poliéster PVC

Con media (g)	Sin media (g)	Media (g)	% Media	%PVC
0,15	0,14	0,004	2,92	97,07
0,20	0,20	0,007	3,73	96,26
0,19	0,18	0,006	3,36	96,63
0,17	0,16	0,008	4,67	95,32
0,20	0,19	0,007	3,82	96,17
0,19	0,18	0,006	3,25	96,74

Nota. Proceso reciclaje de PVC por flotación.

Tomado de: Gutiérrez Gomez , M. y Martínez Rodríguez,L. (2018) Propuesta de flotación para la separación del residuo PVC/Poliéster en Croydon Colombia S.A. (Trabajo de grado) Universidad de América.

Repositorio institucional Lumieres

<https://cutt.ly/wk4tgjn>

Con los datos obtenidos en la Tabla 19, se determinó que el porcentaje de media poliéster y de PVC en la mezcla son del 3.5 % y 96.5% respectivamente.

Tabla 20.

Convenciones diagrama PFD

Convenciones de equipos	
TK-100	Tanque de limpieza
TS-100	Corte de piezas
TK-101	Tanque de lavado
TS-101	Separación mecánica
S-100	Mallas de secado
P-100	Peletizadora
M-100	Mezcladora
IN-100	Inyectora de tornillo helicoidal

Nota. Convenciones del diagrama PFD

3.4 Condiciones del proceso

Realizar el proceso de lavado implica tener en cuenta la cantidad de materia prima que ingresa al proceso como alimento. La cantidad de SCRAP reportada para el último mes fueron 7816 pares de botas. Para tener un valor aproximado real de la bota se elabora la tabla 21 donde se muestra el peso de cada tipo de bota de acuerdo con su talla en gramos y así obtener un valor promedio.

Tabla 21.

Peso en gramos de las botas de acuerdo con su tipo y talla.

Tipo de bota	Talla 5	Talla 6	Talla 7	Talla 8	Talla 9	Talla 10
Negra macha		715,93	784,58	926,13	852,51	896,09
Amarilla workman			812,12	924,15	1006,99	1107,66
Blanca workman		942,9	904,66	943,56	997,67	1017,28
Feminela	687,25	652,67	708,62	741,76		
Figuras	512,53	513,19	625,81	629,6		

Nota. Datos recolectados de las botas de Croydon Colombia S.A.

De acuerdo con la tabla 21 se obtiene que el peso promedio es de **813,80** gramos por bota y de acuerdo con el valor promedio de la bota de PVC se determina el valor total de alimento mensual.

$$813,8 \text{ g por bota de PVC} \times 15.632 \text{ botas de PVC} = 12.721.322 \text{ g de PVC}$$

Lo que equivale a 12.721 Kg de SCRAP al mes.

Con esta información se considera pertinente operar los equipos de forma discontinua ya que es scrap se va a recuperar durante el tiempo que corresponde a un turno diario.

3.4.1 Cantidad de Scrap alimentado. El valor aproximado de SCRAP mensualmente es de 12.721 Kg al mes. Debido a que se decide realizar el proceso de forma diaria, la cantidad a alimentar de scrap corresponde a 424 kg/día.

3.4.2 Capacidad de producción nominal. Se darán a conocer las cantidades de materias primas las cuales se deben disponer para realizar el proceso de lavado. Para esto se realizaron balances de masa y energía en cada equipo.

3.4.2.a. Tanque de limpieza Este tanque debe contener 150 litros de agua para realizar la limpieza del material. Este proceso se realiza con el fin de no contaminar el isobutil acetato, solvente usado en la etapa de lavado.

3.4.2.b. Tanque de lavado Cada tanque de lavado contiene 150 Litros de Isobutil acetato y se deben usar dos para cumplir con el requerimiento diario.

3.4.2.c. Peletizadora: A este equipo ingresan 409,16 Kg/día de PVC recuperado.

3.4.2.d. Balance de Masa del tanque de lavado: Se requieren 0,6355 mL de isobutil acetato por gramo de PVC recuperado (Dato obtenido de la experimentación).

El scrap que se requiere recuperar mensualmente es de 12.721.366 gramos por lo tanto se calcula la cantidad de litros requeridos para realizar el proceso de manera diaria.

$$12.721.366 \text{ g} \times 0,6355 \text{ mL/g} = 8.084.428 \text{ mL}$$

8.085 LITROS DE ISOBUTIL ACETATO MENSUALES

$$8.085/30 = 269,49 \text{ Litros de Isobutil Acetato diarios}$$

3.4.2.e. Balance de masa del proceso de recuperación de PVC

Tabla 22.

Balance de masa del proceso de recuperación de PVC

Materiales	Entradas (Kg/día)	Salidas (Kg/día)
SCRAP (PVC y media)	424	
PVC Recuperado		409,16
Media de poliéster		14,84
Total	424	424
Solventes	Entradas (Litros/día)	Salidas (Litros/día)
Isobutil Acetato	270	270
Agua	150	150
Total	420	420

Nota. Resultados obtenidos del balance de masa.

3.5 Equipos que requiere el proceso

Para implementar el proceso de lavado Croydon Colombia S.A. necesita una serie de equipos e instalaciones con los que no cuenta actualmente. Las especificaciones de los equipos necesarios para poner en marcha el proceso son los siguientes:

3.5.1 Tanques necesarios para realizar varias etapas del proceso como la limpieza y el lavado.

3.5.1.1 Tanque de limpieza El criterio de selección de este tanque se basa en que garantiza comodidad a la hora de introducir las piezas y al retirarlas del agua que debe estar a temperatura ambiente para el proceso de limpieza.

Tabla 23.
Especificaciones del tanque de limpieza.



Costo	\$ 136.000
Capacidad	250 Litros
Dimensiones	
Diametro (cm)	79
Alto (cm)	91
Material	Polietileno

Nota. Especificaciones del tanque de limpieza requerido.

3.5.1.2 Tanque de lavado La selección de este tanque se basa en factores como:

- El material, ya que es resistente a la corrosión y es apropiado para introducir solventes. Al permanecer en condiciones de temperatura ambientales no se necesita ninguna especificación adicional para el material en el que está elaborado el tanque.
- Comodidad a la hora de introducir las piezas y retirarlas del solvente.
- La tapa cierra de forma hermética lo que permite que el solvente no se volatilice.

Tabla 24.

Especificaciones del tanque de lavado.

	
Costo	\$ 49.000
Capacidad	208 Litros
Dimensiones	
Diametro (cm)	58
Alto (cm)	92
Material	Lamina de alta densidad

Nota. Especificaciones del tanque de lavado

3.5.2 Cabina para la captación de solventes (VOC)

3.5.2.1 Definición Una cabina para captación es un espacio semicerrado donde se trabaja con solventes. Esta provista de un sistema de ventilación y filtración para atrapar los solventes o VOCs y entregar el aire limpio al ambiente. El adecuado sistema de ventilación de extracción evita que se salgan los solventes de la cabina.

Figura 22.

Cabina para captación de solventes



Nota. Imágen de cabina abierta para la captación de solventes (VOC) Modelo 303023 Propuesta 200812 12 de agosto de 2020. Calortec S.A.S.

3.5.2.2 Especificaciones técnicas

Dimensiones de la cabina

Tabla 25.

Dimensiones de la cabina

Dimensiones Interiores	
Ancho	3.00 metros
Alto	2.30 metros
Fondo	3 metros (Ext. 4.00 metros)

Nota. Dimensiones de la cabina de extracción

Calortec S.A.S.

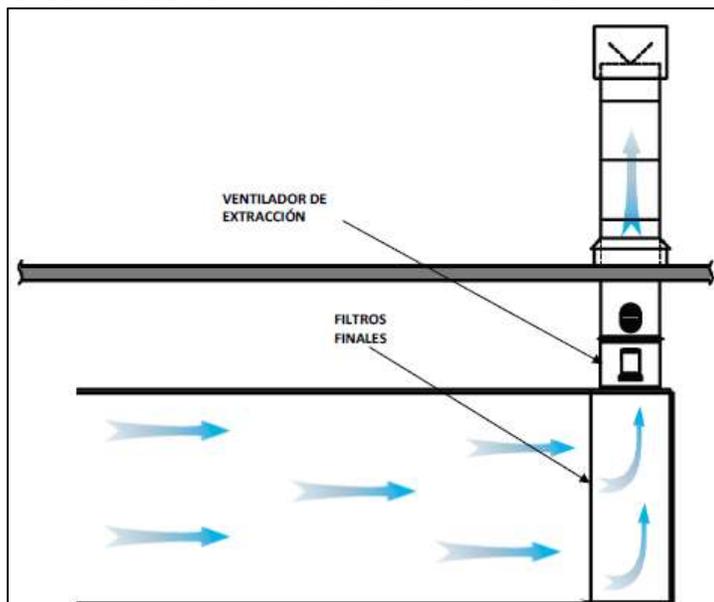
3.5.2.3 Construcción de la cabina Las paredes y el techo de la cabina son fabricados en lámina Cold Roll (CR) pintadas con pintura electrostática de color blanco.

Las cabinas están fabricadas en paneles modulares que se ensamblan fácilmente con tornillos, se instalan directamente en el piso y por su diseño modular, se pueden transportar o reubicar en cualquier sitio fácilmente.

3.5.2.4 Funcionamiento del sistema de la cabina La cabina tiene un flujo de aire horizontal, el aire succionado por el ventilador de extracción entra a la cabina por el frente abierto de la cabina, arrastra los VOCs y pasa por los filtros finales ubicados en la parte posterior donde se retienen los VOCs, finalmente sale por el ducto o chimenea a la atmósfera.

Figura 23.

Funcionamiento del sistema de la cabina



Nota. Descripción del funcionamiento de la cabina abierta para la captación de solventes (VOC)

Modelo 303023 Propuesta 200812

12 de agosto de 2020. Calortec S.A.S.

3.5.2.5 Ventilador de succión. 1 ventilador Tubo-Axial de alta eficiencia fabricado con aspas importadas y motor externo para evitar el sobrecalentamiento, una posible explosión y para fácil mantenimiento. Este equipo succiona el aire del interior de la cabina y lo entrega al ambiente a través del ducto de salida.

Tabla 26.

Especificaciones técnicas del ventilador

Tipo ventilador	
Balaneo	Tubo axial con motor externo dinámico y estático
Base motor	Tipo tensora
Motor	20 HP a 1800 RPM
Voltaje	220V /440 V
Guarda bandas	Tipo Osha
Trasmisión	Por bandas y poleas

Nota. Información técnica de ventilador Calortec S.A.S.

Figura 24.

Ventilador de succión.



Nota. Imagen del ventilador de succión
Propuesta 200812 12 de agosto de 2020.
Calortec S.A.S.

3.5.2.6 Filtros de salida El medio Filtrante se compone de una manta impregnada de Carbón Activado y está hecho del material de polvo de carbón activado con características de absorción de alta calidad.

Se adoptó de macromolécula, material adhesivo encerado a base de fibra con excelente rendimiento de absorción, bien fino, de alta resistencia, flujo de aire bajo. Ampliamente usado en diversos sectores industriales ya que es una manera eficaz de controlar los olores, eliminar gases y vapor de agua en la industria química.

Figura 25.

Filtros de salida



Nota. Imagen de los Filtros de salida
Propuesta 200812 12 de agosto de 2020.
Calortec S.A.S.

3.5.2.7 Lámparas La cabina tiene 4 lámparas de 2x54 Watts tipo T5 con balasto electrónico. Son instaladas por fuera de la cabina en el techo.

3.5.2.8 Elementos incluidos

- ✓ Paredes y techo de la cabina fabricadas en paneles modulares pintados con pintura electrostática de color blanco.
- ✓ Módulo de filtración.
- ✓ Filtros finales o de succión de carbón activado.
- ✓ Marcos metálicos para alojar los filtros finales.
- ✓ 4 lámparas 2x54 W tipo T5 para iluminar el interior de la cabina.
- ✓ Ventilador de extracción tipo axial.
- ✓ Motor 2 HP /1800 RPM /3 Fases.
- ✓ Arrancador directo para el motor.
- ✓ Materiales para la instalación eléctrica de las lámparas.
- ✓ Instalación eléctrica de las lámparas.
- ✓ Montaje, arranque y puesta en marcha de todos los equipos suministrados.

3.5.2.9 Elementos no incluidos:

- ✓ Acometidas eléctricas hasta la cabina.
- ✓ Trabajos o reparaciones en muros, techos o pisos.
- ✓ Ducto de extracción o chimenea.
- ✓ Transporte de los equipos.
- ✓ Viáticos del personal de montaje.

3.5.2.10 Información suministrada

- ✓ Manuales de operación y mantenimiento
- ✓ Planos de ensamble de la cabina identificando cada uno de los componentes
- ✓ Plano de control eléctrico unifilar
- ✓ Plano de control eléctrico trifilar
- ✓ Plano del gabinete eléctrico con la ilustración e identificación en la tapa y en el interior de todos los elementos que lo componen

- ✓ Haciendo referencia al plano del gabinete, listado de partes con marca y numero de parte de cada uno de los elementos que componen el tablero eléctrico.
- ✓ Requerimientos eléctricos
- ✓ Formatos con todos los parámetros de operación de los equipos.

3.5.2.11 Manual de operación y mantenimiento El manual de operación y mantenimiento incluye: instrucciones para la operación de equipos, instrucciones para el mantenimiento con rutinas de chequeo y actividades periódicas, manuales de todos los equipos instalados, planos de ensamble de la cabina en los cuales se especifican todos los elementos que los componen e indicando sus números de parte y un listado con los repuestos recomendados.

3.5.2.12 Capacitación Se dictará una capacitación a todo el personal que el cliente considere necesario en el funcionamiento, operación y mantenimiento de todos los equipos.

Precio de la cabina \$24.850.000

3.5.3 Mascarilla de protección Este equipo de protección personal es de vital importancia para las personas que trabajen con solventes ya que al ser sustancias volátiles entran fácilmente por las vías respiratorias generando efectos adversos para la salud.

Tabla 27.

Especificaciones de la mascarilla de protección.

	
Costo	\$ 99.900
Modelo	Respirador 6211P - Cartucho 6001 Retenedor 501- Filtro 5P71
Certificación	NIOSH: OV/P95

Nota. Especificaciones técnicas de la mascarilla de protección.

3.6 Distribución en planta.

El rectángulo en la figura 26 representa la ubicación sugerida del cuarto de recuperación de PVC en planta de Croydon Colombia S.A.

Figura 26.

Plano de la Planta de Croydon Colombia S.A.



Nota. Plano de la planta de Croydon ubicada en Bogotá.

Se seleccionó esta zona para el cuarto de recuperación de PVC por las siguientes razones.

- El cuarto de recuperación de PVC debe encontrarse en una zona ventilada ya que se va a realizar el proceso de separación con solventes volátiles.
- Esta área es contigua al cuarto de recuperación de caucho, zona que en conjunto se destinaria a recuperación de los materiales principales de la elaboración de botas de la empresa (Caucho y PVC), esto facilitaría el transporte de los residuos que se podría realizar en un solo trayecto de forma diaria.

La figura 27 representa el plano del área actual de recuperación de caucho.

Figura 27.

Área de recuperación de Caucho

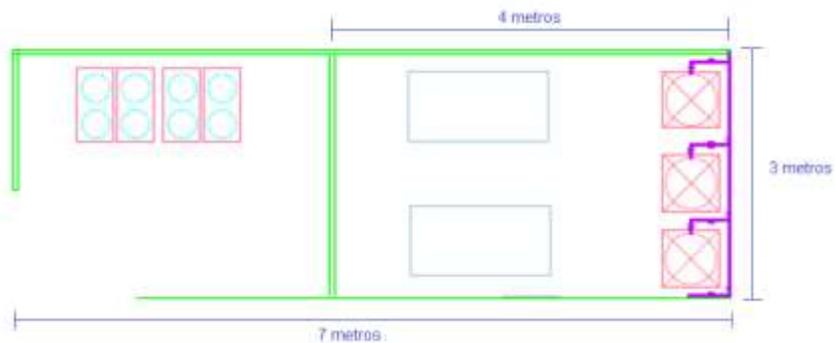


Nota. Plano del área de residuos en Croydon Colombia S.A.

El área que se adicionará será de 21 m² equivalente al área de lavado (Cabina de extracción) con sus respectivos tanques de limpieza y lavado, mesas para el proceso de separación y mallas para secado distribuidos como se muestra en la figura 28.

Figura 28.

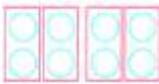
Área de recuperación de PVC.



Nota. Área diseñada para la recuperación del PVC.

Tabla 28.

Convenciones del plano del área de recuperación de PVC

Convenciones del plano	
Tanques	
Mesas de separación	
Mallas de secado	

Nota. Convenciones del plano del área de recuperación de PVC.

4. EVALUACIÓN FINANCIERA

En la evaluación de costos se analizan las variaciones que se presentan sin el proyecto y con la propuesta planteada de aprovechamiento del residuo PVC, elaborando tablas que presentan los rubros asociados para cada ítem del proceso (Manufactura, costos de inversión referentes en la unidad monetaria colombiana (COP)). Con el fin de realizar proyecciones y determinar si es viable la implementación del proceso a lo largo del tiempo.

A continuación se exponen los equipos necesarios para la implementación del proceso propuesto:

Tabla 29.

Equipos y reactivos requeridos para la propuesta.

Equipos	Cantidad	Costo
Tanque de limpieza	1	\$ 136.000
Tanque de lavado	2	\$ 98.000

Cabina para captación de solventes (VOC)	1	\$ 24.850.000
Mascarilla de protección	4	\$ 399.600
Reactivos	Cantidad (Litros/día)	Costo
Isobutil Acetato	270	\$ 5.400.000
Agua	150	\$ 426

Nota. Descripción de los equipos y reactivos requeridos para la propuesta.

El costo total es de \$30.884.026, dentro de los costos se encuentra incluida la mano de obra de los 4 operarios necesarios para llevar a cabo el proceso de separación de PVC y poliéster.

4.1 Análisis de costo de operación

El proceso actual para la recuperación del PVC está avaluado en \$ 40.000.000, esto incluye el precio de las picadoras (3) el molino vion, teniendo en cuenta el descuento en la depreciación de los equipos para este año.

La inversión sin proyecto sumada con la inversión que la empresa debería realizar para implementar la propuesta es igual a la inversión con proyecto.

Tabla 30.

Inversión asignada al proceso de recuperación de PVC

Concepto	Sin proyecto	Con Proyecto	Diferencia
Propiedad, planta y equipos	\$ 40.000.000	\$ 70.884.026	\$ 30.884.026

Nota. Descripción de la Inversión asignada al proceso de recuperación de PVC

4.2 Estimación de los costos del proceso actual de recuperación de PVC

El proceso actual para la recuperación de PVC y posterior reinyección en la elaboración de botas negras (Macha) consiste en una serie de procesos entre los cuales se encuentra el picado, la mezcla en el molino VION donde continúa la contaminación con poliéster lo que genera taponamientos y contaminación en el producto final nuevamente.

En el proceso de recuperación de PVC existen tres costos variables:

- Costo del material:
 - Pigmento negro de humo.
 - Plastificantes usados para homogeneizar el material a recuperar.
- Costo de la mano de obra.
- Costos indirectos de fabricación
 - Sueldos de los empleados.
 - Papelería.
 - Energía eléctrica.

Para la evaluación y comparación de los costos, se llevaron a cabo dos análisis financieros, inicialmente se evaluó el proceso actual (sin proyecto) y el segundo (con el proyecto propuesto), tomando como referencia los costos del año 2020.

Para elaborar la proyección para los próximos años se asumirá un crecimiento de 5% en los costos variables para la recuperación del PVC.

Tabla 31.

Costos variables en la recuperación de scrap.

Costos variables	2020	2021	2022
Costos de material (mezcla, plastificante, negro de humo) (COP/Kg)	\$3.877	\$4.070	\$4.274,4
Costos labor (COP/Kg)	\$145	\$152	\$159
Costos indirectos de fabricación (COP/Kg)	\$367	\$385	\$404
Total costos	\$4.389	\$4.607	\$4.837

Nota. Descripción de los costos variables en la recuperación de scrap.

4.3 Costo sin proyecto

Para la determinación de los costos totales en la recuperación del SCRAP, se utiliza la ecuación.

Costos totales = Cantidad de scrap × Costos variables

La evaluación del porcentaje de scrap recuperado y el costo de procesamiento se determinarán usando las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Scrap recuperado} = (\text{Kg Scrap} / \text{Kg scrap recuperado de la mezcla pura}) \times (100)$$

$$\text{Costo de procesamiento de scrap año 2020} = (\text{Kg de scrap recuperado de la mezcla pura}) \times (\text{costo fijo})$$

El costo fijo hace referencia al costo total para recuperar el Scrap durante el año 2020.

La cantidad de scrap que recupera Croydon Colombia S.A. varia teniendo en cuenta la producción del mes, para elaborar un análisis de la cantidad de dicho material se recopilamos los datos de la producción de los meses septiembre, octubre, noviembre del 2019. (Tabla 32).

Tabla 32.

Scrap generado y recuperado durante la producción de los meses septiembre octubre y noviembre de 2019

Concepto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Producción (Pares de botas)	146185	164978	144480
Peso de la producción (Kg)	260034	287126	253779
Peso del Scrap (Kg)	9787	9047	9524

Nota. Descripción de la relación entre el peso de la producción y el peso de scrap.

El porcentaje de recuperación del Scrap sin proceso es del 100% ya que todo el material es dirigido hacia los molinos vion donde es homogeneizado y reinyectado al proceso productivo.

La tabla 33 representa el porcentaje de scrap recuperado y el costo de su procesamiento este valor se determinó usando la ecuación.

Costo de procesamiento de scrap año 2020= (Kg de scrap recuperado de la mezcla pura)
x (costo fijo)

Tabla 33.

Scrap recuperado y costo de procesamiento.

Mes	Producción (kg)	Cantidad de scrap con media (kg)	Porcentaje scrap recuperado	Costo procesamiento
Septiembre	260034	9787	100%	\$42.955.143
Octubre	287126	9047	100%	\$39.707.283
Noviembre	253779	9524	100%	\$41.800.836

Nota. Costo de procesamiento del scrap .

El costo de recuperado equivalente a un par de botas es de \$ 274,6 pesos.

4.4 Costo con proyecto

La determinación del costo de procesamiento de scrap con el proyecto propuesto se desarrolla con la misma metodología analizando los mismos lotes correspondientes al año 2019. La diferencia radica en que se evaluó para recuperar un 99 % del scrap y el costo para recuperar un kilo de scrap corresponde a \$1.739.

Tabla 34.

Costos de recuperación por kilogramo de scrap con proyecto

Costos variables	2020
Costos de proceso (COP/Kg)	\$1.002
Costos labor (COP/Kg)	\$145
Costos indirectos de fabricación (COP/Kg)	\$ 367
Costos Materiales	
Negro de humo (Kg)	\$117
Plastificante(Kg)	\$108
Total costos	\$1.739

Nota. Costo de recuperación por kilogramo de scrap con proyecto

Tabla 35.

Costos de recuperación de Scrap con proyecto

Mes	Producción (kg)	Cantidad de scrap con media (kg)	Porcentaje scrap recuperado	Costo procesamiento
Septiembre	260034	9787	99	\$17.021.130
Octubre	287126	9047	99	\$15.734.153
Noviembre	253779	9524	99	\$16.563.731

Nota. Costo de recuperación de todo el scrap producido en los meses de Septiembre Octubre y Noviembre con proyecto.

La información de la tabla 35 indica una disminución considerable en los costos con la implementación del proceso propuesto.

El costo de recuperado equivalente a un par de botas implementando el proceso es de \$ 108,8 pesos esto indica una disminución del costo por par de bota de \$165,79

Se debe tener en cuenta que este proceso adicionalmente eliminará los costos de mantenimiento en las inyectoras que surgen por la contaminación con la media de poliéster.

4.5 Flujo de caja

Para evaluar cómo la recuperación de PVC con la propuesta favorece la producción de botas de PVC, se determinó el costo de un par de botas como ingreso neto para determinar cómo influye en el flujo de caja de la empresa para los próximos 2 años.

A continuación, la tabla 36 indica el costo promedio actual de elaboración de bota y la tabla 37 indica la proyección del costo por par de bota, dato con el cual se calculan los ingresos netos al multiplicar la proyección de la demanda anual supuesta (3,62% IPC) por la proyección del costo de cada par de botas.

Tabla 36.

Costos promedio elaboración por par de botas sin proyecto.

	Producción de bota (Pares)	Costo por par	Costo producción
Workman	58600	\$25.000	\$1.465.000.000
Macha	66300	\$15.000	\$994.500.000
Disney	11600	\$15.000	\$174.000.000

Nota. Costo de un par de botas sin la implementación del proyecto.

Tabla 37.

Proyección del costo por par de bota sin proyecto.

	Costo por par 2020	Costo por par 2021	Costo por par 2022
Workman	\$ 25.000	\$ 25.905	\$ 26.843
Macha	\$ 15.000	\$ 15.543	\$ 16.106
Disney	\$ 15.000	\$ 15.543	\$ 16.106

Nota. Proyección del costo anual de un par de botas sin el proyecto.

La tabla 38 indica el costo de elaboración por par de botas con proyecto.

Tabla 38.

Costos promedio por par de botas con proyecto

	Producción de bota (pares)	Costo por par	Costo producción
Workman	58600	\$24.834	\$1.455.284.706
Macha	66300	\$14.834	\$983.508.123
Disney	11600	\$14.834	\$172.076.836

Nota. Costo promedio de un par de botas con proyecto.

Tabla 39.*Proyección de costos por par de bota con proyecto.*

	Costo por par 2020	Costo por par 2021	Costo por par 2022
Workman	\$24.834,21	\$ 25.733	\$ 26.665
Macha	\$14.834,21	\$ 15.371	\$ 15.928
Disney	\$14.834,21	\$ 15.371	\$ 15.928

Nota. Proyección del costo anual de un par de botas con el proyecto

4.5.1 Flujo de efectivo

La tabla 40 muestra el flujo de efectivo para la producción de los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2020. Las tablas 41 y 42 contienen una proyección para los próximos dos años sin implementar el proceso para 2021 y 2022 respectivamente.

Tabla 40.*Proyección del flujo de efectivo sin proyecto.***CROYDON COLOMBIA S.A.****NIT: 800,120,681-2****FLUJO DE EFECTIVO****CIFRAS EN PESOS COLOMBIANOS****FLUJO DE CAJA PROYECTADO 2020**

Entradas de efectivo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Dinero Inversion	884.226	553.982.461	1.238.320.255	2.738.136.722
Valor de las ventas de contado	752.428.571	898.142.857	786.628.571	762.428.571
Valor de los recaudos de cartera	2.500.000.000	3.009.714.286	3.592.571.429	3.146.514.286
Valor de los recaudos de préstamos otorgados	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se tramiten ante bancos	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se reciban de los socios	0	0	0	0
Ventas ocasionales de activos fijos	0	0	0	0
Valor de intereses ganados en bancos	0	0	0	0
Total ingreso bruto mensual	3.252.428.571	3.907.857.143	4.379.200.000	3.908.942.857
Subtotal disponible Antes de gastos	3.253.312.797	4.461.839.604	5.617.520.255	6.647.079.579
Salidas de efectivo				
Pago a proveedores, nomina, seguridad social y servicios	2.633.500.000	3.143.500.000	2.753.200.000	2.668.500.000
Pago de servicios públicos	0	0	0	0
Pago de arrendamiento de locales, maquinarias o vehículos	0	0	0	0
Compra Bienes Inmuebles	0	0	0	0
Pago de obligaciones financieras con bancos	0	0	0	0
Depreciación acumulada	300.000	300.000	300.000	300.000
Pago de impuestos	65.530.336	79.719.349	125.883.533	102.345.482
Pago de Participaciones a los socios	0	0	0	3.800.000.000
Total salidas de efectivo en el mes	2.699.330.336	3.223.519.349	2.879.383.533	6.571.145.482
Sobrante (o faltante) del mes	553.982.461	1.238.320.255	2.738.136.722	75.934.097
Dinero líquido disponible	553.982.461	1.238.320.255	2.738.136.722	75.934.097

Nota. Proyección del flujo de efectivo sin proyecto para los últimos meses del 2020.

Tabla 41.
Proyección de flujo de efectivo sin proyecto año 2021

CROYDON COLOMBIA S.A.
NIT: 800.120681-2

FLUJO DE EFECTIVO

CIRRAS EN PESOS COLOMBIANOS

FLUJO DE CAJA PROYECTADO 2021

Entradas de efectivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Dinero Disponible	75.934.097	952.502.860	1.751.566.936	2.550.631.013	3.432.480.017	4.231.544.093	5.030.608.170	5.829.672.246	6.628.736.323	7.427.800.399	8.226.864.476	9.025.928.553
Valor de las ventas de contado	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081
Valor de los recaudos de cartera	3.146.514.286	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323
Valor de los recaudos de préstamos otorgados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se tramitan ante bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se reciben de los socios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventas ocasionales de activos fijos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de intereses generados en bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total ingreso bruto mensual	3.912.560.367	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404
Subtotal disponible Antes de gastos	3.988.494.464	4.782.733.264	5.581.797.340	6.380.861.417	7.262.710.421	8.061.774.497	8.860.838.574	9.659.902.650	10.458.966.727	11.258.030.803	12.057.094.880	12.856.158.957
Salidas de efectivo												
Pago a proveedores, nómina, seguridad social y servicios	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080	2.946.331.080
Pago de servicios públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de arrendamiento de locales, maquinarias o vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Compra Bienes Inmuebles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de obligaciones financieras con bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación acumulada	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
Pago de impuestos	89.360.524	84.535.247	84.535.247	1.750.320	84.535.247	84.535.247	84.535.247	84.535.247	84.535.247	84.535.247	84.535.247	84.535.247
Pago de Participaciones a los socios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.800.000.000
Total salidas de efectivo en el mes	3.035.991.604	3.031.166.327	3.031.166.327	2.948.381.400	3.031.166.327	3.031.166.327	3.031.166.327	3.031.166.327	3.031.166.327	3.031.166.327	3.031.166.327	12.831.166.327
Sobranje (o faltante) del mes	952.502.860	1.751.566.936	2.550.631.013	3.432.480.017	4.231.544.093	5.030.608.170	5.829.672.246	6.628.736.323	7.427.800.399	8.226.864.476	9.025.928.553	24.992.629
Dinero líquido disponible	952.502.860	1.751.566.936	2.550.631.013	3.432.480.017	4.231.544.093	5.030.608.170	5.829.672.246	6.628.736.323	7.427.800.399	8.226.864.476	9.025.928.553	24.992.629

Nota. Proyección mensual del flujo de efectivo sin proyecto año 2021

Tabla 42.
Proyección de flujo de efectivo sin proyecto año 2022

CROYDON COLOMBIA S.A

NIT: 300.120.881-2

FLUJO DE EFECTIVO

CIFRAS EN PESOS COLOMBIANOS

FLUJO DE CAJA PROYECTADO 2022

Entradas de efectivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Dinero Disponible	24.992.629	748.571.327	1.576.572.383	2.404.573.439	3.232.574.495	4.060.575.551	4.888.576.607	5.716.577.663	6.544.578.719	7.372.579.776	8.200.580.832	9.028.581.888
Valor de las ventas de contado	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949
Valor de los recaudos de cartera	3.064.184.323	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796
Valor de los recaudos de préstamos otorgados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se tramitan ante bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se reciben de los socios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventas ocasionales de activos fijos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de intereses ganados en bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total ingreso bruto mensual	3.857.961.272	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745
Subtotal disponible Artes de gastos	3.882.953.901	4.717.456.071	5.545.457.127	6.373.458.183	7.201.459.240	8.029.460.296	8.857.461.352	9.685.462.408	10.513.463.464	11.341.464.520	12.169.465.576	12.997.466.632
Salidas de efectivo												
Pago a proveedores, nómina, seguridad social/ servicios	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265	3.052.988.265
Pago de servicios públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de arrendamiento de locales, maquinarias o vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Compra Bienes Inmuebles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de obligaciones financieras con bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación acumulada	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
Pago de impuestos	81.094.310	87.595.423	87.595.423	87.595.423	87.595.423	87.595.423	87.595.423	87.595.423	87.595.423	87.595.423	87.595.423	87.595.423
Pago de Participaciones a los socios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total salidas de efectivo en el mes	3.134.382.575	3.140.883.689	3.140.883.689	3.140.883.689	3.140.883.689	3.140.883.689	3.140.883.689	3.140.883.689	3.140.883.689	3.140.883.689	3.140.883.689	3.140.883.689
Saldo (o faltante) del mes	748.571.327	1.576.572.383	2.404.573.439	3.232.574.495	4.060.575.551	4.888.576.607	5.716.577.663	6.544.578.719	7.372.579.776	8.200.580.832	9.028.581.888	9.856.582.944
Dinero líquido disponible	748.571.327	1.576.572.383	2.404.573.439	3.232.574.495	4.060.575.551	4.888.576.607	5.716.577.663	6.544.578.719	7.372.579.776	8.200.580.832	9.028.581.888	9.856.582.944

Nota. Proyección mensual del flujo de efectivo sin proyecto año 2022

La tabla 43 muestra el flujo de efectivo para la producción de los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2020 y las tablas 44 y 45 una proyección para los próximos dos años con la implementación del proceso, teniendo en cuenta la inversión realizada en la compra de los equipos necesarios y la depreciación de los existentes.

Tabla 43.

Proyección del flujo de efectivo con proyecto.

CROYDON COLOMBIA S.A.

NIT: 800,120,681-2

FLUJO DE EFECTIVO

CIFRAS EN PESOS COLOMBIANOS

FLUJO DE CAJA PROYECTADO 2020

Entradas de efectivo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Dinero Inversion	884.226	1.123.581.816	2.487.825.286	4.582.683.986
Valor de las ventas de contado	752.428.571	898.142.857	786.628.571	762.428.571
Valor de los recaudos de cartera	2.500.000.000	3.009.714.286	3.592.571.429	3.146.514.286
Valor de los recaudos de préstamos otorgados	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se tramiten ante bancos	30.000.000	0	0	0
Valor de los préstamos que se reciben de los socios	0	0	0	0
Ventas ocasionales de activos fijos	0	0	0	0
Valor de intereses ganados en bancos	0	0	0	0
Total ingreso bruto mensual	3.282.428.571	3.907.857.143	4.379.200.000	3.908.942.857
Subtotal disponible Antes de gastos	3.283.312.797	5.031.438.958	6.867.025.286	8.491.626.843
Salidas de efectivo				
Pago a proveedores, nomina, seguridad social y servicios	2.063.224.426	2.425.921.200	2.124.716.680	2.059.354.200
Pago de servicios públicos	0	0	0	0
Pago de arrendamiento de locales, maquinarias o vehículos	0	0	0	0
Compra Bienes Inmuebles	0	0	0	0
Pago de obligaciones financieras con bancos	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000
Depreciación acumulada	488.130	488.130	488.130	488.130
Pago de impuestos	92.618.426	113.804.342	155.736.491	131.279.907
Pago de Participaciones a los socios	0	0	0	6.200.000.000
Total salidas de efectivo en el mes	2.159.730.982	2.543.613.672	2.284.341.301	8.394.522.237
Sobrante (o faltante) del mes	1.123.581.816	2.487.825.286	4.582.683.986	97.104.605
Dinero líquido disponible	1.123.581.816	2.487.825.286	4.582.683.986	97.104.605

Nota. Proyección del flujo de efectivo con proyecto para los últimos meses del 2020.

Tabla 44.
Proyección de flujo de efectivo con proyecto año 2021

CRONDON COLOMBIA S.A.
NIT: 800.120.881-2

FLUJO DE EFECTIVO

CRRAS EN PESOS COLOMBIANOS

FLUJO DE CAJA PROYECTADO 2021

Entradas de efectivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Dinero Disponible	97.104.605	1.610.708.592	3.046.807.894	4.482.907.195	6.033.738.520	7.469.837.821	8.905.937.123	10.342.036.424	11.778.135.725	13.214.235.027	14.650.334.328	16.086.433.629
Valor de las ventas de contado	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081	766.046.081
Valor de los recaudos de cartera	3.146.514.286	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323	3.064.184.323
Valor de los recaudos de préstamos otorgados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se tramitan ante bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se reciben de los socios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventas ocasionales de activos fijos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de intereses ganados en bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total ingreso bruto mensual	3.912.560.367	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404	3.830.230.404
Saludable disponible Antes de gastos	4.009.664.972	5.440.938.996	6.877.038.298	8.313.137.599	9.863.968.924	11.300.068.225	12.736.167.527	14.172.266.828	15.608.366.129	17.044.465.431	18.480.564.732	19.916.664.033
Salidas de efectivo												
Pago a proveedores, nómina, seguridad social y servicios	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629	2.273.760.629
Pago de servicios públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de arrendamiento de locales, maquinarias o vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Compra Bienes Inmuebles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de obligaciones financieras con bancos	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000
Depreciación acumulada	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130
Pago de impuestos	121.307.621	116.482.344	116.482.344	1.750.320	116.482.344	116.482.344	116.482.344	116.482.344	116.482.344	116.482.344	116.482.344	116.482.344
Pago de Participaciones a los socios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.500.000.000
Total salidas de efectivo en el mes	2.398.956.379	2.394.131.103	2.394.131.103	2.273.399.079	2.394.131.103	2.394.131.103	2.394.131.103	2.394.131.103	2.394.131.103	2.394.131.103	2.394.131.103	19.894.131.103
Subtante (o balance) del mes	1.610.708.592	3.046.807.894	4.482.907.195	6.033.738.520	7.469.837.821	8.905.937.123	10.342.036.424	11.778.135.725	13.214.235.027	14.650.334.328	16.086.433.629	22.532.930
Dinero líquido disponible	1.610.708.592	3.046.807.894	4.482.907.195	6.033.738.520	7.469.837.821	8.905.937.123	10.342.036.424	11.778.135.725	13.214.235.027	14.650.334.328	16.086.433.629	22.532.930

Nota. Proyección mensual del flujo de efectivo con proyecto año 2021

Tabla 45.
Proyección de flujo de efectivo con proyecto año 2022

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CROYCON COLOMBIA S.A.												
NIT: 800.120.681-2												
FLUJO DE EFECTIVO												
CIRIAS EMPRESAS COLOMBIANAS												
FLUJO DE CAJA PROYECTADO 2022												
Entradas de efectivo												
Dinero Disponible	22.532.930	1.140.238.477	2.524.042.965	4.012.269.811	5.500.466.657	6.988.723.504	8.476.950.350	9.965.177.196	11.453.404.042	12.941.630.889	14.429.857.735	15.918.094.561
Valor de las ventas de contado	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949	793.776.949
Valor de los recaudos de cartera	2.781.518.629	3.064.164.323	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796	3.175.107.796
Valor de los recaudos de préstamos otorgados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se tramitan ante bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de los préstamos que se reciben de los socios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventas ocasionales de activos fijos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de intereses ganados en bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total ingreso bruto mensual	3.575.295.577	3.857.961.272	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745	3.968.884.745
Subtotal disponible Antes de gastos	3.597.828.508	4.998.199.749	6.492.927.709	7.981.154.556	9.469.381.402	10.957.608.248	12.445.835.095	13.934.061.941	15.422.288.787	16.910.515.633	18.398.742.480	19.886.969.326
Salidas de efectivo												
Pago a proveedores	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764	2.356.070.764
Pago de servicios públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de arrendamiento de locales, maquinarias o vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Compra Bienes Inmuebles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de obligaciones financieras con bancos	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000	3.400.000
Depreciación acumulada	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130	488.130
Pago de impuestos	97.631.137	114.197.891	120.689.005	120.689.005	120.689.005	120.689.005	120.689.005	120.689.005	120.689.005	120.689.005	120.689.005	120.689.005
Pago de Participaciones a los socios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.400.000.000
Total salidas de efectivo en el mes	2.457.590.031	2.474.156.785	2.480.657.898	2.480.657.898	2.480.657.898	2.480.657.898	2.480.657.898	2.480.657.898	2.480.657.898	2.480.657.898	2.480.657.898	19.880.657.898
Saldo (o faltante) del mes	1.140.238.477	2.524.042.965	4.012.269.811	5.500.466.657	6.988.723.504	8.476.950.350	9.965.177.196	11.453.404.042	12.941.630.889	14.429.857.735	15.918.094.561	6.311.428
Dinero líquido disponible	1.140.238.477	2.524.042.965	4.012.269.811	5.500.466.657	6.988.723.504	8.476.950.350	9.965.177.196	11.453.404.042	12.941.630.889	14.429.857.735	15.918.094.561	6.311.428

Nota. Proyección mensual del flujo de efectivo con proyecto año 2022

La tabla 46 es el desarrollo de la depreciación de los equipos.

Tabla 46.

Depreciación de los equipos.

Depreciación a dic. 31 de 2017	Activo	Sep. 01 2019	Salvamento		Saldo Depreciable		Depreciación			Depreciación Total	
			Tasa	Valor	Tasa	Valor	Periodos	Tasa	Mes		Año
	Picadora	40.000.000	10%	4.000.000	90%	36.000.000	120	0,00%	300.000	3.600.000	18.000.000
	Recuperación	25.084.000	10%	2.508.400	90%	22.575.600	120	0,75%	188.130	752.520	5.643.900
	Scanner		10%	0	90%	0	120	0,00%	0	0	0
						58.575.600					23.643.900

Nota. Depreciación de los equipos empleados en la propuesta.

5. CONCLUSIONES

Se determinó que el solvente adecuado para realizar el proceso de lavado era el isobutil acetato ya que permitía lograr una separación empleando una fuerza de 1,33 KgF en un tiempo de 145 minutos sin afectar las propiedades mecánicas del material.

Las condiciones a nivel laboratorio se evaluaron usando un ANOVA de un factor con replica en el cual se estimó el comportamiento de la variable dependiente (adhesión) mediante el cambio de la variable independiente (sustancia). Los resultados obtenidos mediante un análisis de varianza determinaron que la adhesión era diferente con cada solvente 1,33 Kg para el isobutil acetato después de 145 minutos y 0,57 KgF para la acetona después de 40 minutos de acuerdo a esto se evaluaron los cambios en las propiedades mecánicas y así se determinó que el Isobutil Acetato lograría la separación de forma adecuada y limpia.

El diseño conceptual del proceso requiere una cabina de extracción, tanques, mallas de secado y superficies planas (para realizar el corte y la separación). Se determinó que el área de proceso será de 21 m² y lo ideal es que este ubicada de forma continua al área de recuperación de caucho.

La implementación de este proceso representa una viabilidad considerable ya que las utilidades pasaran de 30% en la producción de bota PVC al 30,95% además se evita el rubro por mantenimiento en las inyectoras y el poliéster recuperado puede ser vendido.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manual de formulación del policloruro de vinilo, 1ª ed., Wiley Interscience, EE.UU., 1993.
- [2] Vynil Chloride Resins: Suspension, Emulsion, Microsuspension and Bulk (Mass) A.W. COAKER and R.W. WYPART BF Goodrich Chemicals
- [3] L.Bilurbina, F.Liesa (1990).Materiales no metálicos resistentes a la corrosión. Marcombo Boixareu Editores. Disponible: <https://cutt.ly/Lk8ZEzc>
- [4] Diseño textil, tejidos y técnicas, 2ª ed., Barcelona,España., 2014, pp. 40-67 [En línea]. Disponible: <https://ggili.com/disenio-textil-ebook-9788425229107.html>
- [5] F.W.Billmeyer, (1995), Ciencia de los polímeros. Reverte. Disponible: https://www.reverte.com/libro/ciencia-de-los-polimeros_91478/
- [6] Proceso para separar poliéster de otros materiales, J.A Schwartz, R.P.Rey,(2001, Marzo 06).US619838B1 [En línea]. Disponible: <https://cutt.ly/Ak8XfLz>
- [7] Proceso para separar poliéster de otros materiales, J.A Schwartz, R.P.Rey,(2001, Marzo 06).US619838B1 [En línea]. Disponible: <https://cutt.ly/Zk8Xz8K>
- [8] Método para separa poliéster complejo de otros materiales por J.M.Holms, R.P.Zink. (2006, Agosto 7). 007591 [En línea]. Disponible: <https://cutt.ly/Tk8XQRs>
- [9] Proceso para separar poliéster de otros materiales, J.A Schwartz, R.P.Rey, (2001, Marzo 06).US619838B1 [En línea]. Disponible: <https://cutt.ly/6k8XleO>
- [10] Instituto Colimbiano de Normas Técnicas y certificación, Plásticos. Botas de poli (cloruro de vinilo)(PVC) para uso industrial, Bogotá: ICONTEC,1994
- [11] Proceso para separar poliéster de otros materiales, J.A Schwartz, R.P.Rey,(2001, Marzo 06).US619838B1 [En línea]. Disponible: <https://cutt.ly/3k8XFYj>
- [12] G. Grause, S. Hirahashi, H. Toyoda, T.Kameda, T. Yoshioka, (2015) Solubility parameters for determining optimal solvents for separating PVC from PVC-coated PET fibers. Springer. Octubre 15, p.1-11, 2015.
- [13] Instituto Colimbiano de Normas Técnicas y certificación, Plásticos. Botas de poli (cloruro de vinilo)(PVC) para uso industrial, Bogotá: ICONTEC,1994
- [14] N.H. Agudelo-Díaz.[Discusión]. 7/17/2020
- [15] M.Palma, L Briceño, A. Idrovo, M. Varona, “Evaluación de la exposición a solventes orgánicos en pintores de carros de la ciudad de Bogota”, Revista del Instituto

Nacional de Salud, vol.35,pp.7,2015,DOI: <https://cutt.ly/tk8VuyH> [Acceso: Junio 8 2020]

[16] Sustitución de sustancias disolventes peligrosas, 1ª ed, Institución sindical de trabajo Ambiente y salud (ISTAS), España, 2007.

[17] Gutierrez, M y Martinez, L (2018) Propuesta de flotación para la separación del residuo PVC/poliéster en Croydon Colombia S.A. (Trabajo de Grado.) Fundación Univesidad de América. Repositorio Institucional Lumieres. <https://cutt.ly/mk8VQqP>

GLOSARIO

Lavado: Proceso de recuperación mecánica utilizado para pelar capas de películas de poliéster sin reacción sustancial usando una solución de lavado.

Pellet: Es una denominación genérica, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido. El término es utilizado para referirse a diferentes materiales.

Poliéster: Fibra resistente e inarrugable desarrollada en 1941. Es la fibra sintética más utilizada y a menudo se encuentra mezclada con otras fibras para reducir las arrugas, suavizar el tacto y conseguir que el tejido se seque más rápidamente.

Recuperación: Consiste en usar repetidamente un producto plástico en la misma aplicación original o en alguna otra relacionada, después de someterlo a un proceso de limpieza, desinfección y acondicionamiento.

Scrap: Conjunto de bota de PVC que no cumple con las normas de calidad para ser vendido como producto final (presenta defectos).

Solvente orgánico: Compuestos orgánicos volátiles que se utilizan solos o en combinación con otros agentes, para disolver materias primas, productos o materiales residuales, utilizándose como agente de limpieza, para modificar la viscosidad, como agente tensoactivo, como plastificante, como conservante o como portador de otras sustancias que, una vez depositadas, quedan fijadas y el disolvente se evapora.

ANEXOS

ANEXO A

PRODUCTOS QUIMICOS

ISOBUTIL ACETATO

Manipulación y almacenamiento

Precauciones para una manipulación segura

Prever una ventilación suficiente.

- **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas. Debido al peligro de explosión, evitar

perdidas de vapores en bodegas, alcantarillados y cunetas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. No fumar durante su utilización.

Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

• Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

Usos específicos finales

No existen informaciones.

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionada.

• tipo de material

Caucho de butilo

• espesor del material

0,7mm.

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de > 65°C, código de color: marrón).

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

ACETONA

Manipulación y almacenamiento

Precauciones para una manipulación segura

Ventilar suficiente y aspiración puntual en puntos críticos. Mantenga el envase bien cerrado cuando no lo use.

- **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas. Debido al peligro de explosión, evi-

tar pérdidas de vapores en bodegas, alcantarillados y cunetas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. No fumar durante su utilización.

Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

• Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 – 25 °C.

Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados.

Protección de la piel



- **protección de las manos**

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados. Los tiempos son valores aproximados de mediciones a 22 ° C y contacto permanente. El aumento de las temperaturas debido a las sustancias calentadas, el calor del cuerpo, etc. y la reducción del espesor efectivo de la capa por estiramiento puede llevar a una reducción considerable del tiempo de penetración. En caso de duda, póngase en contacto con el fabricante. Con un espesor de capa aproximadamente 1,5 veces mayor / menor, el tiempo de avance respectivo se duplica / se reduce a la mitad. Los datos se aplican solo a la sustancia pura. Cuando se transfieren a mezclas de sustancias, solo pueden considerarse como una guía.

- **tipo de material**

Caucho de butilo

- **espesor del material**

0,7mm

- **tiempo de penetración del material con el que estén fabricados los guantes**

>480 minutos (permeación: nivel 6)

- **otras medidas de protección**

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas). Ropa protectora de fuego.

Protección respiratoria



Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: AX (filtros para gases y filtros combinados contra compuestos orgánicos de bajo punto de ebullición, código de color: marrón).

Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

GASOLINA

MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

PRECAUCIONES PARA LA MANIPULACIÓN SEGURO

Evite el contacto con el producto ya usado. Evite que se produzcan pequeños derrames y fugas para prevenir el riesgo de resbalamiento. El material puede acumular cargas electrostáticas que pueden originar chispas eléctricas (fuente de ignición). Cuando el material se manipula a granel, alguna chispa eléctrica podría provocar la ignición de vapores inflamables de los líquidos o residuos que pudiera haber presentes (p.ej. durante operaciones de cambio de una carga a otra). Utilizar procedimientos adecuados de interconexión eléctrica y/o conexión a tierra. Es posible, no obstante, que la interconexión eléctrica y las conexiones a tierra no consigan eliminar el riesgo que supone la acumulación de cargas electrostáticas. Guiarse por los estándares locales pertinentes. Otras referencias son la práctica recomendada 2003 del Instituto Americano del Petróleo ("Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning and Stray Currents", Protección contra igniciones resultantes de electricidad estática, rayos y corrientes desviadas), el documento NFPA 77 de la Agencia Nacional de Protección contra Incendios ("Recommended Practice on Static Electricity", Práctica recomendada con respecto a la electricidad estática) o el informe técnico CENELEC CLC/TR 50404 ("Electrostatics - Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity", Electrostática: código de buenas prácticas para evitar los riesgos derivados de la electricidad estática).

Acumulador estático: Este producto es un acumulador estático.

CONDICIONES PARA EL ALMACENAMIENTO SEGURO, INCLUIDAS LAS INCOMPATIBILIDADES

El tipo de contenedor usado para almacenar el material puede afectar a la acumulación y disipación de cargas electrostáticas. No almacene en recipientes abiertos o sin etiquetar.

PROTECCIÓN PERSONAL

La selección del equipo de protección personal varía en base a las condiciones de exposición posibles tales como las aplicaciones, prácticas de manejo, concentración y ventilación. La información sobre la selección del equipo de protección para usar con este material, como se proporciona más abajo, se basa en el uso normal intencionado.

Protección Respiratoria: Si los controles de ingeniería no mantienen las concentraciones de contaminante en aire a un nivel adecuado para proteger la salud del trabajador, puede ser apropiado un respirador autorizado. Si es aplicable, el mantenimiento, uso y selección del respirador debería realizarse de acuerdo a los requisitos reglamentarios. El tipo de respiradores a considerarse para este material incluyen:

No existen requisitos especiales bajo condiciones normales de uso y con ventilación adecuada.

Para altas concentraciones en aire, usar un respirador de suministro de aire autorizado, que trabaje en modo presión positiva. Pueden ser apropiados respiradores de suministro de aire con una botella de seguridad cuando los niveles de oxígeno sean inapropiados, los medios o métodos de aviso de gas/vapor sean escasos, o si la capacidad del filtro de purificación del aire puede ser excedida.

Protección de Manos: Cualquier información específica facilitada sobre guantes, está basada en la documentación publicada y datos de los fabricantes de guantes. La idoneidad de los guantes y el tiempo de ruptura variarán dependiendo de las condiciones específicas de uso. Contactar con el fabricante de guantes para advertencias específicas en cuanto a la selección de guantes y tiempos de ruptura para sus condiciones de uso. Revisar y reemplazar aquellos guantes dañados o estropeados. Los tipos de guantes a considerar para este material incluyen:

Generalmente no se requiere protección en condiciones normales de uso.

Protección Ocular: Si el contacto es probable, se recomienda utilizar gafas de seguridad con protecciones laterales.

Protección de la piel y del cuerpo: Toda la información proporcionada sobre ropa específica se basa en la literatura publicada o en los datos facilitados por el fabricante. Los tipos de ropa a considerar para este material incluyen:

Generalmente no se requiere protección cutánea bajo condiciones normales de uso. De acuerdo con las buenas prácticas de higiene industrial, se deben tomar precauciones para evitar el contacto con la piel.

Medidas de Higiene Específicas: Obsérvense siempre medidas buenas de higiene personal, tales como lavarse después de la manipulación del producto y antes de comer, beber, y/o fumar. Rutinariamente, lavar la ropa y el equipo de protección para eliminar los contaminantes. Desechar la ropa y el calzado contaminado que no puede limpiarse. Mantener/Conservar las buenas prácticas.

ACIDO ACÉTICO

Manipulación y almacenamiento

Precauciones para una manipulación segura

Prever una ventilación suficiente. Usar ventilador (laboratorio). Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia. Áreas sucias limpiar bien.

- **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. No fumar durante su utilización.

Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

• Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados. Llevar máscara de protección.

Protección de la piel



• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Revisar la hermeticidad/impermeabilidad antes de su uso. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados.

• tipo de material

Caucho de butilo

• espesor del material

0,7mm

- **tiempo de penetración del material con el que estén fabricados los guantes**

>480 minutos (permeación: nivel 6)

- **otras medidas de protección**

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

Protección respiratoria



Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: E (contra gases ácidos como dióxido de azufre o cloruro de hidrógeno, código de color: amarillo). Tipo: ABEK (filtros combinados contra gases y vapores, código de color: marrón/gris/amarillo/verde). Tipo: ABEK-P2 (filtros combinados contra gases, vapores y partículas, código de color: marrón/gris/amarillo/verde/blanco).

Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

Manipulación y almacenamiento

Precauciones para una manipulación segura

Prever una ventilación suficiente.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.

Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Consérvese únicamente en el recipiente de origen. Proteger de la luz del sol. Durante mucho tiempo a la luz puede causar descomposición.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

- **Requisitos de ventilación**

Utilización de ventilación local y general.

- **Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento**

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados.

Protección de la piel



- **protección de las manos**

Úsese guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Revisar la hermeticidad/impermeabilidad antes de su uso. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados. Los tiempos son valores aproximados de mediciones a 22 ° C y contacto permanente. El aumento de las temperaturas debido a las sustancias calentadas, el calor del cuerpo, etc. y la reducción del espesor efectivo de la capa por estiramiento puede llevar a una reducción considerable del tiempo de penetración. En caso de duda, póngase en contacto con el fabricante. Con un espesor de capa aproximadamente 1,5 veces mayor / menor, el tiempo de avance respectivo se duplica / se reduce a la mitad. Los datos se aplican solo a la sustancia pura. Cuando se transfieren a mezclas de sustancias, solo pueden considerarse como una guía.

- **tipo de material**

Caucho de butilo

- **espesor del material**

0,5 mm.

- **tiempo de penetración del material con el que estén fabricados los guantes**

>480 minutos (permeación: nivel 6)

- **otras medidas de protección**

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: B-P2 (filtros combinados para gases ácidos y partículas, código de color: gris/blanco).

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla.

Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

HIPOCLORITO DE SODIO

Manipulación y almacenamiento

Precauciones para una manipulación segura

Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia. Asegurar una ventilación adecuada.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.

Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Proteger de la luz del sol. Consérvese únicamente en el recipiente de origen. Por productos de desintegración gaseiformes se produce en recipientes bien cerrados una sobrepresión.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

- **Requisitos de ventilación**

Utilización de ventilación local y general.

- **Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento**

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 – 25 °C.

Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados. Llevar máscara de protección.

Protección de la piel



• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados. Los tiempos son valores aproximados de mediciones a 22 ° C y contacto permanente. El aumento de las temperaturas debido a las sustancias calentadas, el calor del cuerpo, etc. y la reducción del espesor efectivo de la capa por estiramiento puede llevar a una reducción considerable del tiempo de penetración. En caso de duda, póngase en contacto con el fabricante. Con un espesor de capa aproximadamente 1,5 veces mayor / menor, el tiempo de avance respectivo se duplica / se reduce a la mitad. Los datos se aplican solo a la sustancia pura. Cuando se transfieren a mezclas de sustancias, solo pueden considerarse como una guía.

• tipo de material

Caucho de butilo

• espesor del material

≥0,3 mm

• tiempo de penetración del material con el que estén fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

• otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

Protección respiratoria

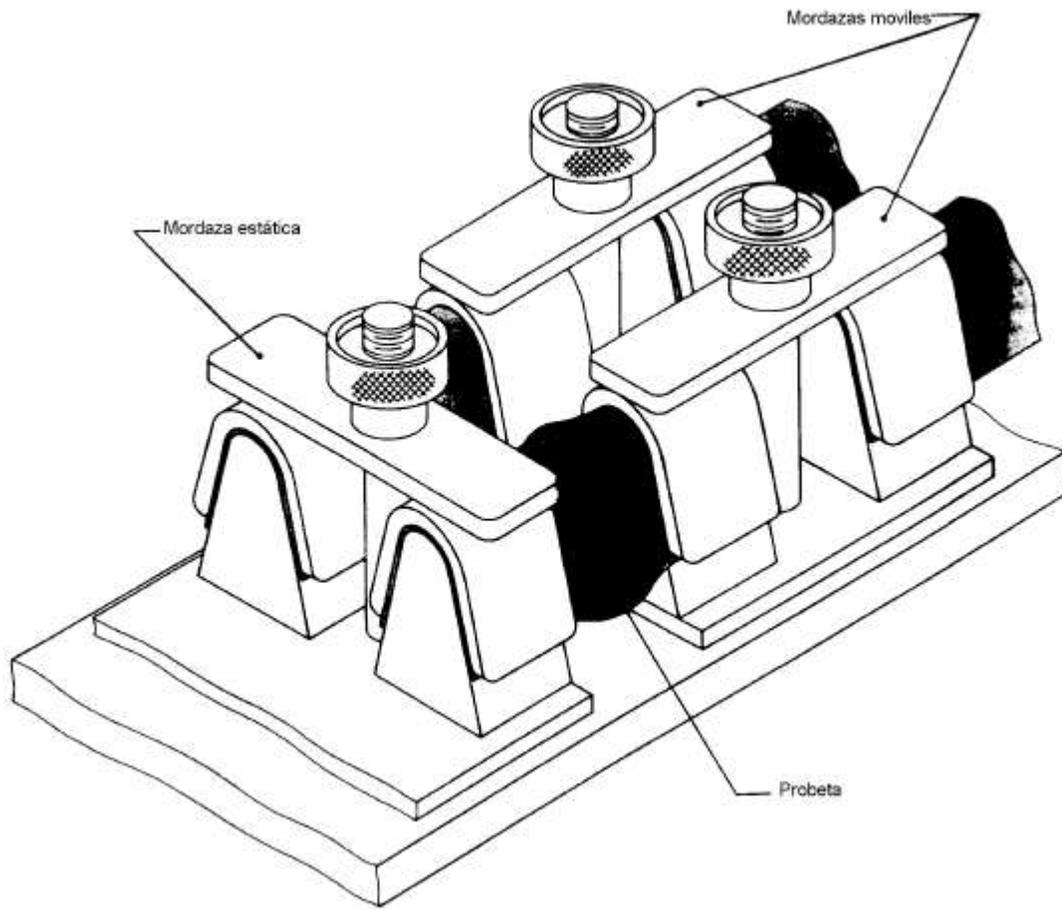


Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: NO-P3 (filtros combinados contra gases nitrosos y partículas, código de color: azul/blanco).

Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

ANEXO B.
FLEXÓMETRO



ANEXO C

PRUEBAS DEL DINAMOMETRO
(SE ENCUENTRA EN FORMATO DIGITAL EN EL CD ANEXO)

ANEXO D

RECOMENDACIONES

- Se recomienda equipar a los operarios con elementos de protección que impidan la afectación de su salud durante el proceso que involucra el uso de solventes.
- Ubicar la cabina de extracción en un espacio abierto.
- Evaluar los costos de producción luego de incorporar el PVC recuperado al proceso.
- En caso de que se decida llevar el proceso a cabo, se debe determinar el periodo de duración del solvente a escala real para hacer un estimado de costos que brinde una mejor exactitud.