



**Aplicación de la eco innovación en una planta de producción de envases  
descartables para alimentos como estrategia de desarrollo de nuevos productos  
con mejor desempeño ambiental**

Edgar Fernando Quintero Soto

Universidad de La Sabana  
Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas  
Maestría en Gerencia de Operaciones  
Bogotá, 16 diciembre 2022

**Aplicación de la eco innovación en una planta de producción de envases  
descartables para alimentos como estrategia de desarrollo de nuevos productos  
con mejor desempeño ambiental**

Edgar Fernando Quintero Soto  
Estudiante

Jhon Freddy Arias Duque  
Director

Universidad de La Sabana  
Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas  
Maestría en Gerencia de Operaciones  
Bogotá, 16 diciembre 2022

## Tabla de contenido

1. Resumen.....	7
2. Planteamiento del Problema.....	8
2.1 Antecedentes .....	8
2.2 Problema de investigación .....	10
2.3 Pregunta de investigación.....	11
3. Justificación.....	11
4.    Objetivos .....	13
4.1 Objetivo general .....	13
4.2 Objetivos específicos.....	13
5. Revisión de la literatura.....	13
5.1 Impactos ambientales .....	14
5.2 Bioeconomía.....	15
5.3 Materiales sustitutos .....	17
6. Marco de referencias .....	22
6.1 Marco Teórico - Conceptual .....	22
6.1.1 Economía Circular.....	22
6.1.2 Ecoinnovación.....	26
6.1.3 Innovación en el origen .....	29
7. Diseño metodológico.....	30
7.1 Alcance.....	30
7.2 Enfoque .....	30
7.3 Metodología por objetivos .....	31
7.3.1 Objetivo 1.    Identificar puntos críticos en sostenibilidad que representen oportunidades y amenazas para el ajuste de la estrategia empresarial y su modelo de negocios .....	31
7.3.2 Objetivo 2: Priorizar estrategias de Ecoinnovación con enfoque de economía circular para los empaques de alimentos que produce la empresa .....	35
7.3.3 Objetivo 3: Realizar pruebas en planta para la implementación de la alternativa priorizada y definir la hoja de ruta para la implementación del proyecto de Ecoinnovación circular .....	40
8. Análisis y discusión de resultados.....	44
8.1 Objetivo 1. Identificar puntos críticos en sostenibilidad que representen oportunidades y amenazas para el ajuste de la estrategia empresarial y su modelo de negocios .....	44
8.1.1 Inventario del ciclo de vida .....	45

8.1.2 Matriz de pensamiento de ciclo de vida .....	54
8.1.3 Análisis PESTEL.....	68
8.1.4 Matriz DOFA .....	74
8.2 Objetivo 2. Priorizar estrategias de Ecoinnovación con enfoque de economía circular para los empaques de alimentos que produce la empresa.....	76
8.2.1 Lienzo modelo de negocio .....	76
8.2.3 Estrategias de innovación.....	78
8.2.4 Priorización de estrategias.....	87
8.2.5 Votación de estrategias.....	88
8.3 Objetivo 3. Realizar pruebas de planta para la implementación de la alternativa priorizada y definir la hoja de ruta para la implementación del proyecto de Ecoinnovación circular .....	91
8.3.1 Desarrollo de pruebas de fibras cortas maderables .....	91
8.4. Desarrollo de pruebas plástico pos consumo .....	96
7. Hojas de ruta .....	112
9. Conclusiones .....	135
10. Recomendaciones.....	137

### **Listado de tablas**

Tabla 1. Matriz de la revisión de literatura .....	18
Tabla 2. Oportunidades de retención de valor o Rs de la Economía Circular.....	23
Tabla 3. Presiones sobre las empresas para ecoinnovación .....	26
Tabla 4. Formato inventario ciclo de vida metodología.....	31
Tabla 5. Formato matriz de pensamiento de ciclo de vida.....	32
Tabla 6. Formato análisis PESTEL.....	33
Tabla 7. Formato matriz DOFA con estrategias.....	33
Tabla 8. Lienzo modelo de negocio (Canvas).....	34
Tabla 9. Estrategias y rutas para la innovación en el origen .....	35
Tabla 10. Votación de las estrategias priorizadas .....	37
Tabla 11. Información del plan .....	39
Tabla 12. Cronograma de actividades .....	39
Tabla 13. Recursos .....	40
Tabla 14. Beneficios.....	40
Tabla 15. Inventario del ciclo de vida .....	45
Tabla 16. Matriz de pensamiento de ciclo de vida.....	55

Tabla 17. Puntos críticos según cantidad de impactos negativos.....	64
Tabla 18. Análisis PESTEL .....	67
Tabla 19. Matriz DOFA con estrategias.....	72
Tabla 20. Modelo de negocio canvas .....	74
Tabla 21. Costos de tecnología para producción de envases con material RPET .....	76
Tabla 22. Costos de tecnología para producción de envases con fibras maderables.....	82
Tabla 23. Análisis de costos de materiales alternativos respecto a material virgen .....	85
Tabla 24. Cargos e influencia de los evaluadores .....	87
Tabla 25. Resultados taller de votación priorización de estrategias.....	88
Tabla 26. Parámetros de evaluación para recepción de materia prima cartón .....	89
Tabla 27. Resultados lote 1 pruebas recepción de materia prima maderable.....	90
Tabla 28. Resultados lote 2 pruebas recepción de materia prima maderable.....	90
Tabla 29. Resultados lote 1 pruebas troquelado.....	91
Tabla 30. Resultados lote 2 pruebas troquelado.....	91
Tabla 31. Resultados pruebas proceso armado .....	93
Tabla 32. Especificaciones técnicas del plástico posconsumo.....	94
Tabla 33. Resultados pruebas de recepción de materia prima lote 2205151.....	96
Tabla 34. Resultados pruebas de recepción de materia prima lote A2205221 .....	97
Tabla 35. Resultados pruebas de extrusión lote 1 .....	101
Tabla 36. Resultados pruebas de extrusión lote 2 .....	103
Tabla 37. Resultados pruebas de termoformado lote 1 .....	107
Tabla 38. Resultados pruebas de termoformado lote 2 .....	108

### **Listado de figuras**

Figura 1. Estructura composición marco teórico.....	21
Figura 2. Economía lineal .....	22
Figura 3. Economía circular .....	22
Figura 4. Modelo conceptual de eco-innovación .....	21
Figura 5. Impulsores de la ecoinnovación.....	27
Figura 6. Fases de la ecoinnovación.....	27
Figura 7. Diagrama de flujo primer objetivo.....	33
Figura 8. Proceso de innovación .....	35
Figura 9. Nivel de impacto de las estrategias .....	36

Figura 10. Priorización de estrategias por impacto y facilidad de implementación.....	37
Figura 11. Diagrama de flujo segundo objetivo.....	37
Figura 12. Diagrama de flujo prueba de gramaje.....	39
Figura 13. Diagrama de flujo prueba de calibre.....	39
Figura 14. Diagrama de flujo prueba de humedad fibras maderables.....	40
Figura 15. Diagrama de flujo prueba de humedad polimeros plásticos.....	40
Figura 16. Diagrama de flujo prueba de pick up.....	40
Figura 17. Diagrama de flujo prueba Edge Wicking.....	41
Figura 18. Diagrama de flujo prueba densidad.....	41
Figura 19. Diagrama de flujo tercer objetivo.....	40
Figura 20. Proceso productivo de envases de espuma.....	42
Figura 21. Proceso productivo de envases de envases rigidos.....	42
Figura 22. Proceso productivo de envases de fibras maderables.....	43
Figura 23. Proceso productivo de envases térmicos.....	44
Figura 24. Clasificación de los plásticos.....	52
Figura 25. Diagrama priorización de alternativas.....	84
Figura 26. Estructura física de la lámina.....	97
Figura 27. Estructura física del contenedor.....	103

## **1. Resumen**

La contaminación por plástico es un problema creciente en el mundo y de no actuar con contundencia a 2040 se puede triplicar la cantidad de plástico que llega a los océanos. Esta alerta ha acrecentado movimientos que propenden por la prohibición del plástico de un solo uso en los envases de alimentos. Adicionalmente la normativa ambiental se hace cada vez más estricta en la responsabilidad extendida del productor sobre los residuos de envases y empaques, poniendo en riesgo la continuidad de la industria. Este proyecto de profundización aplica la Ecoinnovación en una planta productora de empaques para el desarrollo de nuevos productos con mejor desempeño ambiental. Esto permite enfrentar las amenazas de prohibición y aprovechar las oportunidades de negocios transitorios en el posconsumo de empaques con la aplicación de estrategias de economía circular con enfoque de innovación en el origen para la eliminación, el reúso y la circularidad. Se identificaron como puntos críticos para la sostenibilidad los procesos de disposición de residuos sólidos, producción de envases de fibras maderables, termoformado y extrusión para los cuales se priorizaron cuatro estrategias: la incorporación de plástico post consumo, talleres de sensibilización ambiental, sensibilización por medio del empaque y la producción de envases a partir de fibras maderables. Estas medidas permiten ajustar el modelo de negocio para ofertar productos de plástico más sostenibles, productos sustitutos al plástico y la implementación de pruebas piloto para validar nuevos empaques con estos materiales. Finalmente se diseñaron planes de acción para los talleres de sensibilización y un plan calidad para el uso de plástico PET reciclado (RPET) y cartón como materiales sustitutos a las resinas de plástico virgen.

### **Abstract**

Plastic pollution is a growing problem in the world and if we do not act decisively, the amount of plastic reaching the oceans could triple by 2040. This warning has led to a growing movement to ban single-use plastic in food packaging. In addition, environmental regulations are

becoming increasingly strict in terms of extended producer responsibility for packaging waste, putting the continuity of the industry at risk. This in-depth project applies eco-innovation in a packaging production plant for the development of new products with improved environmental performance. This makes it possible to confront the threats of prohibition and take advantage of transitional business opportunities in post-consumer packaging with the application of circular economy strategies with a focus on innovation at source for disposal, reuse and circularity. The processes of solid waste disposal, cardboard packaging production, thermoforming and extrusion were identified as critical points for sustainability, for which four strategies were prioritised: the incorporation of post-consumer plastic, environmental awareness workshops, awareness-raising through packaging and the production of packaging from plant fibres. These measures allow adjusting the business model to offer more sustainable plastic products, plastic substitute products and the implementation of pilot tests to validate new packaging with these materials. Finally, action plans were designed for awareness-raising workshops and a quality plan for the use of RPET and cardboard as substitute materials for virgin plastic resins.

**Key words:** Food packaging, Eco-innovation, innovation at source, plastic substitutes, elimination, reuse, circularity, circular business model, extended responsibility.

## **2. Planteamiento del Problema**

### **2.1 Antecedentes**

La industria ha utilizado intensivamente el plástico pasando de producir 2 millones de toneladas en 1950 hasta 348 millones de toneladas en 2017 (The Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ, 2020) para un acumulado de producción de 9000 millones de toneladas, de las cuales solo el 9% se ha reciclado, el resto se ha dispuesto en vertederos y se ha vertido al ambiente especialmente a los océanos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Respecto a la industria de alimentos, se dice que esta representa el 84% de consumo de envases plásticos descartables. Un análisis realizado por PROMPERÚ en 2015 indica que para el año 2010 la industria alimentaria hacia uso de 15.426 millones de unidades de envases flexibles de plástico y cerro en 2014 con 16.500 (PROM PERÚ, 2015), cifras que se duplicaron durante el año 2020 con el acontecimiento de la pandemia de COVID-19 que, si bien resultó benéfico en cierta medida para algunos establecimientos en cuanto a ventas a domicilio también causó que se aumentara la generación de plásticos de un solo uso. Si no se toman acciones contundentes para

promover un uso más sostenible del plástico este se puede triplicar en el océano hasta alcanzar los 29 millones de toneladas anuales para 2040 (The Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ, 2020).

Existe evidencia científica que comprueba la presencia de micro plásticos que afectan directamente la salud de las especies marinas y que a través de la dieta llegan a los organismos humanos (The Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ, 2020). Es por ello que en el mundo proliferan iniciativas de prohibir el plástico de un solo uso que representa la tercera parte de los plásticos producidos en el mundo y de los cuales el 98% se fabrican a partir de combustibles fósiles (The Mideroo Foundation Pty Ltd, 2021)

Como una respuesta para enfrentar esta crisis, los gobiernos vienen aplicando normativas estrictas para implementar la responsabilidad extendida del productor sobre los envases y empaques, de manera que los productores se hagan responsables de los residuos de los materiales que ponen en el mercado (Stahel, 2019) En Colombia se ha expedido la resolución 1407 de 2018 que reglamenta la obligación de recoger a 2030 y con fines de aprovechamiento el 30% de los envases y empaques de plástico, vidrio, cartón y metal puestos en el mercado y adicionalmente se ha expedido el plan nacional para la gestión sostenible de plásticos de un solo uso para Colombia que se propone unas metas muy ambiciosas para la prohibición de materiales problemáticos y el aprovechamiento incremental hasta alcanzar para 2030 que el 100% de los materiales de un solo uso puestos en el mercado sean reutilizables, reciclables o compostables (MADS, 2021).

Para responder a estos desafíos de prevención y minimización de residuos de plásticos en el mundo, han surgido muchas iniciativas que presentan alternativas para ser abordadas desde los negocios para una industria del plástico más inteligente, sostenible y circular (The Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ, 2020).

La Fundación Ellen MacArthur como organización pionera en la promoción de la economía circular para diferentes sectores, publicó en 2016 un documento denominado La Nueva Economía del Plástico: repensando el futuro de los plásticos donde se presentaban oportunidades para mitigar la crisis del plástico con las estrategias de eliminación, reúso y circularidad, complementadas con la prohibición de algunos materiales problemáticos (World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation, & McKinsey & Company, 2016) Producto de esta publicación se generó un compromiso para la nueva economía del plástico del cual hacen parte más de 250 empresas, más de 200 patrocinadores y más de 20 gobiernos a la fecha (World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation, & McKinsey & Company, 2016).

## **2.2 Problema de investigación**

Cada día aumenta la presión para prohibir el consumo del plástico de “un solo uso” Poniendo en riesgo la continuidad de empresas transformadoras de plásticos como ésta y los impactos socioeconómicos que podrían llegar por esta razón; entonces se hace imperante desarrollar estrategias que ayuden bilateralmente al sostenimiento industrial y el cuidado del medio ambiente lo cual generaría mejor calidad de vida para las personas.

Dada la evidencia científica de la presencia de micro plásticos en los océanos y su bioacumulación en los tejidos vivos como lo presentaban The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ (2020) en su publicación *Breaking the Plastic Wave: A Comprehensive Assessment Of Pathways Towards Stopping Ocean Plastic Pollution* donde alertan que los flujos de plástico hacia el océano podrían triplicarse si no se toman acciones contundentes para evitarlo pasando de 11 millones de toneladas en 2016 a 29 millones de toneladas en 2040. Esta advertencia conecta con una macro-tendencia en el mundo como la economía circular, un paradigma de desarrollo económico que busca eliminar los residuos por diseño, alargar la vida útil de los productos y equipos además de cerrar el ciclo de los materiales cuando han cumplido su vida útil (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Una de las vías más exploradas para iniciar la ruta de la economía Circular son los programas de responsabilidad extendida del productor, donde los actores que ponen ciertos materiales en el mercado se hacen responsables de los residuos generados después de su uso (Stahel, 2019). En Colombia estos programas cobijaban especialmente los residuos peligrosos a través del decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Sin embargo, debido al volumen creciente de los residuos de envases y empaques en el país y de la saturación de los rellenos sanitarios disponibles (ONU Medio Ambiente, 2018) la responsabilidad extendida del productor se ha ampliado a los residuos de envases y empaques en el país colocando a los productores en una situación difícil.

La resolución 1407 de 2018 reglamenta los planes post consumo de estos elementos obligando a diferentes actores en la cadena de valor de aprovechar estos residuos en un 30% para 2030 (MADS, 2018). Es de resaltar que la legislación europea contempla la responsabilidad plena de los productores sobre los residuos de envases y empaques obligando a incluir los costos de gestión de los residuos y a realizar acciones de prevención para la generación de los residuos, la minimización de su uso, así como alargar su vida útil. Por otra parte, a partir del 2022 entró en vigencia la Ley 2232 del Congreso de Colombia, la cual contiene medidas para la reducción de la producción y consumo de plásticos de un solo uso dentro de la cual se dictan además algunas disposiciones de porcentajes para los próximos años proyectando que para 2030 el porcentaje de aprovechamiento de resinas plásticas sea al menos del 90% y lograr su recolección en un 98%.

Ante estas tendencias de prohibición, la demanda de clientes conscientes y la ampliación de la responsabilidad extendida sobre los residuos de envases y empaques, se nota que la industria del empaque corre riesgos de continuidad en el mercado y necesita replantearse para gestionar este riesgo y aprovechar oportunidades que brindan los modelos de negocio transitorios frente a cierto tipo de materiales sustitutos al plástico (PNUMA, 2014) . Estas presiones dan origen a la pregunta de investigación para este trabajo

### **2.3 Pregunta de investigación.**

En la profundización de este proyecto se busca responder a la pregunta ¿Cuáles son las estrategias de eco innovación que pueden ser aplicadas en una empresa (I) productora de envases descartables para alimentos (P) que permitan la fabricación de nuevos productos (O) con mejor desempeño ambiental ©?

## **3. Justificación**

Este proyecto hará un aporte importante a la empresa y al medio ambiente desde la implementación de estrategias de Eco innovación para conseguir beneficios económicos, sociales y ecológicos significativos. Su importancia se justifica desde los impulsores de la Eco innovación (PNUMA, 2014) así:

**3.1 Impulsor 1. Acceso a mercados nuevos y emergentes:** el consumidor sostenible viene creciendo en el país y las condiciones que ha impuesto la pandemia por covid-19 de pedir alimentos a domicilio presenta una oportunidad de llevar empaques de alimentos para este segmento de clientes que rechaza los envases de un solo uso en el plástico tradicional y que desea empaques descartables en materiales más amigables con el ambiente.

**3.2 Impulsor 2. Aumento de la rentabilidad a lo largo de la cadena de valor:** El cambio de material plástico a materiales sustitutos o la incorporación de material reciclado a las mezclas con resina virgen en la planta implica esfuerzos importantes en la cadena de valor para el desarrollo de proveedores de material reciclado o materiales sustitutos como los provenientes de biomasa o películas biodegradables. El desarrollo de este tipo de proveedores y ojalá en el entorno local es fundamental para que se puedan cumplir las metas de la normativa posconsumo de envases y empaques para alimentos en Colombia, así como las metas del plan nacional para la gestión sostenible de los plásticos de un solo uso que propende por materiales reciclables, biodegradables o compostables.

**3.3 Impulsor 3. Mantenerse a la vanguardia de los estándares y la normativa:** La resolución 1407 de 2018 ha impuesto retos muy importantes para la industria de los empaques en Colombia al exigir un aprovechamiento del 30% del material puesto en el mercado para 2030. La normativa posconsumo en el país se ha adaptado de la normativa europea y en este continente cada vez está más avanzada la obligación al productor a responsabilizarse del 100% de sus residuos con esquemas de recompra y modelos de recolección. El estado es un cliente importante y la incorporación de los empaques sostenibles en las compras públicas sostenibles es evidente.

El plan nacional para la gestión sostenible de los plásticos de un solo uso propone unas metas estrictas como que a 2030 el 100% de los plásticos de un solo uso puestos en el mercado deben ser reutilizables o reciclables o compostables; todos los productos plásticos de un solo uso deben contener mínimo el 30% de material reciclado y que además el 50% de los productos plásticos que comprenden los empaques para llevar comida y los vasos deben ser efectivamente aprovechados.

Por otro lado, la ley 2232, la cual habla sobre la prohibición de plásticos de un solo uso y que por ende es la normativa que mayor impacto tiene en la industria y en la cual también se sustenta el proyecto, entre sus metas busca que para el año 2030 el aprovechamiento de botellas, envases y recipientes elaborados con polietileno de alta densidad deberá ser del 30%, también que el porcentaje de aprovechamiento de resina PET deberán ser aprovechadas en al menos un 90% y que para el mismo año se logre aumentar la recolección a un 98%.

**3.4 Impulsor 4. Atraer la inversión:** Aunque la empresa tiene un músculo financiero importante, ante la posibilidad de solicitar un crédito se debe tener en cuenta que los bancos vienen incluyendo criterios ambientales para financiar proyectos desde los principios del Ecuador, los principios derivados y los diferentes mecanismos de financiación para el cambio climático y el fortalecimiento de la inversión responsable con los criterios ESG.

**3.5 Impulsor 5. Aumento de la productividad y la capacidad técnica:** El aprendizaje de una nueva metodología de innovación, en este caso la Ecoinnovación abre un panorama importante para la empresa que busca incorporar lo ambiental en la estrategia corporativa. El ejercicio de repensar el modelo de negocio y trabajar en equipo para ajustarlo en respuesta a las oportunidades y amenazas que se dinamizan en el entorno de la empresa, fortalece el equipo de trabajo y a la capacidad de la empresa de responder a las tendencias actuales y mejorar la productividad con la producción de empaques con materiales sustitutos al plástico o con la adición de material reciclado.

Este proyecto busca identificar capacidades de innovación en el desarrollo e implementación de empaques para alimentos con materiales sustitutos al plástico y reincorporar de manera eficiente algunos derivados del petróleo que conlleven a una mayor eficiencia energética, mejor desempeño industrial, reciclabilidad y una disposición final de bajo impacto ambiental para avanzar en la homologación de los productos que conforman el portafolio de la empresa cumpliendo con las tendencias mundiales de eliminar los empaques innecesarios, ofrecer productos más sostenibles, aprovechar oportunidades de negocio, reducir la emisiones de carbono, adelantarse a la normativa y eliminar las sustancias peligrosas de los empaques e innovar en el origen (Ellen MacArthur Foundation, 2020)

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Aplicar la Ecoinnovación en una planta de producción de envases descartables para alimentos y convertirla en una herramienta que ayude a mejorar la estrategia de desarrollo de nuevos empaques que respondan a las exigencias del mercado con un mejor desempeño ambiental

### **4.2 Objetivos específicos**

- ✓ Identificar puntos críticos en sostenibilidad que representen oportunidades y amenazas para el ajuste de la estrategia empresarial y su modelo de negocios.
- ✓ Priorizar estrategias de Eco innovación con enfoque de economía circular para los empaques de alimentos que produce la empresa.
- ✓ Realizar pruebas en planta para la implementación de las alternativas priorizadas y definir la hoja de ruta para la implementación del proyecto de Eco innovación circular.

## **5. Revisión de la literatura**

Los artículos y documentos técnicos que se relacionan a continuación identifican y entrelazan variables que comienzan a dar estructura a los temas referentes de materiales sustitutos a los polímeros, impactos ambientales, políticas de protección a la salud pública y cómo motivar a una economía circular o bioeconomía, los cuales enmarcaran el desarrollo de la investigación del trabajo de grado.

## 5.1 Impactos ambientales

Uno documento publicado por The Pew Charitable Trusts, & SYSTEMIQ core team (2020) llamado “Breaking the plastic wave: a comprehensive assessment of pathways towards stopping ocean plastic pollution” alerta sobre el riesgo de que se triplique el plástico vertido al mar en 2040 alcanzando los 29 millones de toneladas por año. Adicionalmente muestra 10 hallazgos cruciales tales como que las metas actuales son insuficientes al lograr apenas una reducción del 7% y que se necesitan acciones más contundentes para frenar la contaminación por plástico, entre estas presentan diferentes alternativas para una industria de plásticos más inteligente, más sostenible y circular que mitiga riesgos y aprovecha oportunidades de las presiones actuales sobre la industria de los plásticos de un solo uso. Se plantean escenarios muy favorables en los cuales con la implementación rigurosa de las tecnologías disponibles se puede solucionar el 80% del problema mostrando la innovación como una herramienta contundente para eliminar la contaminación de plástico.

A raíz de este tipo de escenarios, desde hace una década la humanidad se ha visto obligada a actuar en pro del ambiente bajo los paradigmas del desarrollo sostenible; no obstante, los impactos negativos continúan latentes causando daños irreversibles, es por esto que en la búsqueda de nuevas alternativas se encuentran a la vanguardia aquellas metodologías que evalúan, identifican y definen estrategias que estudian los procesos productivos desde su inicio hasta el final buscando convertir los procesos productivos tradicionales en procesos más eficientes y con menor impacto ambiental (Portillo et al, 2020).

Portillo et al (2020) dentro de su artículo menciona que la mayor parte de impactos negativos en la producción de recipientes de base poliestireno se dan en la fase de extracción y transformación de la materia prima debido a que requieren petróleo, combustibles fósiles, grandes suministros de agua y altas cantidades e energía llegando a la conclusión que la obtención de materia prima es la etapa del ciclo de vida en la que se acumulan la mayoría de impactos ambientales negativos y por ende se entiende este como un punto crítico en la cadena de procesos productivos.

Nieto, et al (2020) mencionan que el PET, es uno de los materiales plásticos más utilizado en las últimas décadas para la producción de envases de bebidas, los más conocidos son de agua mineral, aceites, bebidas carbonatadas, refrescos, etc, este material es bastante apetecido debido a que sus características, físicas y mecánicas que lo hacen ideal para contener líquidos; sin embargo, dentro del trabajo investigativo de Bolaños, J (2019)

menciona algo de gran relevancia para este proyecto y es que el plástico PET suele tener aditivos usados en su fabricación que lo vuelven tóxico y por ende a los alimentos que puedan entrar en contacto con él, llegando a contaminar la sangre de los seres humanos provocando problemas de salud; convirtiéndose así en un problema que compromete la salud ambiental. Es por esto que a la hora de buscar alternativas para la fabricación de envases para alimentos una de las principales características debe ser la inocuidad de los materiales.

En base a la misma demanda de materiales plásticos, la escasa cultura de reciclaje, el hecho de que el 50% de la población mundial carezca de sistemas adecuados de saneamiento y la mala disposición de materiales plásticos se ha convertido en una problemática ambiental. Es por esta razón que los procesos de recuperación de residuos plásticos han despertado el interés de gobiernos, compañías y sociedades en general que buscan implementarlos con la intención de mitigar efectos negativos en el ambiente, pero además poner en práctica alternativas de desarrollo sostenible que benefician a las empresas en diferentes aspectos.

## **5.2 Bioeconomía**

La bioeconomía como lo menciona Lachman et al (2020) es un modelo productivo basado en procesos “más limpios” donde se tienen en cuenta alternativas como la energía limpia, transformación de biomasa, gestión de residuos, entre otros que permiten hacer un uso más responsable de los recursos y por ende un aprovechamiento más óptimo de los mismos; sin embargo, es imposible desligar estos nuevos modelos de esquemas tecnológicos pues son unas de las principales herramientas aliadas para el cumplimiento de los objetivos principalmente considerados en el diseño de los bienes o servicios “donde la transformación es relativamente controlada- la “industrialización de lo biológico” conforma un sistema abierto”.

Es por esto mismo que en el artículo publicado por Kishna, et al (2017) el cual tiene por objetivo demostrar la importancia de las alianzas para dar legitimidad a nuevas tecnologías y productos, presenta la importancia de las alianzas multiorganizacionales para dar legitimidad y confianza a nuevas tecnologías. En este caso los bioplásticos como un renglón prominente en la industria de los empaques. Evalúa tres niveles de la legitimidad: legitimidad del mercado de origen tecnológico, legitimidad social de origen tecnológico y legitimidad de la tecnología. Se destaca que las alianzas que generan mercado son

bilaterales, mientras que las alianzas que generan legitimidad de las nuevas tecnologías y productos son multiactores con una marcada intervención de ONG.

La UN Environmental en 2017 publicó un manual de eco-innovación el cual funciona como una guía para pequeñas, medianas y grandes empresas en la transición de la implementación de estrategias de negocio aplicadas en los parámetros de eco innovación y ayudándolo a ver como un modelo de negocio holístico donde se tienen en cuenta no solo aspectos de sostenibilidad ambiental sino también económicos, sociales y por supuesto de cadena de valor, todo esto sustentado desde la necesidad que surge desde hace décadas respecto a las amenazas ambientales como el cambio climático, restricción de recursos, prohibición desde la legislación y normativas ambientales, etc, que comprometen el modelo de negocio tradicional y obligan a las empresas a buscar alternativas más sostenibles.

Por otra parte, en base al ecodiseño, se consultó la publicación “Upstream Innovation A guide to packaging solutions” de Ellen MacArthur Foundation (2020) el cual propone innovar en los niveles de repensar el producto para que requiera menos empaques, repensar el empaque y repensar el modelo comercial para colocar menos plástico en el mercado. Presenta además tres estrategias para cumplir con los principios de la nueva economía del plástico: eliminar, reutilizar y recircular los materiales y expone más de una centena de casos de éxito de marcas que han implementados las estrategias propuestas.

Dentro del artículo escrito por Portillo et al (2020) hablan sobre la metodología de análisis del ciclo de vida como una de las más eficientes al hacer un análisis completo de las etapas de un producto o servicio, este permite identificar, cuantificar y caracterizar aquellos impactos ambientales generados en cada etapa, es por esto mismo que esta metodología fue seleccionada para el desarrollo del presente proyecto la cual se verá desarrollada a mayor profundidad en la parte de resultados.

Este análisis de ciclo de vida además de lo ya dicho, permite innovar desde el origen de un producto, por ejemplo, Bolaños, J (2019) en su revisión teórica sobre las diferentes tecnologías para reciclar el polietileno tereftalato (PET) exploró técnicas como la foto degradación, la degradación térmica, reciclaje mecánico, reciclaje químico como la despolimerización térmica, disolución, reacciones de despolimerización , reciclaje energético o valorización energética, entre otros como una de las estrategias para abordar la problemática, aprovechando la presencia del material y sus características con la finalidad de reincorporarlo al ciclo productivo y elaborar nuevos productos a partir de un material que es considerado un residuo.

### 5.3 Materiales sustitutos

En la búsqueda de artículos relacionados con materiales sustitutos se encontró el de Van der A J.G. & Dick T.H.M (2021) llamado “Risk governance in the transition towards sustainability, the case of bio-based plastic food packaging materials. Journal of Risk Research” en el cual se estudian 18 productos de base biológica y se encuentra que hay probabilidad que estos materiales presenten riesgos por sustancias peligrosas y que aún no se cuenta con un marco riguroso para la gestión de riesgos para la salud con estos productos de la bioeconomía. Llama mucho la atención acerca de la debida transición hacia los bioplásticos en la medida que se superen los riesgos por la presencia de sustancias peligrosas que puedan causar afectaciones en la salud del consumidor.

Uno de los materiales más renombrados para fabricación de polímeros biodegradables o bioplástico es el almidón de yuca debido a que posee propiedades importantes como resistencia mecánica, flexibilidad y semicristalinidad, además de las características que lo hacen biodegradable como la solubilidad, capacidad de retención de agua, digestibilidad enzimática y capacidad de emulsificación. Del mismo modo, se ha escuchado mucho hablar de la caña de azúcar o el bagazo de azúcar, este último es el residuo fibroso resultante de la extracción del jugo el cual tiene propiedades de alto potencial como lo es tener el 45% de fibra, 50% de humedad y un porcentaje de entre 2 y 3% de sólidos solubles e insolubles, además está químicamente compuesto por celulosa y lignina los cuales son compuestos primordiales al buscar la elaboración de bioplásticos.

Dentro del estudio realizado por Barreiro & Bolívar (2021) se llegó a la conclusión de que el almidón de yuca y el bagazo de caña son alternativas viables para la fabricación de platos biodegradables como opción para el remplazo de los plásticos convencionales teniendo como resultado que al hacer uso del 25% de estos materiales da hasta el 94.26% de biodegradabilidad en un periodo de 45 días, además de no presentar toxicidad, factor primordial en la fabricación de envases para alimentos.

Zambrano A.D et al (2022) establecieron un estudio de aprovechamiento de biomasa de lechuguines para la obtención de bioplástico como una alternativa para sustituir los plásticos de un solo uso, la metodología de la investigación se dio en tres procesos, la extracción de celulosa, almidón y obtención de bioplástico dentro de los resultados se obtuvo que la humedad del material fue del 19% , 7,13% de contenido volátil, 31,03% de absorción de agua y un 66,33% de grado de biodegradabilidad de lo que se pudo concluir que la biomasa de *E. crassipes* es una fuente significativa para la producción de bioplástico, haciendo de esta una alternativa viable para la sustitución del plástico.

Si bien los bioplásticos, suenan como una alternativa bastante comprometedora también hay que tener en cuenta una hipótesis planteada por Posada, E (2022) en su tesis donde menciona que aunque los plásticos biodegradables o bioplásticos son materiales resistentes, versátiles y con múltiples aplicaciones no dejan de tener polímeros derivados del petróleo que tardan en degradarse y además necesitan de procesos industriales para llegar a su degradación total; es por esto que dentro del trabajo investigativo que se busca realizar con este proyecto se buscan proponer alternativas más allá de la sustitución definitiva de un material por alternativas que promuevan la sostenibilidad y la innovación desde el origen.

En la tabla 1 correspondiente a la matriz de literatura, contiene la información de las fuentes consultadas y desarrolladas anteriormente.

**Tabla 1.** Matriz de la revisión de literatura.

<b>Año</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Aporte al trabajo</b>
<b>2017</b>	The role of alliances in creating legitimacy of sustainable technologies: A study on the field of bio-plastics	Kishna M.a,Niesten E.b,Negro S.c, Hekkert M.P.c	Importancia de las alianzas para dar legitimidad a tecnologías y productos nuevos
<b>2017</b>	Eco-Innovation manual	UN Environment	Ayudar a las empresas a acceder a mercados nuevos y en expansión, aumentar la productividad, atraer nuevas inversiones al negocio, aumentar la rentabilidad en toda la cadena de valor y ayudarlas a adelantarse a las regulaciones y normas al atender proactivamente a los puntos críticos de sostenibilidad en todo el ciclo de vida.
<b>2019</b>	Reciclado de plástico PET	Bolaños, J.J.	Describir los procesos y tecnología desarrollada para el reciclado de PET como una alternativa para responder a la normativa posconsumo de envases y empaques en Colombia .
<b>2020</b>	Breaking the plastic wave: a comprehensive assessment of pathways towards stopping ocean plastic pollution	The Pew Charitable Trusts, & SYSTEMIQ core team.	Encontrar alternativas para una industria del plástico más inteligentes, sostenible y circular para responder a las tendencias de prohibición del plástico de un solo uso y la promoción de empaques más sostenibles.
<b>2020</b>	El envase de polietilentereftalato: Su impacto ambiental y los métodos para su reciclado	Nieto, A. F.; Toledo, A.; Cadalso, J.C.	Dar a conocer por medio de una revisión bibliográfica los impactos ambientales producidos por el polietilentereftalato y sus métodos de reciclaje para la incorporación de PET reciclado en la línea de producción.

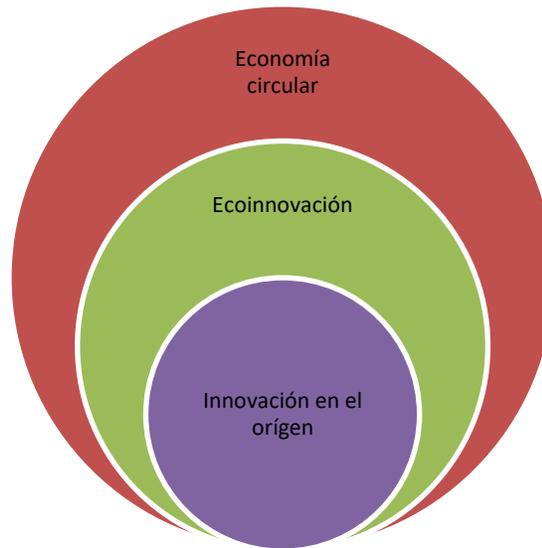
2020	Bioeconomía: Una estrategia de desarrollo para la Argentina del siglo XXI	Lachman, J.; Bisang, R.; De Obschatko, E. S.; Trigo, E.	Analizar los factores por los que la bioeconomía, en las circunstancias actuales, puede ser una estrategia superadora de otros modelos previamente establecidos en el país para conectar con la propuesta de contar con envases biodegradables o comportables propuestos por el Plan Nacional para la gestión de plásticos de un solo uso y la ley 2232.
2020	Upstream Innovation: A guide to packaging solutions	Ellen MacArthur Foundation	Presentar la innovación en el origen con sus estrategias preventivas para atacar la causa de los problemas de contaminación por plásticos y aportar a la metodología de priorización de alternativas de economía circular para los envases
2020	Evaluación de impactos ambientales de recipientes de base poliestireno utilizados en servicios de comida de una cafetería	Portillo, I., Pocasangre, M., Ramos, R., Ramírez, K., Letona, A. del P., & Panameño, R.	Realizar un análisis preliminar en un recipiente de comida fabricado en Poliestireno, de naturaleza descartable, caracterizado en tres factores midpoint: huella hídrica, huella carbónica y huella energética, para uso académicos.
2021	Risk governance in the transition towards sustainability, the case of bio-based plastic food packaging materials. Journal of Risk Research	Van der A J.G. & Sijm D.T.H.M	Evaluar el riesgo de presencia de sustancias peligrosas en bioplásticos para empaques de alimentos para no trasladar los impactos negativos del plástico de un solo uso en la búsqueda rápida de nuevos materiales
2021	Bagazo de Caña de Azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ) y almidón de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> ) como sustituto de poliestireno en la elaboración de platos biodegradables.	Barreiro, F. I., & Bolívar, A	Determinar los porcentajes idóneos de la combinación de la fibra de caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ) y almidón de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> ) para la elaboración de platos biodegradables

2021	Innovation in the bioeconomy: Perspectives of entrepreneurs on relevant framework conditions	Wilde K & Hermans F.	Explorar barreras para la implementación de los productos generados por innovación en bioeconomía para conocer la factibilidad de los modelos de negocio basados en materiales de la bioeconomía.
2022	Aprovechamiento de biomasa lignocelulósica: <i>Eichhornia crassipes</i> (Lechuguines) para la obtención de bioplástico	Zambrano A.D.; Zambrano E.J.; García, S.A.; Burgos, G.A.	Aprovechar la biomasa lignocelulósica de lechuguines para la elaboración de bioplásticos, usando como aditivo almidón proveniente de las cáscaras de yuca para el aprovechamiento de biomasa residual contemplado en la Estrategia Nacional de Economía Circular para Colombia
2022	Los bioplásticos como sustitutos de los plásticos de un solo uso en Colombia	Posada, E.	Analizar el uso de los biopolímeros biodegradables como sustituto del plástico en productos de un solo uso en Colombia

**Fuente:** Autor (2022).

## 6. Marco de referencias

### 6.1 Marco Teórico - Conceptual



**Figura 1.** Estructura composición marco teórico. Autor (2021)

#### 6.1.1 Economía Circular

La economía circular surge como un paradigma integrador que se contrapone y presenta alternativas al modelo de producción lineal predominante donde se extrae, se fabrica, se usa y se desecha de manera descontrolada (Reikea, Witjes, & Vermeulena, 2018). Se considera integrador porque recoge en sus principios conceptos tratados por otros modelos conceptuales que le preceden como la Ecología Industrial, el Cradle to Cradle, el Performance Economy, la Economía Azul, el Capitalismo Natural, la Biomimética y más recientemente la Economía Rosquilla. Todos estos modelos soportados en el desarrollo regenerativo y resiliente donde se trabaja con y no en contra de la naturaleza y se reconoce esta como modelo por excelencia para el cierre de ciclos de materiales y energía, el ecodiseño para minimizar la contaminación y retener valor al alargar la vida útil de los productos y los materiales contenidos en ellos.

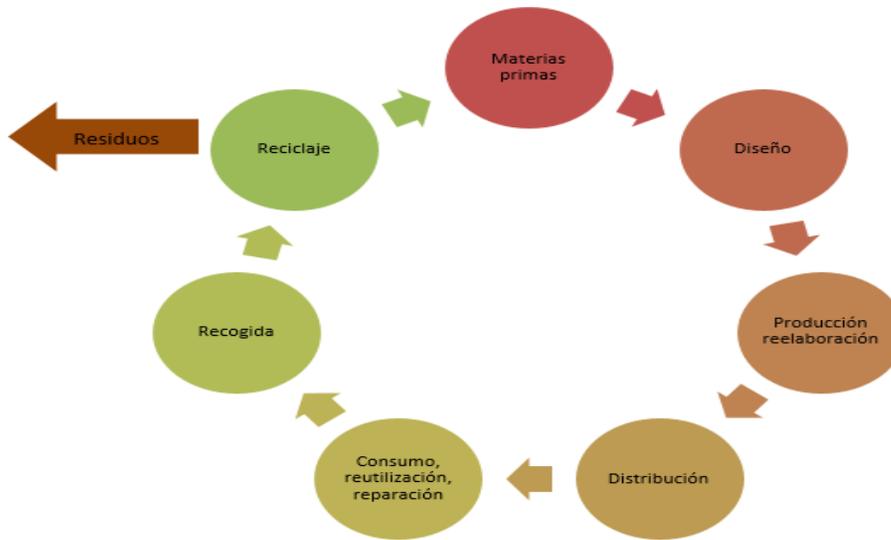
La economía circular se consolida en tres principios fundamentales: la reducción o eliminación por diseño, la circularidad de los materiales y los productos para alargar su vida útil por diferentes vías y la facilitación de condiciones para la regeneración de la naturaleza (Ellen MacArthur Foundation, 2020) y desempeña aquí un papel importante, su finalidad es modificar la linealidad de la economía tradicional (ver figura 2), esto es, pasar del consumo de recursos,

transformación de los mismos y producción de desechos, al consumo de recursos, transformación y darle continuidad al ciclo propinando un uso a los materiales que puedan resultar de un proceso previo (ver figura 2), esta reincorporación al ciclo tiene potencial para mejorar la productividad de los recursos, otorgando así una mayor eficiencia a los procesos.

De acuerdo con Ellen MacArthur Foundation (2015) la economía circular es un sistema industrial que es restaurador o regenerativo por intención y diseño, la cual reemplaza el concepto de 'fin de vida' por restauración, elimina el uso de químicos tóxicos, que perjudican la reutilización, y apunta a la eliminación de desechos a través del diseño superior de materiales, productos y sistemas.



**Figura 2.** *Economía Lineal.* Tomado y modificado de Marcet, Marcet, & Vergés (2018).



**Figura 3.** *Economía circular.* Tomado y modificado de Marcet, Marcet, & Vergés (2018).

Al implementar un modelo de economía circular dentro de la gestión empresarial, se tiene el marco de las 9R, que se describen a continuación.

**Tabla 2.** Oportunidades de retención de valor o Rs de la Economía circular.

<b>Tipo de bucle</b>	<b>ORV</b>	<b>Opción de retención de valor</b>	<b>Actores</b>	<b>Idea principal</b>
<b>Corto decisiones del consumidor</b>	R0	Rechazar	Consumidor potencial	Comprar menos para prevenir la generación de residuos.
			Productor	Rechazar el uso de materiales peligrosos. Diseñar procesos de producción para evitar generar residuos.
	R1	Reducir	Consumidor orientado	Utilizar los productos con menos frecuencia. Utilizar los productos con más cuidado y por más tiempo (reparar). Economía compartida ( <i>Sharing Economy</i> )
			Productor orientado	Utilizar menos material por unidad producida. Desmaterializar
	R2	Revender/ Reutilizar	Consumidor secundario	Un segundo consumidor utiliza el producto con el mismo propósito del consumidor anterior, sin previa reparación. (Compra de “segunda mano”)
R3	Reparar	Varios	Recrear la función original del producto después de algunos defectos.	
<b>Mediana- largo Mejoramiento del producto</b>	R4	Restaurar	Varios	Restaurar un producto con diferentes componentes, cuya estructura permanece intacta. Usualmente para herramientas de trabajo, grandes maquinarias, vehículos de transporte y construcción.
	R5	Remanufacturar	Varios	La estructura es desmontada, evaluada, limpiada y reemplazada en un proceso industrial.
	R6	Re proponer / Repensar	Consumidor nuevo	El material adquiere un ciclo de vida nuevo.

<b>Largo - reciclaje</b>	R7	Reciclar	Aprovecha- dores de residuos De negocio a negocio	Evitar la extracción de nuevos materiales o recursos. Procesos industriales (trituración, derretimiento y otros) para obtener los materiales puros (materiales secundarios). Los materiales reciclados no mantienen su estructura original y pueden ser utilizados para cualquier uso.
	R8	Recuperar (energía)	Aprovechadores de residuos	Extraer elementos o materiales de los compuestos al final de la vida útil para utilizarlos. Algunas maneras de recuperación son: incineración y uso de biomasa.
	R9	Re - mina	Aprovechadores de residuos	Recuperación de materiales (en particular metales) después de la fase de relleno sanitario (minería de relleno sanitario o minería urbana).

Fuente: Tomado y modificado de Reike, D., Kirchherr, J., & Hekkert, M. (2018).

Con respecto a la tabla, la jerarquía de las acciones empieza por arriba y la circularidad va decreciendo a medida que se baja en la tabla. Es decir, lo último que se debe hacer es reciclar y recuperar. Antes debe tratarse de repensar y rechazar, después alargar la vida útil hasta donde sea posible y al final ya reciclar o recuperar.

### 6.1.2 Ecoinnovación

De acuerdo con la publicación de UNEP, eco innovación: Una oportunidad de negocios (2014), se define así:

La eco-innovación es el desarrollo y la aplicación de un modelo de negocio delineado por una estrategia, que incorpora la sostenibilidad en todas las operaciones comerciales basadas en el concepto del ciclo de vida y en cooperación con socios de toda la cadena de valor. Implica un conjunto coordinado de modificaciones o nuevas soluciones a los productos (bienes/ servicios), procesos, enfoque de mercado y estructura organizativa que conducen a un mejor rendimiento y a la competitividad de una empresa. (p. 9)

Según el manual de eco-innovación de la UNU (2017) la eco-innovación es el desarrollo y la aplicación en modelos de negocios pensando las estrategias en base al ciclo de vida; es decir, las estrategias son planteadas desde el ciclo que se desea que cumpla un bien o un servicio y en base a esto se propone el modelo de negocio para llegar hasta la fase de operación, así como lo muestra la siguiente imagen.



**Figura 4.** Modelo conceptual de eco-innovación. Tomado y modificado de UNU Environment (2017).

La eco innovación ayuda a las empresas a afrontar diferentes presiones en el entorno que deben ser bien gestionadas para garantizar su continuidad y crecimiento sostenido (UNEP, 2014). En la siguiente tabla se listan estos factores discriminados en factores de riesgo, presiones regulatorias y mercado cambiante así:

**Tabla 3.** Presiones sobre las empresas para la eco innovación.

<b>Factores de Riesgo</b>	<b>Presiones Regulatorias</b>	<b>Mercado cambiante</b>
Escasez de recursos	Aumento significativo de la normativa y estándares para la industria	Demanda creciente de productos y servicios sostenibles
Volatilidad en los precios de los productos básicos	Enfoque de ciclo de vida en la normativa	Nuevos mercados de soluciones innovadoras
Aumento de los desastres naturales	Transparencia en la generación de reportes de sostenibilidad	Aumento de presión a los proveedores para que cumplan estándares de sostenibilidad
Degradación del ambiente y pérdida de biodiversidad		Los inversores incluyen la sostenibilidad en sus decisiones
Impactos de la operaciones en salud y la sociedad		Aumento de las empresas B, BIC, Capitalistas consientes y de valor compartido

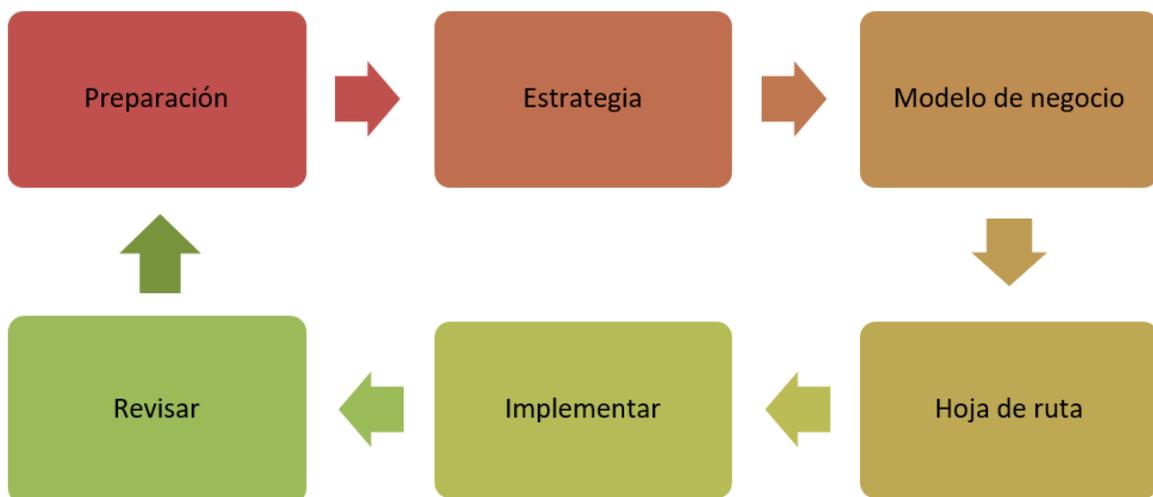
Fuente: Tomado y modificado de PNUMA (2014).

Por parte estas presiones abren oportunidades que motivan a las empresas a incursionar en la eco innovación desde el acceso a nuevos mercados, el aumento de la rentabilidad en la cadena de valor, ir a la vanguardia en temas regulatorios, atraer inversión y aumentar la productividad y la capacidad técnica (PNUMA, 2014).



**Figura 5.** Impulsores de la eco innovación. Tomado y modificado de PNUMA (2014).

En el manual de eco innovación de la UNU Ambiente (2017), se introduce la eco innovación desde su propósito de que lo ambiental y social se incluyan en el corazón de la estrategia corporativa con un enfoque de pensamiento de ciclo de vida para que de esta manera se puedan llevar cambios al modelo de negocios de la empresa y luego se impacten las operaciones de la empresa (UN Environment; Technical University of Denmark, 2017) Es por esta razón que un proyecto de eco innovación comprende una serie de etapas como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 6.** Fases de la eco innovación. Tomado y modificado de UNU Environment (2017).

En la fase de Preparación se busca identificar el mercado en el cual la empresa puede desarrollar estrategias de innovación, así como los puntos calientes en la sostenibilidad; en la fase de Estrategia se hace una revisión de la estrategia corporativa con el fin de ajustarla a las oportunidades de eco innovación. En la siguiente fase del modelo de negocio, se proponen ajustes al modelo de negocio. En la fase de hoja de ruta busca preparar a la empresa con un plan de acción para la estrategia de eco innovación elegida y que será implementada en la siguiente fase de implementación. Finalmente se revisará la estrategia en un círculo de mejora continua. (UN Environment; Technical University of Denmark, 2017).

### **6.1.3 Innovación en el origen**

En su más reciente publicación *Innovación en el Origen: Una guía de soluciones de empaque*, La Fundación Ellen MacArthur (2020) define la innovación en el origen así: “Tratar la causa raíz de un problema, en lugar de los síntomas, es fundamental para adoptar un enfoque de economía circular” y lo complementa de la siguiente manera:

Esa es la esencia de tratar con la causa raíz de un problema: ir al origen.

El mismo principio se aplica cuando hablamos de residuos. En una economía circular, la innovación en el origen significa que, en lugar de pensar en cómo lidiar con un montón de residuos, buscamos cómo evitar crearlos. Descubrir cómo el movimiento en el origen puede enfrentar los residuos de envases y la contaminación, al mismo tiempo que genera beneficios económicos. (p. 21)

La innovación en el origen tiene el propósito de cumplir con los impulsores de la nueva economía del plástico de enfrentar la contaminación por plástico, proporcionar las soluciones que los clientes requieren, captar oportunidades inusitadas, reducir las emisiones de carbono, adelantarse al cambio de regulación y unirse a la nueva normalidad en la economía del plástico (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

El cumplimiento de estos propósitos implica una innovación sistémica que implica repensar el producto, repensar el empaque y repensar el modelo comercial. Para lograrlo se plantean tres estrategias en concreto: la eliminación, La reutilización y la circulación de materiales lo que conlleva a una serie de estrategias como repensar el producto reimaginando el concepto del mismo, repensar el envase donde se evalúe un nuevo formato, componente o elección de materiales e incluso el modelo de negocio (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

## **7. Diseño metodológico**

### **7.1 Alcance**

El proyecto de investigación se enmarca en dos tipos de alcance, estos son: Explicativo y Correlacional. El alcance explicativo, centra su interés en establecer las causas de los fenómenos que se estudian, así como las condiciones en las que estos se manifiestan buscando explicar la relación de dos o más variables involucradas (Hernández Sampierí, Fernández Collado, Mendoza Torres, Méndez Valencia, & Baptista Lucio, 2014)). De esta manera, se busca explicar las ventajas que ofrecen los materiales sustitutos al plástico para lidiar con las presiones sobre la industria de los envases y los empaques. También cobra mucha importancia la explicación de las barreras que pueden resultar al iniciar una transición hacia otros materiales o modelos de negocio transitorios.

Por otro lado, según Hernández Sampieri (2014) “el alcance correlacional tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más variables en una muestra o contexto en particular” (p.126). De tal forma, a partir del proyecto de investigación se busca identificar el vínculo existente entre las variables que intervienen durante el proceso de producción de envases descartables para alimentos con materiales sustitutos al plástico para determinar su viabilidad técnica y económica para el negocio. Para evaluar el grado de asociación dichas variables es necesario realizar mediciones de cada una de estas, cuantificarlas, analizarlas y posteriormente establecer vínculos. Tales correlaciones se sustentan en las hipótesis sometidas a prueba (Hernández Sampieri, 2014).

### **7.2 Enfoque**

El proyecto se clasifica como un estudio de enfoque mixto al conjugar variables cualitativas y cuantitativas. Cuantitativo, al ser un conjunto de procesos en el cual cada etapa precede a la siguiente y no se puede saltar o eludir pasos del proceso productivo. En este caso las pruebas técnicas en las líneas de producción. El orden es riguroso, surge de una idea que se va delimitando, de allí se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco de referencia. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables; se traza un plan para probarlas se miden las variables del contexto seleccionado; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis (Hernández Sampierí, Fernández Collado, Mendoza Torres, Méndez Valencia, & Baptista Lucio, 2014). La importancia de este enfoque yace en las hipótesis cuyo establecimiento debe hacerse antes de la obtención de resultados, puesto que estos representan la prueba de éxito al ser comprobadas o índice de cambios o mejoras al ser refutadas.

## 7.3 Metodología por objetivos

### **7.3.1 Objetivo 1. Identificar puntos críticos en sostenibilidad que representen oportunidades y amenazas para el ajuste de la estrategia empresarial y su modelo de negocios**

Para la realización del primer objetivo es necesario aplicar herramientas de la Ecoinnovación en su fase de preparación (UN Environment; Technical University of Denmark, 2017) para identificar hot spots claves que pueden afectar el negocio a lo largo de la cadena de valor. Estas herramientas implican una visión ampliada del negocio con un enfoque de ciclo de vida para extraer de este análisis oportunidades y amenazas para la continuidad del negocio.

Las herramientas a implementar en este objetivo son el inventario del ciclo de vida, la matriz de pensamiento de ciclo de vida, el análisis PESTEL para el entorno y la matriz DOFA para la priorización de oportunidades y amenazas con estrategias. A continuación, se describen las actividades a realizar para cada herramienta.

#### **7.3.1.1 Inventario del ciclo de vida:**

El objetivo de la herramienta es la de identificar las actividades más importantes en cada una de las fases del ciclo de vida y las entradas y salidas a cada actividad. La herramienta también permite definir el alcance del análisis identificando aquellas actividades que se dejarán por fuera del estudio. Para iniciar entonces se realiza la tabla 4 que se evidencia a continuación, la cual consta de seis (6) columnas las cuales corresponden a las fases de la que se despliegan cinco filas donde se registran las materias primas, la producción, distribución, uso y fin de vida y dentro de las cinco (5) columnas restantes se divide de manera que se encuentras las actividades clave, entradas, productos y salidas para cada una de ellas y finalmente una columna de actividades fuera del alcance donde se registran aquellas actividades que existen dentro de los procesos más no serán tomadas en cuenta para la siguiente fase de la matriz.

**Tabla 4.** Formato inventario ciclo de vida

Fases	Actividad clave	Entradas	Producto	Salidas	Actividades fuera del alcance
Materias Primas					
Producción					
Distribución					
Uso					
Fin de vida					

Fuente: Tomado y modificado de UNU Environment (2017).

### 7.3.1.2 Matriz de pensamiento de Ciclo de vida:

La matriz de pensamiento de ciclo de vida busca dar una mirada de sostenibilidad al ciclo de vida para identificar los impactos ambientales, sociales y económicos de las actividades en cada una de las fases del ciclo de vida. Se espera que después de su aplicación se identifiquen aquellas actividades con mayor impacto de manera que se pueda establecer de manera cualitativa aquella fase del ciclo de vida es prioritaria para desarrollar estrategias de Ecoinnovación.

Para su construcción se construye una plantilla donde las filas corresponden a las fases del ciclo de vida, divididas por actividades y una serie de columnas. Las primeras columnas corresponden a las filas del análisis de inventario con las actividades, las entradas, los productos y las emisiones y unas columnas complementarias donde se distribuyen los impactos ambientales desde los aspectos y los impactos ambientales; los impactos sociales en los trabajadores, los consumidores y otros grupos de interés. Las columnas finales corresponden a los impactos económicos sobre las utilidades.

Los impactos se califican entre alto, medio y bajo de manera que la actividad priorizada será aquella que tenga calificaciones altas de impacto.

**Tabla 5.** Formato matriz de pensamiento de ciclo de vida.

Inventario de ciclo de vida					Impactos ambientales		Impactos sociales			Impactos económicos
Fase ciclo de vida	Actividades	Entradas	Productos	Emisiones	Uso recursos	Calidad ecosistemas	En trabajadores	En consumidores	Otros	Utilidad
<b>Materias primas</b>										
<b>Producción</b>										
<b>Distribución</b>										
<b>Uso</b>										
<b>Fin de Vida</b>										

Fuente: Tomado y modificado de UNU Environment (2017)

### 7.3.1.3 Análisis PESTEL

El objetivo de la herramienta es realizar un análisis del entorno para identificar las situaciones favorables y desfavorables para el negocio desde diferentes aristas como el entorno político, económico, social, tecnológico, ecológico y legal.

Para alimentar la herramienta se investigan temas relevantes para cada variable PESTEL y se le asignan puntajes así:

- a. Impacto - ¿Qué nivel de impacto podría tener el tema sobre la cadena de valor? Utilice una escala de 1-5, donde: 1 = Potencial para crear un cambio limitado dentro de una parte limitada de la cadena de valor, 2 = Con potencial de generar un cambio limitado en toda la cadena de valor, 3 = Con Potencial de generar un cambio importante en una fase de la cadena de valor 4 = Con potencial de generar un cambio muy importante en la cadena de valor sin potencial de destruir la cadena de valor y 5 = Potencial de revolucionar o destruir la totalidad de la cadena de valor.
- b. Probabilidad o verosimilitud - ¿Qué tan probable es que el tema tendrá un impacto en la cadena de valor? Utilice una escala donde: 1 = Muy poco probable, 2= poco probable, 3= medianamente probable y 4 = probable, 5 = Muy probable.

- c. Escala de tiempo - ¿Cuándo comenzará el tema a tener un impacto en la cadena de valor?  
Indique la escala de tiempo esperada utilizando las categorías: ‘En un plazo de 6 meses’,  
‘En un plazo de 2 años, o ‘Más de 2 años’.

**Tabla 6.** Formato análisis PESTEL

Tema	Descripción	Escala de tiempo	Impacto	Probabilidad	Significancia
Político					
Económico					
Social					
Tecnológico					
Ambiental					
Legal					

Fuente: Tomado y modificado de UNU Environment (2017).

#### 7.3.1.4 Matriz DOFA

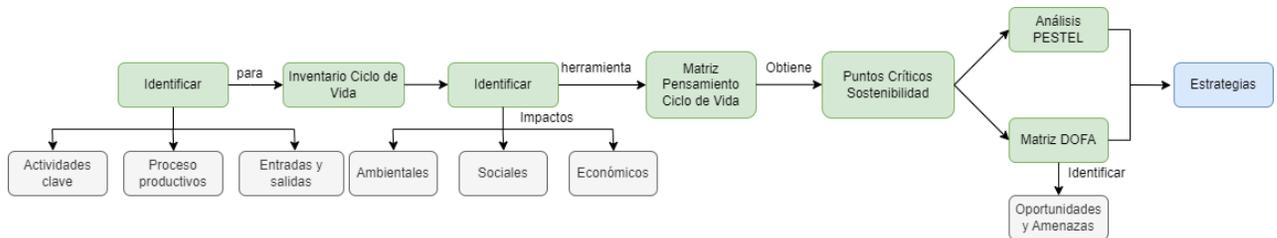
Posteriormente al listado de temas estratégicos desde la oportunidad y la amenaza se debe avanzar en el diseño de estrategias para aprovechar las oportunidades y hacer frente a las amenazas de manera proactiva. Para esta etapa usamos la herramienta de estrategias que guiarán la siguiente fase del proyecto de eco innovación.

**Tabla 7.** Formato matriz DOFA con estrategias.

	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Oportunidades</b>	Estrategias Fortalezas- oportunidades	Estrategias debilidades- Oportunidades
<b>Amenazas</b>	Estrategias Fortalezas- amenazas	Estrategias debilidades- amenazas

Fuente: Tomado y modificado de UNU Environment (2017).

A continuación, se presenta el esquema que sintetiza la metodología para el primer objetivo:



**Figura 7.** Diagrama de flujo primer objetivo. Autor (2021).

### 7.3.2 Objetivo 2: Priorizar estrategias de Ecoinnovación con enfoque de economía circular para los empaques de alimentos que produce la empresa

Para el desarrollo de este objetivo se combinan herramientas de la Ecoinnovación propuestas por la ONU y la guía de innovación en el origen publicada recientemente por la Fundación Ellen MacArthur. Las herramientas se combinan por el enfoque circular de la guía de innovación en el origen (Ellen MacArthur Foundation, 2020) que se alinean muy bien con la exploración de alternativas del manual de Ecoinnovación (UN Environment; Technical University of Denmark, 2017).

La primera herramienta a usar corresponde al CANVAS para el entendimiento del modelo de negocio actual y repensarlo a la luz de las oportunidades y amenazas identificadas en la fase anterior. Para la actividad se construye sobre la plantilla del Canvas en una plataforma colaborativa como Miró, Murally o Stromboard la versión del CANVAS actual y se selecciona un equipo de trabajo multidisciplinario en la empresa para proponer los ajustes respectivos al modelo de negocio que capitalicen oportunidades y minimicen las amenazas.

Los ajustes al modelo de negocio se dan en todos los niveles, pero especialmente se debe hacer mucho énfasis en repensar el producto, repensar el empaque y repensar el modelo comercial. Es así se de manera colaborativa se revisarán los cambios en el modelo de negocio basado en las tendencias actuales y los puntos críticos de sostenibilidad identificados en el primer objetivo.

**Tabla 8.** Lienzo modelo de negocio (Canvas).

Aliados clave	Actividades clave	Propuesta de Valor	Relaciones	Segmento clientes
---------------	-------------------	--------------------	------------	-------------------

	Recursos Clave		Canales	
Estructura de costos		Flujo de ingresos		

Fuente: Tomado y modificado de UNU Environment (2017).

### 7.3.2.1 Estrategias de innovación en el origen

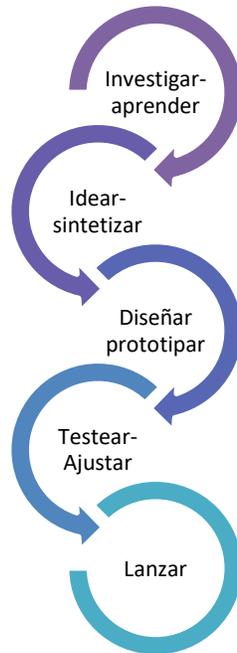
Se analizan entonces las estrategias desde las tres vías propuestas: la Eliminación, la reutilización y la circulación de materiales. Se puede pensar que la estrategia de reutilización no es viable para la empresa, no obstante, no se descartará hasta no explorar ideas de negocio que se puedan aprovechar transitoriamente en esta línea.

**Tabla 9.** Estrategias y rutas para la innovación en el origen.

<b>Estrategia</b>	<b><i>Eliminar</i></b>	<b><i>Reutilizar</i></b>	<b><i>Circular</i></b>
<b>Ruta</b>	Eliminación directa	Recarga desde casa	Sustitución
	Eliminación innovadora	Recarga en la calle	Compostaje de plástico
		Devolución desde casa	Reciclaje de plástico
		Devolución en la calle	

Fuente: Tomado y modificado de Ellen MacArthur Foundation (2020).

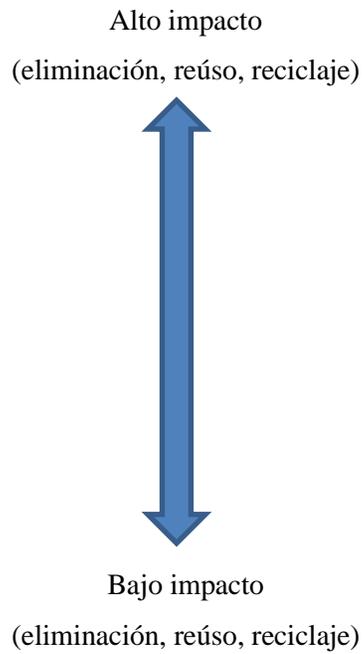
Las herramientas a utilizar corresponden entonces a herramientas ágiles de innovación centradas en las tres estrategias que propone la guía siguiendo la ruta de innovación mostrada en la siguiente figura:



**Figura 8.** *Proceso de innovación.* Tomado y modificado de Ellen MacArthur Foundation (2020).

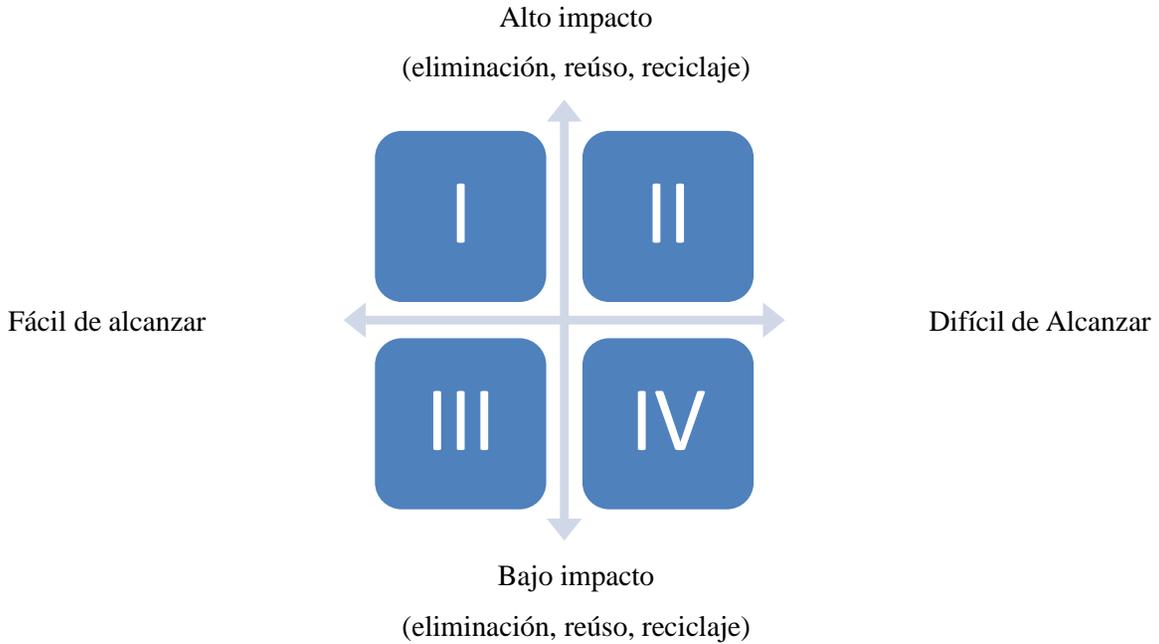
Para cada vía se lleva un proceso definido en seis pasos:

- ✓ Preguntar acerca de una estrategia
- ✓ Lluvia de ideas para responder la pregunta planteada
- ✓ Discusión de las ideas
- ✓ Revisar las ideas para fortalecerlas o combinarlas
- ✓ Votar las ideas más convenientes
- ✓ Y discutir las más votadas para plantear la hoja de ruta para su implementación con el uso de las siguientes plantillas



**Figura 9.** *Nivel de impacto de las estrategias.* Tomado y modificado de Ellen MacArthur Foundation (2020).

Porterilmente se analiza la viabilidad de las alternativas dependiendo si son fáciles o difíciles de alcanzar



**Figura 10.** Priorización de estrategias por impacto y facilidad de implementación. Tomado y modificado de Ellen MacArthur Foundation (2020).

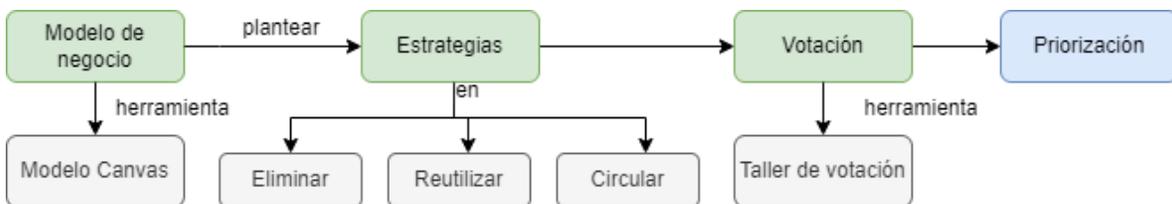
Las alternativas mejor ubicadas en el primer cuadrante se votan para priorizarlas desde la originalidad de la estrategia y su valor para el usuario.

**Tabla 10.** Votación de las estrategias priorizadas

Ronda uno (mayor valor para el usuario)			Ronda dos (Idea más original)		
Voto 1	Voto 2	Voto n	Voto 1	Voto 2	Voto n
Voto 1	Voto 2	Voto n	Voto 1	Voto 2	Voto n
Voto 1	Voto 2	Voto n	Voto 1	Voto 2	Voto n

Fuente: Tomado y modificado de Ellen MacArthur Foundation. (2020).

A continuación, se presenta el esquema que sintetiza la metodología para el segundo objetivo:



**Figura 11.** Diagrama de flujo segundo objetivo. Autor (2021).

### 7.3.3 Objetivo 3: Realizar pruebas en planta para la implementación de la alternativa priorizada y definir la hoja de ruta para la implementación del proyecto de Ecoinnovación circular.

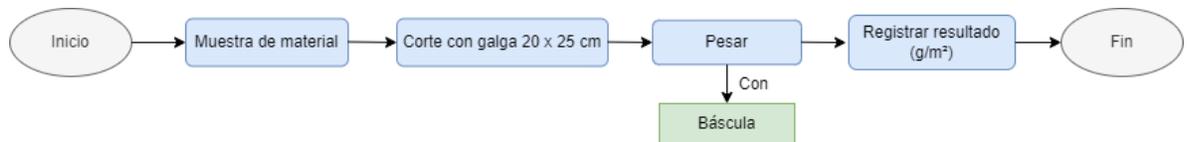
Para el desarrollo de este objetivo se dividen las actividades en dos fases. La primera fase para el desarrollo de pruebas que permitan obtener un producto mínimo viable y la segunda fase que define la hoja de ruta detallada.

#### 7.3.3.1 Desarrollo de pruebas

Con las alternativas priorizadas en el objetivo 2 se desarrollarán pruebas para indagar sobre el desempeño de los materiales en planta, a continuación, se muestran los diagramas de flujo de las pruebas de laboratorio de cada uno de los procedimientos realizados.

Cabe mencionar que por políticas de privacidad de la empresa en cuestión se reservan algunas especificaciones de los procedimientos.

- Peso básico o gramaje



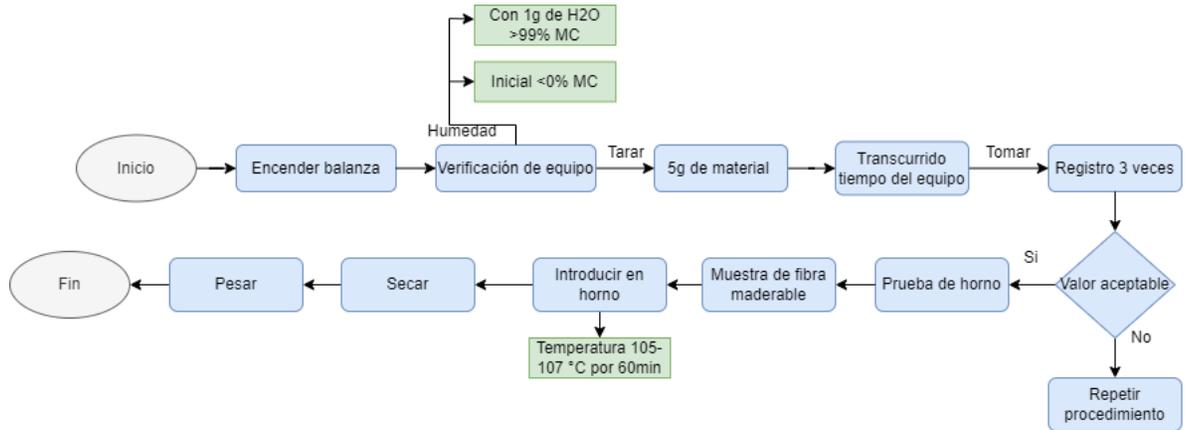
**Figura 12.** Diagrama de flujo prueba de gramaje. Autor (2023).

- Calibre



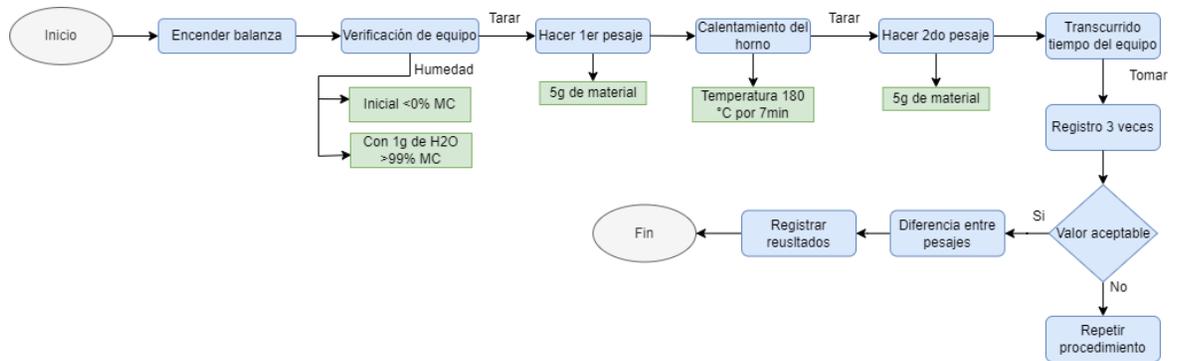
**Figura 13.** Diagrama de flujo prueba de calibre. Autor (2023).

- Humedad fibras maderables



**Figura 14.** Diagrama de flujo prueba de humedad fibras maderables. Autor (2023).

- Humedad plástico



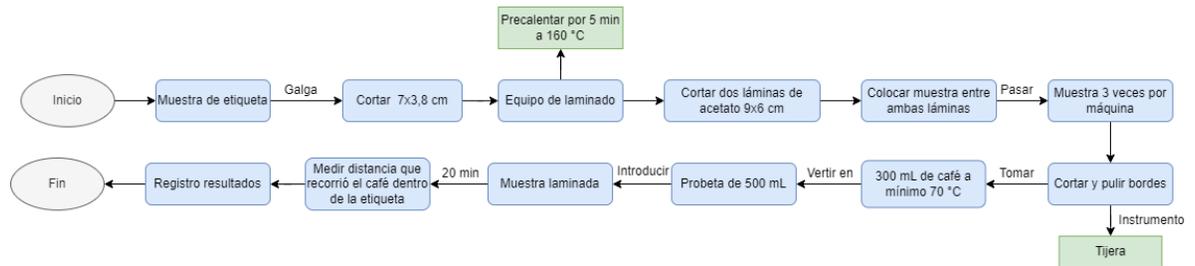
**Figura 15.** Diagrama de flujo prueba de humedad polímeros plásticos. Autor (2023).

- Pick Up



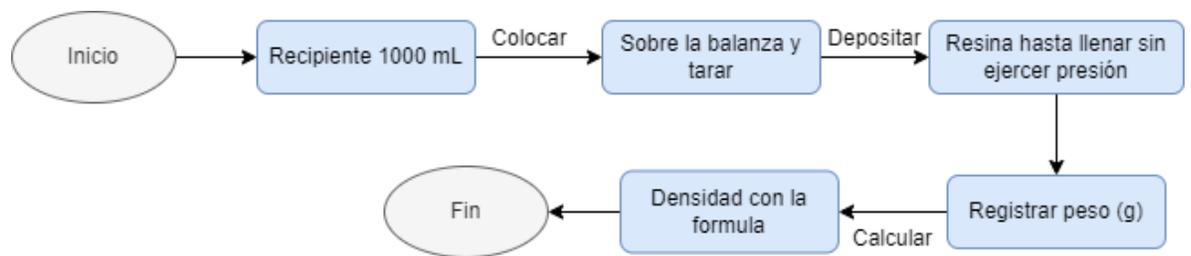
**Figura 16.** Diagrama de flujo prueba de pick up. Autor (2023).

- Edge Wicking



**Figura 17.** Diagrama de flujo prueba Edge Wicking. Autor (2023).

- Densidad



**Figura 18.** Diagrama de flujo prueba densidad. Autor (2023).

### 7.3.3.2 Hoja de ruta

La hoja de ruta detallada se compone así:

- ✓ La información de la medida: Corresponde a la información general de la medida a implementar, su descripción, objeto de la medida, área o proceso relacionado.
- ✓ Cronograma de actividades: Corresponde con la información de las actividades requeridas para la implementación, los tiempos de realización y los responsables de cada actividad y la implementación general de la medida.
- ✓ Recursos requeridos: Se relaciona con la información sobre los recursos requeridos para la implementación. Recursos financieros, tecnológicos, instalaciones y humanos
- ✓ Beneficios: Se relaciona la información sobre los beneficios que se pueden obtener o esperados con la medida implementada. Reducción de costos, consumos, beneficios ambientales, económicos, sociales, innovación y otros.
- ✓ Seguimiento y monitoreo: Se relaciona la información sobre los indicadores de gestión o impacto relacionados con la implementación. Así como, el seguimiento a los logros y productos esperado

**Tabla 11.** Información del plan.

INFORMACIÓN DEL PLAN	
Nombre del plan	
Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) relacionados	
Descripción de la medida	
Objetivo de la implementación	
Área o proceso relacionado	
Características de funcionamiento	
Variables de operación (si aplica)	
Observaciones	

Fuente: Autor (2021).

**Tabla 12.** Cronograma de actividades.

CRONOGRAMA													
Actividad	Cargo del responsable	Mes 1				Mes 2				Mes 3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Fuente: Autor (2021)

**Tabla 13.** Recursos.

RECURSOS REQUERIDOS	
Económicos	
Tecnológicos	
Humanos	

Otros	

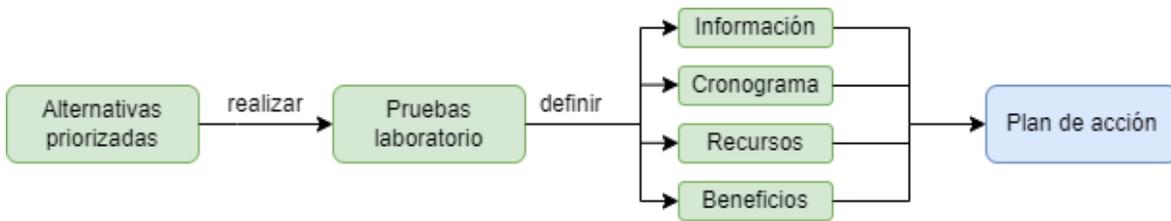
Fuente: Autor (2021)

**Tabla 14.** Beneficios.

BENEFICIOS ESPERADOS	
Económicos	
Tecnológicos y/o procesos	
Ambientales	
Sociales	
Comerciales	

Fuente: Autor (2021)

A continuación, se presenta el esquema que sintetiza la metodología para el segundo objetivo:



**Figura 19.** Diagrama de flujo tercer objetivo. Autor (2021).

## 8. Análisis y discusión de resultados

### 8.1 Objetivo 1. Identificar puntos críticos en sostenibilidad que representen oportunidades y amenazas para el ajuste de la estrategia empresarial y su modelo de negocios

Para identificarlos puntos críticos de sostenibilidad para la organización se aplican las herramientas de inventario y matriz de pensamiento de ciclos de vida, de las cuales se esperan cualificar las entradas y salidas y los impactos asociados a estas en los aspectos ambientales, sociales y económicos.

### 8.1.1 Inventario del ciclo de vida.

Para elaborar el inventario del ciclo de vida fue necesario tener en cuenta cada uno de los procesos que se llevan a cabo dentro de una planta productora de envases descartables para alimentos dividiéndolos en cinco (5) fases.

La primera fase corresponde a la materia prima donde se especifican los materiales principales con los que se trabaja en la planta de producción, junto a esto se hace un análisis de teoría general de sistemas incorporando las entradas como el combustible el cual es necesario para el transporte de los productos con los que se trabajan que son el cartón, la espuma (EPS), poliestireno (PS), polietileno (PET) y polipropileno (PP) y se obtienen unas salidas que corresponden a los desechos o material resultante que puede ser reincorporados al sistema, en este caso se generan gases de efecto invernadero que son considerados como un desecho por la combustión de la gasolina.

Cabe resaltar que cada uno de estos materiales son usados en una línea de producción distinta dependiendo del producto que se quiera obtener. En la figura 20, se aprecia que el poliestireno expandido o espuma pasa únicamente por el proceso de extrusión el cual se entiende según Moreno (2019) como el acto de *“hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico a través de un orificio con forma más o menos compleja y continua, de manera tal, que el material adquiera una sección transversal igual a la del orificio”*

y termoformado que como su nombre lo indica es aquel proceso donde por acción del calor y presiones de aire de formado se moldea el material según el producto diseñado en un molde y finalmente pasa a ser empacado y comercializado.

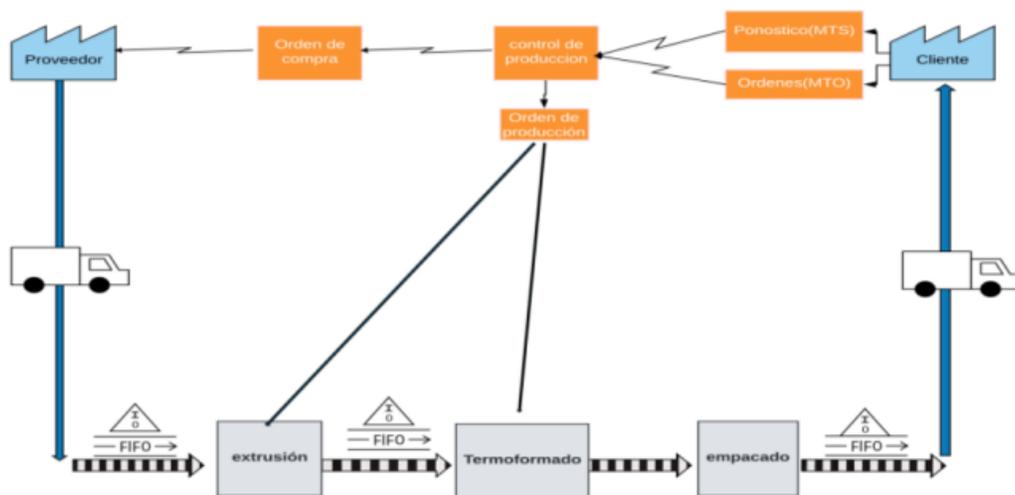


Figura 20. Proceso productivo de envases de espuma. Autor (2022).

En la figura 21, encontramos el proceso productivo de los envases rígidos fabricados a partir de PET y PP los cuales son intervenidos en cuatro (4) procesos: La extrusión, el termoformado, empacado y dependiendo del portafolio de producción el envase final puede pasar por decorado o termoencogido.

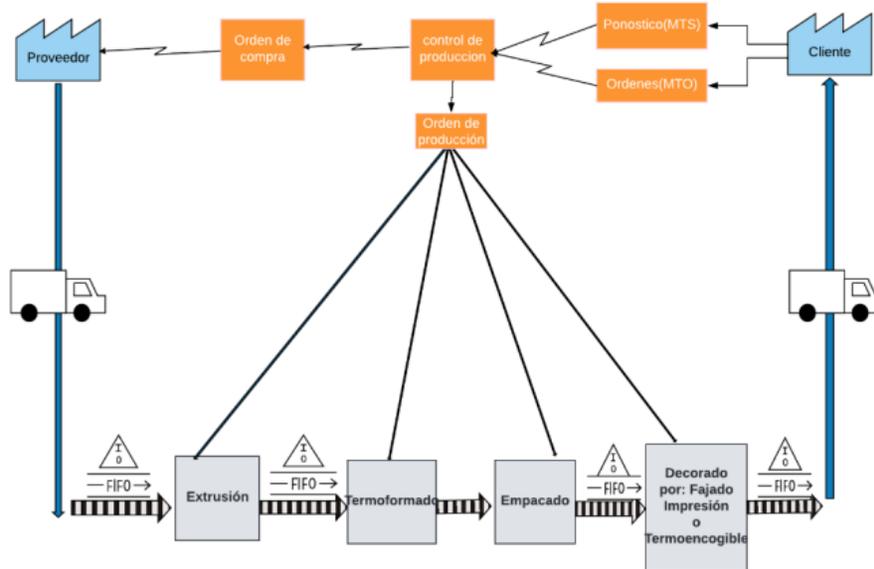


Figura 21. Proceso productivo de envases rígidos. Autor (2022).

La figura 22 presenta el diagrama de procesos al cual está sometido el cartón que son el troquelado, descartonado, moldeado y empacado. Más adelante se explicarán al detalle cada uno de los procesos que mencionados.

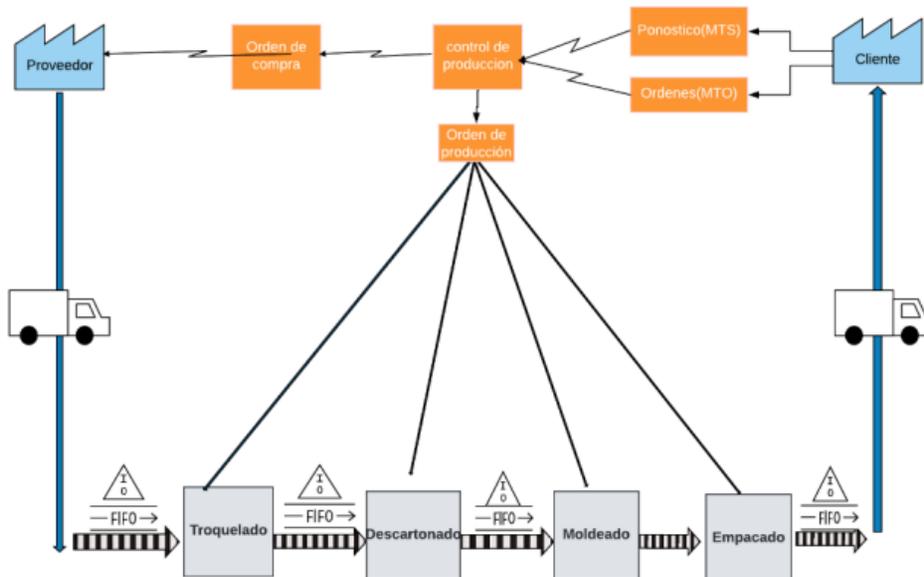
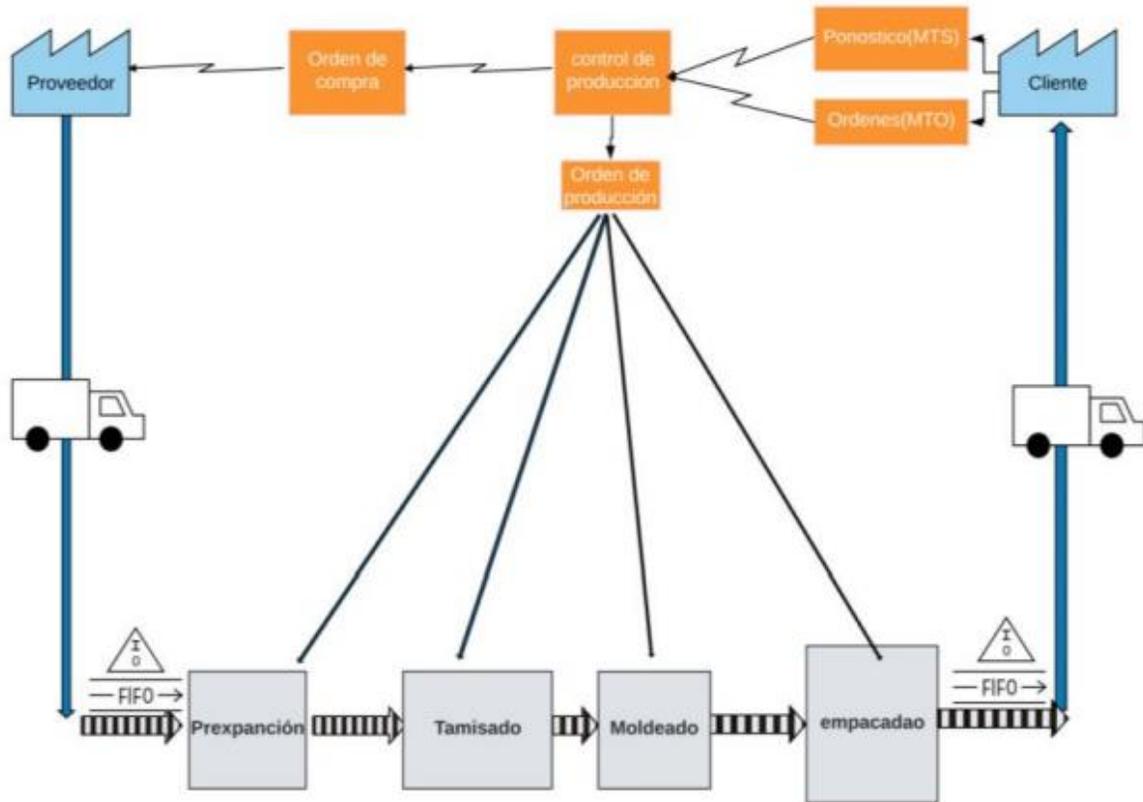


Figura 22. Proceso productivo de envases de cartón. Autor (2022).

Y finalmente el proceso de los envases térmicos, el cual es un proceso completamente lineal donde el material Poliestireno expandido por gas butano (EPS) pasa por un proceso de Preexpansión del cual se obtiene el ESP, un tamizado, el moldeado y el empaclado.



**Figura 23.** *Proceso de producción de envases térmicos.* Autor (2022).

A continuación, se encuentra la información anteriormente descrita sintetizada en una matriz de inventario de ciclo de vida que como se mencionó en la metodología fue tomada y modificada de UNU Environment (2017) y más adelante el análisis y discusión completo respecto a la misma. Cabe resaltar que en la metodología se propuso existe una columna designada para las actividades fuera del alcance, donde se establecieron actividades tales como la producción del petróleo, de los polímeros vírgenes y de la energía, así como la deforestación por tala de especies maderables ya que como empresa no tiene la capacidad de reducir los impactos negativos al ambiente que sean generados por estas actividades.

**Tabla 15.** Inventario del ciclo de vida.

Fases	Actividad clave	Entradas	Producto	Salidas	Actividades fuera del alcance
<b>Materias Primas</b>	Recepción	Combustible Energía Espuma Cartón PS PET PP	Espuma EPS Cartón Poliestireno (PS) Polietileno (PET) Polipropileno (PP)	Emisiones GEI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de petróleo</li> <li>• Producción de polímeros vírgenes</li> <li>• Producción de energía</li> <li>• Deforestación por tala de especies maderables</li> </ul>
	<b>Producción</b>	Extrusión	Energía eléctrica Aditivos PS PET PP Strech Film Wypall	Producto semiprocesado (Laminas)	
Desgasificación (Cuarentena)		Rollos de espuma Gas butano	Láminas de espuma libre de gas butano	Gas butano	
Termoformado		Energía Gases refrigerantes Lamina de espuma EPS Bolsas de empaque Lámina PET Lámina PP Lámina PS Cinta Strech Film Corrugados Estibas de madera Lubricantes Desinfectantes Wypall Sticker	Vasos SP Envases Bandejas Tapas	Desperdicios de proceso (Estructural) Desperdicio de cintas, corrugados, strech film, stickers Wypall RESPEL Estibas de madera dañadas Grasas y aceites Barreduras Emisiones de gases Bolsas plásticas	

	Preexpansión	Gas pentano Poliestireno (PS) Bolsas de empaque Corrugados Stickers Strech film Lubricantes Wypall Agua Maquina inyectora Máquina expansora Agua Gas natural	Vasos Envases Contenedores Bandejas	Vapor de agua Gases Wypall RESPEL Bolsas plásticas Desperdicios de stickers Corrugados dañados Aguas residuales Emisiones GEI
	Impresión	Tintas Energía Vaso SP Bolsas de empaque Corrugados Sticker Solventes limpieza Wypall Lubricantes Desinfectantes Estibas de madera	Vasos impresos	Wypall RESPEL Desperdicios de proceso (Maculatura) Barreduras Corrugados dañados Bolsas plásticas Estibas dañadas Grasas y aceites Stickers Emisiones GEI
	Termoencogido	Envases Etiquetas Bolsas de empaque Corrugados Wypall Lubricantes Energía	Envases con etiquetas termoencogidas	Etiquetas dañadas Envases dañados Cintas Corrugados Wypall Grasas y aceites Emisiones GEI
	Fajado	Etiquetas de cartón impresas Vasos SP	Vaso fajados (Producto terminado)	Etiquetas con defectos Aceites y grasas Vasos con defectos

		Pegante Corrugado Lubricantes		Bolsas plásticas dañadas Desperdicios de cinta y pegante
	Troquelado	Energía Agua	Pieza troquelada en lamina	Desperdicio de cartón Emisiones GEI
	Descartonado	Cartón Zunchos Corrugados Cintas Bolsas Stickers Lubricantes	Pieza de cartón troquelada individual (etiquetas)	Restos de cartón (Aprovechamiento industrial) Vapor de agua Bolsas y zunchos plásticos dañados Desperdicios de cinta Stickers dañados Grasas y aceites
	Formado	Piezas de cartón troqueladas individuales (etiquetas)	Vasos de cartón Bowls de cartón Bandejas de cartón	Desperdicios de procesos Bolsas dañadas Aceites y grasas
<b>Distribución</b>	Embalaje	Productos terminados Cajas Cinta Papel (Documentos) Estibas de madera Strech film Bolsas	Productos embalados	Cajas con defectos Estibas Barreduras Cintas Bolsas dañadas Papel
	Rotulado	Stickers Cajas de cartón	Cajas rotuladas	Rótulos dañados
	Transporte	Combustible Aceites Líquido de frenos Baterías	Cajas rotuladas con los productos	Emisiones GEI, RESPEL

		Llantas			
<b>Uso</b>	Venta al por mayor	Combustible Productos	Cajas con los productos	Emisiones GEI	
	Transporte	Combustible Aceites Líquido de frenos Baterías Llantas	Productos al por mayor o detal	Emisiones GEI, RESPEL	
	Consumo	Paquete de vasos Bowls Bandejas Envases	Vasos desechables Alimentos envasados	Residuos sólidos aprovechables y no aprovechables	
<b>Fin de vida</b>	Disposición de residuos sólidos	Residuos aprovechables Residuos no aprovechables Combustible Aceites Líquido de frenos Baterías Llantas	Residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario	Gases de efecto invernadero Lixiviados RESPEL	

Fuente: Tomado y modificado de UNU Environment (2017).

Regresando con el análisis de la matriz de inventario, la segunda fase involucra las actividades relacionadas a la producción las cuales se hablaron a grandes rasgos desde la figura 13 a la 16. Como se mencionó, la primera actividad es la extrusión, para este proceso son utilizadas resinas como: Poliestireno (PS), Polietileno de tereftalato (PET) y Polipropileno (PP), adicionalmente son suministrados aditivos como colorantes o antiestáticos. Para el buen funcionamiento de las máquinas extrusoras se hace necesario el uso de equipos periféricos como lo son los chillers para el enfriamiento del agua y compresores para obtener aire con altas presiones usados en el proceso; estos periféricos generan residuos de impacto al medio ambiente como gases refrigerantes; también se incorpora una película muy delgada de polietileno llamada Strech film para que una vez se obtenga la lámina extruida sea forrada la bobina o rollo para evitar contaminaciones cruzadas en el transporte o almacenamiento y garantizar su inocuidad. Para la extrusión del EPS se inyecta gas butano obteniendo así la lámina expandida para ser producto semiprocesado, este rollo es dispuesto en la bodega de almacenamiento que tiene una atmósfera negativa para hacer la desgasificación de los rollos durante 48 horas; generando salidas del gas butano.

El resto de las láminas de PET y PP son igualmente envueltos en Strech film y son dispuestos en el área de productos semiprocesados y después almacenados en una bodega de rollos. Posteriormente estos rollos pasan al proceso de termoformado para ser moldeadas según los diseños del portafolio y demanda del cliente, luego son entregados para su respectivo conteo y empaque aquí son usadas bolsas plásticas de polietileno y corrugados.

Como se mostró en la figura 16, el primer proceso para la producción de envases térmicos (EPS) es la Preexpansión aquí se estimula el gas pentano que viene dentro del pellet para que éste se expanda y se genere el moldeo, en este proceso se utiliza vapor de agua por medio de calderas para generar calentamiento y presiones dentro de los moldes. Este proceso genera emisiones de vapor de agua.

El siguiente proceso corresponde a las actividades relacionadas con el decorado de los vasos donde en primer lugar se tiene la impresión Offset, a este proceso ingresan las tintas de impresión, las planchas metálicas con los fotopolímeros y mantillas de caucho que en conjunto conforman los diseños de impresión. En la torre de impresión ingresan los vasos semiprocesados para ser decorados y luego pasan por el túnel de secado UV. Los vasos ya impresos son recogidos al final de una banda de transporte por un acumulador mecánico para ser posteriormente empacados en bolsas plásticas y corrugados para su almacenamiento y seguido despacho.

Otra actividad del decorado de vasos es el termoencogido, donde es usada una máquina por donde el producto viaja por una serie de túneles con temperaturas específicas haciendo que las etiquetas ensambladas en la zona de corte y disparo se ajusten al recipiente por termoencogimiento, luego de esto son apilados, contados y empacados en bolsas o corrugados. Existe también la actividad de fajado el cual inicia con la alimentación de Etiquetas de cartón y vasos, la máquina de este proceso aplica pegante a la etiqueta y luego es ensamblada con el vaso, obteniendo el producto final el cual es empacado en corrugado y llevado al área de almacenamiento.

Por otra parte, está el troquelado y el descartonado donde la principal entrada es el cartón y los moldes acomodados en la máquina troqueladora, allí se hacen los cortes específicos en la lámina del material según el producto que se vaya a realizar y pasa al descartonado que es sacar la pieza cortada del resto de la lámina las cuales pasan a un segundo proceso que es el formado, de estas actividades se tiene una salida específica que son los residuos de cartón de la lámina ya cortada que pasan a un proceso de aprovechamiento industrial.

En todos los procesos de producción después de formados se suman otros materiales como cintas adhesivas, stickers, bolsas, corrugados, estibas de madera, lubricantes, desinfectantes y wypall que generan salidas tales como desperdicios.

La fase de distribución está compuesta por tres actividades claves, la primera es el embalaje la cual tiene como entradas los productos ya terminados y empacados los cuales son acomodados en cajas selladas con cinta, pasan a una segunda actividad que es el rotulado donde se usan stickers para tener las cajas marcadas con los datos de información de destino, de estas actividades se tienen igualmente salidas como estibas dañadas, desperdicios de cintas, residuos aprovechables como papel por la documentación y cajas con defectos. En el cierre de la distribución se tiene entonces la actividad de transporte en la cual se hace uso de combustible generando emisión de gases de efecto invernadero y todos los insumos relacionados con los camiones como llantas, grasas, aceites, baterías, etc. las cuales como salida son considerados RESPEL.

Por último, se encuentra la fase de uso, la cual comprende actividades como la venta al por mayor de los productos; utilizando como entradas el combustible y obteniendo como salidas emisiones de gases de efecto invernadero, igualmente el transporte con las mismas entradas mencionadas en la fase anterior que es todo lo relacionado a los camiones y el combustible con salidas como los RESPEL y emisiones de GEI. El consumo es la fase que corresponde una vez los productos han sido vendidos a los clientes y hacen uso de estos generando salidas como residuos aprovechables y no aprovechables; se habla de residuos aprovechables en relación a aquellos residuos plásticos como el PET que son fáciles de reciclar cumpliendo unos parámetros de limpieza e inocuidad y como no aprovechables los residuos de cartón los cuales por sus características

orgánicas impiden que puedan ser reutilizados, además cabe mencionar que a muchos de estos envases de cartón es necesario añadirles una película de polietileno para garantizar que existan filtraciones en el empaquetado de alimentos.

Finalmente se cierra la matriz con la fase de fin de vida a la que corresponde como actividad principal la disposición final de los residuos generados en el consumo donde como entradas están los residuos y todos los insumos de transporte como combustible, aceites, líquidos de frenos, baterías y llantas que se traduce a una generación de salidas RESPEL y por otro lado en relación con la descomposición de los materiales desechados se generan lixiviados y en conjunto gases de efecto invernadero. Aquí cabe resaltar que salen también residuos aprovechables que son separados y dispuestos por recicladores de oficio cerrando el ciclo. El sector de plástico en Colombia genera 1,2 millones de toneladas al año de los cuales el 56% equivalen a envases y empaques (Bernal, et al 2021).

### **8.1.2 Matriz de pensamiento de ciclo de vida**

Para la construcción de la matriz de pensamiento de ciclo de vida fue indispensable tener en cuenta la matriz anteriormente expuesta donde se muestra el inventario del ciclo de vida que cumplen los envases descartables donde se pudieron establecer aquellos procesos, materias primas y salidas que se pueden dar en cada uno.

La matriz que se presenta a continuación entonces está compuesta por cuatro tipos de impactos, la primera es como se mencionó el inventario de ciclo de vida, la segunda los impactos ambientales en donde se dividió en uso de recursos y calidad del ecosistema haciendo referencia a los recursos naturales que fueron utilizados en ese proceso y en relación principalmente a las entradas y las afectaciones que tiene el ecosistema al hacer uso de esos recursos, respectivamente.

El tercer tipo de impacto refiere al social donde entran tres (3) tipos de actores, los trabajadores, consumidores y otros. Este último se conoce como los grupos de interés donde se incluyen vecinos u otro tipo de comunidades que se pueden ver afectadas por los procesos en cuestión. Y finalmente el cuarto tipo de impacto es el económico donde se tuvo en cuenta la rentabilidad del proceso; es decir, las pérdidas o ganancias que podría estar generando para la empresa.

Para la calificación de estos impactos se realizó en base a lo propuestos por la UNEP (2014) para el análisis de puntos críticos, donde cada uno de estos impactos fue determinado como alto (A), medio (M) o bajo (B) según su grado de impacto y positivo (+) o negativo (-) si tiene impactos benéficos o por el contrario son una problemática. Esta última calificación se realizó en primera instancia para lo que es el impacto social y económico ya que se presentaron puntos a favor y en

contra, donde por el contrario en el impacto ambiental los puntos expuestos allí se traducen en una problemática de manera que se asumen que todos esos son impactos negativos.

En cuanto al análisis de la matriz, iniciamos con los impactos ambientales, en cuanto a uso de los recursos y aquí en una totalidad parcial se puede decir que se hacen uso de polímeros y materiales derivados del petróleo como lo son algunos productos plásticos que a su vez se clasifican en distintos tipos, esto debido a que existen alrededor de siete (7) clasificaciones como se muestran en la siguiente imagen.



**Figura 24.** Clasificación de los plásticos. Añaca et al (2022).

Los plásticos donde se enmarca el trabajo de investigación es el uno (1) correspondiente al tereftalato de polietileno o por sus siglas en inglés PET, este se caracteriza por su transparencia y admisión de colorantes, es más factible para reciclar, tiene una alta resistencia, es ligero de peso, impermeable, compatible con otros materiales y de alta resistencia. El cinco (5), polipropileno (PP), el cual es un plástico difícil de reciclar, es muy resistente, fácil de moldear, resistente a agentes químicos y temperaturas altas en alimentos o bebidas. Y el seis (6) poliestireno (PS), el cual es un polímero termoplástico, muy difícil de reciclar debido a que el proceso es complejo; adicionalmente este plástico se divide en cuatro tipos que son el PS cristal, PS de alto impacto, PS expandido y PS extrusionado, estos dos últimos son los utilizados para la fabricación de envases y se caracterizan por ser de color blanco, frágiles y ligeros (Cáceres, 2020)

Regresando a los impactos ambientales por uso de recursos, encontramos también combustibles fósiles como fuente de energía bien sea para los carros de transporte o algunas máquinas y especies maderables; dentro de estas especies maderables se abarcan entradas como lo son el cartón utilizado para los envases, corrugados para el proceso de embalaje, papel para la documentación y las estibas de madera que son utilizadas para la movilidad de los productos. En algunos procesos se hace uso del agua como en la Preexpansión debido a que se usan calderas. También se pueden encontrar uso de sustancias químicas, en cuestión de lubricantes, desinfectantes y consumo de energía considerable en cada uno de los procesos debido a que el funcionamiento de la planta es a partir de energía eléctrica.

En cuanto a calidad del ecosistema, encontramos generación de material particulado en diferentes medidas dependiendo del proceso donde sea utilizado el combustible fósil, deterioro de la salud ambiental, pérdida de biodiversidad al promover actividades tales como el uso de especies maderables y la explotación de petróleo, agotamiento de recursos por el uso continuo de los mismos que si bien se hace de manera estructurada y controlada, por la demanda del producto muchas veces puede subir, también se encuentra contaminación del suelo por posibles derrames de combustible, contaminación auditiva por los sonidos emitidos por la maquinaria y así mismo emisiones de calor, generación de olores y contaminación atmosférica en cuanto a la emisión de gases, derrame químico evaluando la posibilidad de que suceda en algún momento y generación de residuos sólidos aprovechables como los estructurales que son los que resultan del corte de láminas, moldes, etc que son reutilizados en el proceso, residuos no aprovechables como los de cartón y peligrosos como los contaminados por sustancias químicas.

Para los impactos sociales se encontraron de manera positiva la generación de empleo que se estableció como alta para aquellos procesos donde intervienen entre 72 y 102 trabajadores, medio entre 27 y 48, y bajo para los que involucran menos de 20 trabajadores. Por ejemplo, en temporada alta los procesos con mayor intervención de personal son el termoformado, todo el proceso donde se involucra el cartón (troquelado y descantonado) y la fabricación de térmicos (Preexpansión), los procesos con una demanda media de personal son los de extrusión y los de baja demanda son impresión y termoencogible. En cuanto a temas de recepción y transporte de productos se estima que es una generación media- alta dependiendo del proceso donde se de la actividad.

Del mismo modo dentro de los impactos a trabajadores se incluyó la seguridad laboral la cual fue calificada como media-alta dependiendo del proceso, además que como se mencionó anteriormente dependiendo de la temporada y demanda de los productos esta puede variar. Además, se hablan sobre enfermedades laborales ya que siempre va a existir un porcentaje de riesgo a que esto suceda; sin embargo, mediante el área de salud y seguridad en el trabajo (SST) se intenta reducir esos riesgos para cuidar la integridad de los colaboradores.

Lo impactos a consumidores no se ven reflejados sino hasta la actividad de consumo donde allí se ven altamente beneficiados por la oferta en el mercado de los productos fabricados por la empresa y por otro lado están los otros o grupos de interés que se ven mayormente afectados en la etapa de “fin de vida útil” por la alta generación de residuos sólidos que traen consigo consecuencias de las que más adelante se profundizaran.

Finalmente se encuentran los impactos económicos que se ven reflejados en primera estancia en la producción con extrusión, termoformado, Preexpansión, impresión, termoencogido, troquelado, descartonado, formado, embalaje y rotulado ya que dentro de estos existe la posibilidad

de pérdida de materia prima que muchas veces no puede ser reutilizado y eso se traduce en un costo por desperdicios. Se encuentra un impacto alto y positivo en el momento de la venta al por mayor de los productos ya que esto genera ingresos por comercialización, un impacto bajo negativo para consumidores por el cobro de los envases pues finalmente esto es un gasto a la hora de comprar bien sea los alimentos o el producto como tal y un impacto alto negativo de forma directa e indirecta por pago de tarifa de aseo por la alta generación de residuos en el fin de vida.

La siguiente tabla condensa la información ampliada de los párrafos anteriores. Cuando aparecen las casillas en blanco quiere decir que no aplica para esa actividad.

**Tabla 16.** Matriz de pensamiento de ciclo de vida.

Inventario de ciclo de vida					Impactos Ambientales		Impacto social			Impactos económicos
Fases	Actividad clave	Entradas	Producto	Salidas	Uso recursos	Calidad del ecosistema	Trabajadores	Consumidores	Otros	Utilidad
<b>Materias Primas</b>	Recepción	Combustible Energía Espuma Cartón PS PET PP	Espuma Cartón PS PET PP	Emisiones GEI	Combustibles fósiles (M) Consumo de energía (M) Especies maderables (M) Derivados del petróleo (A)	Generación de material particulado (M) Deterioro de la salud ambiental (M) Pérdida de biodiversidad (M) Agotamiento de recursos (M) Contaminación del suelo por derrame de combustible (B)	Generación de empleos (M+) Seguridad laboral (A+)			
<b>Producción</b>	Extrusión	Aditivos Energía PS PET PP Strech Film	Producto semiprocesado (Laminas)	Desperdicio de espuma Monómeros con aditivos	Derivados del petróleo (A) Consumo de energía (A)	Contaminación ecosistémica (M) Contaminación auditiva (A)	Generación de empleos (M+)			Costos por materia prima desperdiciada (B-)

		Chillers Compresores Wypall		RESPEL Gases refrigerante s Emisiones GEI	Sustancias químicas (M)	Emisión de calor (M)  Generación de olores (M)  Derrame químico (B)  Generación de residuos (M)	Seguridad laboral (M+)  Enfermeda des laborales (M-)			
	Desgasifica ción	Rollos de espuma Gas butano	Láminas de Espuma libre de gas butano	Gas butano	Derivados del petróleo (A)	Generación de gases (M)  Contaminació n atmosférica (B)	Enfermeda des laborales (-M)  Generación de empleos (+B)  Seguridad laboral (+B)			
	Termoform ado	Energía Lamina de espuma ESP Bolsas de empaques Lámina PET Lámina PP Lámina PS Cinta Strech Film Corrugados	Vasos SP Envases Bandejas Tapas	Desperdici os de proceso Desperdici o de cintas, corrugados, stretch film Wypall RESPEL Estibas de madera	Derivados del petróleo (A)  Especies maderables (M)  Consumo de energía (A)	Contaminació n atmosférica (B)  Deterioro de la salud ambiental (M)  Contaminació n auditiva (A)	Generación de empleos (+A)  Riesgos de accidentes laborales (-M)			Costos por materia prima desperdici ada (M-)

		Estibas de madera Lubricantes Desinfectantes Wypall Stickers		Grasas y aceites Stickers dañados Gases refrigerantes Bolsas plásticas		Generación de calor (A)  Generación de residuos sólidos (M)	Seguridad laboral (+M)  Enfermedades laborales (-M)			
	Preexpansión	Gas pentano Poliestireno (PS) Bolsas de empaque Corrugados Stickers Strech film Lubricantes Wypall Agua	Vasos Envases Contenedores Bandejas	Vapor de agua Gases RESPEL Bolsas plásticas Desperdicios de stickers Corrugados dañados Aguas residuales Emisiones GEI	Derivados del petróleo (A)  Agua (A)  Especies maderables (M)  Sustancias químicas (B)	Contaminación ecosistémica (M)  Deterioro de la salud ambiental (M)  Emisión de gases (M)  Agotamiento de recursos (M)  Generación de residuo sólidos (M)  Generación de residuos peligrosos (M)	Generación de empleos (+A)  Enfermedades laborales (-M)  Seguridad laboral (+A)			Costos por materia prima desperdiciada (M-)

						Generación de aguas residuales (M)				
	Impresión	Tintas Vaso SP Bolsas de empaque Corrugados Stickers Solventes limpieza Wypall Lubricantes Desinfectantes Estibas de madera	Vasos impresos	RESPEL Desperdicios de proceso (Maculatura) Corrugados dañados Bolsas plásticas Estibas dañadas Grasas y aceites Stickers dañados	Consumo de energía (A) Sustancias químicas (B) Especies maderables (B)	Generación de residuos peligrosos (M) Agotamiento de recursos (M) Contaminación ecosistémica (M) Contaminación auditiva (B) Generación de residuos sólidos (M)	Generación de empleos (+B) Seguridad laboral (+B)			Costos por materia prima desperdiciada (M-)
	Termoencogido	Envases Etiquetas Bolsas de empaque Corrugados Wypall Lubricantes	Envases con etiquetas termoencogidas	Etiquetas dañadas Envases dañados Cintas Corrugados Estibas dañadas RESPEL Grasas y aceites Emisiones GEI	Consumo de energía (A) Especies maderables (B)	Generación de residuos sólidos (M) Generación de residuos peligrosos (M)	Generación de empleos (+B) Seguridad laboral (+B)			Costos por materia prima desperdiciada (M-)

	Fajado	Etiquetas de cartón impresas Vasos SP Pegante Corrugado Lubricantes	Vaso fajados (Producto terminado )	Etiquetas con defectos Aceites y grasas Vasos con defectos Bolsas plásticas dañadas Desperdicios de cinta	Consumo de energía (A) Especies maderables (M) Derivados del petróleo (M) Sustancias químicas (B)	Generación de residuos peligrosos (B) Generación de residuos sólidos (B) Contaminación auditiva (B)	Generación de empleos (+M) Seguridad laboral (+M)			Costos por materia prima desperdiciada (B-)
	Troquelado		Pieza troquelada en lamina	Desperdicio de cartón	Consumo de energía (A)					
	Descartado	Agua Cartón Zunchos Corrugados Cintas Bolsas Stickers Lubricantes	Pieza troquelada individual (Blanks)	Restos de cartón (Aprovechamiento industrial) Vapor de agua Bolsas plásticas dañadas Desperdicios de cinta Stickers dañados Grasas y aceites	Especies maderables (A) Derivados del petróleo (A) Consumo de agua (M) Sustancias químicas (B)	Generación de residuos sólidos (A) Generación de residuos peligrosos (M)	Generación de empleos (+B) Seguridad laboral (+M)			Costos por materia prima desperdiciada (A-)

	Formado	Piezas troqueladas individuales (Blanks)	Vasos Bowls Bandejas de cartón	Desperdicios de procesos Bolsas dañadas Estibas Aceites y grasas	Agua (A) Consumo de energía (A) Especies maderables (A)	Agotamiento de recursos (M) Generación de residuos sólidos (M)	Generación de empleos (+B) Seguridad laboral (+B)			Costos por materia prima desperdiciada (B-)
Distribución	Embalaje	Productos terminados Cajas Cinta Papel Estibas Strech film Bolsas	Producto embalado	Cajas con defectos Estibas Cintas Bolsas dañadas Papel	Derivados del petróleo (M) Especies maderables (B)	Agotamiento de recursos (M) Generación de residuos sólidos (M)	Generación de empleos (+M) Seguridad laboral (+M)			Costos por materia prima desperdiciada (B-)
	Rotulado	Stickers	Cajas rotuladas	Rótulos dañados	Derivados del petróleo (M)	Generación de residuos sólidos (M)	Generación de empleos (+M) Seguridad laboral (+M)			Costos por materia prima desperdiciada (B-)
	Transporte	Combustible Aceites Líquido de frenos Baterías Llantas	Cajas rotuladas con los productos	Emissiones GEI RESPEL	Combustibles fósiles (M) Consumo de energía (M)	Generación de material particulado (M) Deterioro de la salud ambiental (M) Agotamiento de recursos (M)	Generación de empleos (+M) Seguridad laboral (+M)			

						Contaminación del suelo por derrame de combustible (B)				
Uso	Venta al por mayor	Combustible Productos	Cajas con los productos	Emisiones GEI	Combustibles fósiles (M) Consumo de energía (M)	Generación de material particulado (M) Deterioro de la salud ambiental (M) Agotamiento de recursos (M) Contaminación del suelo por derrame de combustible (B)	Generación de empleos (+A) Seguridad laboral (+A)			Ingresos por comercialización (+A)
	Transporte	Combustible Aceites Líquido de frenos Baterías Llantas	Productos al por mayor o detal	Emisiones GEI RESPEL	Combustibles fósiles (M) Consumo de energía (M)	Generación de material particulado (M) Deterioro de la salud ambiental (M)	Generación de empleos (+A) Seguridad laboral (+A)			

						Agotamiento de recursos (M)				
						Contaminación del suelo por derrame de combustible (B)				
	Consumo	Paquete de vasos Bowls Bandejas Envases	Vasos Alimentos envasados	Residuos sólidos aprovechables y no aprovechables	Combustibles fósiles (M)	Agotamiento de recursos (M)		Disponibilidad de envases para alimentos (+A)		Cobro del envase (-B)
<b>Fin de vida</b>	Disposición de residuos sólidos	Residuos aprovechables Residuos no aprovechables Combustible Aceites Líquido de frenos Baterías Llantas	Residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario	Emisión GEI Lixiviados RESPEL	Combustibles fósiles (A)	Generación de material particulado (A) Contaminación atmosférica (A) Generación de residuos sólidos (A) Generación de olores ofensivos (M)	Generación de empleo (A+) Seguridad laboral (+A)	Reducción de vida útil del relleno sanitario (-A) Generación de enfermedades por olores ofensivo (-A) Deterioro de la salud	Pago por tarifa de aseo para el consumidor (-A) Pago por tarifa de aseo para el reciclador de oficio (+A)	

						Proliferación de vectores (A)			ambiental (-A)	
						Agotamiento de recursos (M)				
						Gestión inadecuada de residuos sólidos (A)				

Teniendo el análisis de los impactos se establecieron los puntos críticos, estos fueron seleccionados dependiendo de la mayor cantidad de impactos negativos altos que tuvieran. En la siguiente tabla se observan cuales fueron.

**Tabla 17.** Puntos críticos según cantidad de impactos negativos.

<b>Fase</b>	<b>Cantidad de impactos negativos</b>
Disposición de residuos sólidos	10
Producción de envases de cartón	8
Termoformado	4
Extrusión	3

- Disposición de residuos sólidos: De los puntos críticos, la disposición de residuos sólidos es la actividad con mayor presencia de impactos altos negativos en base a que por la alta generación de residuos que se da al hacer uso de envases descartables existen emisiones de gases y material particulado, convirtiéndose en contaminación atmosférica, reducción de la vida útil del relleno sanitario ya que por la inadecuada gestión de residuos, muchos que pueden ser aprovechados terminan su vida útil en el relleno, esto causa proliferación de vectores, olores ofensivos especialmente por la descomposición de bebidas o alimentos con los que se encuentren contaminados los envases y por el uso de envases de cartón, en general esto se entiende como el deterioro de la salud ambiental porque no solo está afectando a nivel eco sistémico sino que también a las comunidades vecinas al relleno o puntos de disposición de residuos ya que estas problemáticas traen consigo problemas de salud humana.
- Producción de envases de cartón: Este comprende las actividades de troquelado, descartonado y formado donde como su nombre lo indica la materia prima utilizada en estos procesos es el cartón como producto de la pulpa de una especie maderable, derivados del petróleo y sustancias químicas por el uso de materiales plásticos y lubricantes respectivamente. Cabe recordar que hay alta generación de residuos ya que los recortes no pueden ser reincorporados al proceso por lo que pasan a aprovechamiento industrial, esto significa que hay agotamiento de recursos y alta generación de residuos sólidos que a la final se convierte en un costo por desperdicios.
- Termoformado: Por ser la actividad donde se utilizan los tres tipos de polímeros plásticos (PET, PS Y PP) los cuales generan unos desperdicios de proceso y existe un alto consumo de energía, esto se traduce en impactos como el deterioro de la salud ambiental, contaminación auditiva,

generación de calor y generación de residuos sólidos, además trae consigo riesgos por accidentes y enfermedades laborales

- Extrusión: Se hace igualmente uso de los plásticos que vienen siendo derivados del petróleo y un alto consumo de energía, también por la maquinaria hay una alta contaminación auditiva que trae consigo enfermedades laborales que son clasificadas como impacto medio ya que haciendo vales las políticas de uso de productos de protección personal se intenta reducir al máximo este tipo de impactos. El impacto diferencial entre el termoformado y la extrusión radica en que en el termoformado salen más residuos sólidos, que si bien algunos pueden ser reincorporados al ciclo productivos otros no lo pueden ser.

Cabe mencionar que dentro del trabajo investigativo de Portillo et al (2020) el proceso clasificado con mayores impactos negativos fue la obtención de materia prima lo cual resulta cierto; sin embargo, dentro de este proyecto en el inventario de ciclo de vida se clasificaron las actividades de la obtención y producción de materia prima fuera de alcance debido a que esta no es principalmente la responsabilidad de la empresa productora de envases; sin embargo esto lleva a pensar en que se debe buscar alternativas también desde ese eslabón de la cadena productiva.

La matriz de pensamiento de ciclo de vida proporciona un panorama de la cadena de valor desde los impactos ambientales, sociales y ecológicos. Por lo tanto, es necesario hacer un análisis complementario del entorno externo de la empresa que incluya variables políticas, económicas, sociales, tecnológicas, económicas y legales.

### **8.1.3 Análisis PESTEL**

El análisis PESTEL es una herramienta que permite realizar una evaluación mediante la cual se identifican las oportunidades y amenazas existentes dentro de la empresa en ámbitos políticos, económicos, sociales, tecnológicos y legales.

La evaluación de cada uno de los temas se hizo de la manera expuesta en la metodología donde se califica la escala de tiempo entre los 0-6 meses, 1-2 años y >2 años dependiendo del momento en que el tema empieza a tener un impacto en la cadena de valor, dicho impacto se evaluó en una escala de 1 si tiene potencial para crear un cambio limitado dentro de una parte de la cadena de valor y 5 con un potencial de revolucionar o destruir la totalidad de la cadena de valor. La probabilidad se evaluó de igual manera con una escala de 1 a 5, siendo 1 muy poco probable y 5 muy probable y finalmente se encuentra la significancia que es el producto o multiplicación de la calificación entre el impacto y la probabilidad.

De acuerdo con el Manual de Ecoinnovación (2014) las puntuaciones de los temas que sean superiores a nueve (9) son consideradas como “cuestiones significativas” y es allí donde se

encuentras los factores que pueden ser considerados como oportunidades y/o amenazas para la empresa. A continuación, se muestra la tabla correspondiente al análisis PESTEL donde en amarillo se ven resaltadas las cuestiones significativas.

**Tabla 18.** Análisis PESTEL.

<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>	<b>Escala de tiempo</b>	<b>Impacto</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Significancia</b>
Político	Impuestos de importaciones y exportaciones	1-2 años	3	3	9
	Políticas internacionales	1-2 años	3	2	6
	Prohibición de contratos por prestación de servicios	1-2 años	2	3	6
	Cambio de gobierno a nivel nacional	0-6 meses	2	3	6
	Plan Nacional para la gestión sostenible de los plásticos de un solo uso	1-2 años	3	4	12
Económico	Incremento en la inversión y adquisición de tecnologías	1-2 años	3	3	9
	Crisis económica a nivel mundial	1-2 años	3	3	9
	Inflación	0-6 meses	3	3	9
	Aumento en el precio de insumos por el precio del dólar	1-2 años	2	3	6
	Sanciones por incumplimiento de leyes ambientales	>2 años	2	2	4
Social	Sensibilizar a los consumidores sobre el uso responsable de los productos plásticos	1-2 años	4	3	12
	Sensibilizar a los consumidores sobre la sostenibilidad del uso de cartón a futuro	1-2 años	4	3	12
	Promover la correcta disposición final de los residuos sólidos	1-2 años	4	3	12
	Inclusión y generación de empleo a recicladores de oficio	0-6 meses	3	3	9
	Incertidumbre de seguridad laboral en líneas de producción de plástico	1-2 años	2	3	6
Tecnológico	Innovar incorporando un porcentaje de plástico reciclado al proceso productivo	1-2 años	4	4	16
	Inversión en tecnologías de recuperación de plástico	1-2 años	4	3	12
	Garantizar inocuidad de los plásticos post consumo para el contacto con alimentos	0-6 meses	3	5	15
	Incertidumbre en la cadena de reciclaje de materiales sustitutos	1-2 años	3	4	12
	Inversión en tecnología para la separación de materiales	>2 años	2	3	6
	Innovación en uso de fibras maderables	0-6 meses	1	4	4
	Eco innovación y ecodiseño	1-2 años	4	4	16

Ambiental	Cultura del reciclaje	>2 años	4	3	12
	Baja capacidad de regeneración de recursos maderables	>2 años	4	4	16
	Problemáticas relacionadas a los monocultivos	1-2 años	3	3	9
	Erosión del recurso suelo	1-2 años	2	4	8
	Alta generación de residuos sólidos no aprovechables	0-6 meses	3	5	12
	Alta generación de residuos aprovechables	0-6 meses	4	5	20
	Contaminación de fuentes hídricas	0-6 meses	3	2	6
	Problemáticas asociadas a la explotación de petróleo	0-6 meses	4	4	16
	Proliferación de vectores	0-6 meses	2	4	8
	Deterioro de la salud ambiental	0-6 meses	2	4	8
	Pérdida de biodiversidad	0-6 meses	2	4	8
	Contaminación de ecosistemas	0-6 meses	2	4	8
	Emisiones de gases contaminantes	0-6 meses	1	4	4
	Alto consumo de agua	0-6 meses	3	4	12
	Deforestación	0-6 meses	3	4	12
Legal	Ley 2232 de 2022, Artículo 4. Prohibición y sustitución gradual de los plásticos de un solo uso	>2	4	4	16
	Ley 2232 de 2022, Artículo 11. Etiquetado de los productos	1-2 año	2	3	6
	Ley 2232 de 2022, Artículo 17. Responsabilidad extendida del productor - REP	1-2 año	3	4	12
	Ley 2232 de 2022, Artículo 18. Alternativas sostenibles con enfoque de economía circular	1-2 año	4	4	16
	Resolución 1407 de 2018 modificada por la Resolución 1342 de 2020, Capítulo II. Planes de Gestión Ambiental de Residuos de Envases y Empaques.	1-2 años	4	4	16
	Resolución 1341 de 2020, Artículo 11. Obligaciones del productor.	1-2 años	3	4	12

En cuanto al análisis de la matriz anteriormente expuesta se tiene que a nivel político se encuentra un escenario demasiado impredecible, en primer lugar a nivel internacional debido a que la empresa es una multinacional por lo que se encuentra ligada también a los dictámenes internacionales por eso las exportaciones se ven comprometidas en cierta medida, adicional a esto a nivel nacional se cuenta con el escenario gubernamental por el que está atravesando actualmente Colombia que aunque esto no representa un riesgo potencialmente alto frente a la producción de la empresa si la impacta, por un lado en la contratación por prestación de servicios que se incluye de igual manera en el ámbito social ya que como se mencionó con anterioridad la contratación de mano de obra depende de la demanda de producción y por otro con la elaboración de políticas nacionales de sustitución de plásticos de un solo uso, la cual si indican una amenaza para gran parte de la cadena de valor de la empresa. En relación con esto se encuentra la parte legal donde en su totalidad la mayor amenaza se encuentra representada por la Ley 2232 del 2022 la cual está orientada a la reducción gradual de la producción y consumo de plásticos de un solo uso.

El artículo 4 de dicha ley tiene una significancia de 16 debido a que este dictamina la prohibición y sustitución gradual de los plásticos de un solo uso como las bolsas de embalaje, envases y empaques para líquidos de consumo inmediato, para llevar o entregar a domicilio, platos, bandejas, cubiertos, vasos y guantes para comer, mezcladores y pitillos, soportes plásticos para las bombas, material de fiesta como confeti, manteles y serpentinas, envases o empaques para comida, laminas para envolver, soportes plásticos de los copitos de algodón, mangos para hilo dental, adhesivos y etiquetas. Es decir, gran parte de la producción y catálogos de productos que maneja la empresa se ven comprometidos por esta ley, cabe mencionar de igual manera que esto es extendido a un plazo de ocho (8) años por eso la escala de tiempo es superior; no obstante, artículos de la ley como el numeral 11 que hace referencia al etiquetado de productos permite una brecha entre la amenaza y la oportunidad ya que el impacto de esta es únicamente en una parte de la cadena de valor, por eso no fue calificada como significativa más sin embargo es un punto a tener en cuenta.

El artículo 17 y 18 están directamente relacionados de modo que si bien el primero habla sobre la responsabilidad extendida a los productores (REP) y el segundo sobre alternativas sostenibles con enfoque de economía circular, ambas son significativas, pero no como una amenaza sino como una oportunidad para la eco innovación desde el diseño de los productos. Además, se incluye también la Resolución 1407 de 2018 la cual ha sido modificada por la resolución 1342 en 2020 las cuales hablan sobre planes de gestión ambiental de residuos de envases y empaques donde se incluyen unas metas de aprovechamiento donde para 2030 se espera se aproveche el 30% de los materiales plásticos, junto a esto se debe hacer mención que dentro de la ley 2232 del presente año

se espera que para la misma fecha sean producidos envases PET con un mínimo de 50% de materia prima reciclada y que se logre una recolección del 98%.

En cuanto al aspecto económico encontramos que existe un incremento en la inversión y adquisición de tecnologías que va directamente de la mano de la inflación y la crisis económica mundial lo que representa una amenaza para la empresa; no obstante, esto se encuentra fuera del alcance de la misma ya que son actividades subordinadas por conflictos políticos en países y el aumento del petróleo lo que trae consigo una inflación en combustible y así mismo en los insumos. Además de esto y en relación con la parte legal anteriormente expuesta se presenta la posibilidad de sanciones por incumplimiento de leyes ambientales el cual se encuentra detallado en la ley de prohibición y sustitución de plásticos de un solo uso en el Capítulo VII, Artículo 25 multas de cien hasta cincuenta mil salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Por otra parte el ámbito social abarca factores que pueden ser considerados una oportunidad como el sensibilizar a los consumidores sobre el uso responsable de los productos plásticos una vez terminan su vida útil al igual que sensibilizar sobre la sostenibilidad del uso de cartón a futuro, esto con la finalidad de subsanar problemáticas ambientales asociadas a la inadecuada gestión de residuos, baja capacidad de regeneración de recursos maderables, materia prima de los envases de cartón actualmente fabricados por la empresa y del mismo modo no se estaría incursionando en el fomento de la sobreexplotación de petróleo ni la deforestación. Otro factor ambiental que comprende lo social que vale la pena resaltar es crear una cultura de reciclaje para que así mismo se reduzca la generación de residuos sólidos no aprovechables y se mitiguen otro tipo de problemáticas tales como el deterioro de la salud ambiental, la contaminación de ecosistemas y fuentes hídricas y la proliferación de vectores.

Para finalizar en el aspecto tecnológico encontramos los aspectos que abarcan el eco diseño y la eco innovación que recordando uno de los artículos expuestos en la matriz de revisión bibliográfica “Upstream Innovation A guide to packaging solutions” de la Fundación Ellen MacArthur (2020) en el cual invita a repensar el modelo de negocio de los envases y empaques desde el diseño para así sacar un producto al mercado que no implique una generación de residuos, por eso este aspecto es considerado como una cuestión significativa traducida en una oportunidad de negocio para así no entrar a sufragar en tecnologías para separación de materiales en caso de los envases de cartón que requieren una película de polietileno evitando del mismo modo la alta generación de residuos; no obstante, de igual forma se requieren tecnologías para la separación de plásticos para garantizar el reciclaje y reutilización del porcentaje sugerido por la ley asegurando que es un material ideal y cumple con los requisitos sanitarios para ser usado en la industria alimenticia enfatizando y usando como base lo expuesto por Van der A, et al. (2021) respecto a

realizar estudios rigurosos de materiales bioplásticos con la finalidad de encontrar una materia prima que resulte óptima para el sector económico en cuestión pero que a las vez cumpla con los parámetros de economía circular y sostenibilidad como se menciona en la publicación de The Pew Charitable (2021).

Las dos herramientas anteriores dan insumos muy importantes desde la perspectiva de oportunidades y amenazas para la organización. Estos insumos se pueden ordenar fácil y efectivamente en una matriz DOFA que condensa los temas estratégicos.

#### **8.1.4 Matriz DOFA**

Para el desarrollo de la matriz DOFA fue necesario tener en cuenta las cuestiones significativas expuestas en la matriz correspondiendo al análisis PESTEL para así establecer cuáles son las oportunidades y las amenazas presentes en el actual modelo de negocio. A partir de estas se establecieron unas estrategias puntuales y generales en la búsqueda de abarcar la mayor parte de aspectos posibles, identificando por cada una de ellas las fortalezas y las debilidades mostradas en la siguiente matriz.

**Tabla 19.** Matriz DOFA con estrategias.

<b>MATRIZ DOFA</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevar la sensibilidad ambiental social</li> <li>• Disminución de la generación de residuos sólidos aprovechables que terminan su vida útil en los rellenos sanitarios.</li> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Innovación desde la sostenibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos grados de rigurosidad en cumplimiento de las leyes</li> <li>• Estrategias con eficacia a largo plazo</li> <li>• Falta de conocimiento y capacitaciones respecto al correcto manejo de los residuos</li> <li>• Desinterés y falta de compromiso por parte de los usuarios</li> <li>• Altos porcentajes de inversión en tecnología</li> </ul>
<b>Oportunidades</b>	<b>Estrategias fortalezas- oportunidades</b>	<b>Estrategias debilidades- oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover la cultura del reciclaje y la correcta disposición de los residuos sólidos.</li> <li>• Reducir emisiones de gases de efecto invernadero</li> <li>• Expansión del mercado por medio de alianzas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar un nuevo modelo de negocio más sostenible</li> <li>• Ecoinnovación desde el diseño de los envases.</li> <li>• Inclusión de recicladores de oficio en el modelo de negocio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incursión en nuevas líneas del mercado</li> <li>• Implementación de programas ambientales</li> <li>• Cursos de Ecoinnovación y sostenibilidad</li> <li>• Jornadas de sensibilización y educación ambiental</li> </ul>
<b>Amenazas</b>	<b>Estrategias fortalezas- amenazas</b>	<b>Estrategias debilidades- amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento en la inversión de tecnologías para la separación de plásticos y tratamiento de plásticos posconsumo.</li> <li>• Normatividad vigente en materia de prohibición de plásticos de un solo uso.</li> <li>• Inflación y crisis económica mundial.</li> <li>• Desconocimiento respecto al uso de nuevas herramientas de gestión</li> <li>• Competencia por parte de otras empresas por implementación de materiales más económicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de programas que fomenten la economía circular</li> <li>• Fabricación de productos de calidad y con reconocimiento de sostenibilidad</li> <li>• Capacidad de impactar positivamente a nivel sociocultural y ambiental</li> <li>• Reutilización de materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechar la inversión tecnológica para nuevas alternativas</li> <li>• Recuperación de materia prima a bajo costo</li> <li>• Sensibilizar sobre uso responsable de los productos plásticos y la sostenibilidad del uso de cartón a futuro.</li> </ul>

## **8.2 Objetivo 2. Priorizar estrategias de Ecoinnovación con enfoque de economía circular para los empaques de alimentos que produce la empresa**

El análisis de la sostenibilidad realizado en el objetivo específico uno, da insumos para definir temas estratégicos para la organización bajo un pensamiento de ciclo de vida. En esta fase se espera bajar esos temas estratégicos al modelo de negocios de la empresa y priorizarlos.

### **8.2.1 Lienzo modelo de negocio**

Con base a las oportunidades y amenazas expuestas en la matriz DOFA (tabla 19) se procede a plantear una serie de estrategias enfocadas a la eco innovación, sin embargo, antes de proponerlas es necesario revisar el modelo de negocio actual de la empresa.

Antes de entrar a hablar del modelo de negocio es esencial entender el funcionamiento de la matriz (tabla 8) expuesta en el apartado de la metodología propuesta. Para ello, se puede completar dando respuestas a unas preguntas específicas para cada módulo. Se inicia por una propuesta de valor a los clientes respondiendo a preguntas como ¿Qué problema se está resolviendo? ¿Cuál es la necesidad que se está satisfaciendo? Lo que básicamente corresponde a la función que cumple esta empresa dentro del mercado, en un segundo momento se hace la segmentación de los clientes en donde se busca definir con claridad para quién se está planteando dicha propuesta de valor seguido del análisis de canales por los cuales se va a llegar al cliente evaluando simultáneamente la rentabilidad de cada uno y su funcionamiento. Entramos entonces a la evaluación de relaciones buscando responder a la pregunta de ¿Cuál es la relación que se tiene con cada uno de los clientes segmentados? ¿Qué tipo de relación se espera tener?, por otra parte, se tiene el flujo de ingresos el cual hace referencia principalmente a la parte económica al igual que la estructura de costos, los recursos claves respondiendo a la pregunta ¿Qué recursos esenciales son necesarios para dar cumplimiento a la propuesta de valor? Y las actividades y aliados claves indagando en aquellas actividades necesarias para la puesta en marcha de la propuesta, así como aquellas alianzas que se necesitan para el mismo fin (Modelo Canvas, 2013).

**Tabla 20.** Modelo de negocio Canvas.

<p><b>Aliados clave</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acoplásticos</li> <li>• Empresas de reciclaje</li> <li>• Proveedores de materia prima virgen</li> <li>• Proveedores de maquinaria</li> <li>• Proveedores de materiales de empaque (bolsas, corrugados, cintas)</li> <li>• Proveedores de insumos (tintas de impresión, etiquetas)</li> </ul>	<p><b>Actividades clave</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materia prima</li> <li>• Extrusión</li> <li>• Desgasificación</li> <li>• Termoformado</li> <li>• Preexpansión</li> <li>• Impresión</li> <li>• Termoencogido</li> <li>• Fajado</li> <li>• Troquelado</li> <li>• Descartonado</li> <li>• Formado</li> <li>• Embalaje</li> </ul>	<p><b>Propuesta de Valor</b></p> <p>Empresa latina especializada en el diseño, producción y distribución de empaques plásticos rígidos, térmicos y espumados para bebidas y alimentos preparados solucionando la necesidad de los clientes en procesos como la compra de alimentos a domicilio o compra de alimentos envasados en tiendas y supermercados.</p>	<p><b>Relaciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oferta de productos de excelente calidad</li> <li>• Soluciones innovadoras e integrales</li> </ul>	<p><b>Segmento clientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Portafolio industrial: Cadenas y franquicias de restaurante regionales, nacionales e internacionales</li> <li>• Portafolio desechables: Cafeterías</li> <li>• Panaderías</li> <li>• Hoteles</li> <li>• Vendedores ambulantes</li> </ul>
<p><b>Estructura de costos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de inversión: Maquinaria especializada</li> <li>• Costos fijos: Transporte, salarios, servicios públicos.</li> <li>• Costos variables: Impuestos, publicidad, mano de obra.</li> </ul>		<p><b>Flujo de ingresos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Venta al por mayor de los productos</li> </ul>		
<p><b>Recursos Clave</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Físicos: Maquinaria, zonas de almacenamiento, transporte.</li> <li>• Humanos: Trabajadores</li> <li>• Materia prima: Plástico PET y RPET, PS, PP, fibras maderables.</li> </ul>		<p><b>Canales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Portafolio de productos</li> <li>• Redes sociales y página web</li> <li>• Correo electrónico</li> <li>• Gerentes de cuentas (visitas periódicas) contacto presencial</li> </ul>		

### **8.2.3 Estrategias de innovación**

Para la formulación de las estrategias, cabe resaltar que la toma de decisiones para la presentación de las mismas está basada en la ruta para la innovación en el origen expuesta en la tabla 9 publicada por Ellen MacArthur Foundation (2020) donde menciona que las estrategias deben ser propuestas desde una jerarquía de circularidad, reutilización y eliminación.

#### ***8.2.3.1 Incorporación de plástico posconsumo para la fabricación de envases***

El origen del plástico se remonta a más de ciento ochenta años y a lo largo de la historia siempre se ha relacionado este material con el desarrollo tecnológico puesto que sus características térmicas y de estabilidad han hecho de este una materia prima ideal para múltiples sectores de la economía (Montero et al, 2018); sin embargo, para nadie es un secreto la problemática ambiental global en la que nos estamos viendo envueltos a razón de la inadecuada gestión de este tipo de residuos. Es por esta razón que durante la última década se han realizado múltiples investigaciones en la búsqueda de una solución óptima que permita continuar con un desarrollo económico visto desde la perspectiva de la sostenibilidad ya que como menciona Acoplásticos (2017) “imaginar una vida sin plástico implica un atraso en casi todo lo que la humanidad ha desarrollado desde mediados del siglo XIX”.

En Colombia, el sector económico relacionado con la producción o fabricación de materiales a partir de plástico genera 1,2 millones de toneladas al año de este material del cual el 56% equivale a envases y empaques (BC Noticias, 2019), además se estima que un ciudadano colombiano mensualmente usa alrededor de dos kilos de plástico de los cuales el 40% de podrían ser aprovechados (Superservicios, 2019); sin embargo, tan solo el 7% es reciclado mientras que el 93% restante termina su vida útil en el mejor de los escenarios en un relleno sanitario (Posada, 2022). Dentro del porcentaje de los plásticos que pueden ser reciclados se encuentran el tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y poliestireno (PS), plásticos que como se ha ido mencionando son la materia prima para la fabricación de envases y empaques.

Dentro de la industria del plástico hace tan solo 30 años reconocieron que el reciclaje de este material es esencial para el cuidado de la salud ambiental pues se demostró que por tonelada de botellas plásticas recicladas se ahorran 3,8 barriles de petróleo aproximadamente; no obstante, para llegar a una cultura de reciclaje hace falta conocer las diferentes alternativas que se pueden usar, por ejemplo, en el reciclaje existen tres procesos de aprovechamiento los cuales son: Reciclado material como la principal forma de recuperar los plásticos donde el material es triturado, lavado y procesado para la fabricación de nuevos productos, está también el reciclado químico mediante el cual el plástico es descompuesto a su molécula original para fabricar otro tipo de plásticos y la

valorización o recuperación energética la cual como su nombre lo indica es un proceso de valorización en el cual se utiliza este material para la generación de energía o producción de biodiesel (Acoplásticos, 2017).

Dentro de la empresa ya se han ido adelantando estudios respecto a la incorporación de material pos consumo como materia prima para la fabricación de los envases e incluso ya hace parte de su portafolio desde hace un año, esta línea es reutilizable, reciclable, reciclada y recuperada tal y como lo propone el Plan Nacional de Plásticos de un solo uso, la visión de plásticos de la EMF y la reciente ley 2232 de 2022, además ofrece los mismos beneficios en cuanto a propiedades mecánicas de rigidez y resistencia y no está de menos mencionar que cuenta con los parámetros de inocuidad y salubridad para el uso en la industria alimenticia estipulados en la Resolución 683 de 2012 “ por medio de la cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano” donde menciona que se permite el uso de materiales plásticos reciclados una vez hayan sido sometidos a un proceso previo de descontaminación y se cuente con tecnologías de retorno de envases que incluya desde la logística de recuperación de los mismos hasta la detección de contaminantes, higienización y evaluación sanitaria.

En cuanto al aspecto económico de esta estrategia es importante mencionar que el valor del kilo de hojuelas de material posconsumo (RPET) es de \$6.700 pesos y mensualmente se están consumiendo alrededor de 100 ton; es decir que al mes son destinados \$607.810.600 a la compra de dicho material.

Por otra parte, en la siguiente tabla se puede observar el valor de inversión que la empresa tuvo que asumir para la compra de cada una de las tecnologías necesarias para la producción de envases a partir de RPET.

**Tabla 21.** Costos de tecnología para producción de envases con material RPET.

<b>Concepto</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Precio total</b>
Máquina extrusora	1	-	1.8 millones EUR
Molinos	2	60.000 USD	120.000 USD
Termoformadora	1	-	1.1 millones USD
Silos de almacenamiento (Cap. 45 ton)	2	300.000 USD	600.000 USD

De acuerdo con los costos del producto la empresa ha planteado un modelo de pago estandarizado donde el 40% está dado por la mano de obra, el otro 40% por el precio de la materia prima y el 20% restante por costos fijos y variables que hacen referencia a los mismos expuestos en el modelo de negocio CANVAS.

En el aspecto sociocultural y legal, como se vino haciendo mención previamente esta estrategia está dirigida directamente a la circulación dando opción al reciclaje de plástico permitiendo que este no necesariamente termine su vida útil en el relleno sanitario, sino que sea recuperado, tratado y reincorporado al proceso productivo. Se inclina además hacia el cumplimiento de la Ley 2232 de 2022, que, si bien es considerada una de las amenazas de mayor significancia, también es una oportunidad abordada principalmente desde el “Artículo 17. Responsabilidad extendida del productor” donde hablan sobre el porcentaje de plástico reciclado que debe ser usado como materia prima para la fabricación de envases fomentando no solo la economía circular sino aportando a la disminución de uso de plástico virgen y fortaleciendo la generación de ingresos de recicladores de oficio.

De igual manera en relación a la Resolución 1342 de 2020 menciona que para 2030 se espera que sean aprovechados alrededor del 30% de plásticos; sin embargo, la empresa desde que inició su operación con esta línea de producción ha buscado que los envases sean fabricados en un 60% con RPET y 40% con PET virgen, este plástico virgen resulta esencial para garantizar las propiedades estructurales del envase ya que el plástico recuperado al haber pasado por diferentes procesos de transformación suele perder características mecánicas esenciales para la obtención de un buen producto.

En relación a los porcentajes expuestos anteriormente es importante resaltar que aunque por parte de la empresa se busca siempre dar cumplimiento a estos porcentajes no siempre es posible ya que la escases de material reciclado muchas veces resulta determinante para este tipo de proceso como consecuencia de la poca cultura de reciclaje y la falta de modelos de recolección eficientes que hay en el país, por esto mismo el costo del producto está dado como se dijo en un 40% del costo de la materia prima dejando ese rango de variabilidad entre que cantidad de plástico reciclado y virgen se usa.

### ***8.2.3.2 Talleres de sensibilización ambiental***

Gran parte del negocio lo hacen los mismos clientes y cuando se trata de envases y empaques para alimentos, mucho más. Como tal la empresa podría implementar una gran variedad de estrategias buscando mitigar los impactos ambientales de los que se han venido hablando; sin embargo, se requiere del aporte de los consumidores finales para el cumplimiento de las mismas.

El proponer talleres de sensibilización ambiental más que una estrategia viene siendo un complemento que se debe incorporar junto con cualquiera de las que sean seleccionadas para ejecutar. De manera subjetiva las cifras de reciclaje mencionadas con anterioridad demuestran que Colombia es un país que no tiene cultura del reciclaje lo que está provocando múltiples problemáticas ambientales y sanitarias que han traído como consecuencia que para 2018 el 22% de los rellenos sanitarios del país estuvieran clausurados, a poco tiempo de clausurar o estén sobresaturados (DNP, 2018) y que para la actualidad esté en riesgo la operación de rellenos sanitarios, celdas de transición y botaderos a cielo abierto de 16 departamentos del territorio nacional y que como consecuencia se han reportado 94 sitios no autorizados para disponer de los residuos en 11 de estos departamentos amenazando con la salud ambiental y provocando una alerta sanitaria (Angarita, 2022).

Debido a la inadecuada gestión y disposición, la falta de conocimientos, la cultura ciudadana, el sistema de aprovechamiento y las poca políticas y exigencia del cumplimiento de estas en cuestiones de la gestión de residuos ha provocado escenarios como el anteriormente descritos y además han afectado de manera lateral ecosistemas marinos, continentales y costeros. El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras en 2017 realizó un estudio en la Isla de San Andrés, Santa Marta y la bahía de Buenaventura el cual arrojó como resultado la presencia de microplásticos en todas las playas evaluadas y en el tracto digestivo del 48% de las 31 especies de peces analizadas, es por la misma razón que a partir de ese año se comenzaron a presentar iniciativas normativas municipales como la Resolución 1017 de 2018 para Santa Marta y el Acuerdo 08 del 2019 para Guatapé donde se prohíbe el uso de poliestireno expandido, polipropileno, pitillos, mezcladores y vasos plástico (Ministerio de Ambiente, 2021).

No obstante, a la fecha estos son unos de los territorios nacionales que están presentando problemáticas en los sitios de disposición final de residuos, lo que quiere decir que aún existe una brecha cultural muy amplia en cuestiones del reciclaje y más que en el reciclaje en cómo a separar desde la fuente; es por esto que se considera importante plantear como estrategia o complemento talleres de sensibilización ambiental a las entidades comerciales a las que se le venden los productos al por mayor, a sus empleados y a su vez a los consumidores finales para así abarcar el problema no solo desde el inicio de la cadena productiva sino también desde el “final” buscando darle circularidad a los materiales pues una de las mayores problemáticas ni siquiera vendría siendo la producción de plástico sino la disposición de los residuos una vez cumplen con su utilidad.

### 8.2.3.3 Aprovechamiento de biomasa de *Eichhornia crassipes* y/o *Lemna minor*

La *Eichhornia crassipes* o buchón de agua como se conoce comúnmente, es una especie invasora en el territorio colombiano y empezó a considerarse como problema en 1997 gracias a un informe nacional sobre el estado de la biodiversidad; sin embargo, no fue hasta 2008 con la entrada en vigencia de la Resolución 0848 que se consideró como una especie invasora (Baptiste, 2010).

El buchón de agua, es muy conocida por su aplicabilidad en el tratamiento terciario de aguas residuales debido a que es una planta con crecimiento en módulos que puede duplicarse en una semana y de fácil adaptabilidad, es por esto se ha convertido en una problemática a raíz de que su crecimiento y expansión en el terreno nacional se ha visto beneficiada por el exceso de nutrientes como fósforo y nitrógeno (Universidad Nacional de Colombia, 2013).

El fósforo (P), es considerado un parámetro de gran importancia debido a que es esencial para el crecimiento de la fauna y la flora, existen fuente de fósforo tanto naturales como antrópicas, estas últimas son comúnmente por aguas domésticas y escorrentías de cultivos (IDEAM, 2006). De acuerdo con la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establece en el Artículo 5 que el valor máximo aceptable para fosfatos es de 0,5 mg/L, valor que demuestra ser superado en diferentes puntos de muestreo de las fuentes hídricas que conectan con la Laguna de Fúquene como lo muestra el estudio realizado por Montañez (2019) en el que se concluye que la calidad del agua de esta laguna se encuentra deteriorada principalmente por los vertimientos de aguas grises lo que causa no solo la alta concentración de fósforo sino también de agentes patógenos como *E. Coli* y compuestos nitrogenados; estos compuestos son igualmente esenciales para la vida y una mínima alteración puede causar la desestabilización de un ecosistema, también se derivan de actividades domésticas y/o industriales aunque también se encuentran de forma natural pero por acción antrópica se interfiere en el ciclo del nitrógeno (Bernal & Gutiérrez, 2019).

Los excesos de estos dos nutrientes en el agua ocasionan un proceso natural llamado eutrofización, es mayormente común en cuerpos hídricos lenticos; es decir, de poca velocidad como lagunas, lagos y/o humedales (Bernal & Gutiérrez, 2019) y provoca el estrés antropogénico del cuerpo hídrico influyendo en el estado del ecosistema y poniendo en riesgo la biodiversidad (Gallo, et al, 2014) de ahí se soporta el porqué de la incidencia de esta problemática en la laguna de Fúquene. En vista de este suceso lo que se busca al proponer esta estrategia es ondear en la posibilidad de emplazar los envases de cartón que como se habló en la matriz de ciclo de vida es un punto crítico por el deterioro de la calidad ecosistemita al promover la producción de monocultivos de caña de azúcar y sufragar las problemáticas ambientales causadas por la presencia de buchón de agua.

Un estudio reciente realizado por Zambrano, et al (2022) demostró que la biomasa de esta especie de flora acuática es una potencial fuente de celulosa para la elaboración de bioplásticos debido a que la planta presenta una serie de características que la hacen óptima como el tener una humedad del 19%, un 31,05% de absorción de agua y un contenido volátil de 7,13%, además de garantizar el 66,3% de su descomposición en un periodo de quince (15) días. Cabe resaltar que esta estrategia está propuesta desde la perspectiva de ecodiseño de Ellen MacArthur Foundation dándole circularidad a la materia prima de manera que este es un plástico compostable.

La lenteja de agua (*Lemna minor*) al igual que el buchón de agua, es una planta acuática invasora que por su estructura modular tiene la capacidad de propagarse con rapidez cuerpos hídricos de agua dulce ricos en materia orgánica por lo que también se han convertido en una problemática ambiental, pero a su vez se identifica la posibilidad de convertirse en una alternativa eficaz para la producción de bioplástico ayudando al control de esta plaga y mitigar las problemáticas que su presencia logra causar en los ecosistemas (Reyes, 2020).

En un estudio realizado por Reyes (2020) se muestra la posibilidad de fabricar bioplástico a partir de esta planta haciendo 3 láminas con diferentes cantidades de *Lemna minor*. La muestra B1 corresponde al bioplástico elaborado a partir de 10g de lenteja de agua, B2 con 24g y B3 con 30g los cuales tuvieron 93%, 81 y 95% respectivamente de porcentaje de degradación en un lapso de cuatro y tres semanas cumpliendo las hipótesis planteadas y comparadas con estudios como el de, De los Ángeles (2016) en la que el biopolímero fabricado a partir de almidón de malanga tardó la misma cantidad de semanas en degradarse por completo.

#### ***8.2.3.4 Sensibilización ambiental por medio del empaque***

Una de las alternativas que también resulta ser un buen complemento es la sensibilización de los consumidores en cuestión de la gestión del residuo por medio de su propio empaque como uno de los canales para transmitir este tipo de información.

Estudios como los de Álvarez del Blanco (2011) y Gómez et al (2012) han demostrado la importancia significativa que tiene la exposición de marketing de una marca en pro de los sentidos, se ha demostrado que esta exposición está dada en su mayoría (58%) por la vista ya que puede facilitar la persuasión y de más fácil retención, seguida del olfato (45%), el oído (41%), el gusto (31%) y el de menor impacto el tacto (25%). Se estima además que alrededor de un 40% de empresas que aparecen en la lista de Fortune 500 aplican alguna estrategia de marketing sensorial demostrando el impacto que este tiene en sus potenciales clientes.

### **8.2.3.5 Eliminación de colorantes en envases PET**

Existen grandes empresas en el territorio nacional encargadas del reciclaje principalmente de resina PET en conjunto estas empresas reciclan alrededor de 31.200 toneladas anuales de las 42.000 que son generadas, dentro de estas cifras cabe resaltar que además existen dos tipos de PET que no son reciclables de manera mecánica los cuales son los multicapa y los que tienen colorantes; sin embargo, estos si pueden ser reciclados químicamente y si bien como se mencionó anteriormente esta es una técnica de aprovechamiento los plásticos que son fabricados a partir de estas nuevas moléculas no son reciclables por lo que de alguna u otra manera el ciclo de vida de estos nuevos plásticos continúa representando una problemática ambiental aún peor, por esto una de los objetivos a largo plazo es que se elimine la pigmentación de los plásticos para poder garantizar que sean 100% reciclables (Vargas, et al. 2021).

Empresas como Postobón y Coca Cola son un claro ejemplo del avance y el impacto industrial que tiene el reciclaje pues estas empresas envasan sus bebidas en plástico PET en donde para 2019 Postobón utilizaba el 46% de resina reciclada en sus envases buscando aumentar al 70% para 2024; por otro lado Coca Cola ha lanzado iniciativas tales como “World Without Waste” en la búsqueda de que a 2030 sus botellas sean reciclables en su totalidad bien sea haciendo uso de al menos 30% de material pos consumo o utilizando resinas a base de plantas (BC Noticias, 2019), es por esto mismo que en julio del presente año la multinacional ha tomado la decisión de reemplazar la icónica botella verde de la gaseosa Sprite por una incolora con la finalidad de promover el cumplimiento de este objetivo (Valinsky, 2022).

Cabe mencionar que la decisión de eliminar o no los colorantes de los plásticos es mayormente decisión de las marcas con las que trabaja la empresa pues existen identidades de marca ya establecidos en los que la empresa como productora de envases no puede interferir; sin embargo, lo que si puede hacer la empresa es entrar en negociación con las marcas y buscar soluciones para el beneficio de ambas partes y en pro de la salud ambiental.

### **8.2.3.6 Producción de envases descartables a partir de bagazo de caña**

La caña de azúcar es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas, esta planta posee como características físicas un tallo leñoso que oscila entre los dos metros de altura, flores moradas en forma piramidal y hojas largas. Su principal propiedad es que su tallo está lleno de un tejido esponjoso y dulce del cual se extrae el azúcar (Chiang & Guardia, 2021), el residuo de los tallos de la caña una vez pasan por el proceso de extracción de azúcar se le denomina bagazo de caña o BCA por sus siglas, este bagazo sale con un 50% de humedad y un contenido residual de sacarosa del 4% (Ferández et al, 1999; Flores, 2013).

Para 2017 en Colombia, se calculó que el ingenio azucarero producía alrededor de 6 millones de BCA, de los cuales 5 millones eran dispuestos para ser fuente de combustible para calderas (Cueva, et al, 2017); no obstante, su uso genera altos niveles de contaminantes ya que para alcanzar el poder calorífico que se requiere de las calderas muchas veces es necesaria la combustión de otros materiales produciendo principalmente dióxido de carbono (Bolio, 2016)

A partir de materiales ricos en almidón como lo es la caña de azúcar, papa, maíz, trigo, yuca y tapioca se ha incursionado en la fabricación de bioplásticos como una alternativa para disminuir la contaminación generada por la inadecuada gestión de los residuos plásticos buscando elaborar un producto que sea biodegradable haciendo uso de materiales que son considerados como un desecho ya que las fibras que se obtienen a partir de los residuos agrícolas son consideradas un residuo para los agricultores de manera que se opta por una estrategia de eco innovación que permite el aprovechamiento de residuos convirtiéndolo en un producto (Barreiro & Bolívar, 2021).

Respecto al análisis económico se tiene que el precio del cartón oscila entre los \$6.115 a los \$9.281 dependiendo de la composición del material; es decir que en promedio el kilogramo de cartón está en \$7.932, \$1.232 por encima de del RPET.

A continuación, en la tabla se muestran los costos de inversión a tener en cuenta en la compra de tecnologías relacionadas con el proceso productivo de fabricación de envases de bagazo de caña de azúcar. De esto es posible decir que la inversión es de aproximadamente 248.000 USD.

**Tabla 22.** Costos de tecnología para producción de envases de fibras maderables.

<b>Concepto</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Precio total</b>
Máquina refiladora	1	-	37.000 USD
Máquina formadora 1	1	-	35.000 USD
Máquina troqueladora	1	-	66.000 USD
Máquina descartonadora	1	-	80.000 USD
Máquina formadora 2	1	-	30.000 USD

Los costos de producción obtenidos en los procesos de incorporación de materiales plásticos posconsumo y materiales de fibra maderables presentan un costo superior a la transformación tradicional de plástico donde pueden oscilar entre el 16% y el 20% dado a el comportamiento del mercado en materias primas y tecnología.

La estructura del costo para este cálculo está compuesta por el valor de materia prima (MP) con un peso del 40%, el costo de la mano de obra directa (MOD) con un peso del 35%, el costo de

la mano de obra indirecta (MOI) con un peso de 12%, los costos indirectos de fabricación (CIF) con un peso del 8% y la depreciación y otros con 5%.

**Tabla 23.** Análisis de costos de materiales alternativos respecto a material virgen.

Referencias	Muestras	Peso del producto en gramos	Costo (\$ COP) de Fabricación	Costo de (\$ COP) fabricación por gramo	Delta del costo propuestas Vs Material virgen
<b>Producto 1 de línea.</b> (vaso hecho con Polipropileno Virgen)	1	1,9	21	11,05	0
<b>Producto 2 propuesta.</b> (Vaso hecho con fibras maderables)	1	4,9	63	12,86	16,33%
<b>Producto 3 propuesta.</b> (Vaso hecho con Politereftalato de etileno reciclado - RPET)	1	5,2	69	13,27	20,05%

La ventaja competitiva de estas propuestas está representada en la alternativa sustentable para empaques de la cual presenta una tendencia creciente en el mercado, lo cual apalanca y garantiza la normalización de los costes de producción hacia futuro con las leyes de oferta y demanda. Este sobrecosto para estas tecnologías también los sufrirá las demás empresas del sector que quieran entrar en estas tendencias sustentables.

#### **8.2.3.7 Impresión sobre los envases**

Muchas veces los envases de alimentos suelen traer una etiqueta adicional diferente del envase; es decir dos piezas completamente individuales, y en ocasiones estas etiquetas no suelen ser del mismo material. Por ejemplo, el envase es de plástico PET y la etiqueta de cartón u otro tipo de plástico, cuando se presenta este escenario es donde se comienza a dificultar el reciclaje de los materiales ya que bien sea por desconocimiento u otros factores como la pereza o el desinterés los materiales no terminan estando agrupados con los de su tipo o en ocasiones se traduce a añadir un paso más a todo el proceso de reciclaje.

La separación en la fuente, según el Decreto 2981 de 2013, Artículo 2 se define como “la clasificación de los residuos sólidos, en aprovechables y no aprovechables por parte de los usuarios en el sitio donde se generan, de acuerdo con lo establecido en el PGIRS, para ser presentados para su recolección y transporte a las estaciones de clasificación y aprovechamiento, o de disposición final de los mismos, según sea el caso”, en base a este decreto se esperaría que todos los residuos fueran separados desde su fuente de origen; sin embargo no es así, es por esto que se dice que se añade un paso más al proceso de reciclaje pues los recicladores de oficio son quienes muchas veces deben hacer esta separación, de igual manera las cantidades que se generan de plástico son

altamente representativas y no se alcanza a hacer el reciclaje de todas por factores que entorpecen dicho proceso.

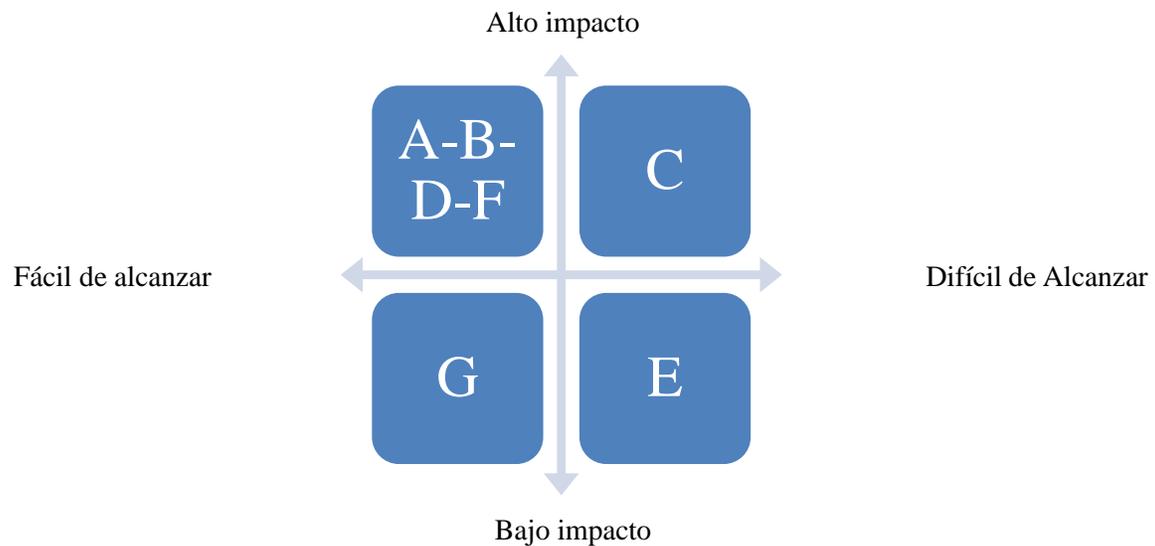
Es por esta razón que una de las propuestas dirigidas a la etapa del diseño sería que en vez de hacer un envase y una etiqueta por separado, buscar la reducción de generación de plásticos y beneficiar el proceso de reciclaje imprimiendo la información sobre el empaque; no obstante los obstáculos referentes a la implementación de esta estrategia es que al igual que el colorante de los envases, esta decisión no depende netamente de la empresa productora; sin embargo, ya algunas marcas han creado conciencia de esto con ayuda de diálogos entre ambas partes y se han logrado algunos cambios aunque aún no son sumas representativas.

#### **8.2.4 Priorización de estrategias**

Para esta tarea se aplicó una metodología ágil de priorización aprovechando la disponibilidad y conocimiento del proceso del equipo de trabajo. Las alternativas identificadas se analizan desde la facilidad de implementación y del impacto positivo que generan para priorizar aquellas iniciativas que se ubican en los cuadrantes superiores.

Para mayor facilidad y claridad en la priorización de estrategias, a cada una se le asignó una letra ubicada en la siguiente figura en la parte superior si su implementación tiene un alto impacto y en la parte inferior si su impacto es bajo, al lado derecho si es fácil de alcanzar y al lado izquierdo si es difícil de alcanzar.

- A) Incorporación de plástico postconsumo para la fabricación de envases
- B) Talleres de sensibilización ambiental
- C) Aprovechamiento de biomasa de *Eichhornia crassipes* y/o *Lemna minor*
- D) Sensibilización ambiental por medio del empaque
- E) Eliminación de colorantes en envases PET
- F) Producción de envases descartables a partir de bagazo de caña
- G) Impresión sobre los envases



**Figura 25.** Diagrama priorización de alternativas.

De acuerdo con lo obtenido en la figura anteriormente expuesta encontramos que las alternativas más fáciles de alcanzar son la A) Incorporación de plástico posconsumo para la fabricación de envases B) Talleres de sensibilización ambiental D) Sensibilización ambiental por medio del empaque F) Producción de envases descartables a partir de bagazo de caña y G) Impresión sobre los envases, de las cuales las primeras cuatro tienen un alto impacto y la última un bajo impacto.

Las estrategias C) Aprovechamiento de biomasa de *Eichhornia crassipes* y/o *Lemna minor* y E) Eliminación de colorantes en envases PET fueron clasificadas como difíciles de alcanzar ya que actualmente la empresa ha estado invirtiendo y desarrollando otras tecnologías por lo que sus recursos los deben centrar en sacar adelante esas nuevas líneas de negocio pero no se descarta en ningún momento la posibilidad de hacer futuras pruebas respecto a estos materiales, además como se mencionó en el despliegue de información relacionado a la estrategia E, esta no es una decisión que depende de la empresa ya que esta trabaja en la producción de envases para marcas ya estandarizadas.

### 8.2.5 Votación de estrategias

De acuerdo con los resultados obtenidos en la figura 17 se pasa a hacer una calificación de las alternativas priorizadas con un grupo de seis (6) personas teniendo en cuenta su rol corporativo, conocimiento y experiencia de los procesos productivos y que pueden dar una votación objetiva que ayude a orientar la estrategia de mayor valor para la compañía; a continuación, se relacionan dichos

cargos e impacto e influencia en sus respuestas. Esta muestra no es determinada por la estadística sino por las personas directamente implicadas en los procesos.

**Tabla 24.** Cargos e influencia de los evaluadores

Evaluadores	Cargo	Influencia en la respuesta
Persona 1	Director de Operaciones - Innovación y desarrollo.	Eficiencia en los procesos - Impacto residual al medio ambiente
Persona 2	Director aseguramiento de calidad	Calidad y funcionalidad en los empaques - soluciones sustentables al consumidor
Persona 3	Jefe de Compras	Continuidad en el suministro de MP ( fibras maderables y materiales Plásticos Post consumo). Precios competitivos
Persona 4	Operario de Formado de papel	Eficiencia en los procesos y reproducibilidad en el tiempo - Impacto residual al ambiente
Persona 5	Operario de Extrusion de Post Consumo	Eficiencia en los procesos y reproducibilidad en el tiempo - Impacto residual al ambiente
Persona 6	Gerente Comercial	Tendencia del mercado hacia los empaques sostenibles - Preferencias de los diferentes sectores por este tipo de empaques

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las votaciones.

**Tabla 25.** Resultados taller de votación priorización de estrategias.

<b>Mayor valor para el usuario</b>					
Voto 1	Voto 2	Voto 3	Voto 4	Voto 5	Voto 6
D	A	A	F	A	B
F	B	B	B	F	F
A	D	F	A	D	A
B	F	D	D	B	D
<b>Idea más original</b>					
Voto 1	Voto 2	Voto 3	Voto 4	Voto 5	Voto 6
D	D	D	D	D	D
B	A	A	B	A	A
A	B	B	A	B	B
F	F	F	F	F	F

Por mayor número de votaciones se obtuvo que la idea que genera mayor valor para el usuario es la A) Incorporación de plástico posconsumo para la fabricación de envases, seguida por la B) Talleres de sensibilización ambiental y para la votación por un voto unánime se obtuvo que la D) Sensibilización ambiental por medio del empaque, es la idea más original seguido de la A.

De estos resultados es posible decir que la estrategia de incorporar plástico reciclado para la fabricación de envases, no solo es una estrategia que genera un valor para los usuarios, sino que también es considerada como una idea original, mientras que si bien la estrategia de usar bagazo de caña genera un valor para el usuario, no es considerada como una idea original y esto es debido a

que esta es una línea de negocio que se está desarrollando actualmente en la empresa pero que de igual manera lo que se busca con el proyecto es potencializar nuevas propuestas de eco innovación que no solo representen un beneficio económico, sino también social y cultural y que promueva un proceso de economía circular generando una cultura de reciclaje y reduciendo impactos por mala disposición de residuos.

### **8.3 Objetivo 3. Realizar pruebas de planta para la implementación de la alternativa priorizada y definir la hoja de ruta para la implementación del proyecto de Ecoinnovación circular**

Las alternativas priorizadas en el objetivo específico dos se validan con pruebas en planta para verificar su desempeño y potencial para llevar los productos sustitutos a la línea de producción y una vez validados se estructura un plan de acción que permite incorporarlos en las operaciones.

#### **8.3.1 Desarrollo de pruebas de fibras cortas maderables**

Las pruebas de laboratorio realizadas para las fibras cortas maderables en tres momentos diferentes, el primero en la recepción de la materia prima, el segundo en el proceso de troquelado y el tercero en el proceso de armado. Cabe mencionar que dichas pruebas se hicieron al azar para garantizar unos resultados óptimos.

##### **8.3.1.1 Recepción de materia prima**

Para la materia prima se tienen en cuenta seis (6) pruebas las cuales se realizar para cada uno de los lotes decepcionados, en este caso únicamente se seleccionaron dos lotes para documentar los resultados los cuales se muestran más adelante. Antes de presentarlos es necesario mostrar los rangos que deben cumplir los rollos para poder continuar con el proceso.

**Tabla 26.** Parámetros de evaluación para recepción de materia prima cartón.

<b>Variable</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Nominal</b>	<b>Máximo</b>
<b>Calibre (mm)</b>	405	452.5	500
<b>%Humedad</b>	5.20	6.20	7.20
<b>Peso Básica</b>	299.00	315.00	331.00
<b>Edge Wicking (mm)</b>		2.00	
<b>Pick Up</b>	18.00	20.00	23.00

En la tabla 25 se muestran los resultados obtenidos para el lote 1, donde en un primer momento se hizo una inspección visual sobre la apariencia general del rollo, una vez este cumplía con el parámetro pasa a la prueba de calibre y gramaje donde por medio de un micrómetro con precisión de 0.01 mm se calcula el rango de estas variables. Como resultado se obtuvo que en promedio el calibre de los rollos estaba en 486.75 mm y el gramaje en 321.22 g/m<sup>2</sup>. Posteriormente mediante una balanza de humedad se calcula el porcentaje lo que arrojó como resultado un promedio de 7.18%, para la prueba de Edge Wicking se hace uso de una cinta métrica mediante la cual se calculó que los mm promedio entre los doce rollos evaluados para este lote fueron de 0.33,

finalmente la prueba Pick Up mediante la cual se calcula el espesor de la capa de polietileno que contiene cada rollo siendo su promedio 20.71 mm, esta capa es la que permite darle la inocuidad e impermeabilidad a la hora de elaborar los envases para alimentos.

**Tabla 27.** Resultados lote 1 pruebas recepción de materia prima cartón.

No. Rollo	Calibre (mm)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	% humedad	Edge Wicking (mm)	Pick Up (mm)
966	484.00	323.20	6.10	0.00	22.00
970	499.00	313.40	6.36	0.00	20.00
971	498.00	316.20	7.12	0.00	22.00
972	499.00	320.00	7.58	0.00	20.00
974	474.00	318.00	7.69	0.00	18.16
975	469.00	325.20	6.82	1.00	21.00
976	465.00	327.80	7.69	0.00	23.00
977	487.00	325.80	7.60	0.00	18.70
979	489.00	322.80	7.60	1.00	22.00
980	491.00	321.20	7.27	0.00	21.00
981	488.00	319.40	7.29	2.00	20.00
982	498.00	321.60	6.97	0.00	21.00

Para los resultados del segundo lote se obtuvo un calibre y un gramaje promedio de 431.62 mm y 293.05 g/m<sup>2</sup> respectivamente, el porcentaje de humedad tiene un promedio de 6.46% entre los doce rollos, el promedio en la prueba de Edge Wicking fue de 0.0mm y el de pick up 28.85 mm. Estos valores se consideran como aceptables dentro del rango de valores establecidos por la empresa.

**Tabla 28.** Resultados lote 2 pruebas recepción de materia prima cartón.

No. Rollo	Calibre (mm)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	% humedad	Edge Wicking (mm)	Pick Up (mm)
671	439.00	291.80	7.24	0.00	21.00
670	425.00	296.40	6.51	0.00	22.00
669	426.00	297.80	7.12	0.00	21.00
667	422.00	292.00	5.96	0.00	20.00
668	423.00	296.00	6.89	0.00	20.00
666	433.00	289.60	6.95	0.00	21.00
664	438.00	292.20	6.44	0.00	21.00
662	441.00	293.40	6.27	0.00	21.00
660	421.00	285.00	6.23	0.00	22.00
661	442.00	290.80	5.72	0.00	20.00

673	441.00	291.80	6.44	0.00	21.00
672	445.00	299.20	6.21	0.00	21.00

Es posible decir que al analizar los resultados obtenidos de ambos lotes todos los rollos cumplen con los rangos de calidad establecidos para poder hacer uso del material dentro de los siguientes procesos.

### 8.3.1.2 Troquelado

Dentro de las pruebas realizadas para el troquelado, se tuvieron en cuenta igualmente el gramaje, calibre y humedad. A continuación, se muestran los resultados obtenidos. Cabe mencionar que las muestras fueron de un pliego de cartón y además fueron tomadas durante el primer turno (C1) correspondiente al inicio del rollo.

**Tabla 29.** Resultados lote 1 prueba troquelado.

Turno	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Calibre (mm)	% humedad	Nombre del artículo
T1	315.8	0.5	6.44	PLIEGO CAJA GRANDE 37OZ
T1	313.4	0.46	5.97	
T1	325	0.5	6.44	
T1	315.2	0.5	6.53	
T1	325	0.49	6.38	
T1	315.8	0.46	5.97	

**Tabla 30.** Resultados lote 2 prueba troquelado.

TURNO	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Calibre (mm)	% humedad	Nombre del artículo
T1	325.8	0.55	5.82	PLIEGO CAJA PEQUEÑA 18OZ
T1	309.2	0.49	6.5	
T1	325.8	0.55	5.82	
T1	310	0.46	5.44	
T1	311	0.46	5.86	
T1	317.5	0.55	5.06	

En la tabla 29 se muestran los resultados para el primer lote de pliegos, fueron cinco muestras en total de las cuales se obtuvo un promedio de 318.36 g/m<sup>2</sup> de gramaje, 0.49 mm de calibre y 6.29% de humedad. De los resultados del lote 2, se obtuvo como resultado un promedio de gramaje de 316.55 g/m<sup>2</sup>, 0.51 mm de calibre y 5.75% de humedad.

#### **8.3.1.4 Armado**

Dentro del proceso de armado, se establecieron unas pruebas cuantitativas como el peso de los artículos seleccionados como muestra, que en este caso se escogieron dos, un bowl y un vaso del que se sacaron cuatro pruebas, para el bowl fueron sacadas en el turno T3 y para el vaso en el turno T1. Como resultados se obtuvo un promedio de 22.74 g y 9.20 g respectivamente, no se evidenció una variación considerable entre los pesos de la muestra; también se registró el espesor de la pestaña donde se obtuvo un resultado igual en todas las muestras siendo la del bowl 7 mm y la del vaso 5 mm.

Adicionalmente se hace la inspección de embalaje donde se registraron un total de 300 unidades de bowl y 960 de vasos en un corrugado y entre 50 y 48 unidades por empaque, respectivamente. Por otro lado, se realizaron una serie de pruebas cualitativas las cuales se aprueban mediante inspección visual, estas son i) identificación de empaque, ii) ajuste entre componentes en el cual se hace la revisión del contratipo de tapa plana, iii) filtración e inocuidad en la cual se hace uso de una mesa flexible y una solución colorante como azul de metileno para determinar si hay ineficiencia en la capa de polietileno, iv) apariencia general, hermeticidad y v) capacidad total en base al artículo que en este caso fueron 44 onzas para el bowl y 12 onzas para el vaso.



### 8.3.2 Desarrollo de pruebas plástico posconsumo

Las pruebas de laboratorio realizadas para el material posconsumo se realizaron igualmente en tres momentos diferentes, el primero en la recepción de la materia prima, el segundo en el proceso de extrusión y el tercero en el proceso de termo formado.

Cabe mencionar que las pruebas se realizaron únicamente para el material maderable y el RPET debido a que como se mencionó anteriormente, el proyecto busca centrarse principalmente en aquellas estrategias que representen mayor valor a nivel ambiental y sociocultural, además de corroborar que dicha estrategia es posible de implementar.

#### 8.3.2.1 Recepción de materia prima

Existen once (11) parámetros claves a tener en cuenta para determinar si el material puede ser usado en el proceso o no; estos son porcentaje de humedad, densidad aparente, variación de pH, etiquetas sueltas de material PE y PP, contenido de madera, cartón y/o papel, contenido de metales y aluminio, partículas inorgánicas como piedras, cauchos u otros, contenido de PVC, contenido de goma y olor.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas a tener en cuenta con el rango permitido para determinar si el material es admitido.

**Tabla 32.** Especificaciones técnicas del plástico posconsumo.

Concepto	Especificaciones técnicas
Porcentaje de humedad	< 1.0 %
Densidad aparente	300 – 600 g/L
Variación de pH	0.5
Etiquetas adheridas y pegantes	< 300 ppm
Etiquetas sueltas de PE Y PP	< 15 ppm
Contenido de madera, cartón y papel	< 10 ppm
Contenido de metales y aluminio	< 10 ppm
Partículas inorgánicas	< 10 ppm
Contenido de PVC	< 50 ppm
Contenido de gomas	< 600 ppm
Olor	Inoloro

Las pruebas fueron realizadas para dos lotes que como se mencionó anteriormente fueron escogidos al azar; el 2205151 y el A2205221, cada uno con 12 lonas y a cargo de la inspección de

los procesos de elaboración, análisis y aprobación dos analistas de calidad, un analista de laboratorio, un jefe de calidad y la directora de gestión integral. A continuación, se muestran las tablas con los resultados obtenidos.

**Tabla 33.** Resultados pruebas de recepción de materia prima lote 2205151.

<b>LOTE 2205151</b>	<b>Lona 1</b>	<b>Lona 2</b>	<b>Lona 3</b>	<b>Lona 4</b>	<b>Lona 5</b>	<b>Lona 6</b>	<b>Lona 7</b>	<b>Lona 8</b>	<b>Lona 9</b>	<b>Lona 10</b>	<b>Lona 11</b>	<b>Lona 12</b>	<b>Promedio</b>
<b>%Humedad</b>	0.79	0.83	0.74	0.72	0.75	0.80	0.67	0.71	0.57	0.68	0.75	0.63	0.72
<b>Densidad Aparente (g/L)</b>	359.00	370.00	3260.00	367.00	332.00	339.00	345.00	329.00	330.00	356.00	361.00	345.00	591.08
<b>Variación de PH</b>	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02
<b>Etiquetas adheridas y pegantes</b>	0	0	60	0	34	0	28	0	0	0	0	0	10.17
<b>Etiquetas sueltas de PE y PP</b>	16	2	14	2	6	2	6	20	0	14	6	14	8.50
<b>Contenido de Madera, Cartón y Papel</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	60	10.00
<b>Contenido de Metales y Aluminio</b>	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67
<b>Partículas Inorgánicas</b>	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67
<b>Contenido de PVC</b>	23.33	66.67	136.67	70.00	0.00	270.00	236.67	63.33	26.67	26.67	133.33	236.67	107.50
<b>Contenido de Gomas</b>	336.67	183.33	263.33	303.33	53.33	126.67	266.67	150.00	73.33	316.67	80.00	506.67	221.67

<b>Olor</b>	Inoloro												
-------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

**Tabla 34.** Resultados pruebas de recepción de materia prima lote A2205221.

<b>LOTE A2205221</b>	<b>Lona 1</b>	<b>Lona 2</b>	<b>Lona 3</b>	<b>Lona 4</b>	<b>Lona 5</b>	<b>Lona 6</b>	<b>Lona 7</b>	<b>Lona 8</b>	<b>Lona 9</b>	<b>Lona 10</b>	<b>Lona 11</b>	<b>Lona 12</b>	<b>Promedio</b>
<b>%Humedad</b>	0.70	0.72	0.53	0.64	0.77	0.50	0.62	0.79	0.61	0.65	0.63	0.78	0.66
<b>Densidad Aparente (g/L)</b>	3,5,9	328.90	318.00	331.00	322.00	316.00	310.00	303.00	320.00	318.00	325.00	304.00	317.81
<b>Variación de PH</b>	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03
<b>Etiquetas adheridas y pegantes</b>	28	18	0	0	160	0	224	0	262	14	0	8	59.50
<b>Etiquetas sueltas de PE y PP</b>	10	2	0	0	12	0	4	8	0	0	4	0	3.33
<b>Contenido de Madera, Cartón y Papel</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
<b>Contenido de Metales y Aluminio</b>	8	12	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.33
<b>Partículas Inorgánicas</b>	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
<b>Contenido de PVC</b>	0.00	250.00	0.00	0.00	0.00	53.33	26.67	3.33	0.00	60.00	13.33	203.33	50.83

<b>Contenido de Gomas</b>	296.67	636.67	486.67	473.33	336.67	460.00	850.00	623.33	413.33	316.67	93.33	340.67	443.94
<b>Olor</b>	Inoloro												

De los resultados que se muestran en la tabla correspondiente al análisis del lote 2205151, es posible decir que en cuanto al parámetro de porcentaje de humedad todas las lonas cumplen con el rango permisible ya que su promedio está alrededor del 0,72%, recordemos que el PET es un polímero con el que se debe tener suma rigurosidad en su porcentaje de humedad debido a que este es un factor predeterminante para la cadena molecular del material por su capacidad de degradación (Lazo, 2021), por otro lado se obtuvo que el promedio de densidad aparente fue de 591.08 g/L, valor que se encuentra igualmente dentro del rango permisible, al igual que la variación de pH que estuvo entre 0.02

Para los parámetros de etiquetas sueltas, contenido de madera, cartón o papel, metales y aluminio, partículas inorgánicas y contenido de goma todos los promedios estuvieron dentro del rango de la especificación técnica siendo su promedio 10.17 ppm, 8.50 ppm, 10 ppm, 0.67 ppm, 0.67 ppm y 221.67 ppm respectivamente. Entre los factores de inocuidad que requiere cumplir la materia prima es que no debe tener olor que es un indicador cumplido por todas las lonas garantizando que ha pasado por un proceso de desinfección adecuado. El único parámetro que fue excedido en sus rangos fue el contenido de PVC teniendo un promedio de 107.50 ppm superando su rango permisible en casi un 215%.

De los resultados obtenidos en la inspección del lote A2205221, se tiene que para el porcentaje de humedad se cumple con el 0.66%, la densidad aparente promedio de este lote es de 317.81 g/L considerablemente menor a comparación del lote anterior, aunque su variación de pH si aumento un punto siendo 0.03 y los parámetros de etiquetas adherida y pegantes, sueltas (PE Y PP) contenido de metales y aluminio, partículas inorgánicas, contenido de goma, y olor cumplen en su totalidad con la especificación técnica. Dentro de este lote no se encontró ningún reporte de contenido de madera, cartón o papel obteniendo un promedio de 0 ppm y al igual que el lote anterior el parámetro que evalúa el contenido de PVC no se cumplió teniendo un promedio de 50.83 ppm excediendo el rango con 0.83ppm.

### ***8.3.2.2 Extrusión***

Para el proceso de extrusión del RPET el material pasa por la máquina extrusora la cual incorpora un proceso de desinfección buscando garantizar en su totalidad la inocuidad de la lámina del material.

En este proceso se hicieron dos tipos de análisis a lo largo de una jornada completa dividida en tres (3) turnos, el turno C1, C2 y C3 correspondientes al inicio del proceso, en la mitad del proceso y al final, respectivamente.

El primer análisis que se hace es el cualitativo y es donde se tiene en cuenta la apariencia general, la inocuidad, tonos, impacto de Gardner o prueba de impacto de dardos caídos, mediante esta se mide la resistencia del plástico y pruebas de flameo mediante la cual se expone el plástico al fuego para determinar el comportamiento estructural del material. Para todas estas pruebas los rollos evaluados pasaron la inspección.

En un segundo lugar se hizo un análisis cuantitativo sobre el espesor mínimo y máximo del lado izquierdo, derecho y centro de la lámina (vea figura 26) expresados en milímetros (mm), además se hace el pesaje de las láminas, la temperatura de material fundido y las diferencias en tres presiones, vacío y P3, P4. Estas dos últimas pruebas que se mencionan suceden debido a que el remolido al entrar al extrusor es expuesto a temperatura entre los 260 °C, fundiendo el material para posteriormente pasarlo a una máquina la cual está programada a una atmosfera negativa de por debajo de 24 bar contribuyendo a extraer todos los contaminantes con los que provenga el RPET y así dejar el material en su esencia natural.

		ZONA TRANSVERSAL								
		Izquierda	Centro				Derecha			
		1	2	3	4	5	6	7	8	
ZONA LONGITUDINAL	1	1.								
	2	Prom 3 puntos								
	3									
	4									
	5	2.								
	6									
	7	3.								
	8									
	9									
	10	4.								
	11									
	12									
	13	5.								
	14									
	15									

Figura 26. Estructura física de la lámina. Autor (2022).

Los resultados obtenidos se pueden observar en las siguientes tablas. La tabla 33 corresponde a los resultados del lote 1 y la tabla 34 a los resultados del lote 2.

**Tabla 35.** Resultados pruebas de extrusión lote 1.

# Rollo	Turno	Peso rollo	Ancho lámina	Espesor izq. Min.	Espesor izq. Max.	Espesor der. Min.	Espesor der. Max.	Espesor centro Min.	Espesor centro Max.	Kg báscula	T mat. fundido	Presión de vacío	Rangos presiones P3 y P4
17	T1	496	562	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	-	291	0.024	19
16		485	562	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	-	291	0.024	19
15		489	562	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	-	291	0.024	19
14		477	562	0.75	0.75	0.73	0.73	0.73	0.73	-	291	0.024	20
13		329	562	0.73	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	-	291	0.024	22
12		487	562	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	-	292	0.024	18
11	T3	410	562	0.72	0.74	0.72	0.74	0.72	0.74	5.5	292	0.025	22
10		434	562	0.72	0.74	0.72	0.74	0.72	0.74	5.5	292	0.025	23
9		409	562	0.72	0.74	0.72	0.74	0.72	0.74	5.5	292	0.025	21

8		401	562	0.72	0.74	0.72	0.74	0.72	0.74	5.5	291	0.025	19
7		425	562	0.72	0.75	0.72	0.74	0.72	0.74	5.5	291	0.025	24
6		302	562	0.72	0.75	0.72	0.74	0.72	0.74	5.5	292	0.025	18
5	T2	301	562	0.74	0.73	0.75	0.74	0.74	0.74	5.5	288	0.025	23
4		481	562	0.74	0.73	0.72	0.73	0.74	0.73	5.5	289	0.025	22
3		412	562	0.72	0.73	0.74	0.73	0.72	0.73	5.5	289	0.025	25
2		430	562	0.73	0.74	0.73	0.74	0.73	0.73	5.5	289	0.025	22
1		310	562	0.73	0.72	0.73	0.72	0.72	0.72	5.5	289	0.025	25

**Tabla 36.** Resultados pruebas de extrusión lote 2.

# Rollo	Tu rno	Peso rollo	Ancho lámina	Espesor izq. Min.	Espesor izq. Max.	Espesor der. Min.	Espesor der. Max.	Espesor centro Min.	Espesor centro Max.	Kg báscu la	T mat. fundido	Presión de vacío	Rangos presiones P3 y P4
26	T1	243	562	0.74	0.74	0.74	0.73	0.74	0.73	5.5	289	0.024	21
25		390	562	0.74	0.74	0.73	0.74	0.73	0.74	5.5	289	0.024	21
24		352	562	0.74	0.75	0.74	0.74	0.75	0.74	5.5	289	0.024	21
23		315	562	0.74	0.73	0.74	0.74	0.75	0.74	5.5	289	0.024	17
19	T2	257	562	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	-	291	0.024	22
16		490	562	0.73	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	-	291	0.024	19
17		318	562	0.73	0.73	0.74	0.74	0.75	0.75	-	291	0.024	19
13		367	562	0.73	0.73	0.74	0.74	0.73	0.73	-	291	0.024	20
14		437	562	0.74	0.74	0.75	0.75	0.74	0.75	-	291	0.024	19
15		483	562	0.73	0.74	0.75	0.75	0.75	0.75	-	291	0.024	19
12	C1	468	562	0.74	0.73	0.74	0.72	0.72	0.73	5.5	291	0.024	20
11		461	562	0.72	0.73	0.73	0.74	0.72	0.73	5.5	289	0.024	20

10		252	562	0.74	0.73	0.74	0.73	0.74	0.73	5.5	289	0.024	28
8		472	562	0.74	0.73	0.72	0.73	0.72	0.72	5.5	291	0.024	26
7		432	562	0.74	0.74	0.73	0.74	0.75	0.74	5.5	291	0.024	24
2	T2	220	562	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	-	291	0.024	28
1			562	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	-	290	0.024	28

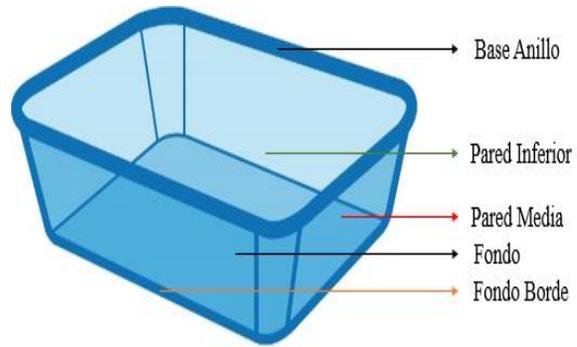
Los resultados obtenidos en las tablas 35 y 36 muestran en primer lugar las medidas de espesor de la lámina donde para el primer lote fueron en promedio el espesor mínimo izquierdo 0.73 mm, el espesor máximo izquierdo 0.74 mm, el espesor mínimo derecho 0.73 mm, el espesor máximo derecho 0.73 mm, el espesor mínimo centro 0.73 mm y el espesor máximo centro 0.73 mm, para el lote dos estos promedios fueron 0.74 mm, 0.73 mm, 0.74 mm, 0.74 mm, 0.74 mm, 0.74 mm respectivamente, de estas medidas es posible deducir que el rango de espesor por cada uno de los lados que ha sido calculado no varía representativamente manteniéndose en un rango de entre 0.74 mm y 0.73 mm, igualmente el peso de todos los rillos se calculó en un promedio de 5.5 kg.

Los rollos son sometidos a tres (3) procesos de presión, positiva, neutra y negativa los resultados de estas diferencias de presión al vacío y P3-P4 fueron en promedio para el lote 1 y 2 0.02 y 21.24 mbares, 21.88 mbares respectivamente y el resultado obtenido para el análisis de RPMS fue de 102 para el primer lote y 100 para el lote 2.

Cabe mencionar que para cada una de las pruebas que se realizaron se contó con la presencia de siete (7) trabajadores que garantizaron el cumplimiento y la transparencia de cada proceso, entre estos trabajadores se encontraban dos analistas de calidad, dos jefes de producción, un analista de laboratorio, un jefe de calidad y un director de calidad y gestión integral.

### ***8.3.2.3 Termoformado***

Para las pruebas de termo formado se tomaron dos lotes al azar, cada uno con 20 paquetes que contenía 57 unidades del producto. De igual manera se hicieron dos análisis, el cualitativo en donde se clasifica si pasan o no pasan los filtros de calidad en cuanto al empaque o identificación, apariencia general, inocuidad; es decir que debe estar libre de riesgos físicos como elementos, materiales extraños, suciedad y partículas metálicas, también debe estar libre de riesgos químicos como contaminación con solventes, lubricantes o insumos de limpieza y/o desinfección a los que pueden estar expuestos durante el proceso de fabricación y como se mencionó en parámetros anteriores deben estar libres de olores extraños y de contaminación biológica incluyendo cabellos; también se tienen en cuenta ajuste entre componentes, resistencia nesting la cual evalúa la capacidad de almacenamiento de un envase y apariencia del embalaje donde todas las muestras pasaron dichos filtros, y el análisis cuantitativo en el cual se tuvieron en cuenta el peso del total de unidades por empaque, la altura total y en base a la figura 27 se tomaron las medidas del espesor fondo borde, espesor pared inferior y espesor pared media.



**Figura 27.** Estructura física del contenedor. Autor (2022).

**Tabla 37.** Resultados pruebas de termoformado lote 1

<b>Peso</b>	<b>Unidades por paquete</b>	<b>Altura total (mm)</b>	<b>Espesor fondo borde (mm)</b>	<b>Espesor pared inferior (mm)</b>	<b>Espesor pared media (mm)</b>
4.9	57	46.68	0.26	0.28	0.26
5.06	57	46.8	0.26	0.27	0.26
5.1	57	46.7	0.25	0.28	0.28
5.05	57	46.6	0.26	0.27	0.26
4.85	57	46.6	0.27	0.27	0.27
5.15	57	46.68	0.26	0.27	0.26
5.05	57	46.55	0.26	0.28	0.26
5.06	57	46.6	0.26	0.28	0.28
5.05	57	46.6	0.26	0.28	0.26
5.12	57	46.36	0.25	0.27	0.25
4.97	57	46.3	0.25	0.28	0.25
5.17	57	46.24	0.25	0.28	0.26
5.22	57	46.32	0.25	0.28	0.25
4.95	57	46.55	0.24	0.28	0.26
4.93	57	46.53	0.25	0.28	0.26
5.04	57	46.39	0.25	0.27	0.26
4.97	57	46.41	0.25	0.27	0.26
5.08	57	46.5	0.25	0.28	0.25
5.12	57	46.51	0.25	0.27	0.26
5.02	57	46.68	0.25	0.28	0.26
5.03	57	46.2	0.24	0.28	0.26
4.95	57	46.62	0.28	0.28	0.28
5.42	57	46.7	0.27	0.27	0.27
5.2	57	46.7	0.26	0.27	0.27

5.18	57	46.7	0.26	0.27	0.27
5.12	57	46.7	0.26	0.27	0.26
5.12	57	46.59	0.26	0.27	0.27
5.4	57	46.7	0.26	0.27	0.26
5.3	57	46.75	0.26	0.27	0.26
5.12	57	46.65	0.26	0.28	0.26
5.4	57	46.62	0.26	0.27	0.26

**Tabla 38.** Resultados pruebas de termoformado lote 1.

Peso	Unidades por paquete	Altura total (mm)	Espesor fondo borde (mm)	Espesor pared inferior (mm)	Espesor pared media (mm)
4.95	57	46.76	0.25	0.28	0.25
5.11	57	46.82	0.25	0.28	0.26
5.18	57	46.79	0.25	0.27	0.26
5.1	57	46.87	0.25	0.28	0.26
5.28	57	46.87	0.24	0.27	0.25
5.02	57	46.47	0.25	0.28	0.25
5.32	57	46.58	0.25	0.28	0.26
5.36	57	46.82	0.25	0.27	0.26
5.06	57	46.87	0.24	0.28	0.25
5.29	57	46.2	0.25	0.28	0.26
5.24	57	46.82	0.25	0.27	0.25
5.12	57	46.72	0.25	0.28	0.26
5.2	57	46.76	0.24	0.27	0.26
5.32	57	46.97	0.25	0.27	0.25
5.22	57	46.87	0.25	0.28	0.26
5.28	57	46.86	0.25	0.28	0.25
5.12	57	46.79	0.25	0.27	0.26

5.26	57	46.98	0.25	0.27	0.26
5.1	57	46.82	0.25	0.28	0.28
5.06	57	46.77	0.25	0.27	0.26

De los resultados obtenidos en el proceso de termoformado es posible decir que en ambos lotes el peso promedio por empaque es de 5.1 kg oscilando entre los 4.9 kg y los 5.4 kg, en cuanto a la altura total promedio del primer lote es de 46.57 mm mientras que la del lote dos es de 46.77 mm habiendo una diferencia entre ambos de 0,2 mm lo cual se considera como no representativo, el espesor de fondo borde para el primer lote fue de 0.26 mm siendo mayor por 0.01mm que el del lote dos, el espesor de pared inferior del segundo lote es de 0.28 mm, mientras que el del lote uno fue de 0.27 mm y finalmente el espesor de pared media para el primer y segundo lote fueron de 0.26 mm y 0.25 mm respectivamente.

De los espesores analizados de las muestras evaluadas es posible decir que la diferencia entre lotes es de 0.01mm, considerándose un margen de espesor no representativo y que la precisión de la máquina termoformadora es la adecuada para sacar un producto con todas las características física, mecánicas y estructurales adecuadas.

### **8.5 Hojas de ruta**

Para la elaboración de las hojas de ruta se tuvieron en cuenta como se presentó en la metodología la información general del plan donde se incluye el nombre, los objetivos de desarrollo sostenible relacionados, la descripción de la medida, el objetivo de la implementación, el área o procesos relacionados y las características de funcionamiento.

Seguido de esto se presentan los cronogramas de actividades donde se especifica la actividad, la descripción de la misma, el responsable y que cargo ocupa y así mismo el tiempo que tardaría en ejecutarse el plan. Posteriormente se presentan los recursos donde se habla de recursos económicos, humanos, instrumentos y materiales y finalmente los beneficios divididos en económicos, ambientales, sociales y comerciales.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con las hojas de ruta son el número 9. Industria, innovación e infraestructura, en vista de que lo que se promueve con lo propuesto dentro del proyecto es impulsar un nuevo modelo de negocio enfocado en criterios de Ecoinnovación, el 12. Producción y consumo responsable debido a la búsqueda de implementar procesos que permitan dar un enfoque sostenible y responsable de los recursos; es decir, al disminuir el consumo de plástico virgen replazándolo por RPET se fomenta el uso responsable de recursos naturales como el petróleo, hay una disminución en emisión de contaminantes. El 13. Acción por el clima ya que como se vio en el desarrollo de la matriz de ciclo de vida la totalidad de actividades realizadas en la producción de envases y empaques plásticos conlleva a la emisión de gases de efecto invernadero que tiene como consecuencia el cambio climático; es por esta razón que el objetivo 13 tiene gran

relevancia ya que lo que se busca con la implementación de estos planes es aportar en la medida de lo posible la disminución de generación de GEI lo que su vez promueve tomar acciones frente al clima. 17. Alianzas para lograr los objetivos, de manera que es fundamental realizar alianzas entre diferentes actores para poder llevar a cabo el plan bien sea entre actores gubernamentales, del sector privado y/o de la sociedad; en este caso en particular las principales alianzas que se realizarían sería con el sector privado y la sociedad creando una vinculación entre empresas de reciclaje y la empresa en cuestión y la búsqueda de la participación activa de la comunidad para lograr el objetivo propuesto.

#### ***8.5.1 Plan de acción 1: Incorporación del plástico postconsumo para la fabricación de envases***

A continuación, se presenta el plan de calidad propuesto para la incorporación de plástico posconsumo para la fabricación de envases descartables para alimentos, el cual fue además implementado para desarrollar las pruebas de laboratorio expuestas anteriormente, permitiendo garantizar la viabilidad de la estrategia y fomentando los procesos de economía circular y eco innovación que se han ido resaltando a lo largo del proyecto.

Cabe mencionar que el apartado propuesto en la metodología correspondiente al cronograma de actividades, para este fue nombrado el plan de calidad ya que al ser un proceso productivo que se está llevando continuamente dentro de las plantas de producción no cumple con un periodo de tiempo determinado así que únicamente se especifican las actividades a realizar durante la jornada y como se debe hacer la inspección y evaluación de parámetros de calidad.

Además se exponen también los recursos necesarios para llevarlo a cabo y los beneficios que genera tanto a nivel económico como ambiental, social y comercial

Información del Plan	
Nombre del plan	Plan de calidad para la incorporación de plástico posconsumo para la fabricación de envases descartables para alimentos
Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados	<p>9. Industria, innovación e infraestructura</p> <p>12. Producción y consumo responsable</p> <p>13. Acción por el clima</p> <p>17. Alianzas para lograr los objetivos</p>
Descripción de la medida	Hoja de ruta para la incorporación de plástico posconsumo en la fabricación de envases descartables para alimentos
Objetivo	Incorporar plásticos posconsumo para la fabricación de envases descartables para alimentos como una estrategia de Ecoinnovación
Área o proceso relacionado	Empresa productora de envases descartables para alimentos
Características de funcionamiento	Se parte de la revisión bibliográfica expuesta en el documento donde se habla en detalle de la estrategia en conjunto con los resultados de laboratorio.

Plan de calidad				
Actividad		Descripción	Instrumento	Responsable(s)
Recepción de materia prima		El material posconsumo (hojuelas) es entregado en las instalaciones en presentación de big backs	Camiones	Proveedor
Evaluación de parámetros materia prima	Apariencia general	Se hace la evaluación de parámetros de calidad en una muestra de 1kg por lona de cada lote recepcionado	Inspección visual	Analista de calidad de materias primas/ Analista de laboratorio/ jefe de calidad/ Director de Gestión Integral y Calidad
	Inocuidad		Horno	
	Olor		Test de olor	
	Contenido de etiqueta suelta de PE, PP, PET y PVC		Inspección visual	
	Contenido de madera, papel y cartón		Inspección visual	
	Contenido de metales y aluminio		Mesa magnética	
	Contenido de partículas inorgánicas		Microscopio	
	Densidad aparente		Recipiente estandarizado para medición de densidad	
	Porcentaje de humedad		Balanza determinadora de humedad	
	pH.		pHmetro	
Extrusión		Ingreso de hojuelas posconsumo para extrusión	Máquina extrusora	Operarios/ Jefe de producción
Evaluación de calidad de lámina	Apariencia y tono de lámina		Inspección visual	Analista de calidad / Jefe de producción/

	Inocuidad de lámina extruida	Tamaño de la muestra: Lámina extruida antes de pasar a embobinar	Flexómetro	Coordinador de calidad/ Jefe de Calidad/ Director de calidad y gestión integral
	Ancho			
	Espesor	Muestra de 1,5 m: Tome 8 puntos en forma transversal dependiendo del ancho de la lámina y 15 puntos en forma longitudinal, registrar 5 resultados que son el promedio de cada 3 mediciones	Micrómetro	
	Peso	Lamina embobinada	Báscula	
Embalaje de lámina	Características de embalaje		Cubrimiento manual - Stretch Film	
	Identificación de embalaje	Inspección visual		
Ultra limpieza de material postconsumo	Temperatura de material fundido	Deben cumplir los rangos propuestos por el perfil INVIMA	Pantalla de máquina	
	Diferencia entre presiones (P3 y P4)			
	Presión de vacío			
	Revoluciones por minuto (RPM)			
Verificación del despeje de línea		Se realiza al iniciar producción, cambiar referencia y/o producto y posterior a la suspensión del proceso	Inspección visual	

Termoformado		Ingreso de lámina	Máquina termoformadora	Operarios/ Jefe de producción
Evaluación de parámetros del producto	Apariencia de producto termoformado	Tamaño de la muestra: • 10 unidad por Cavidad (moldes < 7 Cavidades) • 3 unidad por Cavidad (moldes ≥ 7 Cavidades)	Inspección visual	Analista de calidad/ Jefe de producción/ Analista de laboratorio / Jefe de calidad/ Director de calidad y gestión integral
	Inocuidad		Balanza	
	Peso	• 1 unidad por Cavidad (moldes < 7 Cavidades). • 1 unidad por Cavidad (moldes ≥ 7 Cavidades) Iniciando por validar las unidades ubicadas en las zonas más críticas y vulnerables (cerca de cadenas de arrastre) en la primera verificación del turno, en la segunda validar el resto de las zonas hasta cubrir el 100% con la verificación del primer control, repetir en los otros controles esta forma de medición.	Micrómetro	
	Espesor		Profundímetro, trazador de altura y galgas	
	Dimensiones		Máquina universal de ensayos INSTRON	
	Resistencia a la compresión		Vacuómetro	
	Resistencia al cambio de presión		Galgas	
	Flexibilidad o ruptura			
	Nesting		Prueba de resistencia al nesting	
	Ajuste con producto	Una muestra por cavidad	Manual	
	Prueba de hermeticidad		Inspección visual	
Sellado	Máquina selladora			

Embalaje de producto	Número de unidades	Tamaño de muestra: Una caja y un empaque	Manual, galgas	Inspección visual
	Referencia de bolsa y corrugado	Tamaño de muestra: Una unidad/paca y unidad/paquete de bolsa		
	Apariencia general del corrugado y de la bolsa	Tamaño de muestra: Cinco corrugados		
	Empaque e identificación	Tamaño de muestra: una caja y una estiba		
Verificación del despeje de línea		Se realiza al iniciar producción, cambiar referencia y/o producto y posterior a la suspensión del proceso		
Decorado		Según el producto pasa por fajado, impresión o termoencogible	Dependiendo del proceso	Jefe de producción
Comercialización		Venta de los productos ya terminados	Camiones	Productor

Recursos	
Económico	Inversión compra de maquinaria
	Inversión compra de materiales e insumos
	Pago de operarios
	Pago de personal capacitado
	Pago de transporte
Humano	Analista de calidad
	Jefe de producción
	Ingeniera Técnica
	Jefe de calidad
	Director de calidad y gestión integral
	Coordinador de calidad
Instrumentos	Flexómetro
	Micrómetro
	Báscula
	Balanza
	Profundímetro
	Microscopio
	Trazador de alturas
	Galgas
	Vacuómetro
	Probador de nesting
	Camión
	Silos de almacenamiento
Tecnológico	Máquina extrusora de ultra limpieza
	Molinos

	Máquina termoformadora
	Máquina Universal INSTRON
Materiales	Big backs material pos consumo

Beneficios	
Económicos	Aprovechamiento y valorización de residuos
	Reducción de costos por disposición de residuos
	Reducción en la inversión de resina de plástico virgen
Ambientales	Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero
	Disminución gradual en la explotación de hidrocarburos
	Disposición y gestión adecuada de residuos
	Disminución en contaminación de ecosistemas
Sociales	Contribuye al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible
	Aumento de vida útil de rellenos sanitarios
	Promueve una adecuada salud ambiental
	Promueve el hábito de técnicas sostenibles
	Amplia las capacidades y conocimientos de los trabajadores y los clientes
Comerciales	Comercio sostenible
	Incremento de la competitividad comercial de las empresas
	Reconocimiento por productos de eco innovación
	Acceso a nuevos mercados y pagos diferenciados por ser un producto sostenible

### ***8.5.2 Plan de acción 2: Producción de envases descartables a partir de fibras maderables***

En las siguientes tablas se muestra en plan de acción propuesto y llevado a cabo en la actualidad por la empresa para la producción de envases descartables a partir de fibras maderables y mediante el cual se desarrollaron las pruebas de laboratorio dando resultados aterrizados directamente con el proyecto.

De igual manera, al ser un proceso productivo continuo dentro de la planta no se cuenta con un cronograma de actividades delimitado por tiempo, sino que se presenta un plan de calidad donde se exponen las actividades, su respectiva descripción y los responsables para llevarlo a cabo de manera exitosa., buscando garantizar la producción óptima de envases de cartón que cumplan con los parámetros de inocuidad especificados para hacer uso de estos en el sector de alimentos.

Posteriormente se exponen los recursos y los beneficios necesarios y generados respectivamente en vista de diferentes factores.

Información del Plan	
Nombre del plan	Plan de calidad para la producción de envases descartables a partir de fibras maderables
Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados	<p>9. Industria, innovación e infraestructura</p> <p>12. Producción y consumo responsable</p> <p>13. Acción por el clima</p> <p>17. Alianzas para lograr los objetivos</p>
Descripción de la medida	Hoja de ruta para la incorporación de fibras maderables en la fabricación de envases descartables para alimentos
Objetivo	Incorporar fibras maderables en la fabricación de envases descartables para alimentos como una estrategia de eco innovación
Área o proceso relacionado	Empresa productora de envases descartables para alimentos
Características de funcionamiento	Se parte de la revisión bibliográfica expuesta en el documento donde se habla en detalle de la estrategia en conjunto con los resultados de laboratorio.

Plan de calidad				
Actividad		Descripción	Instrumento	Responsable(s)
Recepción de materia prima		El material llega a las instalaciones de la empresa en rollos	Camiones	Proveedor
Evaluación de parámetros materia prima	Apariencia general e inocuidad	Se hace la evaluación de parámetros de calidad en cada lote recepcionado	Inspección visual	Analista de calidad de materias primas/ Analista de laboratorio/ jefe de calidad/ director de Gestión Integral y Calidad
	Gramaje		Micrómetro con precisión de 0.01 mm	
	Calibre		Balanza determinadora de humedad	
	Porcentaje de humedad		Cinta métrica	
	Filtración de borde		Micrómetro	
Capa de polietileno-Pick Up				
Troquelado		Ingreso del rollo a proceso troquelado	Máquina troqueladora	Operarios/ jefe de producción
Evaluación de calidad del rollo	Apariencia del rollo	Un (1) rollo	Inspección visual	Analista de calidad / jefe de producción/ Coordinador de calidad/ jefe de Calidad/ Director de calidad y gestión integral
	Apariencia de la etiqueta	Ocho (8) etiquetas		
	Validación dimensional	Una muestra	Plano de la etiqueta escala 1:1	
	Gramaje / peso de la etiqueta	Diez (10) muestras troqueladas	Balanza electrónica y galga	
	Humedad		Balanza determinadora de humedad	
Calibre	Micrómetro			

	Pandeo	Tres (3) muestras del rollo (Al inicio, en la mitad y al final)	Galga, regla milimétrica y clips	
Embalaje de lámina	Empaque e identificación	Tamaño de la muestra: pliegos por estiba	Inspección vial, medida de la pila	
Verificación del despeje de línea		Se realiza al iniciar producción, cambiar referencia y/o producto y posterior a la suspensión del proceso	Inspección visual	
Descartonado		Ingreso de las piezas troqueladas	Máquina descartonadora	Operarios/ jefe de producción
Evaluación de parámetros de piezas troqueladas	Apariencia general e inocuidad	Un (1) pliego	Inspección visual	Analista de calidad/ jefe de producción/ Jefe de calidad/ Director de calidad y gestión integral
	Inocuidad / etiqueta	Ocho (8) etiquetas		
	Peso etiqueta	Diez (10) unidades por lote	Balanza electrónica y galga	
	Pandeo	Tres (3) muestras del rollo (Al inicio, en la mitad y al final)	Galga, regla milimétrica y clips	
	Empaque e identificación	Una (1) caja		
Verificación del despeje de línea		Se realiza al iniciar producción, cambiar referencia y/o producto y posterior a la suspensión del proceso	Inspección visual	
Formado		Ingreso de las piezas individuales	Máquina formadora	Operarios/ jefe de producción

Evaluación de parámetros del producto terminado	Apariencia de formado y etiqueta	Tamaño de la muestra: 16 unidades	Inspección visual	Analista de calidad/ jefe de producción/ Jefe de calidad/ Director de calidad y gestión integral
	Peso	Tamaño de la muestra: Ocho unidades de bowls, vasos y contenedores y cinco unidades de bandejas	balanza electrónica	
	Altura		Galga	
	Espesor de pestaña			
	Diámetro externo de boca			
	Filtración	Ocho (8) unidades	Mesa réflex, solución azul de metileno o de café	
	Capacidad total		Balanza electrónica y galga para capacidad	
	Ajuste entre componentes		Contratipo tapa plana	
	Prueba de nesting	Diez (10) vasos	Pesa de 500 gr	
	Prueba de hermeticidad	Ocho (8) unidades	Tapa plana y galga de soporte del producto	
Embalaje	Empaque e identificación	Una caja y una estiba	Inspección visual	
	Apariencia de embalaje	Cuatro bolsas seguidas y una caja		
	Unidad de empaque por bolsa	Un paquete		
	Unidad de empaque por corrugado	Una caja		
Verificación del despeje de línea		Se realiza al iniciar producción, cambiar referencia y/o producto y		

	posterior a la suspensión del proceso		
Comercialización	Venta de los productos ya terminados	Camiones	Productor

Recursos	
Económico	Inversión compra de maquinaria
	Inversión compra de materiales e insumos
	Pago de operarios
	Pago de personal capacitado
	Pago de transporte
Humano	Analista de calidad
	Jefe de producción
	Ingeniera Técnica
	Jefe de calidad
	Director de calidad y gestión integral
	Coordinador de calidad
Instrumentos	Balanza electrónica
	Balanza determinadora de humedad
	Micrómetro
	Galga
	Regla milimétrica
	Cinta métrica
	Mesa réflex
	Pesa de 500 gr
Tecnológico	Máquina Cortadora

	Máquina formadora
	Máquina troqueladora
	Máquina formadora de bandejas
	Máquina descartadora
Materiales	Rollos de cartón
	Contratipo de tapa plana
	Solución azul de metileno o solución cafeína

Beneficios	
Económicos	Aprovechamiento y valorización de residuos de las fibras maderables
	Aumento en ventas por preferencia de producto
Ambientales	Disminución gradual en la explotación de petróleo
	Disminución en el uso de materiales no biodegradables
Sociales	Contribuye al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible
	Promueve el uso de productos biodegradables
	Promueve una adecuada salud ambiental
	Promueve el hábito de técnicas sostenibles
	Amplía las capacidades y conocimientos de los trabajadores y los clientes
Comerciales	Comercio de producto biodegradable
	Incremento de la competitividad comercial de las empresas
	Reconocimiento por productos eco innovadores
	Acceso a nuevos mercados y pagos diferenciados por ser un producto biodegradable

### ***8.5.3 Plan de acción 3: Talleres de sensibilización ambiental***

A continuación, se presenta el plan de acción estructurado para los talleres de sensibilización ambiental propuesto para llevar a cabo tanto con trabajadores de la empresa como, clientes y consumidores finales. Se buscó estructurarlo de esta manera para poder abarcar la mayor capacidad de nichos que bien sea de manera directa o indirecta estén relacionados con la empresa.

Es importante recordar que los procesos de reciclaje no se limitan únicamente a los productos fabricados en la actualidad por la empresa, sino que se trabajan a nivel local por tipos de resinas, entonces entre mayor cantidad de personas y comunidades estén enteradas y se refuercen temas de reciclaje, economía circular y eco innovación resulta benéfico tanto para las mismas comunidades al adquirir conocimientos como proveedores de material reciclado (empresas recicladoras) y la empresa ya que se garantiza la disponibilidad del material ya que no todo el tiempo de producción es posible garantizar la misma cantidad de RPET ya que eso está sujeto al porcentaje del material que sea dispuesto a reciclar.

El cronograma de actividades se estructuró para una duración de seis (6) meses, donde las primeras actividades se centran en la búsqueda de personal capacitado para desempeñar el papel de capacitador o informante en los temas relacionados al proyecto, estructurar el equipo de trabajo para definir el papel que cada integrante va a desempeñar, establecer un plan de acción y elaborar y/o gestionar los materiales necesarios para los talleres, de esta manera lo que se busca es localizar primero esos nichos de clientes a los que se quiere llegar primero, conocer mediante que métodos llegarles y brindarles la información en base a mesas de trabajo y seguido de esto establecer conexiones con dichos clientes para así iniciar con los talleres.

Una de las actividades más importantes es la capacitación del personal interno, ya que si se busca generar un impacto a los clientes primero se debe hacer un cambio a nivel interno generando que los trabajadores se empoderen respecto a los temas y tengan propiedad para hablar y transmitir la información a terceros.

Información del Plan	
Nombre del plan	Talleres de sensibilización ambiental
Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados	9. Industria, innovación e infraestructura 12. Producción y consumo responsable 13. Acción por el clima 17. Alianzas para lograr los objetivos
Descripción de la medida	Hoja de ruta para la implementación de talleres de sensibilización ambiental para trabajadores, clientes y consumidores finales
Objetivo	Diseñar talleres de sensibilización ambiental para trabajadores, clientes y consumidores finales de los envases descartables para alimentos.
Área o proceso relacionado	Empresa productora de envases descartables para alimentos, trabajadores y clientes.
Características de funcionamiento	Se parte de la revisión bibliográfica expuesta en el documento donde se habla en detalle de la estrategia







	Foros
	PowerPoint
	Canva
	Medios audiovisuales
	Medios de comunicación
Materiales	Materiales didácticos (Fotos, videos, ejemplos)

Beneficios	
Económicos	Posibilidad en reducir inversión por disponibilidad de materia prima
	Bonificaciones por el gobierno al implementar técnicas sostenibles
	Excepciones tributarias
	Incentivos o estímulos para inversión tecnológica para proyectos de economía circular
Ambientales	Promover la correcta disposición de residuos sólidos
	Disminución de residuos contaminantes en ecosistemas
	Promover una adecuada salud ambiental
	Disminución de contaminantes en recursos hídricos y suelo
	Alargar la vida útil de los rellenos sanitarios
	Generar conciencia y conocimiento
Sociales	Contribuye al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible
	Disminuye los riesgos de transmisión de enfermedades por vectores
	Promueve el hábito de técnicas sostenibles
	Amplia las capacidades y conocimientos de los trabajadores de la empresa y la comunidad

Comerciales	Crear un valor agregado a los productos frente a los clientes y los consumidores finales
	Incremento de la competitividad comercial de la empresa
	Llegar a nuevos nichos de clientes y/o mercados
	Dar a conocer la empresa por otro tipo de procesos como responsabilidad social y ambiental

## 9. Conclusiones

Con base al desarrollo del proyecto es posible decir que gracias a que hoy en día el aspecto ambiental se ha vuelto un pilar primordial a tener en cuenta para cualquier área de producción y comercial, pues así lo demandan los clientes y del mismo modo la legislación gubernamental, existe un gran abanico de posibilidades y estrategias para implementar y otras que tienen un gran potencial de ser cada vez más investigadas y desarrolladas con enfoque de economía circular para la industria de empaques descartables.

Resulta demasiado valioso y estratégico repensar los servicios o productos con un enfoque de ciclo de vida. Anticiparse directamente a la etapa del diseño permite unificar múltiples ideas para consolidar una estrategia viable y que además de generar un aporte al cuidado del ambiente, también se traduzca en un proceso de reinención desde el desarrollo económico, cultural y social promoviendo el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Para lograr el cumplimiento del objetivo general de aplicar la eco innovación en una planta de producción de envases descartables para alimentos fue necesario primero darle cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos, donde el primero de estos se centró en identificar los puntos críticos en sostenibilidad por medio de herramientas como la matriz de pensamiento de ciclo de vida, mediante la cual se pudo identificar que las fases que generaban una mayor cantidad de impactos negativos son la disposición final de residuos sólidos, el proceso de termoformado, la extrusión de materiales y la producción de envases de cartón; este último genera una controversia que resulta importante resaltar ya que en los últimos años la misma industria y algunas ONG activistas se han encargado de fomentar aversión por los plásticos y más aquellos que son de un solo uso, generando que se propongan nuevas estrategias “más sostenibles” como el remplazar esta materia prima por materiales orgánicos, en este caso fibras maderables.

A simple vista el hacer uso de materiales orgánicos como el cartón, es un método que sufraga en cierta medida los impactos ambientales negativos que desatan los plásticos; sin embargo, gracias al análisis realizado en este proyecto fue posible validar una hipótesis sobre que la problemática central no radica en la producción y uso de los plásticos sino directamente en su disposición y que como consecuencia por el desconocimiento se crean demandas en estrategias de Greenwashing; esta es una práctica de mercadotecnia que emplean las compañías para mostrar a sus clientes la responsabilidad social y ambiental con la que están comprometidas pero que tan solo es una estrategia comunicativa ya que nada tiene que ver con las practicas reales, ya que como se mostró en los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de esta investigación el hacer uso de las

fibras maderables como materia prima si es una estrategia que cumple con la demanda de los clientes pero que tiene el potencial de generar mayor cantidad de impactos negativos que los procesos que involucran la fabricación de envases plásticos y además a nivel económico representa una alza en la inversión de este material a comparación del plástico postconsumo.

Algunos de estos impactos son la promoción de monocultivos que desatan escenarios como la pérdida de nutrientes, la contaminación y la erosión a mediano y corto plazo en el recurso suelo, la deforestación por la tala y quema de ecosistemas que generan grandes cantidades de gases de efecto invernadero y además la dificultad de generar un proceso de reciclaje, ya que por lo menos algunas resinas de plástico son posibles de volver a incorporar en el ciclo productivo pasando por un procesos de desinfección, mientras que el cartón al ser un material orgánico y poroso puede llegar a contener partículas inorgánicas u orgánicas que puedan considerarse un riesgo para la salud ambiental y que además al requerir una lámina de PE para garantizar su funcionamiento en el sector de alimentos dificulta la separación de materiales convirtiéndolo en un residuo no aprovechable que termina su vida útil en un relleno sanitario.

Sin embargo, se puede optar por incluir procesos de agricultura sostenible o involucrar otro tipo de materias primas orgánicas como la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*, que resultan innovadoras para remplazar los materiales con los que se han venido trabajando en la empresa y que, además abren la posibilidad de controlar una problemática ambiental actual como lo es la proliferación de estas especies invasoras a causa de la eutrofización de algunos cuerpos hídricos ubicados en Cundinamarca y en general por todo el país. De igual manera se logró demostrar junto con los talleres de votación a algunos trabajadores de la empresa que una de las alternativas que pueden ayudar a generar una conciencia en procesos de economía circular es precisamente la realización de talleres de sensibilización y la comunicación del proceso de reciclaje de los envases por medio de los empaques para que de esta manera sea un proceso unificado donde no solo se esté ofreciendo un producto innovador, que promueve la economía circular sino que también se está generando un valor agregado mediante la comunicación de la importancia que tienen estas estrategias a nivel ambiental y cultural fomentando el reciclaje dentro de la comunidad, pues la carencia de la cultura de reciclaje es la que genera los múltiples escenarios negativos asociados a los plásticos sin hacer conciencia de que cada uno como comprador o consumidor final tiene la responsabilidad y la posibilidad de evitar que sucedan apoyándose en diferentes métodos como el reciclaje o la reutilización de los productos.

Es por esto mismo que para el objetivo específico tres (3) se propuso un plan de acción mediante el cual se desarrollaran talleres tanto a nivel interno como externo de la empresa para que además fuera un complemento para el plan de acción de la incorporación de plástico pos consumo

buscando garantizar la disponibilidad del material pues en la recopilación de información se encontró que en ocasiones la escases local de material RPET impide la fabricación de envases plásticos reciclados generando vacíos y retrasos en los procesos; aunque como se mencionó anteriormente la situación respecto al uso de fibras maderables como materia prima, de igual manera fue necesario proponer un plan de calidad para continuar fomentando estas prácticas, pero dejando los puntos clave especificados en cuanto a la imagen errónea que se está generando alrededor de algunas alternativas que por demanda consideran “sostenibles” a corto plazo.

El desarrollo de los tres objetivos demostró que la ruta metodológica que presenta la eco innovación es acertada al incorporar la sostenibilidad con enfoque de ciclo de vida en la estrategia corporativa para bajarla a modelo de negocio y llevar las iniciativas priorizadas a la operación mediante planes de acción.

### 10. Recomendaciones

- Dados los resultados obtenidos y su aplicación práctica en la empresa se recomienda continuar implementando la Ecoinnovación para responder a los puntos críticos que no se atendieron en el presenta trabajo, dado que la Ecoinnovación sigue un proceso de mejora continua y las regulaciones restrictivas a los plásticos derivados del petróleo continuarán.
- Por cuestión de recursos tanto de personal, como económico y de tiempo, debido a que la empresa está centrada en el desarrollo de la propuesta de RPET para responder a los problemas de plástico al final del tubo no fue posible profundizar en la estrategia del aprovechamiento de biomasa de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*; sin embargo, es recomendable en un futuro darle continuidad a esta investigación pues en base a estudios científicos se ha demostrado que es posible fabricar bioplástico a partir de estas especies lo que puede resultar en una línea de negocio bastante llamativa y darle un valor agregado a los productos.
- Aunque si bien ya se están llevando a cabo dos de los planes de acción propuestos, se recomienda implementar también el plan de acción de los talleres de sensibilización ya que como se hizo mención en algún momento, esta propuesta más que ser una estrategia resulta ser un complemento ideal para los otros planes y además genera un valor agregado a la empresa en cuanto a responsabilidad social y ambiental. Para los talleres es fundamental realizarlos con aliados en la cadena de valor.
- Con base a lo anterior, se recomienda además dar dichos talleres de dos a tres veces al mes por nicho establecido o cliente para así tener una continuidad en el plan, además de buscar siempre crear nuevas propuestas didácticas, pedagógicas y temáticas para no hacer los talleres

repetitivos y monótonos, sino que abarquen la mayor parte de temáticas relacionadas al proyecto y que además si generen un impacto en las personas.

- Es muy importante promover el enfoque de ciclo de vida en la evaluación de alternativas para la sustitución de plásticos de un solo uso. Se corre un alto riesgo de abandonar un material versátil, del cual ya es conocido su impacto ambiental, que ha venido consolidando una cadena de reciclaje con propósitos de aprovechamiento, entre otras cosas, para transitar a materiales de los cuales no se han determinado a su profundidad sus impactos negativos y que a simple vista presentan dificultades técnicas y de salud ambiental para su aprovechamiento posconsumo.

#### 4. Referencias Bibliográficas

- Acoplásticos. (2017). *Realidad del reciclado de los plásticos*. 1–4.  
<https://www.acoplasticos.org/guia1/>
- Álvarez del Blanco, R., (2011a). Branding hoy: estrategias que funcionan. Marca multisensorial, espléndidamente lúcida. p26 a 33. Harvard Deusto. Marketing & Ventas. No 106.
- Angarita, J.R (2022). *Defensoría alerta por grave situación de los rellenos sanitarios y botaderos en 16 departamentos*. RCN RADIO. Recuperado el 28/09/2022 en <https://www.rcnradio.com/colombia/defensoria-alerta-por-grave-situacion-de-los-rellenos-sanitarios-y-botaderos-en-16?amp>
- Añanca, P., Córdova, D., Correa, J., Palacios, E., & Pascual, D. (2020). Diseño del proceso productivo de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz y hojilla de algarrobo en la región Piura. In *Universidad Nacional de Piura*. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4619/PYT\\_Informe\\_Final\\_Proyecto\\_BioEnvases.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4619/PYT_Informe_Final_Proyecto_BioEnvases.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Baptiste M.P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D.L. & Lasso C.A. (eds). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 200 p.
- Barreiro, F. I., & Bolívar, A. (2021). *Bagazo de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum) y almidón de yuca (Mianihot esculenta) como sustituto de poliestireno en la elaboración de platos biodegradables*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- BC Noticias (2019). Colombia entierra anualmente 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reciclar. Obtenido de <http://www.bcnoticias.com.co/colombia-entierra-anualmente-2-billones-de-pesos-en-plasticos-que-se-pueden-reciclar/>

- Bernal, A. D., & Gutiérrez, C. (2019). Formulación de un plan de manejo integrado para control y minimización del buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) presente en la charca de Guarinocito-La Dorada, Caldas-Colombia [Universidad el Bosque]. [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2784/Anggie\\_Daniela\\_Bernal\\_Vega\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2784/Anggie_Daniela_Bernal_Vega_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bernal, A. J., Garay, D.E., Cárdenas, C. (2021). Producción y comercialización de productos para obras de urbanismo a partir de insumos reciclados. En *Corporación Universitaria Minuto de Dios*. [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13296/1/TE.PRO\\_BernalJulieth-GarayDaniel-C% c3% a1rdenasCamilo\\_2021](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13296/1/TE.PRO_BernalJulieth-GarayDaniel-C%c3%a1rdenasCamilo_2021)
- Bolaños, J. (2019). Reciclado de Plástico PET. In *Universidad Católica San Pablo*.
- Bolio, G. (2016). Obtención de celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agro Productividad*, VX(7).
- Cardoso, J. L. (September 2018 de 2018). The circular economy: historical grounds. *Changing Societies: Legacies and Challenges. The Diverse Worlds of Sustainability* . 115–127. doi:<https://doi.org/10.31447/ics9789726715054.04>
- Cáceres, P (2020). Todo lo que siempre quisiste saber sobre los plásticos. *Economía Circular*. El Ágora Diario. Obtenido de <https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/economia-circular/cuantos-tipos-de-plastico-hay-aprende-a-distinguirlos/>
- Centro Nacional de Producción más Limpia; Colombia Productiva. (2019). *Guía empresarial Economía Circular: Una forma diferente de hacer negocios sostenibles*. Obtenido de <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-capacita/publicaciones/transversales/guia-empresarial-de-economia-circular/200310-cartilla-economia-circular>
- Chiang, D. M., & Guardia, P. A. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta para la producción y comercialización de envases descartables a partir de bagazo de caña de azúcar* [Universidad de Lima-Perú]. [https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/418/1/Tesis\\_Tineo\\_y\\_Vásquez\\_IC.pdf](https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/418/1/Tesis_Tineo_y_Vásquez_IC.pdf)
- Cueva, J. C., Hormaza, A., & Merino, A. (2017). Sugarcane bagasse and its potential use for the textile effluent treatment. *DYNA (Colombia)*, 84(203), 291–297. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.61723>
- De los Ángeles, A. (2016). *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

- Departamento Nacional de Planeación- DPN (2018) Diagnóstico Misión de Crecimiento Verde. Colombia. Recuperado el 27/09/2022 <https://www.dnp.gov.co/CrecimientoVerde/Paginas/Diagnostico.aspx>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*. Obtenido de <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>
- Ellen MacArthur Foundation. (2020). *UPSTREAM INNOVATION: A guide to packaging solutions*.
- Ferández, N., Gálvez, G., y Peña, E. (1999). *Atlas del Bagazo de la Caña de Azúcar*. GEPLACEA.
- Flores, E. (2013). Composición del bagazo de caña por análisis termo gravimétrico. Ingeniería Química, I.
- Gallo, L. J., Flórez, M. T., y Parra, L. N. (2014). Reconstrucción de las concentraciones de materia orgánica y nutrientes mediante espectrometría y análisis de diatomeas en tres reservorios en Antioquia, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38 (149), 409-417
- Gómez R, Claudia, & Mejía, Jorge Eduardo. (2012). La gestión del Marketing que conecta con los sentidos. *Revista EAN*, (73), 168-183. Retrieved September 29, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-81602012000200010&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000200010&lng=en&tlng=es).
- Hermans F, W. (2021). Innovation in the bioeconomy: Perspectives of entrepreneurs on relevant framework conditions. *Journal of Cleaner Production*.
- Hernández Sampierí, R., Fernández Collado, C., Mendoza Torres, C., Méndez Valencia, S., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mexico, D.F: McGrawHill.
- IDEAM. (2006). Fósforo total en agua por digestión acida, método del ácido ascórbico.
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras– INVEMAR. (2017). *Formulación de lineamientos, medidas de conservación, manejo y uso de ecosistemas marinos y costeros, con la intención de apoyar acciones de fortalecimiento en la gestión ambiental de las zonas costeras de Colombia*. Informe técnico final. Colombia, Santa Marta.
- Lachman, J., Bisang, R., De Obschatko, E. S., & Trigo, E. (2020). Bioeconomía: Una estrategia de desarrollo para la Argentina del siglo XXI. *Instituto Interamericano de Cooperación Para La Agricultura*. <http://www.iica.int>

- Lazo, J. R. (2021). *Mejoramiento de la procesabilidad del PET reciclado: Evaluación de mezclas poliméricas para mitigar degradación y mejorar estabilidad en la extrusión de filamento de impresión 3D con PET posconsumo*. Universidad EAFIT.
- Marcet, X., Marcet, M., & Vergés, F. (2018). *Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio*. Associació Pacte Industrial de la Regió Metropolitana de Barcelona. Obtenido de <https://www.pacteindustrial.org/wp-content/uploads/2018/02/Papel-del-Pacto-Industrial-4-Que-es-la-economia-circular-y-por-que-es-importante-para-el-territorio.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los plásticos de un solo uso*. Bogotá D.C.
- Modelo Canvas, una Herramienta para Generar Modelos de Negocios. (2013). Marketing y Finanzas. Recuperado 22 septiembre 2022, de <https://www.marketingyfinanzas.net/2013/03/modelo-canvas-una-herramienta-para-generar-modelos-de-negocios/>
- Montero Rodríguez, C., & Mejía Barragán, F. (2018). El descubrimiento de los plásticos: de solución a problema ambiental. *Letras ConCiencia Tecnológica*, 80-96. Recuperado a partir de <https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/51>
- Moreno D. M. (2019). Proceso de manufactura de los plásticos. Instituto Universitario de Tecnología de Valencia, Dpto. de Polímeros. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/0060423718eced5417874>
- Nielsen E.b, K., & Hekkert M.P.c, N. (2017). The role of alliances in creating legitimacy of sustainable technologies: A study on the field of bio-plastics. *Journal of Cleaner Production*.
- ONU Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe*.
- Nieto, A. F.; Toledo, A.; Cadalso, J.C. (2020). El envase de polietilentereftalato: Su impacto ambiental y los métodos para su reciclado. Ed. Universitaria.
- Posada, E (2022). Los bioplásticos como sustitutos de los plásticos de un solo uso en Colombia. Corporación Universitario Minuto de Dios. Madrid, Cundinamarca.
- Portillo, I., Pocasangre, M., Ramos, R., Ramírez, K., Letona, A. del P., & Panameño, R. (2020). Evaluación de impactos ambientales de recipientes de base poliestireno utilizados en servicios de comida de una cafetería. *Congreso de Ingeniería y Arquitectura*, 04(18), 123–129.
- PNUMA. (2014). *Eco-innovación: una oportunidad de negocios*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2021, de [http://unep.ecoinnovation.org/wp-content/uploads/2017/09/BCForEI\\_SP.pdf](http://unep.ecoinnovation.org/wp-content/uploads/2017/09/BCForEI_SP.pdf)
- PROM PERÚ. (2015). *Informe Especializado: Oportunidades para Envases Plásticos en Colombia*.
- Reikea, D., Witjes, S., & Vermeulena, W. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring. *Resources, Conservation & Recycling*, 246-264.

- Reyes, K. D. (2020). Elaboración de bioplástico a partir de *Lemna minor* (lenteja de agua) [Universidad César Vallejo]. In *Universidad Andina del Cusco*. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Stahel, W. R. (2019). *The Circular Economy: A User's Guide*. Publicado por Routledge Taylor&Francis Group.
- Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios- Superservicios. (2019) Informe Nacional de Aprovechamiento. Recuperado a partir de [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/inform\\_e\\_sectorial\\_aprovechamiento\\_2018.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/inform_e_sectorial_aprovechamiento_2018.pdf)
- The Mideroo Foundation Pty Ltd. (2021). *The plastic waste makers index: revealing the source of the single-use plastic crisis*.
- UNEP (2014). Hotspots Analysis: mapping of existing methodologies, tools and guidance and initial recommendations for the development of global guidance. PNUMA DTIE, Paris.
- UN Environment; Technical University of Denmark. (2017). *Eco—i Manual Eco-innovation implementaton process*. United Nations Environment Programme.
- Universidad Nacional de Colombia (2013). Buchón de agua recuperar tierras degradadas. Agencia de noticias UN. Bogotá D.C., Colombia.
- Van der A, J. G., & Sijm, D. T. H. M. (2021). Risk governance in the transition towards sustainability, the case of bio-based plastic food packaging materials. *Journal of Risk Research*, 1–13. (s.f.). doi:<https://doi.org/10.1080/13669877.2021.1894473>
- Vargas, J. A., & Oliveros, P. S. (2021). *Propuesta de una alternativa de reciclaje para envases de bebida de plástico PET pos consumo de la ciudad de Bogotá* [Fundación Universidad de América]. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8647/1/6152598-2021-2-IQ.pdf>
- Valinsky, J (2022). Sprite ya no se venderá en botellas verdes. *CNN*. Recuperado el 27/09/2022 de <https://cnnespanol.cnn.com/2022/07/27/sprite-botellas-verdes-reciclaje-trax/>
- Wilde, K., & Hermans, F. (2021). Innovation in the bioeconomy: Perspectives of entrepreneurs on relevant framework conditions. *Journal of Cleaner Production*, 314. doi:[doi:10.1016/j.jclepro.2021.127979](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127979)
- World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation, & McKinsey & Company. (2016). *The New Plastics Economy Rethinking the Future of Plastics*. Obtenido de <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>

Zambrano, D. A., Zambrano, E. J., García, S. A., & Burgos, G. A. (2022). *Aprovechamiento de biomasa lignocelulósica: Eichhornia crassipes (Lechiguines) para la obtención de bioplástico* (Vol. 21) [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]- Tacna, Perú.  
<https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/1405/1699>