

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS LÁCTEOS PARA EL DISEÑO DE UNA
CANASTILLA PLEGABLE

ASHLEY JANNIN CAIPE ORTIZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE



FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS

DISEÑO INDUSTRIAL

PHD: BYRON IRAM VILLAMIL

PROYECTO FORMULACIÓN

CALI, VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

DICIEMBRE 2025

Dedicatoria

El presente proyecto es la culminación de una etapa compleja pero maravillosa. Son muchas las personas que han formado parte de este camino y, en mi corazón, solo hay agradecimiento para cada una de ellas.

Para empezar, le debo este logro a mi familia. Gracias a su trabajo duro y diario, gracias por sus enseñanzas y crianza, han sido los principales promotores de mi educación y de cada uno de mis éxitos. A mi papá, gracias por darme la oportunidad de cumplir con todo este proceso; sin tu apoyo constante, esto no habría sido posible. A mi mamá, eres la definición de fortaleza y perseverancia. Gracias por repetirme cada día que yo podía, sin importar la complejidad; gracias por darme ánimos en los momentos más difíciles y por apoyarme económica y moralmente en todo. Me has enseñado que con disciplina, esfuerzo y paciencia todo se puede lograr; eres mi mayor ejemplo a seguir. A mi hermano, gracias por ser el ejemplo que he seguido desde pequeña, por compartir tu conocimiento y por tu interés genuino en mi proceso.

Este camino no habría sido igual de ameno sin mis amigos. Las amistades que forme son inmensamente valiosas y han sido un apoyo fundamental. Gracias a los más cercanos por estar siempre dispuestos a ayudarnos mutuamente; gracias porque entre nosotros la consigna siempre fue: “somos todos o ninguno”.

Para Omar, quien fue un pilar fundamental en este proceso. Gracias por confiar en mi desde el primer día, por inspirarme, apoyarme y darme los empujones necesarios para no rendirme. Gracias por escucharme, aconsejarme y tenerme paciencia; este proyecto salió adelante gracias a tu compañía constante.

A Dani, por haber recorrido la mayor parte de este camino a mi lado. Gracias por acompañarme en tantas noches de desvelo, por ayudarme a lijar, pintar y practicar. Gracias por estar conmigo en los días buenos y malos, y por sentarte a mi lado a intentar descifrar el desastre que ni yo misma entendía. Gracias, simplemente, por estar.

A todos, gracias. Este proyecto es tanto mío como de ustedes porque, sin su apoyo, nada de esto sería posible. Desde el fondo de mi corazón: ¡Gracias!

Contenido

Justificación	6
Planteamiento de problema	8
Marco conceptual.....	10
Marco teórico	18
Estado del arte.....	39
Estado de la técnica.....	43
Contexto	53
Power Milk	60
Trabajo de campo	66
Situación.....	79
Objetivo General.....	90
Objetivos específicos	90
Requerimientos	90
Determinantes	92
Estrategias de evaluación	93
Metodología	96
Propuesta	102
1. Desarrollo material	102

2. Desarrollo propuesta de diseño	117
Detalles de la propuesta.....	120
Beneficios de la propuesta	129
Planos de componentes	133
Producción.....	136
Secuencia de uso	137
Simulación en impresión 3D	138
Validación	145
Simulación de aplicación	147
Costos	150
Comparativa.....	155
Proyección.....	157
Conclusiones	161
Anexos	163
Bibliografía	164

Justificación

La acumulación de residuos plásticos se ha convertido en uno de los problemas más urgentes que enfrentamos en la actualidad, con impactos que se extienden en aspectos ambientales, sociales, culturales y económicos. Aunque existen avances en tecnologías de tratamiento y de una mayor conciencia ambiental, el consumo excesivo de plásticos (especialmente los de un solo uso y de corta vida útil), sigue dando una enorme presión sobre nuestros ecosistemas. Los plásticos se encuentran en todo lo que conocemos, desde un empaque para un producto que consumimos, hasta la canasta de plástico que usamos en el supermercado, pero las estrategias de reciclaje y reutilización que se emplean actualmente son insuficientes para disminuir el impacto.

Esta situación se resalta en los países, departamentos y municipios en menos desarrollo, donde las capacidades institucionales y las infraestructuras de gestión de residuos son limitadas. El municipio de Cumbal es un ejemplo claro, a pesar de su riqueza agrícola y productiva, enfrenta una creciente problemática ambiental por la disposición inadecuada de residuos, generando diferentes efectos a nivel económico, social y cultural.

El municipio de Cumbal tiene una actividad láctea alta, lo que contribuye a la problemática. Las diferentes empresas queseras operan diariamente generando grandes volúmenes de residuos, entre los más presentes están el lactosuero (subproducto altamente contaminante) y los plásticos usados para almacenamiento, transporte y embalaje de productos. Como consecuencia Cumbal produce en promedio 111,5 toneladas de residuos del municipio, donde solo el 9% de residuos orgánicos se aprovecha y 1 tonelada de material reciclable al mes (Cuaspud, 2020), lo que resulta en efectos perjudiciales a todo el sector.

Ante esta situación, es necesario explorar alternativas innovadoras que transformen los residuos en nuevos recursos, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo prácticas de economía circular y ecodiseño dentro del territorio. El diseño industrial, por su capacidad de integrar técnica, funcionalidad y valor social, se convierte en una herramienta clave para desarrollar soluciones que respondan a la problemática ambiental y también, fortalezcan la productividad y sostenibilidad de las empresas locales.

En este contexto el presente proyecto tiene como objetivo contribuir a esa tarea, buscando aportar al aprovechamiento y revalorización de los residuos generados por la industria láctea de Cumbal, a partir de la creación de propuestas que permitan un uso más eficiente de los materiales, fomenten innovación y promuevan un consumo responsable.

Planteamiento de problema

El plástico revolucionó completamente la vida de las personas en todo el mundo, es un material asequible, duradero y flexible que permite muchas facilidades en la vida moderna, aunque es un gran avance también es uno de los mayores contaminantes, generando millones de toneladas de residuos.

En el municipio de Cumbal, la actividad láctea es uno de los principales motores económicos, especialmente en la producción de queso en pequeñas y medianas empresas. Sin embargo, el crecimiento del sector ha traído un incremento significativo de residuos, entre los cuales destacan el lactosuero y los desechos plásticos provenientes del uso cotidiano de canastillas y del uso de plásticos para embalaje.

Estos residuos no tienen una correcta gestión y no son aprovechados, lo que conlleva a una acumulación en el entorno, afectando a la parte ambiental, sanitaria y productiva de todo el sector. En Cumbal, no se cuenta con una educación en responsabilidad ambiental, lo que conlleva a que las personas no tengan el conocimiento y los medios para poder actuar con mayor responsabilidad.

A nivel operativo, las queserías presentan dificultades con el deterioro constante de las canastillas plásticas convencionales, las cuales presentan deformaciones, rupturas y acumulación de microorganismos debido a su diseño ineficiente. Esto significa un aumento en costos recurrentes para reposición, riesgos sanitarios y limitaciones en el almacenamiento, transporte y logística de los productos.

La unión de residuos no aprovechados y herramientas de trabajo poco eficientes, afecta la sostenibilidad ambiental de la región e influye en la productividad y competitividad de las

empresas locales. Toda la situación evidencia la necesidad de comprender como todos los residuos generados por la industria láctea de Cumbal están impactando negativamente el entorno y la operación diaria de las empresas, así como identificar las deficiencias en los sistemas actuales de almacenamiento y transporte de productos.

En consecuencia, la problemática central radica en la necesidad de analizar las condiciones materiales, ambientales y operativas en las empresas queseras del municipio, para comprender como los residuos y las herramientas de uso cotidiano se relacionan con los problemas de contaminación, desgaste estructural y eficiencia productiva. A partir de ese entendimiento, es posible avanzar hacia alternativas que respondan a las necesidades reales del territorio.

Marco conceptual

Plásticos

Son materiales sintéticos que se obtienen mediante reacciones de polimerización de recursos naturales como el carbón, la celulosa, el gas natural, el petróleo y la sal común. (huerva). Se caracterizan por su ligereza, durabilidad y versatilidad. Se clasifican en termoplásticos y termoestables, según su capacidad de ser reciclados o no (Foundation, 2022).

Plásticos de un solo uso

Productos desarrollados a partir de combustibles fósiles (petroquímicos) y están destinados a ser eliminados después de un uso. Estos plásticos de un solo uso se usan con frecuencia para envíos y en el servicio de comida, como botellas, envoltorios, pajillas y bolsas (NRDC, 2024).

Polietileno de baja densidad (PEBD)

Es un polímero termoplástico de la familia de los olefínicos, formado por múltiples unidades de etileno. También es frecuente verlo nombrar por sus siglas en español (PEBD) y en inglés (LDPE). El PEBD está formado por estructuras muy ramificadas, que le confieren una menor densidad. Puntos fuertes del PEBD son, su flexibilidad, buena resistencia al impacto, altas temperaturas y a sustancias químicas. Es un material de color lechoso, que puede llegar a ser casi transparente. Es un material muy fácil de procesar mediante métodos como inyección o extrusión. Algo importante, es que el PEBD es un material reciclable (Envaselia, Qué es el polietileno de baja densidad LDPE ó PEBD, 2018).

Micro plásticos

Partículas de plástico con tamaños que varían desde un micrómetro de diámetro, hasta cinco milímetros. (Iberdrola). Proviene de la degradación de plásticos mayores o de productos específicos como textiles sintéticos y cosméticos (Geographic, 2023). Se han identificado como una fuente grave de contaminación en cuerpos de agua y en la cadena alimenticia humana y animal (UNEP, 2023).

Contaminación ambiental

Es la presencia de sustancias o elementos nocivos en el agua, aire o suelo, afectando a los seres humanos y los ecosistemas (seres vivos) (Bogotanitas).

Residuos plásticos

Cualquier elemento fabricado a partir del plástico descartado por su poseedor al no encontrarle valor o utilidad. (Ojeda, 2019). En solo dos décadas, la producción anual de residuos plásticos en todo el mundo se ha duplicado, pasando de 180 millones a más de 350 millones de toneladas.



Fuente: Melo María Florencia. 2024. Statista.

Residuos plásticos posconsumo

Son aquellos que se recolectan tras su uso. Estos residuos incluyen diferentes tipos de materiales, como materiales y productos plásticos, pero el plástico multicapa se encuentra principalmente en ellos. Consiste en una lista de productos plásticos numerados que se desechan tras su uso o consumo. Productos plásticos como envases de alimentos, envases de detergente, envases de alimentos de un solo uso, vasos, botellas y otros artículos también se incluyen en este grupo (Industries T. S.).

Reciclaje

Es la recolección y el procesamiento de desechos como el papel y cartón, vidrio o plástico. Ayuda a conservar los recursos naturales y reduce la sobreexplotación de materia primas, protegiendo así los hábitats (BBVA, 2025).

Reciclaje de plásticos

Proceso de recuperación de desechos de plásticos. Con finalidad de la reutilización directa, el aprovechamiento como materia prima para la fabricación de nuevos productos y su conversión como combustible o como nuevos productos químicos (Wikipedia, Reciclado de plástico, 2025).

Reutilización

Darle una segunda vida útil a un producto, para el mismo fin que tenía o para uno diferente. La reutilización permite una reducción de residuos, estimular la creatividad y el ahorro económico (GOB.MX) (Vision, 2023).

Economía circular

Modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. Permitiendo que el ciclo de vida de los productos se extienda (Europeo, Economía circular: definición, importancia y beneficios, 2023).

Huella de carbono

Representa la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se emitieron a la atmósfera por medio de alguna actividad humana (individuales o colectivas), que puede ser un producto o un servicio, o por la acción diaria de un habitante. Se mide en toneladas o kilos de dióxido de carbono que equivalen a gases de efecto invernadero (GEI) (Geographic, ¿Qué es la huella de carbono y cómo medirla?, 2022). Estos son efectos que se emiten durante todo su ciclo de vida, desde la extracción hasta la descomposición.

Ecodiseño

Se basa en la incorporación de criterios ambientales desde el momento de concepto, creación y desarrollo de un producto o servicio. Su principal objetivo es reducir la huella ecológica en las distintas fases del ciclo de vida del producto o servicio mencionados, así como ayudar en lo que respecta a la educación ambiental (Europea U. , 2024).

Gestión integral de residuos sólidos

Es un plan que contempla una serie de actividades y procesos, los cuales están centrados en disminuir la generación de residuos sólidos. Dichas labores se encuentran enfocadas en

aprovechar las características de los desechos, con el objetivo de darles otras formas de aprovechamiento en el mercado.

Por otro lado, los sistemas de gestión integral se destacan porque no solo ejecutan procedimientos para el tratamiento de desechos aprovechables, sino también para las materias primas de un solo uso o no aprovechables (Atica, Conoce las etapas de la gestión integral de residuos sólidos y sus beneficios).

Biodegradabilidad

Es la capacidad que tienen las sustancias y los materiales orgánicos de descomponerse en sustancias más sencillas debido a la actividad enzimática de microorganismos. Cuando se completa el proceso biológico, se obtiene la transformación total de las sustancias orgánicas iniciales en moléculas inorgánicas simples como agua, dióxido de carbono y metano. La biodegradación forma parte del ciclo natural de la vida en la tierra, basado en el carbono (Ecozema).

Quesos

Producto obtenido por maduración de la cuajada de la leche con características propias de cada uno de los tipos según su origen o método de fabricación (RAE, Queso).

Lactosuero

Es un subproducto líquido que se obtiene después de la precipitación de la caseína durante la elaboración del queso (Alvarez, 2022). El suero de la leche representa aproximadamente el 90% del volumen total de la leche y contiene la mayor parte de los componentes solubles en agua como carbohidratos, vitaminas hidrosolubles, minerales y proteínas solubles (Aprender).

WPC

El WPC son las siglas de “Whey Protein Concentrate”, que es el concentrado de proteína de suero, la cual se obtiene eliminando del suero suficientes componentes no proteicos para que el producto seco final contenga al menos un 25% de proteína (ADPI, 2023).

Biocompuesto

Los biocompuestos se definen como un material compuesto formado por una matriz y un refuerzo de fibras naturales. La matriz está formada por polímeros derivados de recursos renovables y no renovables. Esta clase de compuestos son biodegradables y contaminan menos el medio ambiente. Son una fuente renovable, barata y en ciertos casos, completamente reciclable. En el uso de ciertas fibras da como ventaja la mayor resistencia a la tracción y rigidez, además de sus menos costos de fabricación (Wikipedia, Biocomposite, 2025).

Biocompuestos plásticos

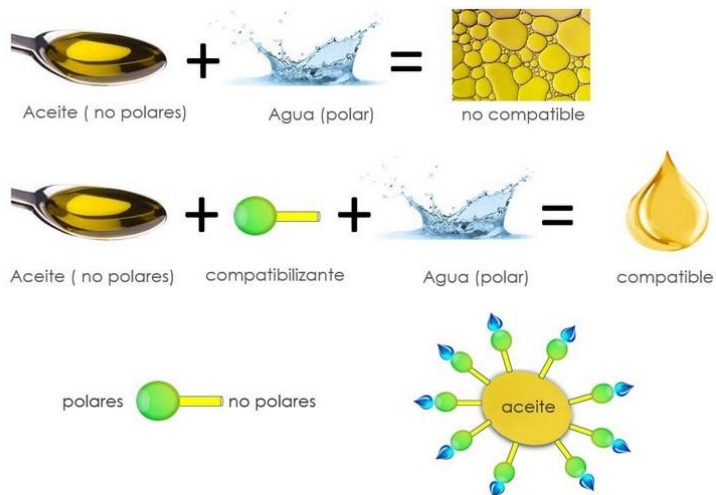
Son materiales plásticos y refuerzos procedentes de fuentes renovable naturales, bioplásticos sintetizados por vía biotecnológica o a partir de biomonómeros, o bien, plásticos biodegradables que puedes provenir de fuentes fósiles o no renovables (Aimplas, ¿Qué son los bioplásticos?, 2020). Los biocompuesto plásticos están formados por plásticos y una cierta cantidad de desechos agroindustriales, como lo son las fibras naturales. Estos desechos pueden impartirle al plástico buenas propiedades que no posee el plástico por sí mismo (Martínez, 2020).

Compatibilidad

Es la capacidad de las sustancias componentes individuales en una mezcla polimérica inmiscible o en un compuesto polimérico para exhibir adhesión interfacial (Mexpolimeros).

Compatibilización

Es el proceso de modificación de las propiedades interfaciales en una mezcla polimérica inmiscible que da como resultado a formación de interfases y la estabilización de la morfología, lo que lleva a la creación de una aleación polimérica (Mexpolimeros).



Fuente: Mexpolimeros, Compatibilización.

Canastilla

Cesta pequeña de mimbres en que se tienen objetos menudos de uso doméstico (RAE, Canastilla).

Canastillas plásticas

Son embalajes reutilizables destinados a la distribución y almacenamiento de determinados productos principalmente empacados al vacío, frutas, entre otros (Plasticestibas).

INVIMA

Son las siglas del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. Tiene como objetivo actuar como institución de referencia nacional en materia sanitaria y ejecutar las políticas formuladas por el Ministerio de Salud y Protección Social en materia de vigilancia

sanitaria y de control de calidad de los medicamentos, productos biológicos, alimentos, bebidas, y otros que puedan tener impacto en la salud individual y colectiva (INVIMA).

ICA

El Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, tiene por objeto contribuir al desarrollo sostenido del sector agropecuario, pesquero y acuícola, mediante la prevención, vigilancia y control de los riesgos sanitarios, biológicos y químicos para las especies animales y vegetales, la investigación aplicada y la administración, investigación y ordenamiento de los recursos pesqueros y acuícolas, con el fin de proteger la salud de las personas, los animales y las plantas y asegurar las condiciones del comercio (ICA, 2008).

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Según el INVIMA, las buenas prácticas de manufactura son un conjunto de requerimientos mínimos legales relacionados con la higiene en todas las etapas de los procesos de fabricación, en diferentes industrias. El propósito de las BPM es garantizar las condiciones básicas sanitarias para disminuir el riesgo de contaminación y con ello los efectos sobre la salud humana.

Marco teórico

Impacto ambiental de los plásticos

La contaminación por plásticos es una de las principales problemáticas ambientales a nivel mundial. La humanidad cada año produce más de 430 millones de toneladas de plástico al año, de los cuales en su mayoría se convierten en desechos, que inundan los sistemas marinos, y solo un pequeño porcentaje es reciclado. Los residuos plásticos afectan a todos los elementos de la naturaleza, en el caso de los ecosistemas terrestres tenemos que puede ser de 4 a 23 veces mayor que en los mares (Europea C. , 2023), donde el 80% de los micro plásticos presentes en océanos se originan en ecosistemas terrestres como: suelos agrícolas, actividades industriales, construcción, transporte y vertederos (Seijo, 2022). Algunas de las consecuencias de esta contaminación son: problemas de drenaje por la acumulación de plástico, toxicidad en el suelo por las sustancias químicas presentes en el plástico, alteración de la composición y biodiversidad de los ecosistemas terrestres, infiltración en la cadena alimentaria (afectando a organismos y llegando a los seres humanos), propagación de incendios forestales, emitiendo gases tóxicos y afectando la calidad del aire, degradación del suelo por productos químicos tóxicos, inhibición del crecimiento de plantas, toxicidad para plantas, ingestión accidental de los animales terrestres, toxicidad para animales (Salgado, Ramírez, & Mangue) y los plásticos podrían ser un buen puerto o refugio para otros contaminantes, lo que podría aumentar la vida de los patógenos (Europea C. , 2023).

Los plásticos contaminan desde su extracción hasta su descomposición, en el proceso de fabricación, son los más intensivos en el consumo de energía del mundo, así mismo usan una gran cantidad de combustibles fósiles, como el petróleo crudo. “El petróleo es el elemento base de la formación de las resinas plásticas mayoritarias. Prácticamente, el 98% de la producción mundial

proviene de combustibles fósiles” (Arias, 2022). En el aspecto de descomposición, el mayor contaminador de desechos plásticos de un solo uso en el mundo es el sector de envasado y empaquetado, donde el 85% termina en vertederos o como residuos gestionados de forma inadecuada (UNEP, Todo lo que necesitas saber sobre la contaminación por plásticos, 2023). “Estamos hablando de un producto que tiene una vida que supera los 200 o 300 años y que, de acuerdo a la densidad y al tipo de resina, puede llegar a perdurar hasta 600 años en el ambiente, lo cual es extremadamente longevo para el tiempo que se usa en la cotidianeidad” (Arias, 2022). Es impactante que los productos de un solo uso pueden durar tanto tiempo en terminar su ciclo de vida, por ejemplo, tenemos las botellas de bebidas, las cuales son frecuentes en todo lo que nos rodea y están presentes cada minuto de nuestras vidas, y significan una fuente de contaminación inmensa.



Fuente: BBC Mundo. 2017

El impacto de los residuos plásticos en el ambiente es muy amplio, afectando a todas las especies que hay en el mundo, generando enfermedades y hasta la muerte. Es complejo como un material que se usa para muchas aplicaciones y que nos ha facilitado la vida en muchos sentidos, también sea el que nos va acabar la vida por tener un ciclo de vida tan largo.

Efectos económicos de la contaminación de los plásticos

Desde un aspecto económico tenemos pérdidas que afectan a todo el mundo, por ejemplo, en 2015, en los países desarrollados la contaminación se tradujo en pérdidas de unos 53.000 millones de dólares relacionadas con diversas enfermedades (Finance, 2023). Desde la parte marina se estima una pérdida de entre 1% y el 5% en los servicios ecosistémicos marinos como resultado de la contaminación por plásticos. Esta reducción equivale a una pérdida de entre 500.000 y 2,5 billones de dólares al año. Esto equivale a unos 33.000 dólares por tonelada métrica de contaminación por plásticos (NCEL). Estos servicios se afectan porque la misma contaminación genera un desagrado para los turistas, los cuales son los principales consumidores de las zonas costeras. Así mismo, las personas que tienen su alimento y sustento de vida a partir de la pesca se ven afectados en la captura de peces y mariscos por la contaminación.

Efectos sociales de la contaminación de los plásticos

Desde una vista social, la contaminación plástica afecta en mayor escala a los países en desarrollo por la dificultad al acceso de sistemas de reciclaje eficientes, lo que hace el problema más complicado, la contaminación se sigue generando, pero sin la posibilidad de acceder a las soluciones. Aquí entra en discusión un aspecto importante y es que la contaminación plástica tiene su final más común en los océanos, llegando de todos lados del mundo, entonces, ¿Cuáles son los países que más contaminan y permiten que lleguen esos desechos a una fuente vital de nuestra vida? Los 10 emisores más grandes de mayor a menor son: Filipinas, India, Malasia, China, Indonesia, Myanmar, Brasil, Vietnam, Bangladesh y Tailandia (Fernández, 2024). Todos estos países son poderosos y muy competitivos comercialmente: todos estos países están en proceso de industrialización y crecimiento económico, cuentan con mano de obra abundante y competitiva, participan en cadenas de suministros globales, tienen una ubicación geográfica estratégica, cuentan

con diversificación económica y atracción de inversión extranjera y tienen participación en acuerdos comerciales regionales. Pero, ¿De qué sirve producir y generar tantas soluciones si al final no tienen un buen cuidado con el material que les brinda sustento?

Fuente: Fernández Rosa. 2024. Statista.

Efectos culturales de la contaminación de los plásticos



Por más que el plástico sea un material que ha permitido facilitar demasiado la vida de los seres humanos también ha generado pérdidas culturales, teniendo tradiciones como el uso de la cerámica, vidrio, bambú, hojas de plátano o barro, que son reemplazadas por empaques, utensilios y herramientas de plástico. Estos cambios a parte de lo material también afectan la relación de las comunidades con la naturaleza. A parte de las tradiciones que tienen las culturas con los diferentes usos, también son amigables con el medio ambiente, ya que utilizan materiales biodegradables y de origen natural, tienen una producción artesanal y de bajo impacto (sin maquinarias contaminantes), cuentan con ciclos de vida más largos (tradición de generación en generación), uso de recursos locales disponibles, siguen principios de equilibrio con la naturaleza y también ayudan a desincentivar el consumo rápido y desechable.

Los plásticos son un problema ambiental, económico, social y cultural que han alcanzado niveles alarmantes. Su impacto va desde la pérdida de ingresos, enfermedades hasta transformaciones de costumbres. Esta problemática necesita soluciones lo antes posibles, el planeta se está cayendo en pedazos cada vez más rápido y los seres humanos solo aportan a ese desastre.

¿Cómo se generan los micro plásticos?

Hay un gran efecto de descomposición en todo lo existe, por ejemplo, algo material que adquirimos con el tiempo se va desgastando por los diferentes factores ambientales a los que se está expuesto. Con los plásticos sucede lo mismo, a partir de los factores ambientales que están expuestos empiezan a fragmentarse en partículas cada vez más pequeña, generando así los micro y nano plásticos, que representan entre el 69% y 81%; aunque es cierto que también pueden originarse a partir de la fabricación intencional de estas partículas para productos de belleza o dentífricos, que representan entre el 15% y 31% (Europeo, Microplásticos: causas, efectos y soluciones, 2018).



Fuente: Iderdrola

Los micro plásticos tienen un tamaño inferior a 5 milímetros. Se estima que, en todo el mundo, flotan entre 82 y 358 billones de partículas de plástico, es decir, entre 2.400 y 4.800 millones de kilogramos, y eso, solo en la capa superior del agua marina (Lagos, 2024). Si de por si los plásticos se tardan cientos de años en descomponerse, los micro plásticos son más preocupantes, tardándose hasta 1.000 años (Greenfield, 2024). Según el PNUMA, la mayor fuente de concentración de estas partículas es en el medio marino, representado una seria amenaza para los ecosistemas (Iberdrola). Podemos concluir que los micro plásticos están presentes en todo lo que encontramos a nuestros alrededores, hasta en los lugares más remotos como la cima del Everest y las fosas oceánicas más profunda. Por consiguiente, tiene efectos en los seres humanos, se estima que ingerimos 10.000 micro plásticos, equivalente a 21 gramos de plástico a través de la alimentación, lo que genera diferentes problemas de salud (Ahúja, 2023).

En definitiva, el punto final de todo son los micro plásticos, donde su descomposición o producir primaria genera contaminación en todos los entornos del mundo y produce daños en los organismos vivos.

Transferencia de los micro plásticos a partir de la cadena alimenticia

Los micro plásticos, especialmente las microfibras, se encuentran en el polvo atmosférico que se deposita en los alimentos a lo largo de toda la cadena de producción y consumo. Así mismo, el contacto de los alimentos con agua, aire, liberación de maquinaria, equipamiento, auxiliares tecnológicos y textiles.

Desde el ecosistema marino, los animales ingieren las partículas de micro plásticos a partir del medio. Aunque estas partículas se encuentran en el tubo digestivo, el cual es una parte animal que normalmente no es consumida. Los micro plásticos poseen el potencial de ser transferidos

hacia niveles tróficos superiores. Se han encontrado micro plásticos en productos del mar, pescados, gambas y bivalvos. Un animal marino se come a otro, y luego es comido por otro, así sucesivamente completan la cadena alimenticia y de paso la transmisión de micro plásticos. Esta presencia de los micro y nano plásticos en los organismos puede aumentar los riesgos y efectos tóxicos en los depredadores.

Los micro plásticos de origen marino podrían incorporarse en alimentos de origen terrestre a causa de la utilización de derivados del pescado en la fabricación de piensos. Esto pueden llegar hasta los seres humanos por el consumo de los animales que ingieren el pienso.

Hay presencia de micro plásticos y fibras en miel, cerveza, azúcar, sal de mesa, agua embotellada, agua del grifo y hasta agua potable. En el caso de la miel, el origen de la presencia de los micro plásticos podría ser que las abejas transportan las partículas a la colmena o por contaminación durante el tratamiento de la miel o ambos. En todos los casos de la presencia de micro plásticos, se llega a una conclusión de que el camino a esta contaminación es por medio de las partículas atmosféricas en el aire, los materiales y maquinarias utilizadas en su producción, las impurezas en las superficies y las partículas contaminantes de materias primas utilizadas en la producción. Como se mencionó anteriormente, hay estudios que demuestran que hay menor exposición de micro plásticos por la ingesta de pescados, ya que estas partículas se encuentran en el tubo digestivo el cual se quita para consumirlo. Aun así, se ha demostrado la presencia de micro plásticos en el tejido muscular de peces y crustáceos, lo que abre la brecha de que los seres humanos estén expuestos a los micro plásticos por la ingesta de pescado (Catalunya, 2019)



Fuente: Salgado, Ramírez, & Mangué.

El impacto de los micro plásticos no es algo lejano que no afecta a los seres humanos, de diferentes medios llegan a la vida humana afectando su salud. Los seres humanos son los que usan y desechan una botella plástica que con el tiempo produce micro plásticos, los cuales los seres humanos terminan comiendo, todo empieza y termina en los seres humanos, son los propios causantes de sus problemas.

Consumismo de los plásticos y su corto periodo de uso

Los seres humanos han creado una sociedad de consumo, se han vuelto adictos a los productos plásticos de un solo uso, donde lo único que importa es usar y tirar sin importar que este en buen estado y que solo se haya usado un corto periodo de tiempo, como meses o menos de 2 años. Este consumismo es un problema creciente para el medio ambiente, teniendo en cuenta que se genera una cantidad alarmante de residuos. Como buena sociedad de consumo el 50% de los productos y envases de plástico que se utilizan solo tendrán un uso, antes de terminar en un vertedero o directamente en el ambiente, donde menos del 10% se recicla (foremex).

¿Cuál es el tipo de plástico que en mayor cantidad se produce?

El plástico que más se produce a nivel mundial es el polietileno, especialmente en sus tres formas principales con aplicaciones como: envases de PEBD (bolsas, contenedores, película para envasar alimentos), contenedores hechos de PEAD (botellas de leche, botellas de champú, tarrinas de helado) y PET (botellas de agua y otras bebidas). Juntos, representan alrededor del 36% del uso de plásticos del mundo (Wikipedia, Plastic, 2025).

Polietileno de Baja Densidad - PEBD

El polietileno de baja densidad es una resina sintética fabricada mediante la polimerización de etileno. Es un polímero ampliamente utilizado para producir películas de acolchado y otros productos plásticos utilizados en la agricultura. Se utiliza comúnmente debido a su versatilidad, procesabilidad, bajo costo y flexibilidad (Niroshika, y otros, 2023). El ACC informa que el PEBD presenta una excelente resistencia a ácidos, bases y aceites vegetales. Su tenacidad, flexibilidad y relativa transparencia lo hacen ideal para aplicaciones de envasado que requieren termosellado (Hermes, 2022).

El PEBD se utiliza habitualmente para materiales de envasado, como bolsas y películas de plástico, así como para revestimientos de productos de papel y cartón. Además, se utiliza en la fabricación de botellas exprimibles, juguetes y láminas agrícolas, también es popular para fabricar envases de plástico para el almacenamiento de alimentos y bebidas debido a su baja toxicidad y resistencia química. La flexibilidad del PEBD también lo hace adecuado para su uso médico y aplicaciones sanitarias. Se utiliza en la producción de bolsas, tubos y contenedores médicos. Se utiliza habitualmente como revestimiento en envases médicos para protegerlos de la contaminación y humedad. También se usa en la fabricación de apósitos y guantes quirúrgicos (Wastetrade). Otros de sus usos son para mesas y sillas de plástico, así como para piezas de automóviles (Envaselia, Qué es el polietileno de baja densidad LDPE ó PEBD, 2018).

Reciclaje de Polietileno de Baja Densidad – PEBD

El PEBD puede reciclarse, y su proceso consiste en recoger y clasificar los residuos plásticos, limpiarlos para eliminar impurezas, luego se los tritura y en este proceso pasan por un lavado donde el material – menos denso que el agua – se separa por flotación de las impurezas, eliminando el papel, etiquetas, pegamento o restos de otros plásticos que pudiera contener; después de la trituración se elimina la humedad y el agua a través de un secado por presión, posteriormente pasa al proceso de extrusión y granceado, donde el triturado se filtra y se obtiene la granza, el cual es la futura materia prima reciclada. Estos trozos pueden fundirse y moldearse para fabricar nuevos productos, y durante estos procesos, a menudo se añaden aditivos para mejorar sus propiedades y hacerlo apto para diversas aplicaciones (Ecoembes, ¿Qué es y cómo se recicla el polietileno de baja densidad?, 2021).

El PEBD reciclado tiene muchas ventajas medioambientales y económicas. La producción de PEBD reciclado requiere menos energía que la producción de PEBD nuevo, lo que genera menos emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el uso de PEBD reciclado conserva los recursos naturales, como el petróleo y el gas natural, que se utilizan para producir plástico virgen (Wastetrade).

El PEBD reciclado puede utilizarse para fabricar madera de plástico, cubos de compostaje y tuberías de drenaje, se suele emplear en jardinería y agricultura (Wastetrade). Se utiliza para fabricar laminas impermeabilizantes, geotextiles, piezas de automóviles y fibras textiles (Sintac, 2023).

Normativa en Colombia acerca de los plásticos

En Colombia se han implementado normativas que permitan abordar la problemática de la contaminación por plásticos, sobre todo lo de un solo uso. Las principales regulaciones son:

- **Ley 2232 de 2022 – Reducción de plásticos de un solo uso:** Establece medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso (Zapara & Bravo, 2022). Se estima la eliminación de un total de 21 productos plásticos para el 2030, comenzando con 8 para el 2024 (minambiente, Menos plástico por la vida, 2022). La ley permite el uso de materia primas biodegradables y compostables (ambiental, 2024).
- **Resolución 0803 de 2024 – Desarrollo de la Ley 2232:** Establece medidas específicas para la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso, de acuerdo al artículo 2.2.7C.7 del Decreto 1076 de 2015 (minambiente, Resolución 0803 del 24 de junio de 2024, 2024).
- **Resolución 0853 de 2024 – Incorporación de plástico reciclado:** Establece un marco regulatorio para la reducción gradual de plásticos de un solo uso en Colombia. La ley autoriza el uso de materias primas biodegradables y compostables en condiciones naturales, así como aditivos acelerantes de biodegradación y compostabilidad. Se tomarán en cuenta las normas de la Sociedad Americana para la Prueba (ASTM) y la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) sin descartar otras entidades o normas relevantes. Se busca alcanzar el 50% de material reciclado de botellas PET de agua potable para 2024, aumentando a un 90% para 2030. Para botellas PET de otras bebidas, se apunta a un 20% para 2025, aumentando progresivamente a un 60% para 2040. Todo esto genera oportunidades para el gremio como desarrollo de nuevas tecnologías, crecimiento del mercado de productos biodegradables y compostables y mayor competitividad (Atica,

Resolución 0853 de 2024: Un Nuevo Marco para la Gestión de Plásticos en Colombia, 2024).

- **Resolución 4143 de 2012:** Establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos plásticos y elastoméricos y sus aditivos, destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano en el territorio nacional (Minsalud, RESOLUCION 4143 DE 2012, 2012).
- **Decreto 2192 de 2023 – Prohibición en Áreas Protegidas:** Se prohíbe la introducción en el mercado, comercialización y distribución de productos que estén fabricados total o parcialmente con plásticos de un solo uso, incluidos los producidos con plástico oxodegradable, se aplica en todo el territorio nacional, incluyendo áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), paramos, humedales Ramsar, ecosistemas marinos sensibles, reservas de biosfera y otras Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) (ANLA, 2022).
- **Pacto por la disminución y sustitución de plásticos:** El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible firmó el pacto en el cual más de 35 agremiaciones e instituciones se comprometieron en la reducción gradual de los plásticos de un solo uso (Minambiente, Menos plástico por la vida, 2022). Este pacto busca involucrar a la industria, los gremios, la academia y otras entidades gubernamentales en la promoción de prácticas sostenibles. También busca la innovación en los productos de envases de PET y otros materiales plásticos, así como velar por la competitividad de los sectores productivos involucrados en el cumplimiento de la ley (CECODES, 2024).

Todas estas normativas reflejan el compromiso de Colombia por la reducción de la contaminación por plásticos y la promoción de prácticas sostenibles. Todo esto con el fin de buscar una vida sostenible y una mejoría para la salud de todos los colombianos.

Aspectos que deben tenerse en cuenta para el diseño y desarrollo de los biocompuestos plásticos

- Para un buen desempeño durante su uso, es necesario cerciorarse de que las fibras naturales y el plástico que se va a mezclar sean compatibles. Además, se debe asegurar que se tenga una buena adhesión entre los componentes, así como la concentración de fibra adecuada que imparta las propiedades objetivo (Martínez, 2020).
- Para el caso de algunos residuos fibrosos se deben realizar tratamientos previos al procesamiento. Por ejemplo, se deben retirar los azúcares presentes, posteriormente deshidratar las fibras y molerlas hasta obtener un tamaño de partícula adecuado en función del proceso en donde se vaya a transformar el material (Martínez, 2020).
- Es importante la búsqueda y selección de proveedores para el suministro de los residuos fibrosos. Se debe contemplar que la mayoría de estos residuos ya están destinados para algún fin. Se debe asegurar la disponibilidad del residuo (Martínez, 2020).
- Se debe tener en cuenta que todos los materiales son susceptibles a degradación por diferentes vías. Sin embargo, los plásticos y fibras biodegradables son más susceptibles a la degradación no solo por efecto de microorganismos, sino también a las degradaciones de tipo térmica, química y mecánica. Esto puede ayudar a el almacenamiento de la materia prima, el transporte y el uso del producto terminado (Martínez, 2020).

Tipos de biodegradabilidad

La biodegradabilidad se clasifica en dos tipos principales:

- **Aerobia:** Ocurre en presencia de oxígeno. En este proceso, los microorganismos utilizan el oxígeno como aceptor final de electrones en su metabolismo, descomponiendo la materia orgánica. Esta biodegradación es más rápida y completa.
- **Anaerobia:** Se lleva a cabo en ausencia de oxígeno. En este proceso, los microorganismos utilizan otros aceptores de electrones, como sulfatos o nitratos, o realizan procesos de fermentación, descomponiendo la materia orgánica en metano, dióxido de carbono y otros compuestos intermedios. Esta biodegradación es más lenta y complejo.

La elección entre la biodegradación aerobia y anaerobia depende del tipo de residuo a tratar y las condiciones disponibles (Ecoembes, Biodegradación. Cómo la naturaleza recicla por nosotros., 2024).

Obtención de WPC

Para la obtención del WPC, es necesario que primero se le haga un tratamiento al suero: filtrar, desnatar y pasteurizar. El siguiente paso es mediante procesos de ultrafiltración (UF) y secado spray (Parzanese). También es posible mediante el secado por atomización, en donde una cámara de baja presión evapora el agua, dejando finas partículas de sólidos de suero (Foods).

Investigaciones de biocompuestos de PEBD reciclado y lactosuero

Integrar los residuos de PEBD y lactosuero en un biocompuesto es una opción que contribuye a la economía circular, lo que permite que ambos desechos se conviertan en materia prima útil para diferentes tipos de aplicaciones. Hay diferentes estudios y proyectos que han avanzado en el desarrollo del biocompuesto, los cuales se señalan a continuación:

- **WHEYPACK:** Es un proyecto europeo que ha logrado un biopolímero a partir del suero de la leche. En un primer acercamiento, el proyecto obtuvo PHB (Polihidroxibutirato), un biopolímero completamente biodegradable. El material es compostable, procedente de fuentes renovables y presenta propiedades similares a los polímeros vírgenes. Este material se obtuvo por un bioproceso fermentativo a través de microorganismos superproductores de PHB y, a partir de los excedentes de suero de leche. Se busca añadir diferentes aditivos que permitan que el material pueda ser procesado mediante las mismas tecnologías que los polímeros actuales. Con este material podrán fabricarse nuevos envases para productos lácteos con un material 100% biodegradable, el cual cumple con las características necesarias para el contacto con alimentos como el de la protección del producto (Ainia, 2015).
- **Startup Valdiviana, RiverPla:** Es una empresa que ha logrado convertir el residuo de suero de leche en un plástico 100% biodegradable. El inicio fue la creación de una resina biodegradable y lo pensaron con las algas como materia prima, pero no logro avanzar por su alto costo. Posterior a ello, se dieron cuenta del ácido poliláctico (PLA) que estaba en la formula inicial y se lo podía conseguir en la industria láctea. Según Iván Pino, CEO de RiverPla, el PLA biodegradable que desarrollaron tiene un tiempo de degradación de manejo en 30, 60, 90 o un año, dependiendo del requerimiento del cliente. La empresa busca con el PLA biodegradable desarrollar filamento para impresora 3D, plástico para la industria de packaging y producir ropa de bioseguridad (Munar, 2024).

Hay muchos estudios e investigaciones que desarrollan biocompuestos a partir del suero de leche solo o con otros residuos agroindustriales como almidón o cáscaras de frutos. Todos los

estudios incluyen la misma idea, desarrollar biopolímeros que permitan diferentes aplicaciones, con el fin de disminuir el impacto en el ambiente que generan los plásticos vírgenes.

Almacenamiento y transporte de queso

Un buen almacenamiento y transporte de los productos lácteos, aseguran que se pueda mantener una buena calidad del producto y así mismo un cumplimiento de normativas. Generalmente los productos lácteos, específicamente, los quesos, son almacenados y transportados en canastillas, las cuales evitan que haya un contacto directo con diferentes contaminantes y facilita la manipulación en grandes cantidades.

Características de las canastillas plásticas

Las canastillas plásticas son fabricadas en materiales resistentes y seguros para el contacto con alimentos (como PEAD y PP), son diseñadas para trasladar productos perecederos de forma higiénica y eficiente. Su diseño incluye superficies lisas, ventilación adecuada y estructuras apilables que facilitan su uso en la cadena de distribución. Las canastillas permiten organizar, trasladar y almacenar alimentos sin comprometer su calidad ni su frescura. Su estandarización facilita procesos logísticos automatizados y mejora los tiempos de entrega (Supremac).

Sectores que ocupan las canastillas plásticas

Las canastillas plásticas son ideales para cualquier negocio, lo que hace que se ocupen en diferentes sectores como:

- Sector primario: Recolección, procesamiento e inventario de alimentos agrícolas y materia prima.

- Sector secundario: Almacenamiento de materia prima por categorías hasta su transformación en productos finales e inventariado como los artículos eléctricos.
- Sector terciario: En el proceso de packing hacia las empresas y dentro de los establecimientos para la preservación de los alimentos de manera óptima y salubre.

(Multipacking, Canastillas plásticas para alimentos - Multi Packing).

Importancia de la higiene industrial en el transporte de alimentos

La higiene es crucial en la manipulación de alimentos, ayuda a prevenir enfermedades transmitidas por los alimentos, ya que evita una contaminación cruzada y la propagación de bacterias y virus dañinos. La higiene en el transporte de alimentos ayuda a proteger la salud de los consumidores, garantizar la calidad y seguridad de los alimentos, y evita pérdidas económicas asociadas a sanciones al estar en cumplimiento de estándares de calidad. En el transporte de alimentos es común el uso de canastillas plásticas, para ello las canastillas están fabricadas con materiales que no son porosos, fáciles de desinfectar y resistentes a contaminantes (Supremac).

¿Cómo se garantiza un transporte seguro de alimentos?

En las empresas de alimentos la opción más segura del transporte de sus productos es con las canastillas plásticas, ya que el transporte implica diferentes actividades que incluyen riesgos como golpes, aplastamiento y/o contaminación cruzada. Para ello, las canastillas plásticas protegen el producto que contienen gracias a su estructura firme y a su diseño ergonómico, que asegura estabilidad durante el movimiento (Supremac), además, el material con el que son fabricadas las canastillas ayuda a que sean resistentes a golpes y movimientos fuertes.

Apilabilidad en la distribución de alimentos

En la distribución de alimentos es necesario el transportar grandes volúmenes de alimentos, por lo que es necesario que se haga en un menor espacio y con una fácil logística, para ello, las canastillas plásticas permiten apilarse entre ellas, asegurando estabilidad, facilidad de carga y ahorro en almacenamiento (Supremac). Las canastillas al ser apilables pueden ubicarse de cualquier manera para que se adapte a los diferentes espacios dentro de un almacén, permitiendo que sea más fácil la localización y distribución del producto (Multipacking, Eficacia en canastillas plásticas para el transporte de alimentos).

Eficiencia operativa en el transporte y almacenamiento de alimentos

Es importante que se garantice la calidad y seguridad del producto, así mismo, el reducir costos y, sobre todo, el asegurar la satisfacción del cliente, porque el principal en toda empresa será el cliente y es necesario presentar un buen producto y para ello es importante el cómo llega hasta sus manos. Una buena logística en el transporte y almacenamiento asegura una satisfacción al cliente por medio de una seguridad del alimento, para que lleguen frescos y seguros al consumidor. El uso de canastillas plásticas en el almacenamiento y transporte de alimentos asegura que puedan agilizar procesos como la clasificación, despacho y entrega del producto. Su compatibilidad con sistemas automatizados mejora el rendimiento operativo y reduce los tiempos de entrega (Supremac).

Condiciones sanitarias para el transporte de quesos en Colombia

El transporte de quesos en Colombia está sujeto a normas sanitarias. Debe cumplirse la reglamentación del Código sanitario (Ley 9 de 1979 y decreto 3075 de 1997) y normas específicas de salud pública. Los requisitos claves establecido en normativas oficiales se detallan a continuación:

- Condiciones sanitarias: temperatura, humedad, higiene.
 - Cadena de frío: Los quesos requieren de una temperatura entre 0 y 5 °C. Según el Ministerio de Salud, *“los alimentos que por su naturaleza requieran mantenerse refrigerados o congelados deben ser transportados bajo condiciones que aseguren y garanticen el mantenimiento de la refrigeración (...) y se llevan registros de temperatura del vehículo durante el transporte”*. Los vehículos con sistema de refrigeración deben funcionar adecuadamente y contar con indicadores y registros de temperatura (Minsalud, Guía de inocuidad de alimentos y bebidas para la actividad de transporte, 2017).
 - Higiene: Está prohibido que el queso se disponga directamente sobre el piso de los medios de transporte. Se exige el uso de recipientes, canastillas o implementos de material sanitarios, de manera que aislen el producto de toda posibilidad de contaminación. Está prohibido transportar alimentos juntos con sustancias que puedan contaminarlo. Los recipientes en los cuales se transporta el queso deben ser fabricados con materiales que permitan una adecuada limpieza y desinfección. El medio de transporte se debe revisar antes de cargar los alimentos, para asegurar que se encuentren en adecuadas condiciones sanitarias (limpio y desinfectado) (Minsalud, Guía de inocuidad de alimentos y bebidas para la actividad de transporte, 2017).
- Vehículos y contenedores autorizados
 - Unidades isotérmicas/refrigeradas: *“El vehículo debe estar fabricado con materiales inalterables, resistentes a la corrosión y debe permitir la fácil limpieza y desinfección. El diseño de la unidad de transporte debe ser hermético y tener*

aislamiento térmico revestido en su totalidad para reducir la absorción de calor. El diseño debe permitir la evacuación de las aguas de lavado, en caso de que la unidad de transporte tenga orificios para drenaje, estos deben contar con un sistema de cerrado que lo aíse del exterior. No debe existir comunicación entre la unidad de carga y la cabina del conductor” (Minsalud, Guía de inocuidad de alimentos y bebidas para la actividad de transporte, 2017). Las puertas deben ser herméticas, de modo que la carga quede aislada del exterior (Amaya).

- Materiales sanitarios: En el interior y exterior del vehículo, *“debe estar fabricado con materiales inalterables, resistentes a la corrosión y debe permitir la fácil limpieza y desinfección”* (Minsalud, Guía de inocuidad de alimentos y bebidas para la actividad de transporte, 2017).
- Monitoreo y señalización: Es necesario que toda unidad con cámara frigorífica debe llevar un termómetro visible y otro sistema de monitoreo de temperatura interna (Amaya). Además, *“los vehículos transportadores de alimentos deben llevar en su exterior en forma claramente visible la leyenda: Transporte de Alimentos.”* (Minsalud, Guía de inocuidad de alimentos y bebidas para la actividad de transporte, 2017).

- Embalaje

- Embalaje secundario: Como se menciona anteriormente está prohibido el disponer los alimentos directamente sobre el piso de los medios de transporte, por lo cual se usan cajas, canastillas o refrigeradores portátiles que protejan los quesos del aplastamiento y aíslen la carga del piso.

- Rotulado: Cada unidad de queso debe conservar su rótulo/etiqueta intacta. *“Los productos transportados deben estar rotulados de conformidad con lo establecido en la normativa sanitaria vigente.”* (Minsalud, Guía de inocuidad de alimentos y bebidas para la actividad de transporte, 2017). Esto incluye nombre del producto, nombre y dirección del fabricante, lista de ingredientes, contenido neto y peso escurrido, lote, fecha de vencimiento e instrucciones para la conservación, instrucciones para el uso y registro sanitario (Bogotá, 2006).
- Documentación y controles sanitarios
 - Guía Sanitaria de Movilización (GSMI): Desde 2024 el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) exige una GSMI para el transporte de quesos derivados de diferentes especies que sean susceptibles a fiebre aftosa. La GSMI tiene un único origen y destino. Es válida por un solo trayecto, un solo vehículo, una sola fecha y un solo recorrido (Contextoganadero, 2024).
 - Registro sanitario de INVIMA: Todo queso debe contar con registro sanitario de INVIMA. La resolución 2310/1986 (MinSalud) indica que el transporte, distribución y expendio de derivados lácteos “se registrará, en lo pertinente, por las normas contempladas en el Decreto 3075 de diciembre 23 de 1997”, el cual exige Registro Sanitario para alimentos. Esto significa que la planta productora debe estar autorizada por INVIMA y el queso con su debido rótulo.

La ley colombiana exige que el transporte y almacenamiento de quesos se realice en vehículos aptos, con embalajes adecuados e intactos, bajo higiene rigurosa y cadena de frío documentada. Es obligatorio portar la GSMI y cumplir con los reglamentos de INVIMA.

Estado del arte

Contaminación por plásticos y sus efectos en los seres vivos

Actualmente existe una amplia investigación por diferentes disciplinas como la ecología, sociología, economía y el diseño sostenible. Organizaciones como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), la OCDE, el Parlamento Europeo y diversas universidades han documentado las causas y consecuencia que generan los residuos plásticos y su mala gestión.

Los plásticos se fundamentan en un modelo de uso excesivo, producción desechable y explotación de recursos lo que significan un problema de residuos gigantesco, donde cada año se producen aproximadamente 430 millones de toneladas métricas de plástico (UNEP, Turning off the Tap: How the world can end plastic pollution and create a circular economy, 2023). El plástico no se biodegrada, pero si es reciclable, aun así, de todos los residuos plásticos solo el 9% se recicla con éxito y el resto se incinera, termina en vertederos o en gran parte en los entornos terrestres y acuáticos (OECD, 2022).

La contaminación generada por los residuos plásticos representa una crisis global con efectos en el ambiente, la salud, la económica, las relaciones y las tradiciones. Uno de los mayores organismos que presenta evidencia del impacto de la problemática es la UNEP, donde tiene estudios científicos que muestran los efectos de los micro plásticos en todos los ámbitos de la vida, mostrando como la industria plástica se interconectan con otras industrias y contribuyen a la degradación ambiental que afecta la vida de los seres vivos, traspasando a ser un problema que cada día se convierte en algo incontrolable.

En Colombia, se han consolidado marcos regulatorios para poner fin gradualmente a esta problemática de plásticos, con la Ley 2232 de 2022, con el fin de impulsar a la disminución del uso de plásticos y a una consciencia ambiental. Es necesario que existan diferentes regulaciones para que los productores desarrollen alternativas que busquen aprovechar los residuos plásticos, así mismo, como campañas y acompañamiento que incentiven y enseñen diferentes caminos de aprovechamiento y diferentes materiales que puedan reemplazar el plástico.

Reciclaje de PEBD

El reciclaje mecánico es uno de los métodos más comunes para reciclar y es usado en Colombia. Para el PEBD, el proceso empieza con la recolección del material, después se separan de otros materiales, el material se tritura y se lava para eliminar los residuos no plásticos como restos de comida, posterior a eso, en un tanque de flotación se separan los materiales por densidad, por último, las partículas de PEBD se funden y filtran para formar nuevos productos, desde films hasta materiales para construcción (Europe). Actualmente, nuevas tecnologías de reciclado como el químico que convierte el PEBD en sustancias químicas básicas, permite fabricar nuevos productos de plástico a partir de los antiguos (Jiantai, 2024).

Biocompuestos y refuerzos naturales

Debido a la problemática de los residuos plásticos, se ha dado lugar a realizar diferentes investigaciones y pruebas que ayuden a disminuir esta huella. Hay muchos estudios de diferentes universidades, sobre todo extranjeras, en donde se han hecho biocompuestos a partir de yute, cáñamo, fibra de banano, lino, entre otros, como refuerzos para matrices poliméricas como PP, PEAD, PEBD y más. Las investigaciones y pruebas han resultado en que las fibras naturales son potenciales para reemplazar las fibras sintéticas, obteniendo ventajas como la baja densidad, bajo

costo, alta resistencia al impacto, alta flexibilidad, baja gravedad específica, menor abrasión para los equipos, menores riesgos para la salud, facilidad de procesamiento, menores emisiones de gases de efecto invernadero, reciclabilidad y neutralidad de carbono (Kerni, Singh, & Kumar, 2020). Todos los resultados de las investigaciones dan un paso extra a una economía circular y una vida más sostenible.

Economía circular y ecodiseño

La economía circular y el ecodiseño son factores esenciales actualmente al desarrollar productos. Ambos funcionan como ejes de investigación, teniendo en cuenta desde el ciclo de vida hasta el diseño para desmontaje y reciclado. Entre las prácticas más comunes que se usan en la economía circular es el de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar), esto se ha visto reflejado en el uso de materiales reciclados para la construcción, en diseñar productos más duraderos y en alquilar o donar productos cuando aún estén en buen estado. Desde el ecodiseño, dos de las prácticas más común son: uso de materiales reciclados y/o sostenibles y el diseño para el fin de vida, donde se busca que los productos se puedan desmontar fácilmente para reciclar o reparar sus componentes.

En general, hay mucha información por todo internet que refleja como un diseño se puede mejorar a partir del uso de diferentes estrategias de economía circular y ecodiseño. Actualmente, se conoce que Coca-Cola, Postobón, IKEA y otras industrias grandes están usando estos ejes de economía circular y ecodiseño para generar una menor contaminación.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, es importante implementar en la industria láctea diferentes estrategias de economía circular y de ecodiseño. Al ser una industria de alimentos, es un reto el poder implementar diferentes acciones desde la vista sostenible porque la industria está ligada a un factor esencial del humano: la salud; por consiguiente, es riesgoso cualquier cambio

que se haga. Aun así, aunque sea un campo difícil es necesario implementar una vista más sostenible porque la industria láctea tiene una gran huella de contaminación, dentro de la cual están los plásticos, desde los embalajes hasta algo tan esencial como una canastilla, la cual ayuda para el transporte y almacenamiento de los productos. Los plásticos de un solo uso son los que más abundan en la contaminación de residuos plásticos, con eso en mente, el plástico de un solo uso es el que en mayor cantidad se encuentra en la industria láctea por el hecho de que ayudan a proteger los productos y tiene un bajo costo, muchos de esos plásticos no se usan por más de un día, esto refleja el problema y con ello el potencial de aplicaciones de estrategias de economía circular y ecodiseño.

Estado de la técnica

Tecnologías de residuos inteligente

Son tecnologías que permiten un proceso de gestión de residuos más eficiente, más respetuoso con el medio ambiente y más sostenible. Entre estas tecnologías tenemos: Pello, tecnología para las empresas, controla el nivel de llenado de sus cubos de basura y proporciona información en tiempo real sobre los contenedores y su ubicación, también informa de si su contenedor ha sido contaminado y le envía alertas de recogida cuando se aproxima la fecha de recogida. Robots de reciclaje, con la capacidad de programarse para diferenciar con rapidez y precisión los distintos materiales, ayudando a desviar el mayor número de materiales reciclables de los vertederos. Tubos de desagüe neumáticos, son unas tuberías neumáticas que se pueden instalar en contenedores de basura para transportar los residuos directamente a los centros de tratamiento sin necesidad de recogida de basura. Este sistema puede reducir drásticamente el número de camiones de basura en las carreteras (disminuyendo las emisiones nocivas), y el enviar los residuos directamente desde los contenedores a los centros de gestión de residuos puede ayudar a evitar el desbordamiento de los contenedores llenos. Otra tecnología son los compactadores de basura solares, los cuales comprimen la basura a medida que se acumula dentro de un contenedor para aumentar su capacidad, lo que permite contener hasta cinco veces más que los cubos de basura tradicionales. También tenemos los quioscos de basura electrónica, EcoATM, permiten deshacerse de los aparatos electrónicos de forma segura y sencilla, lo que genera que se pueda realizar un reciclaje y hasta repararse y reutilizarse. Y, por último, aplicaciones de reciclaje, las cuales permiten donar residuos de comida, regalar ropa, localizar centros de reciclaje cercanos, ofrecen información sobre los materiales que pueden reciclarse en su zona, y permiten ceder a otras

personas los objetos que no se necesitan, impulsando una economía sostenible y circular (Romuno, 2023).

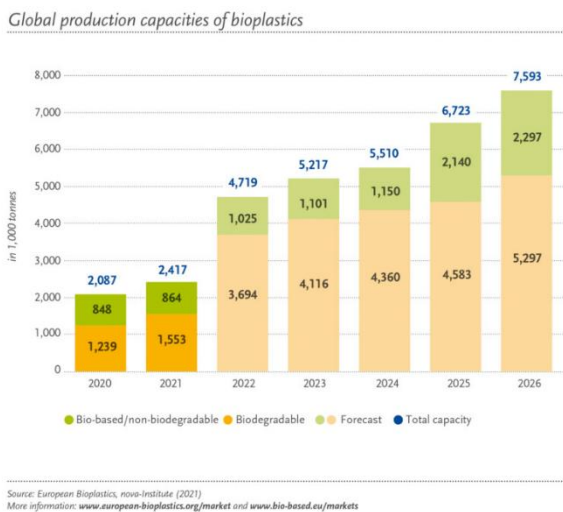
Métodos de reciclaje

Como primero, está el reciclaje mecánico, implica operaciones físicas como clasificación, lavado, secado, trituración y/o fundición, todo esto sin alterar su composición química, creando botellas PET en nuevas botellas (Fournieris & Euronews, 2023). El segundo, el reciclaje químico, utiliza procesos químicos para descomponer los materiales en sus componentes químicos o moleculares. El reciclaje químico aumenta la pureza de los productos finales en comparación con el reciclaje mecánico (good, 2022). Dentro del reciclaje químico, hay un diferente reciclaje que se llama pirólisis y consiste en la descomposición térmica de plásticos en ausencia de oxígeno, convirtiéndolos en petróleo, gas y carbón (Bridge, 2023). El tercero, reciclaje térmico, es un proceso que utiliza el calor (incineración controlada) para descomponer los residuos plásticos para reducir el volumen de residuos que son difíciles de separar o valorizar (Bassey, y otros, 2023). El cuarto, reciclaje biológico (enzimático), es la degradación parcial de plásticos por la acción de diferentes enzimas producidas principalmente por hongos y bacterias, todo esto genera monómero y oligómeros, que constituyen el polímero (Aimplas, Reciclaje biológico de plásticos, 2020). Y, por último, reciclaje por disolución selectiva o reciclaje físico, es la aplicación de disolventes y otros agentes químicos para disolver los polímeros y separarlos de la totalidad del residuo, sin romper las cadenas poliméricas (Industries K. , 2022).

Desarrollo de bioplásticos

Los bioplásticos son tipos de polímeros que se producen a partir de fuentes biológicas renovables, se obtienen de materias primas ricas en carbohidratos como el almidón de maíz, la

caña de azúcar, los aceites vegetales o la celulosa, entre otros. Los principales tipos de bioplásticos son: derivados de biomas, hechos a partir de materias primas renovables como plantas, algas o desechos agrícolas; biodegradables, diseñados para descomponerse de manera natural en el medio ambiente bajo condiciones específicas de compostaje; y, por último, los polímeros biocompatibles, los cuales pueden interactuar con sistemas biológicos sin causar una respuesta adversa (Envaselia, Qué son los bioplásticos. Ventajas y Usos, 2018). Aunque sea una opción prometedora, no se ha implementado en gran escala, la producción de bioplásticos representa menos del 1% de los más de 367 millones de toneladas de plástico que se producen anualmente. Se estima que para 2026 la capacidad de producción mundial de bioplásticos aumente a 7,59 millones de toneladas aproximadamente, representando casi el 2% de la producción global (biopolymers, 2022).



Fuente: European Bioplastics, nova-Institute. 2021

Es importante empezar a implementar las opciones que permitan una gestión renovable de los residuos, y así tener en cadena una mejoría en todo el ambiente.

Desarrollo de plásticos biodegradables

El plástico biodegradable es capaz de desintegrarse mucho más rápido que el plástico convencional estando en condiciones óptimas, mediante la acción del medio ambiente y los organismos biológicos como hongos o bacterias, convirtiendo el plástico en materia orgánica, agua o metano. El plástico biodegradable puede tardar entre 6 años o incluso meses en degradarse. Está fabricado con materias primas orgánicas procedente de fuentes renovables como la yuca, celulosa y legumbres. Uno de los ingredientes más importantes del plástico biodegradable es el almidón, un polímero natural que se obtiene del maíz, trigo o patata. Otro elemento importante es la glicerina, aportando flexibilidad al material (Rotolia, 2023). El proceso de fabricación del plástico biodegradable empieza con la extracción del almidón, luego, los microorganismos lo transforman en una molécula más pequeña de ácido láctico que sirve como base para la elaboración de cadenas poliméricas de ácido poliláctido (PLA). El entrecruzamiento de cadenas de PLA da lugar a la lámina de plástico biodegradable que sirve de base para la elaboración de numerosos productos plásticos no contaminantes (Wikipedia, Plástico biodegradable, 2024).

Ecodiseño de los plásticos

Los plásticos de un solo uso que son los principales contaminantes frecuentan su uso en los empaques de alimentos, estos empaques son tan importantes que es fundamental evaluar los impactos ambientales que ocasionan. Los empaques de plástico aparecen entre las prioridades de la gestión y el reciclaje de residuos. Por consiguiente, es importante que el empaque se diseñe de manera que minimice el impacto ambiental, utilice la menor cantidad de recursos posibles y sea reciclable. El ecodiseño de estos productos busca reducir el uso de recursos naturales y, en consecuencia, la huella de carbono. Se explora un diseño para un abastecimiento sostenible, la forma en la que se extraen o cultivan, refinan y procesan las materias primas. Se diseña buscando

apoyar el uso responsable y se diseña para reciclaje, facilitando la recuperación de los materiales para un nuevo ciclo productivo (Méndez, 2022).

Eco innovación

Se enfoca en el desarrollo de productos y procesos con un bajo impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida. Es la búsqueda activa de soluciones que minimicen la huella ecológica de los productos y procesos industriales. Esto implica, en primer lugar, la creación de productos fácilmente reutilizables, permitiendo que los componentes tengan una segunda vida útil y evitando así su descarte prematuro. En segundo lugar, se centra en el diseño de procesos industriales que generen menos contaminación, buscando métodos de producción más limpios y eficientes energéticamente. Además, también implica la implementación de modelos de negocios que se alineen con la sostenibilidad. Es un compromiso de las empresas por la calidad y eficiencia de sus productos, y también la responsabilidad social y ambiental de toda su cadena de producción (Colprinter, 2024).

Desarrollo de economías circulares

La Comisión Europea adoptó el nuevo plan de acción para la economía circular (PAEC) en marzo de 2020. Esta transición de la UE es hacia una economía circular que reducirá la presión sobre los recursos naturales y generará crecimiento sostenible y empleo. Se centra en el diseño de los productos, promueve los procesos de economía circular, fomenta el consumo sostenible y busca garantizar que se eviten los residuos y que los recursos utilizados se conserven en la economía de la UE. Este plan se centra en los sectores que utilizan más recursos y donde el potencial de circularidad es alto, entre ellos están los plásticos. De la mano con este plan están las estrategias

con respecto a los plásticos, que tienen el potencial de expandirse por todo el mundo (Commission, Circular economy action plan, 2020).

La estrategia de plásticos pretende transformar la forma en que se diseñan, producen, utilizan y reciclan los productos plásticos en la UE (Unión Europea). Esta estrategia es un elemento clave hacia el camino de una economía circular y neutra en carbono. Busca proteger el medio ambiente y reducir la basura marina, las emisiones de gases de efecto invernadero y nuestra dependencia de los combustibles fósiles importados. Promoverá patrones de consumo y producción de plástico más sostenibles y seguros. También pretende transformar la forma en que se diseñan, producen, utilizan y reciclan los productos plásticos en la UE. El comportamiento de esta estrategia se fundamenta en, hacer que el reciclaje sea rentable para las empresas, reducir los residuos plásticos, impulsar la innovación y la inversión e impulsar el cambio global (Commission, Plastics strategy, 2018).

Estas estrategias permiten que se impulse la economía circular y disminuya la diversa cantidad de contaminación que generan los residuos plásticos. Estas estrategias aplicadas en una escala global pueden llegar a ser un gran paso hacia un mundo con menos contaminación y una economía circular activa y eficiente. Como ejemplo de la aplicación de la economía circular están las siguientes empresas: Ikea. Banyan Nation, primera empresa de reciclaje de plástico en India. Close the Loop, empresa en Australia que recupera cartuchos viejos de impresora y plásticos blandos, transformándolos en carreteras. The Coca Cola Company, anuncio una estrategia a nivel mundial para el 2030 lograr recoger y reciclar el 100% de los envases que comercializan (Asegire). Estos son algunos ejemplos de cómo muchas empresas están implementando estrategias para una economía circular que permitan minimizar los impactos ambientales de los productos que crean y comercializan.

Compromiso Global para una Nueva Economía del Plástico

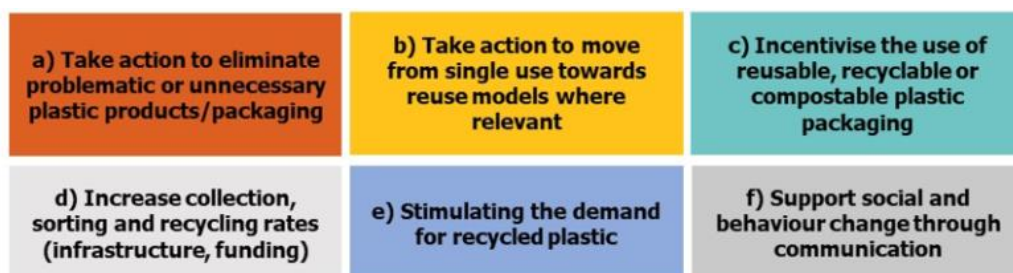
Es una iniciativa que se lanzó en octubre de 2018 por la Fundación Ellen MacArthur y por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Esta iniciativa une a las empresas, gobiernos y otras organizaciones de todo el mundo detrás de una visión común de una economía circular para el plástico, en la que nunca se convierta en residuo o contaminación. El compromiso Global reúne a más de 500 firmantes incluyendo a los gobiernos y empresas que representan el 20% de todos los envases de plástico producido a nivel mundial, las cuales se han comprometido a cambiar la forma en que se produce, usa y reutiliza el plástico, de acuerdo a los tres principios: elimina, innova y circula (UNEP, The new plastics economy global commitment, 2018)



Fuente: Ellen MacArthur Foundation

Para sumarse al Compromiso Global, los gobiernos se comprometen a:

- Respaldar la visión común de una economía circular para los plásticos
- Comprometerse a colaborar con el sector privado y las ONG para lograr la visión común
- Informar anualmente y públicamente sobre el progreso realizado en las 6 áreas siguientes
- Comprometerse a realizar acciones que logren avances tangibles hacia la visión común para 2025, en las siguiente seis áreas:



Fuente: UNEP, 2018, The New Plastics Economy Global Commitment

Al momento de realizar este comité, octubre de 2018, Colombia se encontraba en “confirmado para unirse”. Después Colombia firmo este compromiso, aunque no hay fecha exacta de cuando se realizó.

El compromiso se planteó para tener resultados para el 2025, por ello se generaron preguntas de si era posible fijar los objetivos para cumplir en 2030, a lo que se respondió con que es necesario tener acciones urgentes para acelerar la transición hacia una economía circular para los plásticos, 2025 es el año de finalización del Compromiso Global. Por razones de transparencia y credibilidad, se ciñen a la fecha límite de 2025 (UNEP, The new plastics economy global commitment, 2018).

Pacto por los Plásticos Colombia

Colombia hace parte del Compromiso Global a través del Pacto por los Plásticos, el cual es una plataforma colaborativa que une a empresas de resinas, envases y empaques, productoras, comercializadoras, transformadoras de plásticos, gobiernos, academia, gremios y ONG en una visión compartida de la economía circular de este material (Cempre).



Fuente: Cempre, Pacto plásticos

El objetivo de este pacto es acelerar la transición hacia la economía circular de los plásticos.

El alcance es toda la cadena de valor de los envases y empaques (E&E) plásticos (Cempre).

Aplicaciones del PEBD reciclado

Hay gran variedad de aplicaciones del PEBD reciclado, entre las cuales se encuentra:

- Bolsas y films: Para embalajes de alimentos, productos químicos y otros bienes de consumo.
- Botellas y envases: Para productos como leche, jugos y otros líquidos.
- Aislamiento: Utilizado en la fabricación de materiales de aislamiento para la construcción, como láminas y espumas.
- Juguetes y menaje
- Mobiliario plástico
- Bolsas de basura
- Tuberías
- Bolsas térmicas

(Polymers) (Cecar, 2012) (SINTAC, 2023)

Bandejas Ifco

Las bandejas IFCO (siglas RPC, “contenedores reutilizables”) es una estrategia de embalaje reutilizable para el transporte de productos frescos. IFCO SYSTEMS es la empresa que desarrollo el primer servicio de intercambio de bandejas de plástico reutilizables en 1992. Este sistema está diseñado para el “préstamo” de las bandejas, se entregan limpias y al retornar se lavan, se reparan y se vuelve a entregar. Cuando ya no es posible una reparación, se reciclan (Wikipedia, Ifco tray).

Contexto

Análisis de Nariño

Tiene cerca del 20% de las especies de plantas del país, el 68% de las aves, el 38% de los mamíferos y más de la mitad de las especies de colibríes de Colombia. Y es el primero en número de volcanes. Nariño es un territorio donde hay diversos ecosistemas como páramos, montañas, manglares, bosques secos, tropicales y andinos, humedales y zonas marino-costeras, entre otros (Colprensa, 2022).



Fuente: Plan Nacional de Desarrollo de Nariño 2020-2023-Corponariño-Universidad de Nariño

En cuanto a su diversidad cultural, cuenta con una población indígena (7,4%), afrodescendiente (18,3%) y mestiza (74,3%). Nariño es un territorio pluriétnico y multicultural, teniendo tradición oral, mitos, leyendas, usos y costumbres (A, S, L, G, & N, 2008).

Hay un área de frontera agrícola de 812.635 hectáreas, que corresponden al 25.8% del territorio (upra). Por lo mismo es uno de los departamentos paperos líderes en el país (Reyes & Escobar, 2023).

Una de las actividades primarias es el agregado agropecuario con un aporte de 16.9% al PIB departamental, donde hay participación de la papa, el plátano y la caña panelera (FAFP & FEDEPAPA, 2023)

Así mismo, la producción láctea es uno de las actividades agropecuarias con mayor aporte al PIB, contribuyendo en un 27% (FAFP & FEDEPAPA, 2023). Vinculado la actividad a 39.862 productores, lo que implica la vinculación de 159.448 personas de forma directa en la producción de leche. Se registra un total de 115 empresas asociativas e individuales, generando 8.100 empleos directos adicionales, en donde más del 50% es ocupado por mujeres. La producción láctea cuenta con tres tipos de productores: minifundistas, medianos y grandes, con volumen consolidado estimado en 600.000 litros de leche diarios y un promedio de 5,76 litros/vaca/día (Nariño, Plan departamental de extensión agropecuaria del departamento de Nariño PDEA - NARIÑO, 2019).

Principales focos de contaminación por plásticos en Nariño

Zonas urbanas: Pasto e Ipiales. Uno de los mayores focos de contaminación de plásticos es en las plazas y parques principales más frecuentadas, sobre todo los fines de semana y festivos. En Pasto son: parque infantil, parque chapalito, pastusidad, plaza Nariño, plaza del carnaval, parque bolívar, parque Rumipamba, parque de Santiago, plaza de mercado tejero, plaza de mercado

potrerrillo y el “mirador” que se encuentra en la variante oriental a la salida de la ciudad. En Ipiales son: plaza 20 de Julio, parque Santander, parque de la Pola, carrera sexta, parque recreacional “Ipiales 2000”, estadio municipal de Ipiales y plaza de mercado de Ipiales.

Zonas costeras: San Andrés de Tumaco. En este lugar se presenta contaminación por todo lugar, destacando la zona de la playa donde llegan todos los turistas y se ofrecen los servicios por parte de los locales, como comidas, bebidas y otros servicios extras. La contaminación por plásticos se ha visto afectada principalmente en los bosques de manglar que son ecosistemas estratégicos y que se están afectando por la gestión inadecuada de residuos sólidos urbanos, turismo y pesca intensiva. Se han encontrado entre 320 y 565 artículos de basura por cada 1000 m² en suelos de manglar (Esupiñan & Karolina, 2021).

Zonas rurales y agrícolas: Como se mencionaba en el marco teórico, en la agricultura hay una tendencia al uso de plásticos, como en el acolchado de cultivos y empaques, lo que afecta a las fuentes hídricas y aumenta la contaminación del suelo. Un estudio en el municipio de Sapuyes, destaca el uso de agroquímicos y funguicidas en la producción de papa, los que permiten proteger sus cultivos y darles un óptimo crecimiento, pero esto se implementa de manera desmedida lo que causa contaminación en el suelo, aire y fuentes hídricas de la región (Reyes & Escobar, 2023). A parte de que los químicos contaminan el ambiente, los plásticos en los que vienen contaminan aún más y generan un problema circular. En la agricultura se utilizan bandejas para semilleros, tuberías de riego, envases de plaguicidas y sacos de pienso para el ganado, donde solo una mínima parte es reciclada y el resto termina como todo plástico, en el ambiente (FAO, 2023).

Prácticas tradicionales sostenibles que puedan ser recuperadas o fortalecidas

- Agricultura agroecológica y familiar. Es un proyecto que busca fomentar la agricultura familiar y sostenible, promoviendo la soberanía alimentaria, la transición productiva y el buen vivir de las comunidades. Así mismo, valora y fortalece las practicas ancestrales y tradicionales (Nariño, Nariño avanza hacia una agricultura sostenible con la aprobación del Plan Agroecológico PAN 2025-2036, 2024).
- Pesca artesanal sostenible. Recuperación de conocimientos importantes respecto al uso de técnicas tradicionales de pesca. Ancestralmente, los pescadores disfrutaban de los recursos del mar, sustrayendo de él estrictamente lo necesario para su sustento (Acevedo, 2017)
- Uso de plantas medicinales. El Santuario de Flora Plantas Medicinales Orito – Ingi Ande es una de las más nuevas áreas protegidas del Sistema de Parque Nacionales de Colombia. Se creo con el fin de proteger a las comunidades indígenas kofanes, que poseen gran variedad de plantas medicinales utilizadas en la medicina tradicional kofán (Wikipedia, Santuario de flora Plantas Medicinales Orito - Ingi Ande, 2024).
- Cestería tradicional. Es importante el mantener y aplicar el recuerdo del uso de la cesta como recolectora de todo lo que una persona necesitara, desde hojas y ramas, hasta alimentos y vestimenta. Esta práctica permite preservar técnicas ancestrales y generar oportunidades económicas sostenibles para las comunidades.
- Ecoturismo comunitario: En Nariño, familias Awá brindan recorridos por el río San Juan. Promocionando el cuidado forestal e hídrico, así como la superación de la violencia del conflicto armado (mueve).

Iniciativas locales de reciclaje, reutilización y manejo de residuos

- Alianza por el reciclaje y la economía circular – Gobernación de Nariño: Alianza con los municipios de La Cruz, Belén, Colón, La Unión, San Bernardo y San Pablo, que permitirá

el uso de tecnologías para el aprovechamiento de residuos sólidos en la producción de madera plástica, que impulse el desarrollo sostenible en la región (Nariño, Nariño convierte el plástico en una oportunidad: alianza por el reciclaje y la economía circular, 2025).

- Asociación de reciclaje Fénix: Está conformada por 25 mujeres afrocolombianas de Tumaco, Nariño, que se dedican a la recolección de residuos sólidos que encuentran en el mar para convertirlos en artesanías (emprende).
- Programa Huella Verde: Enfocado en el reconocimiento y manejo adecuado de residuos de posconsumo en los colegios públicos de diferentes municipios del Departamento de Nariño. La idea es fomentar el compromiso de nuevas generaciones hacia los recursos naturales, protección del ambiente en que viven y disminución de contaminación generada por el abandono de equipos eléctricos y electrónicos usados, pilas y bombillas de iluminación agotados, generando la cultura de separación, clasificación, acopio y reciclaje (innova, 2022).
- Promoción de prácticas amigables con el medio ambiente, mediante la cultura del reciclaje: la Empresa Social del Estado, Pasto Salud ESE, ha implementado un programa de responsabilidad social empresarial y gestión ambiental que promueve prácticas amigables con el medio ambiente. Un proceso que se va cumpliendo con el apoyo de la Empresa Metropolitana de Aseo, EMAS, para orientar y concientizar en el manejo y disposición de residuos sólidos, especialmente de los materiales que se pueden aprovechar. Igualmente, busca reducir el volumen que llega al sitio de disposición final (ESE, 2021).
- Capacitación sobre el manejo de residuos sólidos: En la vereda de Yacula, se realizaron talleres donde se capacitaba a la comunidad para que apliquen las prácticas de manejo de residuos sólidos. Capacitaciones como el conocimiento e importancia del reciclaje, la

definición de residuos sólidos, entre otras, apoyadas de actividades lúdico – pedagógicas, auditivas y visuales (Tapia, 2020).

Puntos de reciclaje de plástico

- Alianza por el reciclaje y la economía circular
- Asociación de Reciclaje Fénix
- Programa Huella Verde

¿Cuál es el municipio de Nariño con mayor cantidad de demanda en la producción láctea?

El altiplano nariñense, comprende a Guachucal, Cumbal, Túquerres e Ipiales (Portilla, Salas, & Paz, 2006).

Cumbal

Es un municipio del departamento de Nariño. Se sitúa a 120 kilómetros al suroccidente de San Juan de Pasto, la capital del departamento. Es un territorio montañoso, comprendido dentro de las áreas del Altiplano de Túquerres e Ipiales y del Nudo de los Pastos, destacándose entre sus accidentes orográficos los volcanes Cumbal y Chiles, con alturas que alcanzan los 4.760 m s.n.m. Con un clima promedio de 11°C, y se presentan pisos térmicos de páramo y frío (Wikipedia, Cumbal (Nariño)).

Cumbal, Nariño, es considerado que es un municipio fronterizo, cuyos habitantes en su gran mayoría es población indígena, a quienes se resalta el proceso de lucha, resistencia y pujanza (Fuelantala, Rosero, Peñuela, Velazco, & Montaña, 2024).

Sector lácteo: motor económico de Cumbal

La producción láctea es la línea principal productiva del municipio, de la cual derivan los ingresos del 80% de las familias (Colombianosune). Los sistemas productivos predominantes incluyen razas bovinas como Holstein y Criollo, alimentadas en pasturas de especies como *Lolium* sp y *Trifolium repens* (Lasso & Diaz, 2009). Estos dos alimentos tienen gran valor, sobre todo en sistemas de trópico alto como los de Cumbal, Nariño.

Iniciativas que han fortalecido la cadena láctea en Cumbal

- Programa de asistencia técnica: A partir de un sistema de fertilización edáfica y foliar, 45 productores de un resguardo indígena (cada uno con un promedio de 6 cabezas de ganado), pasaron de producir 800 a 2.400 litros de leche diarios en solo 5 meses. La iniciativa genera que no se dependa de agro insumos o fertilizantes, sino que están apostando hacia un sistema de fertilización edáfica y foliar. Han logrado una mejor organización, generando un aumento en la producción de leche (ganadero, 2015).
- Proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de generación de valor agregado para la cadena láctea de pequeños productores del resguardo indígena el Gran Cumbal”: Busca impulsar el desarrollo y el bienestar de los productores de leche en esa región. La iniciativa la desarrollan en conjunto con la Universidad Mariana del departamento de Nariño y la Universidad Icesi, propone la creación de nuevos productos derivados de la leche con los que se puedan abrir nuevos mercados (Portalechero, 2023). El proyecto busca la creación de una planta piloto para la elaboración de quesos madurados, mediante el uso de tecnologías de fácil adopción (Monar, 2023).
- Asociaciones locales: La asociación láctea indígena Cuaspud Grande ha logrado abrir mercado para la producción láctea, y mejorar los rendimientos de la producción que llega a cerca de 1.500 litro de leche diarios (Colombianosune).

Todos estos esfuerzos permiten que las comunidades indígenas de Cumbal se encaminen hacia una producción láctea más sostenible y competitiva, y el desarrollo de la innovación en el sector agroindustrial.

¿Cuántas empresas lácteas se encuentran en el municipio de Cumbal?

Hay 7 empresas formales y 15 informales. (Ver anexo)

Power Milk

La empresa Power Milk es una de las empresas formales que hay en el municipio de Cumbal, es una empresa con años de trayectoria y se destaca en sus productos. Su actual producción es de diversos quesos como: doble crema, mozzarella, requesón (ricota) y campesino.

¿Quiénes son?

Es una empresa joven dedicada a la producción de derivados lácteos desde el año 2010, que busca a través de su labor productiva priorizar dentro de sus objetivos el fortalecimiento del campo y resaltar el esfuerzo de los campesinos. Debido a esto, se ha asumido la responsabilidad y el compromiso con los proveedores y clientes mediante la adquisición de la materia prima a precios justos y ofreciendo al mercado productos de calidad.

Figura 1: Presentación Power Milk



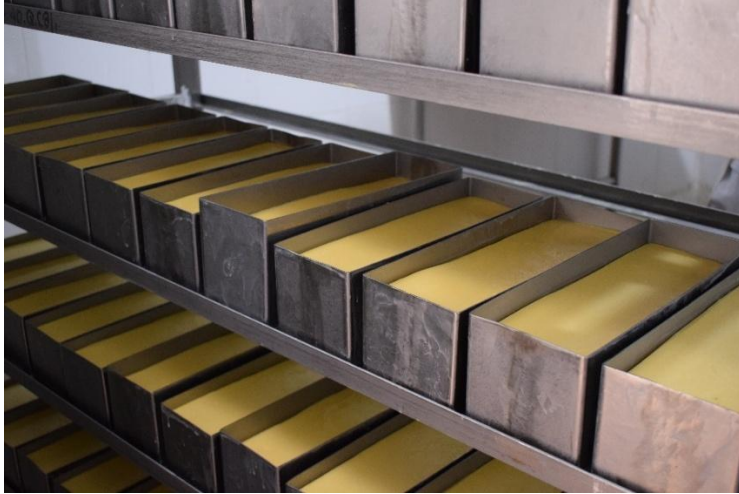
Power Milk cuenta con su planta de producción en Cumbal, Nariño, en donde realiza la recepción y transformación de leche, el empaque y distribución de quesos. Desde la planta llegan los productos a su bodega en Pasto, Nariño, en donde se hace la distribución dentro y fuera de la ciudad y del departamento. De igual forma, en la bodega se hace la transformación del queso entero al tajado, se almacena todos los insumos y se mantiene la contabilidad general.

Power Milk cuenta con una producción promedio de 25.000 litros diarios.

Figura 2: Proceso de leche en la planta de Power Milk Cumbal, Nariño



Figura 3: Bloques de queso Power Milk en la etapa de secado.



Dentro de la producción de los quesos en la empresa Power Milk, se genera una alta producción de lactosuero, teniendo en cuenta que del total de la producción de leche se tiene un 76% de lactosuero.

Problemática

La constante creciente de contaminación por residuos plásticos ha generado diferentes alarmas en todos los sectores que usan los plásticos para sus diferentes actividades, por ello es necesario que se generen diferentes medidas que permitan a las empresas disminuir su huella en la contaminación.

Power Milk es una empresa láctea que usa plásticos para una gran parte de sus actividades, particularmente los más importantes focos de uso de plásticos son en el embalaje, el transporte y almacenamiento de sus productos, esto da como resultado una generación de residuos significativa.

Al ser productos alimenticios se usan plásticos de un solo uso para su embalaje, de los cuales en su mayoría se desechan después de un día. Por otro lado, para la parte de transporte y almacenamiento se usan las canastillas plásticas, las cuales se dañan constantemente y no es posible repararlas. Con lo anterior, se puede concluir que de sus grandes necesidades está satisfecha a partir de plástico que no se recicla eficientemente y termina contaminando.

El objetivo general actual de Power Milk es que busca la disminución de la contaminación que se genera internamente en la empresa, para ello ha estado implementando sistemas como el tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación por los residuos de suero de leche. Por otro lado, está la contaminación por residuos plásticos, en donde Power Milk tiene dos variables:

- **Generación de residuos plásticos en transformación:** Desde la planta de Power Milk se transporta el queso entero a la bodega, en donde se realiza la transformación a queso tajado.

En este proceso, el empaque de plástico que se usa para el queso entero solo sirve para el

movimiento de la planta a la bodega y después es desechado, generando una gran cantidad de residuos de plásticos diario.

- **Medio de transporte y almacenamiento:** Es elemental que todas las empresas alimenticias dispongan bien de los alimentos. Como estaba mencionado en la normativa de Colombia sobre los alimentos: “está prohibido disponer los alimentos directamente sobre el piso de los medios de transporte, por lo cual se usan canastillas que protejan los quesos del aplastamiento y aíslen la carga del piso.”. Es con eso que surge el otro punto de dolor de la empresa Power Milk: las canastillas plásticas. Estos elementos ayudan para el transporte y almacenamiento de los productos lácteos, son completamente necesarios todos los días del año en todo momento. El problema en esto radica en las fallas de las canastillas plásticas, aunque es cierto que tienen beneficios, ambientalmente representan un gran problema porque al ser un elemento que se utiliza todo el tiempo, está expuesto a diferentes condiciones como golpes y cambios de ambientes, esta exposición genera que las canastillas se dañan rápido, conjuntamente, las mallas de la canastilla que implica “ventilación”, son una parte del diseño que afecta a la canastilla y genera más daños. Al ser un elemento tan indispensable en la empresa, es necesario que tenga buena durabilidad sin afectar su funcionamiento y también este alineado con las nuevas necesidades de la empresa.

En conclusión, la empresa Power Milk enfrenta un desafío ambiental significativo derivado del uso de plásticos en sus procesos de embalaje, transporte y almacenamiento. Aunque actualmente la empresa está comenzando a implementar medidas sostenibles como el tratamiento de aguas residuales, es necesario que también se haga la gestión de los residuos plásticos ya que es un punto crítico. El uso de plásticos de un solo uso y canastillas plásticas poco duraderas genera

una alta cantidad de desechos que no se reciclan. Por ello, se vuelve indispensable que Power Milk desarrolle e incorpore soluciones sostenibles enfocadas en el rediseño, reutilización o sustitución de estos materiales, con el fin de reducir su impacto ambiental, optimizar sus recursos y dar el siguiente paso para ser una empresa responsable y sostenible.

Trabajo de campo

Objetivo del trabajo de campo

Investigar y analizar el ciclo de vida del PEBD y de las canastillas plásticas en la empresa de lácteos Power Milk, su impacto ambiental y las posibilidades de rediseño y manejo sostenible de estos residuos.

Es importante conocer la medida del problema, para ello se tiene en cuenta que la producción de la empresa es de un aproximado de 25.000 litros diarios, de la cual se producen diferentes productos que se indican a continuación:

Figura 4: Tabla de producción del mes de enero y febrero, dividido en quincenas.

	PRODUCCIÓN - [Und]		
	QUESILLO CALI	QUESILLO PASTO	MOZZARELLA
1ra ENERO	8266	3181	1280
2da ENERO	6648	5417	1440
1ra FEBRERO	7801	3998	1818
2da FEBRERO	4881	4972	1200

Fuente: Directa de Power Milk

Nota: Solo se incluye la producción del queso que maneja el empaque de PEBD.

Es importante tener en cuenta que el suero es uno de los desechos que en mayor cantidad se encuentra en las productoras lácteas. En Power Milk, su producción total de 25.000 litros está ligada a una generación del 76% de suero de esa producción, a partir de ese volumen se produce al día entre 4 a 6 lotes de requesón, tanto ricota como Saravena, cada lote es de 1.800 litros. En los

lotes de ricota ya no sale mucha cantidad de suero ya que se evapora la totalidad del suero, por el contrario, en el queso Saravena, se obtiene un volumen considerable de suero después de su procesamiento. Por otro lado, otras porciones de lactosuero se destinan a la venta para la alimentación animal. Esta división de gastos del lactosuero se muestra a continuación:

Figura 5: Balance de lactosuero.

SUERO PROCESADO	N° Lotes / Día	Volumen / Lote	Volumen / Día	Suero Evaporado [20%]	Suero Residual [90%]
Queso Ricota - Adición para Quesillo	3	1.800	5.400	1.080	4.320
Queso Saravena - Requeson para venta	3	1.800	5.400	1.080	4.320

BALANCE DE SUERO		
Descripción	Volumen	%
Suero Evaporado	2.160	11,37%
Suero Vendido - Procesamiento	4.000	21,05%
Suero Residual	8.640	45,47%
Subtotal	14.800	77,89%
Suero Vendido - Alimentación Animal	4.200	22,11%
SUERO OBTENIDO / DIA	19.000	100%

Fuente: Directa de Power Milk.

Nota: La sección “suero residual” es el que actualmente se envía a la PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales).

En Power Milk para el transporte y almacenamiento del queso se usan las canastillas plásticas. Apartir de la dimension de produccion que se obtuvo anteriormente, se logra concluir que el uso de las canastillas es indispensable en la empresa.

Figura 6: Interior cuarto frio bodega Power Milk Pasto, Nariño.



Nota: El cuarto frio que se ve en la imagen tiene una capacidad maxima de 256 canastillas, esa capacidad se completa en promedio pasando dos días.

Figura 7: Interior carro cargando en Cumbal, Nariño



Nota: En el interior del carro alcanzan máximo 160 canastillas aproximadamente. En el momento de la foto el carro aun no estaba lleno. La distribución del producto de la planta a la bodega se realiza todos los días.

Figura 8: Almacén de canastillas en bodega Power Milk.



Nota: El almacén en su mayoría con la cantidad de la imagen o menos de canastillas, esto se debe a que diariamente están en constante flujo, ya sea en tránsito de entregas o en almacenamiento.

Es relevante tener en cuenta todas las imágenes e información anterior, porque esto da un panorama de la cantidad diaria de producto que se mueve en la empresa Power Milk, así, se puede dimensionar la cantidad de empaques que se usan y así mismo la cantidad de canastillas, y ambos son relevantes.

Tipos de productos, presentaciones y material que se usa para cada uno

Para tener un panorama más completo es importante reconocer los diferentes tipos de plásticos que se encuentran en la empresa. En Power Milk se manejan diferentes variantes de queso Doble Crema y Mozzarella, teniendo productos de queso entero y tajado. Las divisiones de sus productos se indica en la siguiente imagen.

Figura 9: Tipos de productos que están en el mercado de la empresa Power Milk.

Queso Doble Crema	Queso Doble Crema Tajado	Queso Mozzarella	Queso Mozzarella tajado	Requesón
2.400 gr	2.400 gr	2.400 gr	2.400 gr	6 kilos aprox
900 gr	420 gr (22 unid)	450 gr	450 gr (18 unid aprox)	500 gr
450 gr	210 gr (11 unid)			
220 gr				
Crema de leche	Queso Campesino	Cuajada	Dulce de leche	
500 ml	350 gr	450 gr	450 gr	
			250 gr	

Nota: A partir de los datos que la empresa Power Milk dispuso, se realizó la tabla organizada diferenciando los productos.

Dentro de sus productos se encuentra una sección que internamente denominan “quesillo” o “queso corte”, el cual tiene el mismo gramaje del queso grande (2.400 gr), pero se usa con el fin de utilizarlo como materia prima para la creación del queso tajado. Es en este proceso donde se encuentra el mayor punto de desechos del empaque, el cual solo se usa por un día y máximo dos días.

En toda su gama de productos se manejan diferentes empaques, se tiene el empaque en vinipel, en bolsa con cierre manual y el empaque con sellado al vacío. Estos empaques se aplican en todos los productos y están a la disponibilidad de la elección del cliente. El 90% de los empaques que se usan son hechos de PEBD.

La bodega de Power Milk en Pasto, Nariño es la que se encarga del almacenamiento principal de los empaques e insumos, desde ahí se realiza la distribución y el manejo de las cantidades que se usan en la planta de Power Milk en Cumbal, Nariño.

Figura 10: Almacenamiento de los empaques en bodega Power Milk Pasto, Nariño.



Figura 11: Almacenamiento de los empaques en planta Power Milk Cumbal, Nariño



Figura 12: Presentación de empaques de bolsa en bodega Power Milk Pasto, Nariño.



Nota: En cada caja viene una etiqueta blanca que especifica la cantidad de bolsas que trae, que varia entre 3.500 y 4.000 unidades, divididas en paquete de 100 unidades cada uno. Estos empaques son de doble crema y mozzarella.

Figura 13: Paquetes de bolsas de 100 unidades.



Figura 14: División de empaques y su material

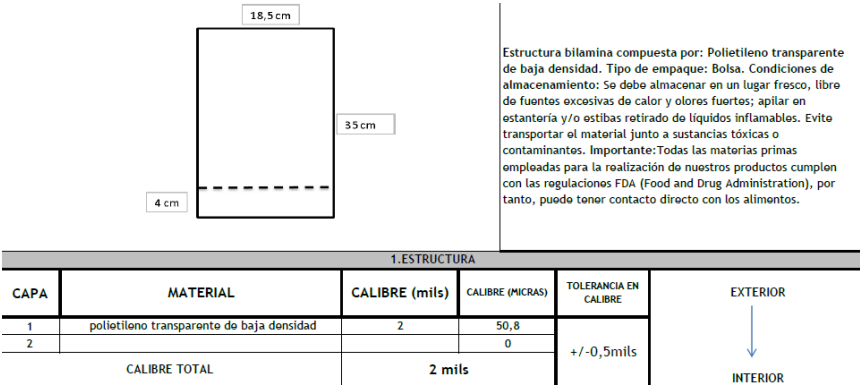
Empaque	Distribuidor	Material
Vacío	Colvac	Coextruido de nylon
	Alico	Poliamida, capa sellante PEBD
Bolsa Quesillo	Monplast	PEBD
Vinipel	Darnel	PEBD
Separadores	Plastipack	PEBD
Crema de leche	Alico	PET

Nota: A partir de la información dispuesta por Power Milk se realizó la división de los empaques, distribuidor y material.

Fuente: Directa Power Milk – Distribuidor material

A continuación, se evidencian las fichas técnicas de los empaques que usan PEBD como material, con el fin de cerrar la visión del proyecto.

Figura 15: Ficha técnica empaque bolsa Monplast



PROPIEDADES DE MATERIAL									
PROPIEDADES BÁSICAS					PROPIEDADES ESPECIALES				
ATRIBUTO	UNIDAD	STD	MÁX	MÍN	ATRIBUTO	UNIDAD	STD	MÁX	MÍN
PEBD	g/m ²	44,50	49,0	40,1	TEMPERATURA SELLE	°C	130,0	145,0	115,0
CALIBRE	mils	2,00	2,2	1,8	PRESIÓN	PSI	40,0		
GRAMAJE TOTAL	g/m ²	46,50	51,15	41,9	TIEMPO DE CONTACTO	Seg	0,5		
ANCHO	mm	185	192,4	177,6	FUERZA DE SELLE	fg/in	550,00	660,00	440,00
LARGO	mm	360	374	346	RENDIMIENTO X Kg	Unds x Kg			
FUELLES DER / IZQ	mm	0	0	0,0	COF (D/D)	ASTM D1894	N/A	#####	#(VALOR)
FUELLE FONDO	mm	0	0,0	0	COF (C/C)	ASTM D1894	N/A	#####	#(VALOR)
SOLAPA	mm		0,0	0,0	TEMP. DE ABLANDAMIENTO °c	ISO 306/A50	n/a	#####	#(VALOR)
ANCHO DE BOCA	mm	0							
ANCHO DE BOCA	mm	0							

Figura 16: Ficha técnica empaque vinipel Darnel

SM-300-1500 PELÍCULA EXTENSIBLE



Película altamente resistente para el empaque de diversos tipos de alimentos. Es una de las referencias más utilizadas por su versatilidad. La Película Darnel Wrap SM-300-1500 tiene una excelente transparencia y brillo que realiza la presentación de cualquier producto.

PROPIEDADES:	SM-300-1500	MÉTODO
Rendimiento (m²/ Kg):	82.5	ITM*
Ancho (mm):	300	ITM*
Largo (mm):	1,500	ITM*
Espesor (micras):	-	-
Impacto Dardo (g):	235	ASTM D-1709
Tensión Ruptura MD (Kg/cm²):	347	ASTM D-882
Tensión Ruptura TD (Kg/cm²):	365	ASTM D-882
Elongación MD (%):	239	ASTM D-882
Elongación TD (%):	244	ASTM D-882
Adherencia (g):	65	ASTM D-4649
Transmisión de O² (CC/100 m² x 24h):	1,816	ASTM D-3985

*ITM= Internal Test Method

Figura 17: Ficha técnica separadores Plastipack

2. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Ancho	10 cm +/- 0,5 cm
Fuelles Laterales	N/A
Largo	10 cm +/- 0,5 cm
Calibre	2,4 mil/pulg +/- 0,05 mil/pulg
Peso	0,50 g +/- 0,05 g

Reflejo de los empaques en los productos con la mano de obra de los trabajadores

Cada parte de Power Milk tiene alguna persona atrás que ayuda a que el cliente pueda tener un producto final de excelente calidad, sabor y presentación. Es elemental desde la calidad de la leche hasta su empaque, transporte y almacenamiento para distribución. A continuación, las imágenes solo se enfocaran en todo lo relacionado con PEBD.

Figura 18: Separadores en producto tajado de Power Milk



Nota: Realización de bloques tajados de 2.400 gramos

Figura 19: Empaque vacío de doble crema tajado (Incluye separadores)



Figura 20: Empaque vinipel, vacío y separadores en Power Milk.



Figura 21: Producto entero empacado en vinipel en planta de Power Milk Cumbal, Nariño. Este proceso se realiza con el queso tajado pero en la bodega de Power Milk en Pasto, Nariño.

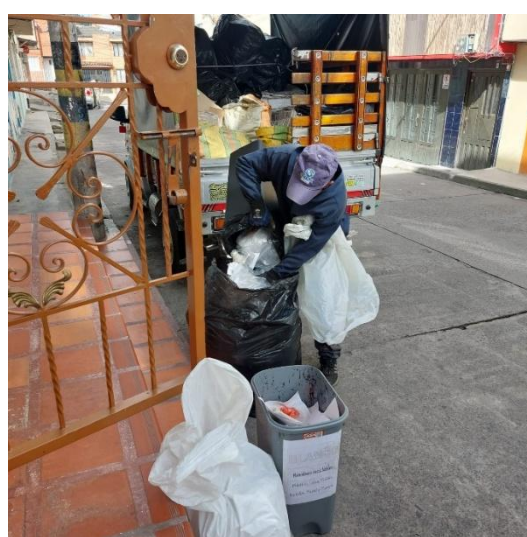


Actores externos

Los actores externos involucrados en la empresa Power Milk con respecto al aspecto de los residuos plásticos, son los recicladores, los cuales no tienen una entidad gubernamental o privada a la que pertenezcan, pero si son personas trabajadoras que buscan su sustento a partir de la

adquisición y venta del reciclaje que se desecha en la empresa. No hay ningún contrato o acuerdo con respecto a la recolección de estos residuos, tampoco hay ningún aporte monetario entre las partes (Power Milk y recolectores).

Figura 22: Recolectores de residuos plásticos en bodega Power Milk Pasto, Nariño.





Nota: El agente externo es una cabellero que recoge el reciclaje los días que en la zona se establecen los servicios de limpieza y recolección (martes, jueves y sábado). Power Milk no recibe ningún tipo de aporte económico por la disposición del reciclaje. Power Milk le dispone diferente reciclaje que incluye: las bolsas de PEBD, papel de oficina y bolsas plásticas de los otros materiales.

Situación

Alta generación de residuos plásticos PEBD en Cumbal, consecuencia del embalaje de quesos y alta generación de desecho de canastillas plásticas.

Figura 23: Residuos plásticos PEBD en Power Milk Pasto, Nariño.



Nota: En una bolsa de basura grande se almacenan los empaques PEBD del queso Power Milk.

Bolsas como la imagen de la derecha se puede generar de 3 a 5 diarias.

Figura 24: ¿Cómo llegan estas bolsas a ser residuos en la propia empresa?





Nota: El queso tipo quesillo se desempaca y taja en la bodega Power Milk Pasto, para producir los quesos tajados en sus diferentes presentaciones.

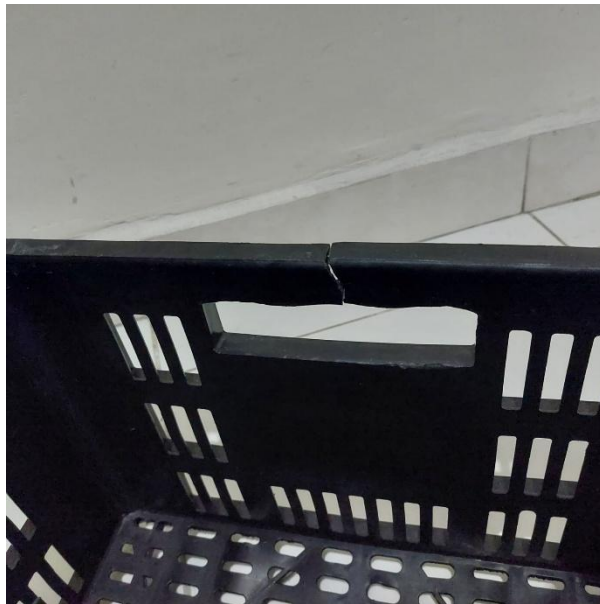
La producción del queso es diaria tanto en la planta como en la bodega de Power Milk, por lo que el queso esta en constante flujo, y el tipo quesillo que se ve en las anteriores imágenes lleva a permanecer con el empaque solo dos o tres días como máximo.

Un valor aproximado de desechos del empaque de PEBD en la empresa diario es de: 368 unidades lo que equivale a 3.68 paquetes y a 2491.36 gramos aproximadamente. Es importante tener en cuenta que este valor puede variar y ser más altos en día de mayor venta. Así mismo, este valor se mantiene en este rango porque la producción no da para más ventas.

En paralelo, están los desechos de canastillas. Las canastillas tienen muchos puntos de falla, los más relevantes son en las esquinas de las paredes, las manijas y en toda la base. Estas fallas representan un gran problema para la empresa porque generan daños del empaque y del producto,

afectaciones en las personas que manipulan las canastillas y dificultades en el apilamiento, lo que conlleva a retrasos en logística.

Figura 25: Fallas en canastillas









Actualmente la empresa Power Milk cuenta con un aproximado de 500 unidades de canastillas propias, pero a parte de eso se tiene canastillas que se prestan por parte de otros proveedores antes la necesidad de más canastillas.

A parte del apartado especial de los empaques de PEBD, ¿En Power Milk hay zona de residuos?

Power Milk cuenta con su zona respectiva para el desecho de diferente residuos, tanto en planta Cumbal como en bodega Pasto manejan los tres tipos de separacion de desecho: organicos, aprovechables y no aprovechables.

Figura 26: Zona de residuos planta Power Milk Cumbal, Nariño

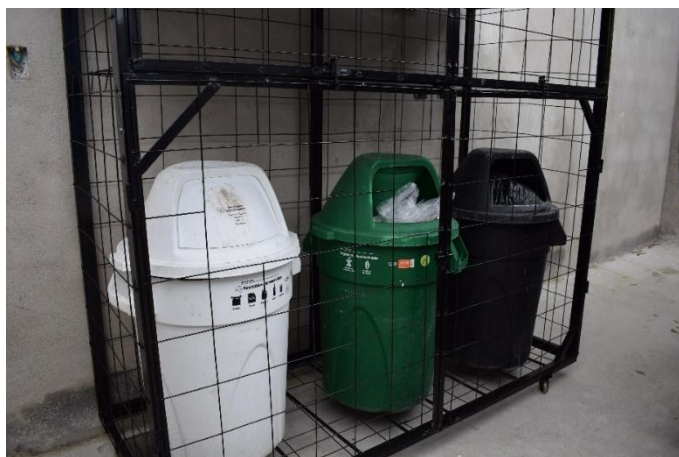


Figura 27: Zona de residuos bodega Power Milk Pasto, Nariño.



Se puede identificar como los residuos de PEBD del empaque del producto tipo “quesillo” se generan en gran cantidad y causan un gran impacto ambiental al ambiente. Estos residuos son una parte de otros residuos que se generan en la empresa Power Milk, pero como principal se encuentra el lactosuero y el plástico en sus diferentes presentaciones. Para los fines del proyecto se tendrá en cuenta el lactosuero, que, actualmente se aprovecha en cierta cantidad en la misma empresa en el desarrollo del producto tipo “requesón” y se vende a los alrededores para alimento de

animales; aun así, hay una cantidad que no se aprovecha y se desecha, ocasionando problemas en la parte hídrica de Cumbal, Nariño.

¿Las canastillas se arreglan?

Las canastillas son un elemento esencial en la empresa Power Milk, por lo que es necesario mantener una gran cantidad y se evita tener perdidas. Por lo mismo, en la empresa se hacen arreglos “caseros” con alambres, perfiles, entre otros elementos, los cuales permiten mantener la canastilla funcional, pero estética y normativamente no cumplen con lo que deberían.

Figura 28: Canastillas con arreglos “caseros”.







Como se detalla en las imágenes anteriores, el contacto con el producto es directo, lo que genere daños en los quesos y una pérdida para la empresa. Por otro lado, están los daños físicos a las personas que entran en contacto con las canastillas, como los colaboradores de Power Milk, los cuales están de lunes a sábado en constante contacto con canastillas que presentan estas fallas que generan daños físicos a sus manos.

Objetivo General

Aprovechamiento de los residuos plásticos y subproductos de la industria láctea, para promover la sostenibilidad y la economía circular del sector.

Objetivos específicos

- Identificar las problemáticas asociadas al uso, deterioro y disposición de las canastillas plásticas convencionales empleadas en la manipulación y transporte de quesos.
- Caracterizar las propiedades técnicas de los materiales obtenidos a partir de residuos de PEBD y lactosuero, evaluando su potencial de aplicación en productos de uso industrial.
- Definir los requerimientos funcionales, ergonómicos y estructurales que debe cumplir un sistema de almacenamiento acorde con las condiciones ambientales y operativas de una planta quesera.
- Proponer lineamientos de diseño que integren criterios de sostenibilidad, modularidad y resistencia, considerando el uso de materiales reciclados o biocompuestos provenientes de la propia producción.
- Diseñar un sistema de almacenamiento y transporte para producto alimenticios.
- Validar la viabilidad técnica y productiva de la propuesta mediante el desarrollo de modelos conceptuales y prototipos funcionales a escala.

Requerimientos

Los requerimientos son las condiciones necesarias desde el contexto interno ante la problemática con el fin de implementar una solución. Esos son:

- **Requerimientos funcionales**

- El sistema debe permitir el almacenamiento, transporte y apilado de diferentes tipos de quesos sin afectar su integridad.
- El sistema debe ser fácil de limpiar y resistente a la humedad, detergentes y variaciones de temperatura por el proceso de la producción láctea.
- El sistema debe mantener la estabilidad del producto que contenga durante el transporte y el almacenamiento, evitando deformaciones.
- Debe poseer fácil ensamblaje para la reparación.
- Debe contar con las características que permiten que se optimice el espacio en los productos convencionales que ya se usan.

- **Requerimientos ergonómicos**

- El peso total del sistema no debe superar los 4-6 kg, para facilitar su manipulación manual por parte del operario.
- Las asas deben adaptarse al tamaño promedio de la mano (mínimo 100 x 35 mm), evitando bordes cortantes.
- La altura y profundidad del sistema deben facilitar el acceso al producto sin necesidad de posturas forzadas.
- El sistema debe permitir su uso por una sola persona de manera segura, sin requerir fuerza excesiva para levantar o plegar.

- **Requerimientos estructurales**

- Resistencia a la carga: Mínima 40 kg, equivalente al peso de los quesos empacados y apilados.
- Resistencia al impacto y deformación ante caídas desde 0.5 a 1 metro.

- Las superficies deben evitar grietas o esquinas pronunciadas donde se acumule materia orgánica.

Determinantes

- **Resolución 2674 de 2013 – INVIMA:** En esta resolución se establecen las condiciones sanitarias de los alimentos, buenas prácticas de manufactura (BPM) y transporte. Se establece que *“las operaciones y condiciones de almacenamiento, distribución, transporte y comercialización deben evitar: la contaminación y alteración, la proliferación de microorganismos indeseables, el deterioro o daño del envase o embalaje.”*. Los puntos relevantes son:
 - Se prohíbe disponer de los alimentos directamente sobre el piso de los medios de transporte, por lo cual, se usaran las canastillas de material adecuado para aislar el producto de toda posibilidad de contaminación.
 - Para los recipientes (canastillas plásticas) se declara que deben estar fabricados con materiales que permitan una correcta limpieza y desinfección.

(Minsalud, Resolución #2674 de 2013, 2013)

- **Resolución 4143 de 2012:** *“Por las cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos plásticos y elastómeros y sus aditivos, destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano en territorio nacional.”* (Minsalud, Resolución 4143 de 2012, 2012). Para el objetivo del proyecto los factores claves de la resolución son:
 - Debe estar limpio y no degradado.
 - Debe tener una solitud de autorización y la debida autorización frente al INVIMA, en donde se evalúa el cumplimiento de los requisitos técnicos y sanitarios.

Estrategias de evaluación

Matriz de enfrentamiento de objetivos

Figura 29: Tabla de matriz de enfrentamiento de objetivos

	1	2	3	4	5	6	TOTAL	%
1	-	0	0	1	0	0	1	5,26
2	1	-	1	1	1	1	5	26,32
3	1	0	-	1	1	1	4	21,05
4	1	0	0	-	1	1	3	15,79
5	1	1	1	1	-	1	5	26,32
6	1	0	0	0	0	-	1	5,26
TOTAL							19	100

Resultados

- Los objetivos 2 y 5 son los más relevantes porque integran el desarrollo del material y la aplicación del diseño funcional.
- El siguiente en importancia es el objetivo 3, el cual define las condiciones técnicas y ergonómicas del sistema.
- El objetivo 4 asegura el marco de sostenibilidad y modularidad
- Por último, los objetivos 1 y 6, igual de importantes, funcionan como el inicio de la parte de diagnóstico y cierre de validación.

Matriz de enfrentamiento de requerimientos

Los requerimientos están divididos en: funcionales, ergonómicos y estructurales, para la realización de la matriz, se unieron todos, dando un resultado de 12 requerimientos.

Figura 30: Tabla de matriz de enfrentamiento de requerimientos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL	%
1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	16,67
2	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	15,15
3	0	0	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	12,12
4	0	0	1	-	0	1	0	0	1	1	1	1	6	9,09
5	0	0	0	1	-	1	0	0	1	1	1	1	6	9,09
6	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	6	9,09
7	0	0	0	1	1	0	-	1	1	1	1	1	7	10,61
8	0	0	0	1	1	0	0	-	1	1	1	1	6	9,09
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	3	4,55
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	2	3,03
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1,52
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0,00
TOTAL													66	100

Resultados

- Los requerimientos 1 y 2 son los más importantes, garantizan funcionalidad y sanidad.
- Requerimientos 3, 4, 5, 6, 7 y 8 son de importancia media, son los que mencionan la ergonomía, resistencia estructural y optimización del espacio.
- Y los requerimientos 9, 10, 11 y 12 son complementarios, relacionados a la seguridad, higiene y manipulación final.

Matriz de enfrentamiento de determinantes

Para la matriz de enfrentamiento, se desglosa los determinantes en puntos que se enumeran a continuación:

- Evitar contaminación, proliferación de microorganismos y deterioro
- Aislamiento del producto al contacto directo con el piso
- Material lavable y des infectable

- Material limpio y no degradado
- Cumplimiento de requisitos sanitarios INVIMA
- Autorización técnica y sanitaria para uso alimentario

Figura 31: *Tabla de matriz de enfrentamiento de determinantes*

	1	2	3	4	5	6	TOTAL	%
1	-	1	1	1	1	1	5	33,33
2	0	-	1	1	1	0	3	20,00
3	0	0	-	1	1	1	3	20,00
4	0	0	0	-	1	1	2	13,33
5	0	0	0	0	-	1	1	6,67
6	0	1	0	0	0	-	1	6,67
TOTAL							15	100

Resultados

- El primer determinante es el más relevante, al garantizar la seguridad sanitaria del alimento a partir de evitar la contaminación, deterioro y proliferación de microorganismos.
- Los determinantes 2 y 3 son igual de importante por su relación con la manipulación segura del queso y la facilidad de limpieza.
- Por último, los determinantes 4, 5 y 6, agregan valor por la parte del cumplimiento normativo frente a entidades como INVIMA.

Metodología

Para la metodología del proyecto se tiene en cuenta que el objetivo es *“Analizar y desarrollar una propuesta de diseño orientada al aprovechamiento de residuos plásticos y subproductos de la empresa Power Milk, en la elaboración de un sistema de almacenamiento y transporte eficiente para el manejo de productos dentro de la quesería, promoviendo la sostenibilidad y la economía circular en su proceso productivo.”*, con eso presente, la metodología del proyecto se dirige a partir de la metodología de Bernd Löbach. Este es un proceso de diseño formado en conjunto por el diseño y el diseñador, donde el diseñador debe investigar todo lo posible para poder crear el objeto que será reproducible tecnológicamente a partir de la selección de la mejor información y los mejores datos aplicados a las situaciones establecidas (Bobadilla). La metodología de diseño de Löbach implica cuatro constantes que se ven reflejadas en sus fases: un problema existe y es descubierto; se reúnen informaciones sobre el problema; se valoran y se relacionan creativamente; se desarrollan soluciones para el problema que se enjuician según criterios establecidos; por último, se realiza la solución más adecuada (Bobadilla). Löbach realiza un proceso de diseño en un modelo de cuatro fases:

- 1- Análisis del problema:** *“Es donde se descubre el problema. Para la solución del problema es necesario recopilar toda la información que puede llegar a ser útil.”* (Bobadilla). *El análisis de la problemática va desde la necesidad, la relación social, relación con el entorno, hasta el análisis estructural.*

Con respecto al caso específico de Power Milk, el punto de partida es identificar las problemáticas que presenta actualmente la empresa con respecto al manejo interno del plástico. Por medio del análisis en el trabajo de campo, se concluyó que el PEBD utilizado

en empaques y el plástico usado en canastillas termina como residuos, sin ningún método de recuperación o reutilización. En paralelo, el lactosuero, se desecha en cantidades significativas, las cuales generan un impacto ambiental, sobre todo, a las fuentes hídricas de la localidad.

En el periodo del análisis del problema se recopila información relevante que se detalla a continuación:

- Observaciones directas dentro de la planta y bodega de Power Milk: En estas observaciones deben incluir información como: los actores, procesos de distribución, uso y desecho del PEBD y de las canastillas plásticas.
- Entrevistas con trabajadores que se relacionan con el objetivo del proyecto.
- Revisión de documentos técnicos, normativas y literatura científica sobre PEBD y las canastillas, su reciclaje, el contacto alimentario y la economía circular.
- Análisis de las estrategias de reciclaje o reutilización que ya se aplique en un contexto nacional e internacional.
- Referencias de proyectos académicos y artículos científicos sobre biocompuestos a partir de residuos de PEBD y lactosuero.

El análisis del problema permite definir las causas del problema: acumulación de plásticos sin aprovechamiento, ausencia de soluciones locales sostenibles y el desperdicio del lactosuero como materia prima potencialmente aprovechable. Con toda esa información, se establecen los objetivos del proyecto y se plantean los criterios de diseño, incluyendo: sostenibilidad, higiene, facilidad de limpieza y resistencia estructural.

2- Soluciones al problema: *“Se da la fase creativa, se seleccionan procedimientos para la solución organizada. La elaboración de ideas implica tener diversas posibilidades para*

resolver el problema.” (Bobadilla). A partir de la información obtenida en el punto anterior, continua la etapa de exploración, la cual debe ir de la mano con las necesidades reales de la empresa. Para este proceso se tiene en cuenta lo siguiente:

- a. Para la elaboración de ideas es fundamental empezar con los criterios técnicos, normativos, sociales y económicos que implica una posible solución. Esto incluye factores como la resistencia, higiene, procesabilidad del material reciclado, los posibles usos alimenticios, los proceso para que se use en alimentos, las diferentes resoluciones a las que se debe alinear, el costo y la viabilidad de la solución. Para esta parte del proceso se realizarán pruebas experimentales de la mezcla del material reciclado entre el PEBD y el lactosuero, con el fin de evaluar su comportamiento térmico y mecánico.
- b. A partir de las estrategias de reciclaje y/o reutilización que se encontraron en la fase uno y teniendo en cuenta las necesidades de la empresa, se puede diseñar soluciones funcionales que puedan ir de la mano de esas estrategias. Así mismo, es importante diseñar soluciones que no sean solo para un uso, por el contrario, que puedan ser soluciones que puedan salir en diferentes ámbitos. Es importante la inclusión de materiales complementarios o técnicas de reforzamiento que ayuden a tener una mayor cantidad de soluciones. En este proceso se tendrá en cuenta las referencias de productos industriales, como canastillas, bandejas y sistemas de almacenamiento usados en la industria alimentaria, para poder identificar los puntos de dolor en donde se puede mejorar a partir del diseño.

- c. Por último, es importante para esta fase el realizar bocetos o que se construyan modelos digitales de prueba y modelos reales a escala para tener una idea real de la solución.

En esta fase logra abrir posibilidades y estudiar como materiales locales podrían estar afines al contexto de la empresa. Con ello se concretan bocetos conceptuales y maquetas a escala que permiten visualizar distintas configuraciones de la solución.

3- Valoración de las soluciones del problema y selección de la solución: *“Se destaca la importancia de las alternativas presentadas, en esta se elige a la que mejor responda al problema teniendo en cuenta al usuario.”* (Bobadilla). En esta etapa se evalúan las alternativas de solución con respecto a criterios de viabilidad técnica, sostenibilidad, resistencia, limpieza y facilidad de uso. Se tienen en cuenta las siguientes acciones:

- a. En esta fase se aplican matrices comparativas, ponderación de criterios y matriz de selección de alternativas. Matrices como las que se desarrollaron en la estrategia de evaluación.
- b. En el orden de elegir a la alternativa que mejor responda al problema, se realiza una evaluación técnico-económica y ambiental de cada alternativa, definiéndose por los criterios que se especifican en los objetivos específicos y requerimientos.
- c. Es fundamental darle prioridad al cumplimiento del objetivo general y los requerimientos, teniendo en cuenta el contexto, lo que incluye los determinantes.

De esta etapa surge una propuesta final de diseño que permita cumplir con el objetivo general, siendo relevante las necesidades de la empresa y el aspecto sostenible. Paralelamente, la propuesta final se desarrolla a partir de modelados digitales a escala real, además, representaciones tangibles a escala que permitan analizar la propuesta

final. En esta fase, se busca abarca todas las necesidades de la empresa, teniendo en cuenta los diferentes factores que influyen en la propuesta de diseño.

- 4- Validación y verificación de la solución problema:** *“Se concreta la respuesta y se rectifican aspectos mínimos para que quede listo. Esta fase se puede afianzar con explicaciones graficas necesarias.”* (Bobadilla).

En esta etapa, se tiene una propuesta de diseño clara que responda debidamente a la necesidad de la empresa. Es necesario realizar validación técnica con los actores involucrados (directivos empresa, colaboradores empresa). Además, es necesario tener en cuenta el cumplimiento de normas sanitarias y de manufactura por las entidades responsables. Con toda la validación y verificación es necesario una síntesis de los impactos del proyecto desde lo económico, ambiental y social.

Además de la metodología de Löbach es pertinente implementar unos métodos más, los cuales son:

- 1- Análisis de ciclo de vida (ACV):** *“Es una herramienta que sirve para estudiar los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, proceso o actividad. Considerando toda la historia del producto o actividad a estudiar, desde su origen hasta que termina siendo un residuo.”* (Eurofins, 2024)

Esta herramienta, aplicada en el proyecto permite identificar los puntos críticos del ciclo del PEBD y de las canastillas plásticas que se usan en la empresa. Así mismo, permite evaluar las posibilidades, ya sea en el caso de reciclar, reutilizar o sustituir el plástico PEBD

y el plástico de las canastillas. El ACV permite que el plan de desarrollo de la solución se oriente en decisiones de rediseño, reducción de impactos y circularidad del producto.

- 2- **Diseño participativo:** *“Es el proceso de diseño que involucra a los usuarios de un producto, servicio u organización como protagonistas del mismo, para que sean ellos quienes, mediante una instancia de búsqueda guiada, generen sus propias soluciones.”*
(CL)

Es importante que al ser un proceso que se enfoca en un problema que afecta tanto a los directivos de Power Milk como a sus colaboradores, se integre un diseño participativo, esto con el fin de que se involucre al personal de la empresa en el proceso de la definición del sistema de almacenamiento y transporte con un material reciclado. Todo esto aparte de generar un lazo con las personas y un compromiso, también permite que se reúnan necesidades reales. Así mismo, la iniciativa permite que las personas se apropien del proyecto, permitiendo la instauración de pensamientos y acciones de sostenibilidad, todo esto con el fin de que se logre una completa funcionalidad del sistema propuesto.

Propuesta

Para el desarrollo de la propuesta se divide en dos secciones, en donde la primera es la obtención del material, lo que incluye experimentación en diferentes proporciones y métodos; la segunda sección es el desarrollo de la propuesta de diseño con el material integrado. Ambas secciones se diferencian y explican en su totalidad, a continuación.

1. Desarrollo material

Introducción

En la industria quesera se generan grandes volúmenes de lactosuero, con alto contenido de proteínas y lactosa, que frecuentemente termina como residuo. De igual forma, el PEBD es un plástico convencional y se usa comúnmente en la industria quesera para el empaque de los alimentos. El PEBD tiene una baja tasa de reciclaje y un lento proceso de degradación, siendo una fuente importante de contaminación (Mendoza, y otros, 2025). El integrar estos residuos en biocompuestos contribuye a la economía circular, lo que permite que los desechos se conviertan en una materia prima útil. Un proyecto que resalta la valorización de los residuos lácteos en biopolímeros es el proyecto europeo LIFE+WHEYPACK, donde obtienen el PHB (Polihidroxibutirato), un biopolímero completamente biodegradable, compostable, procedente de fuentes renovables, resistente a altas temperaturas y presenta propiedades similares a las de los polímeros tradicionales procedentes del petróleo (Ainia, 2015).

Ante esto, el desarrollo de biocompuestos de PEBD reciclado con la incorporación de lactosuero surge como una estrategia de economía circular, donde se valorizan dos residuos que se encuentran en el mismo sector y que son de difícil gestión, permitiendo que se transformen en

materiales útiles, con aplicaciones potenciales en envases, láminas y embalajes para la misma industria.

Materias primas

- 1- **Residuos de PEBD reciclado:** proveniente de la empresa Power Milk, específicamente de su producto “quesillo”. El proceso de este residuo para su aprovechamiento es: lavarlos y tritarlos.
- 2- **Lactosuero:** Líquido amarillo subproducto de la coagulación de la leche. Puede usarse como concentrado proteico o en polvo, mediante el secado por aspersión. El suero cuenta con las proteínas: B-lactoglobulina y a-lactalbúmina (Calvo). Estas proteínas tienen capacidad de formación de películas (Etxabide, Arregi, Cabezudo, Guerrero, & Caba, 2023). Las proteínas del suero también permiten que las películas hechas con ellas sean biodegradables y ecológicas, con menos impacto ambiental (Chaudhary, y otros, 2022). Actualmente en Power Milk con su producción de 25.000 litros diarios de leche se obtienen 19.000 litros de suero, del cual 8.640 litros no tienen ningún aprovechamiento, en otras palabras, el 45,47% del suero es desechado, en este momento la empresa cuenta con el desarrollo de una PTAR en donde envían esta cantidad de suero.

Obtención

Para la obtención del biocompuesto, se deben procesar por separado el PEBD y el lactosuero. En el PEBD se debe realizar la debida limpieza, el triturado y el secado. Para el triturado del PEBD es importante el tamaño de la partícula, se necesitan tamaños pequeños, en un

rango de 10-50 mm (Elant, 2024). En el lactosuero se puede deshidratar o convertirlo en WPC (concentrado proteico).

En el proyecto se tendrán en cuenta dos pruebas que se realizaron con los materiales, donde logran generar diferentes soluciones para aplicaciones de aprovechamiento del desecho de PEBD y lactosuero.

Generación de material

Para realizar las diferentes pruebas con el PEBD se realizó una tritución con un molino de cuchillas que se muestra a continuación.

Figura 32: Molino de cuchillas para tritución del PEBD de Power Milk.



Se trituraron dos paquetes de 100 unidades cada uno, cada paquete pesando 677 gr. El proceso de tritución dio como resultado un paquete de partículas de 3 – 20 mm de tamaño

aproximadamente, pesando 838.8 gr, en ese peso se debe tener en cuenta que no se tuvieron en cuenta las partículas que quedaron con un tamaño más grande, por otro lado, también se perdió otra cantidad al intentarlo en otra máquina al principio, en la cual no se logró triturar.

Figura 33: Resultado de PEBD triturado



Para el desarrollo del material se experimentó con diferentes opciones, dando un resultado de tres métodos diferentes que se explican en su totalidad a continuación.

Los procesos a continuación se lograron desarrollar por medio de la información de los diferentes técnicos y profesionales del TECNOPARQUE SENA NODO CALI. Así mismo a partir de la información de las siguientes referencias: (Jara-Vinueza, Pavon, Remache, Arroyo, & Figueroa, 2025) (Barba, 2015). Y algunas cosas, con respecto a todo lo que hay en internet relacionado con la propuesta de “WHEYPACK”.

Primer método

Un acercamiento inicial a un posible aprovechamiento del PEBD de la empresa Power Milk fue el utilizar el material triturado y someterlo a calor para ver su reacción y resultado. En este acercamiento inicial se usó únicamente el PEBD triturado, se lo sometió a 150°C durante 15 min, se usó una refractaria de aluminio y una cantidad de material triturado que dio como resultado una base sólida, con buena resistencia, dureza y firmeza. El resultado fue una lámina de 9,5 x 11,5 cm aproximadamente. La cual se puede obtener en medidas mayores y usarla como una lámina como cualquiera otra.

Figura 34: Lamina resultado de primer acercamiento del material con PEBD triturado.



Segundo método

En este método ya se realizó la prueba con el lactosuero y el PEBD de la empresa Power Milk. El acercamiento que se busca con esta prueba es el de películas del material reciclado.

Se tuvo en cuenta una tabla de diseño experimental para saber las cantidades que se necesitaban de cada componente para la realización de una matriz de 100gr.

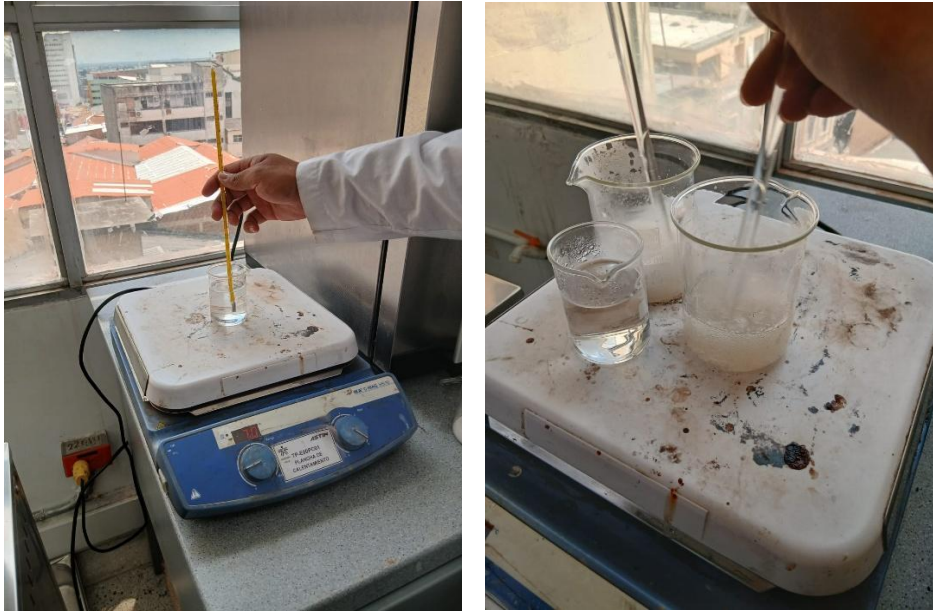
Figura 35: Tabla de diseño experimental.

MATERIA PRIMA	PEBD 25%	PEBD 12,5%
AGUA/LACTOSUERO	87,60%	87,60%
ALMIDÓN DE PAPA	7	7
GLICEROL	4%	4%
ÁCIDO ACÉTICO	1,40%	1,40%
TOTAL	100%	100%

Cada materia prima es un componente esencial para la obtención del biocompuesto. El glicerol es un plastificante que ayuda a organizar las moléculas de almidón al someterlo a temperatura. Puede suceder con el almidón y el glicerol el biocompuesto quede muy frágil y se parta, para evitar eso se usa un agente reticulante que es el ácido acético en solución al 5%, esto ayuda a que la retrogradación no ocurra y que en el secado no quede frágil. En el caso del lactosuero (que también puede ser agua), al someterse a calor, las moléculas empiezan a vibrar y entran en la cadena lineal de la matriz. El PEBD triturado funciona como matriz polimérmacr y se hizo en dos porciones, de 25% y 12,5% que en gramaje fue de 19 gr y 0.95 gr respectivamente.

El proceso de obtención del biocompuesto empieza con tener el lactosuero a una temperatura de 20-25 °C y añadir el almidón (en este caso, el de papa), después de ello, se espera hasta llegar a los 50°C con agitación constante. Al momento de llegar a los 50°C se añade el glicerol, continuando con una agitación constante se espera hasta los 70°C. Al llegar a los 70°C se añade el ácido acético y se espera hasta llegar a los 85°C con agitación constante, es importante que no se pase de los 90°C porque eso generaría que el proceso falle. Al obtener los 85°C se mantiene en agitación constante durante 30 minutos.

Figura 36: Imágenes del proceso mencionado anteriormente.



Nota: En la imagen de la derecha se logra ver las dos pruebas ejecutandose simultaneamente.

Al pasar los 30 minutos se lleva la mezcla a un baño de ultrasonido con el fin de eliminar las burbujas que hay en la mezcla, para así, obtener una película lisa.

Figura 37: Imagen de la mezcla en el baño de ultrasonido.



En esta parte del proceso, se esperó unos minutos a que las vibraciones hicieran efecto y posteriormente con una cuchara se retiró cuidadosamente las burbujas restantes que se acumulaban en los bordes.

Para finalizar con el proceso de la obtención del biocompuesto, se añadió en la primera prueba el 25% de PEBD triturado y en la segunda el 12.5%. Se mezcló para que todo quedara homogéneo y se vertió en unas láminas de acrílico rectangulares, aseguradas para que el material no se esparciera.

Figura 38: Imagen de vertimiento del biocompuesto.



Al finalizar todo el vertimiento del biocompuesto se procuró que la superficie quedara pareja ayudándose de una cuchara y de leves golpes.

Como último, después de verter las dos mezclas en las láminas se las dejó en el horno a 45 Celsius durante 24 horas.

Figura 39: Imagen de las muestras en el horno.



Resultado segundo método

Se obtuvieron dos películas de 12.2 x 15.3 cm aproximadamente, con buena resistencia, se permiten manipular sin ningún problema y, sobre todo, la generación de un biocompuesto con muchas salidas de diferentes aplicaciones.

Figura 40: Resultado de las películas de biocompuesto de PEBD y lactosuero.



Las dos películas tienen un porcentaje diferente de PEBD y eso les da características diferentes entre ellas, como, por ejemplo, la rigidez. En el caso de la película con 12,5% de PEBD se obtiene que es más flexible y frágil que la de 25%. Lo que lleva a concluir que entre más porcentaje de PEBD se obtiene mayor rigidez.

Figura 41: Película con 12,5% de PEBD reciclado.



Figura 42: Película con 25% de PEBD reciclado.



El biocompuesto que se obtiene da diferentes propiedades: por parte del PEBD aporta ductilidad, impermeabilidad y procesabilidad termoplástica. Por el lado del lactosuero, aporta hidrofiliidad, biodegradación y actúa como carga que aumenta rigidez.

Tercer método

El tercer y último método, el cual es el que se usara para la realización del proyecto, es el de obtener láminas rígidas (que se puede aplicar en diferentes productos) del biocompuesto de PEBD y lactosuero.

El proceso de este método empieza con el tener el PEBD triturado y en el caso del lactosuero es necesario tener en polvo, ambas materias primas deben estar bien secas. Después se realiza una mezcla del PEBD triturado, el lactosuero, glicerol (u otro plastificante) y un compatibilizante (ejemplo: PE-g-MA). Posterior a una mezcla que este bien homogénea, se pone la mezcla en una extrusora a una temperatura aproximada de 100-130°C, eso genera una masa plástica homogénea, es importante que en esta parte del proceso se controle la temperatura para que no se genere una degradación del material por su contenido de lactosuero. Después de ello, se usa una prensa con los moldes para la lámina, ya sea rectangular plana o con alguna configuración específica, se coloca la masa fundida entre las placas caliente a presión hasta obtener la lámina con el grosor deseado. Para finalizar el proceso, se deja enfriar y se realizan acabados a la superficie.

La mezcla del material puede variar dependiendo de la necesidad del consumidor, para el caso de una quesería con diferentes necesidades se recomienda una mezcla de: PEBD triturado 85%, Lactosuero en polvo 7%, Compatibilizante 3% y plastificante 5%. Estos valores en gramos se interpretan a continuación.

Figura 43: Tabla resumen para producción de canastilla.

Producción de una canastilla	
%	GRAMOS
100	6000
85 PEBD	5100
7 WPC	420
5 GLICEROL	300
3 COMPA	180

Con este método, se puede hacer una aproximación al tiempo y las unidades resultantes de canastillas a partir de los residuos de la empresa. En particular los residuos de PEBD que son en mayor cantidad (85) se pueden estimar a continuación.

Figura 44: Tabla de cantidad de residuos PEBD para producción de canastilla.

Residuos para obtener canastilla		
753	7,53 pq	5100 gr
2 días y medio		

Esta tabla demuestra cómo es necesario para los 5100 gr, 753 unidades de empaque, lo que se traduce en 7,53 paquetes de 100 unidades cada uno. Con ello, el resultado es que para la obtención del PEBD necesario para la producción de una canastilla se requieren los residuos de dos días y medio, teniendo en cuenta un 5% de residuos que quedan en la etapa de trituración.

Es así, como desde una vista más general, tanto quincenal, mensual y anualmente se obtienen los siguientes resultados.

Figura 45: Tabla de cantidad de canastillas producidas por residuos PEBD de Power Milk.

Resultados	
Quincena	6 canastillas
Mes	12 canastillas
Año	146 canastillas

Este resultado se traduce en que es beneficioso que todos los desechos que se generan de PEBD diarios en la empresa se aprovechen en el desarrollo de canastillas para su consumo interno, lo que resulta en el aprovechamiento completo de los residuos de PEBD y el resultado de 146 canastillas anuales en su inventario. Este resultado puede aumentar en cuenta la producción de la empresa aumente, mientras más residuos se tengan, más canastillas se producen, sustituyendo la necesidad de comprar canastillas y manteniendo un camino más sostenible para la empresa.

Aplicaciones del biocompuesto

Los tres resultados del biopolímero permiten aplicaciones en queserías o en otros entornos que se pueda necesitar, como:

- Recubrimientos comestibles o biodegradables para alimentos (Kandasamy, y otros, 2021)
- Películas para empaque secundarios, incluye los separadores entre tajadas de queso (Çakmak, Özselek, Turan, & Karbancioglu-Güler, 2020)
- Bolsas biodegradables de baja resistencia
- Membranas para filtración o control de humedad
- Bandejas rígidas para quesos madurados
- Divisiones internas para estantes
- Tapas, bases o paneles para canastillas

- Tapetes, bases de corte, protectores de mesa
- Placas estructurales para pisos
- Piezas termoformadas rígidas
- Paneles acústicos o térmicos
- Muebles auxiliares
- Divisiones internas en plantas o bodegas
- Placas para señalización

Todas las anteriores aplicaciones y algunas más son posibles por el contenido, el cual tiene algunas de las siguientes características: el PEBD reciclado y triturado aporta flexibilidad, resistencia al agua y durabilidad. El lactosuero aumenta la cohesión y rigidez. El almidón le da estructura interna y mayor dureza. El glicerol evita que el material se quiebre. Y, por último, el ácido acético mejora la gelatinización del almidón y la unión de fases.

2. Desarrollo propuesta de diseño

Del capítulo anterior, se selecciona el tercer método para generar una solución desde el diseño industrial a una necesidad de la empresa Power Milk.

Contexto

En el transporte y almacenamiento del queso en Power Milk y en la mayoría de queserías y también fruvers, se usan canastillas de plástico. Estas canastillas están hechas en polipropileno o polietileno de alta densidad (atomplast, 2025). En el ambiente de productos lácteos se mantienen en temperaturas bajas desde -10°C hasta un máximo de 15°C aproximadamente. De igual forma estas canastillas se someten a cargas intensas y golpes fuertes. Todo ello lleva a que tengan fallas y generen puntos críticos como:

- 1- Esquinas internas, bordes y uniones: Las asas de agarre suelen ser débiles y ante una fuerza aplicada se rompen. En esquinas internas y paredes se concentran tensiones y ante impactos y/o apilamiento se agrietan. Todo esto por puntos de inyección débiles y por el mal diseño con respecto al uso que se le da al producto.
- 2- Rejillas: Aunque los huecos permiten reducir el peso también son puntos de mucha concentración de tensión. En estos huecos se genera fisuras ante impactos, el uso constante y la carga a la que está expuesta. En esta malla que tienen las canastillas se fracturan, rompen y pandean. Así mismo, la malla genera daños en los productos y daños físicos a los operarios.
- 3- Uso intensivo: El uso constante de las canastillas, 24/7 y el estar sometidas a bajas temperaturas hace que se produzca una fatiga por flexión, donde el plástico va generando

grietas internamente que luego se expanden, y si estos puntos se encuentran con alguno de los mencionados anteriormente, genera un daño constante.

Necesidad de Power Milk

Ante el uso necesario de un medio para transportar y almacenar el queso, se tiene el uso de las canastillas, un producto que genera dificultades para la empresa por su facilidad de ruptura en diferentes puntos ante las condiciones a las que se tiene que someter, esto genera:

- Pérdidas económicas en la empresa al tener que adquirir constantemente nuevas canastillas
- Problemas sanitarios por las rupturas que hacen que se acumulen residuos entre ellas
- Problemas físicos con los trabajadores que se ven afectados al momento de manipular las canastillas por las rupturas
- Contaminación ambiental, ya que al momento de desecharlas no se reciclan
- Problemas con entidades de vigilancia como INVIMA, ya que para intentar usar por más tiempo las canastillas se hacen reparaciones caseras con aluminio o metal, algo que puede ocasionar problemas
- Problemas de logística, ya que las canastillas dañadas no se permiten apilar y genera dificultades en la logística de la empresa

Con todo esto en mente, el foco de la empresa Power Milk es solucionar una parte necesaria que es el transporte y almacenamiento de su producto, pero así mismo, enfocarse en la parte ambiental buscando ser más consciente del impacto que genera.

Por lo tanto, el proyecto busca solucionar el problema de las fallas de las canastillas a partir de un re - diseño de la misma y el uso del material reciclable que se obtiene de la materia prima que la misma empresa genera. Con ello, se elabora un producto de almacenamiento y transporte modular, a partir de un biopolímero que se crea con los residuos de PEBD y lactosuero proveniente de una quesería en Cumbal, Nariño, con el fin de aprovechar los desechos generados, contribuir a la economía circular y desarrollar materiales sostenibles que impulsen prácticas productivas responsables con el medio ambiente.

Propuesta

Debido a la problemática identificada en la empresa Power Milk donde las canastillas convencionales presentan un deterioro prematuro y mal aprovechamiento de espacio, representa una limitación funcional y operativa en la empresa; además, se evidencia el desperdicio del empaque de PEBD, el cual se desecha al poco tiempo de uso. En consecuencia, se diseñó y desarrollo una canastilla plegable elaborada a partir de material reciclado proveniente de desechos de la misma empresa, orientada al almacenamiento y transporte eficiente de productos. La propuesta de diseño busca optimizar el uso del espacio, reducir el desgaste estructural y promover la sostenibilidad. El diseño cuenta con una estandarización de medidas, lo que facilita los cambios y reparaciones. Ante la reducción del desgaste estructural hay dos salidas, en donde la primera es: que el eje de las bisagras sea en acero inoxidable, y la segunda es: que el eje sea en el mismo biopolímero. Cualquiera de las dos opciones permite el correcto funcionamiento de la canastilla plegable. Para la representación digital de la propuesta se lo planteo con la primera opción; ejes de acero inoxidable con tope de arandela seeger.

Detalles de la propuesta

Con el fin de entender mejor la propuesta de la canastilla plegable se desarrolla una matriz de componentes en donde se especifica y visualiza sus características.

Figura 46: Matriz de componentes.

Componente	Imagen	Cantidad	Medidas	Material
Lateral 1		2	400 x 229 x 15 mm	Biopolímero
Lateral 2		2	640 x 214 x 30 mm	
Base		1	640 x 440 x 60 mm	
Perfil bisagra 1		2	614 x 9,5 mm	Biopolímero o acero inoxidable
Perfil bisagra 2		2	414 x 9,5 mm	

El primer componente es “lateral 1”, el cual es una de las caras de barrera de la canastilla. El componente cuenta con el asa de agarre con sus respectivos redondeos para que el operario no sufra daños físicos. Cuenta con las venas que generan beneficios estructurales y el eje de la bisagra.

También, la pieza cuenta con la señalética en relieve de “CERRAR PRIMERO” para el orden de uso de la plegabilidad de la canastilla. El 80% de las esquinas se encuentran redondeadas.

Figura 47: Imagen del componente “lateral 1”.



El segundo componente es el “lateral 2”, la otra cara de la barrera de la canastilla. Este componente cuenta con dos extrusiones triangulares en su cara interna que generan un seguro para la cara perpendicular, adicional a ello, tiene una extrusión rectangular en cada lado vertical, esta parte genera un tope adicional a la cara perpendicular; está extrusión cuenta con la señalética en relieve de “PRESIONE” para el correcto uso del mecanismo. Así mismo, cuenta con el pie de enclavamiento al momento de apilarse cuando la canastilla está cerrada y sus perfiles para la bisagra. Por otro lado, tiene en la cara externa la señalética en relieve de “ABRIR PRIMERO” para el uso correcto de la plegabilidad. El 80% de sus esquinas están redondeadas.

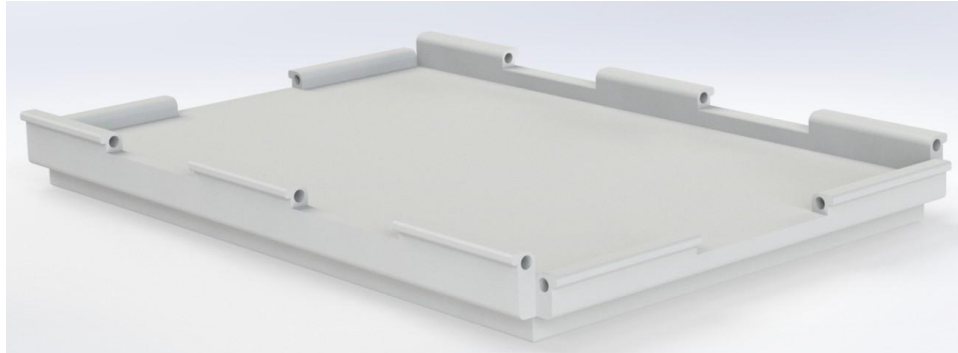
El tope interno permite que por el lado de la cara biselada se realice el engranaje en cierre al aproximarse la pared perpendicular y la pared vertical funciona como tope positivo que impide el movimiento no deseado de la pared perpendicular.

Figura 48: Imagen del componente “lateral 2”.



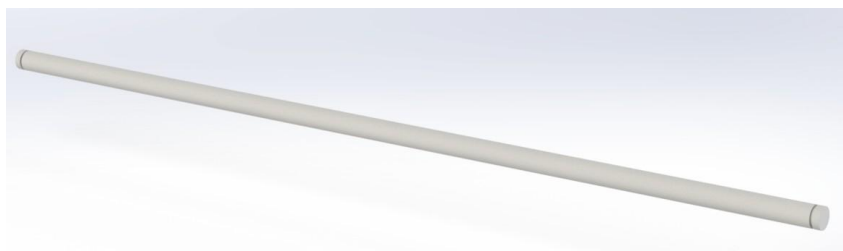
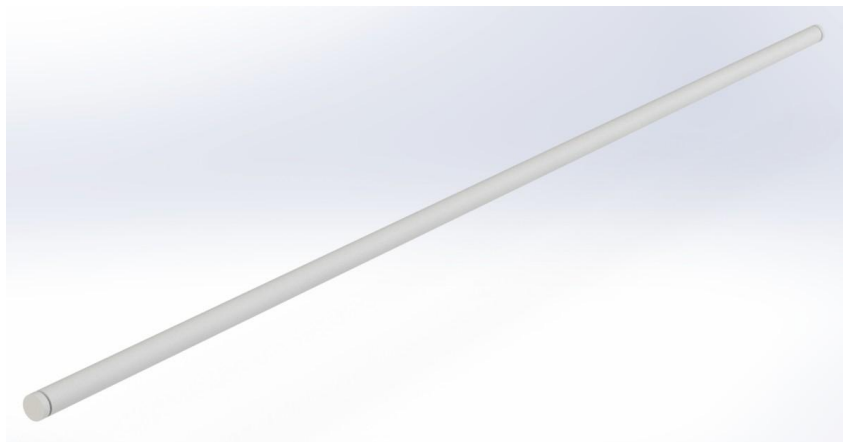
El tercer componente es la “base”, la cual cuenta con las bases de las bisagras, los perfiles de límite para el movimiento de las paredes y el pie de enclavamiento en la parte inferior para su correcto apilamiento. El 80% de sus esquinas están redondeadas.

Figura 49: Imagen del componente “base”.



Los últimos componentes son los perfiles que actúan como pasador de eje de las bisagras. En el modelo están planteados en acero inoxidable pero también es posible que sea en el biopolímero. Los dos perfiles tienen el mismo diámetro, la diferencia es el largo.

Figura 50: Imagen de los componentes “perfil 1 y 2”.



Teniendo presente cada componente y la cantidad de cada uno, es pertinente continuar con las imágenes de la canastilla completa y sus diferentes detalles.

Figura 51: Imagen de vista isométrica de canastilla plegable.



Figura 52: Imágenes de movimiento de plegabilidad de la canastilla.

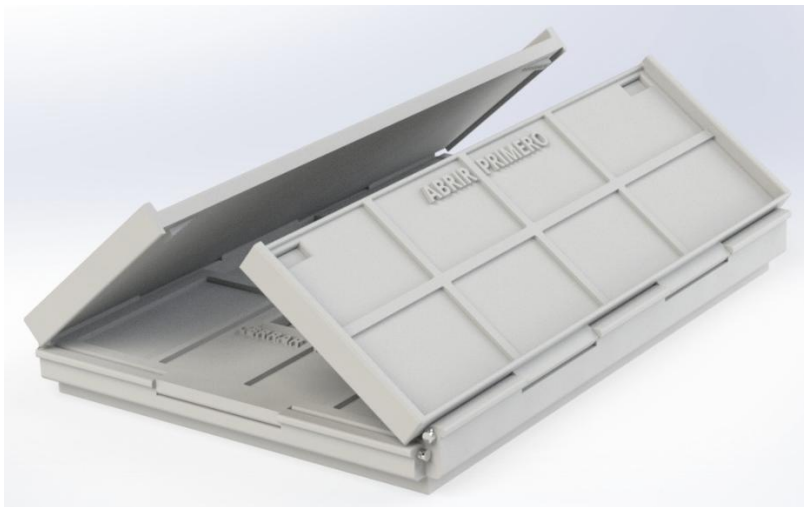


Figura 53: Imagen de canastilla cerrada.



Figura 54: Imagen de pie de enclavamiento inferior para apilar cuando la canastilla está abierta.

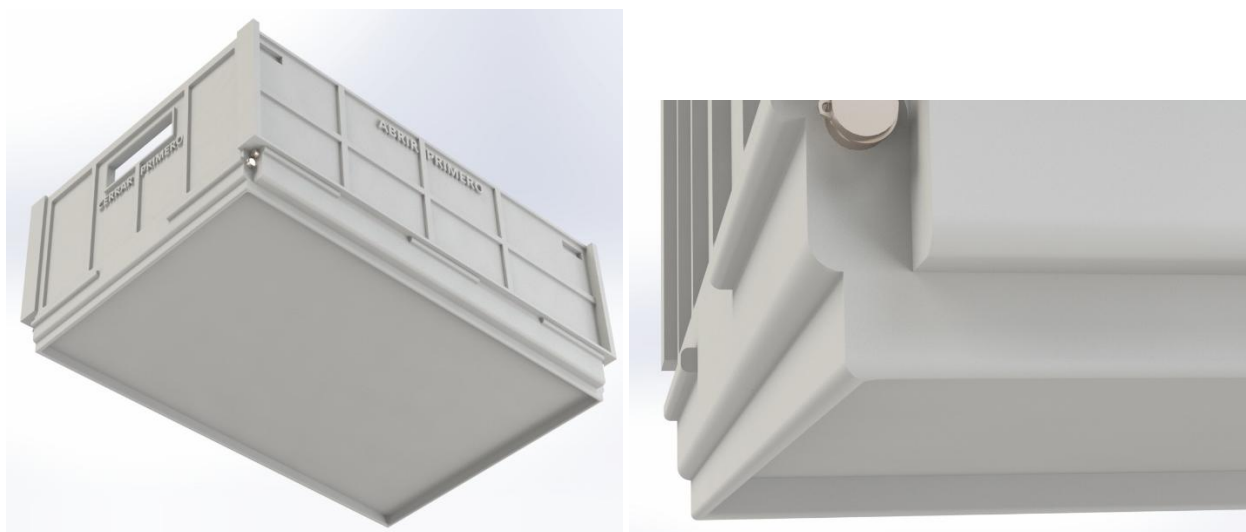


Figura 55: Imagen de pie de enclavamiento superior para apilar cuando la canastilla está cerrada.

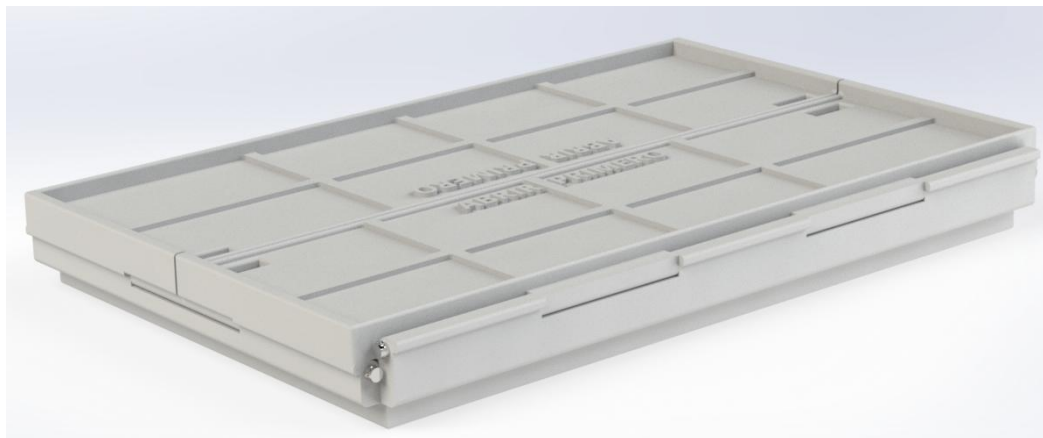
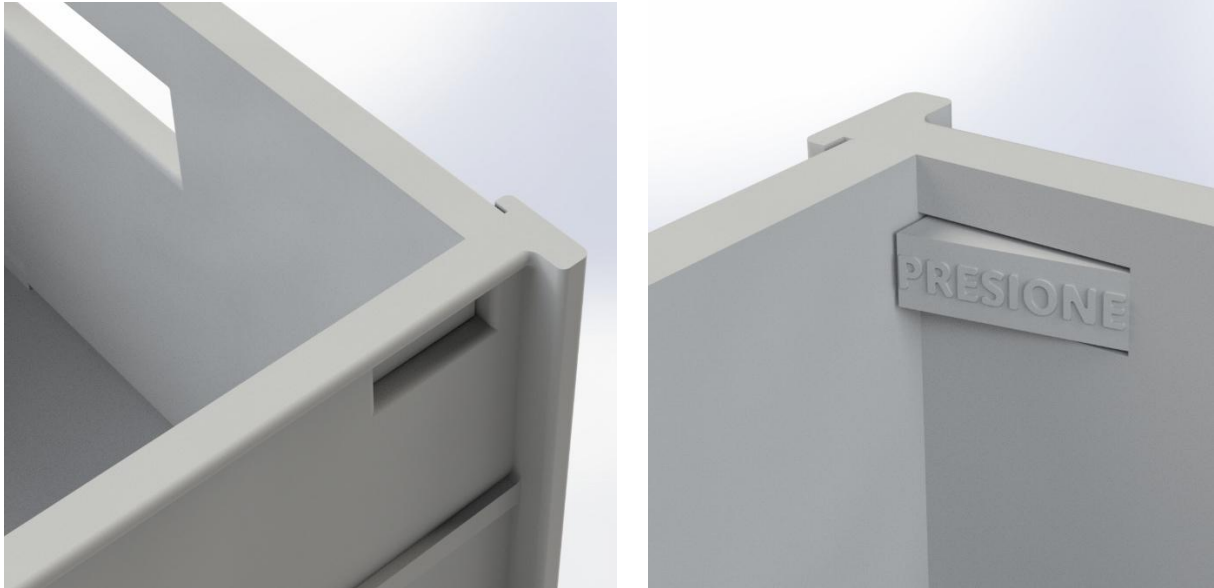


Figura 56: Imagen de las bisagras de la canastilla y límite.



Figura 57: Imagen del mecanismo de cierre de las puertas.



El mecanismo de cierre funciona a partir de un ajuste a presión, en donde la extrusión en la cara interna del lateral se deforma y vuelve a su posición, bloqueando las partes sin necesidad de tornillos ni adhesivos. Este mecanismo es posible por el uso de plástico en el material, lo que permite la elasticidad del material en cierta medida. Esta geometría proporciona un bloqueo redundante y auto-asegurado, resistente a vibraciones y golpes, además es compatible con procesos de moldeo y los requisitos higiénicos.

Figura 58: Imagen de ergonomía de las asas.



Es relevante mencionar que la señaletica en relieve que se encuentran en las caras laterales y en el mecanismo de cierre están diseñadas con algunos estudios sobre la legibilidad del texto, donde se menciona que se debe tener en cuenta que no sobrepase el grosor del material y que es preferible evitar bordes filosos (GPI, 2009) (Gelston, 2016).

Por otro lado, la propuesta final de la canastilla tiene un peso aproximado de 6 kg, cumpliendo con el requerimiento para su funcionalidad.

Beneficios de la propuesta

Desde una vista ambiental, la canastilla plegable está diseñada a partir de un material reciclado, teniendo en cuenta los desechos de la empresa Power Milk, por una parte, está el desecho orgánico de lactosuero, el cual tiene un gran peso contaminante a las fuentes hídricas. Por lo mismo, la propuesta revaloriza los residuos lácteos de la empresa a partir del aprovechamiento del residuo para la generación de un bioplástico, dando una segunda vida útil al subproducto, reduciendo su impacto ambiental. Por otro lado, el material de la propuesta integra los residuos de plástico de PEBD, contribuyendo a la economía circular al transformar los desechos internos en

un nuevo producto. Además, disminuye la extracción de materiales plásticos vírgenes, disminuyendo las emisiones de CO₂ en el proceso de fabricación, aportando un ahorro al uso de un plástico reciclado. Adicional a eso, para el desarrollo del material se incluyó el almidón de papa, el cual aporta a una cadena de valor circular, ya que como se mencionó anteriormente, Nariño es uno de los departamentos papeiros líderes del país, con ello, se transforma los desechos locales en un nuevo producto, aportando a la economía circular de la región.

El material contiene una fracción importante de componentes naturales lo que aporta biodegradabilidad al material. Aun así, el material tiene contenido de PEBD, lo cual resulta en un material parcialmente biodegradable, en donde la porción orgánica ayuda a que se degrada más fácil que un plástico convencional. Además de emplear componentes biodegradables, el material no involucra aditivos tóxicos, utiliza el PEBD y sustancias reconocidas (almidón, suero), lo que facilita el cumplimiento de normativa para materiales en contacto con alimentos.

Por otra parte, el enfoque del diseño de la canastilla y el desarrollo del material permite una alta durabilidad, lo que implica menos reemplazos, disminuyendo la generación de desechos.

Desde una vista de la ergonomía, la canastilla incluye asas cómodas y amplias, lo que permite levantar y manipular fácilmente las canastillas, con un agarre (con redondeos) seguro en varias posiciones, y distribuye la carga en manos y brazos, protegiendo la salud física del operario. El diseño suprime las rejillas que tiene la canastilla convencional, lo que disminuye los cortes a los operarios. El peso de la canastilla, al ser con un bioplástico, es liviano, lo que permite que la canastilla sea cargada cómodamente y reduce el esfuerzo físico y la fatiga en la manipulación. El material bioplástico eliminar bordes cortantes, evitando riesgos de cortaduras al manipular la canastilla.

Desde la parte higiénica y sanitaria, al tener superficies lisas, con redondeos y no porosas, facilita la limpieza, lo que evita la contaminación y proliferación de microorganismos. El diseño de la canastilla permite lavarla a alta presión y desinfectarse sin dificultad. De igual forma, al ser un material plástico, permite que no absorba agua ni restos de alimentos, permitiendo una desinfección completa. El material no se corroe ni degrada en ambientes húmedos, resiste el agua y detergentes industriales de limpieza. Así mismo, soporta variaciones de temperatura y la exposición constante a líquidos provenientes del queso. Lo que conlleva, a evitar deformaciones en el material y la proliferación de microorganismos. Además, los componentes del bioplástico son biocompatibles para alimentos, sin aportar sabor ni contaminantes.

Desde la perspectiva productiva, debido al uso de compatibilizantes y almidón, el biocompuesto tiene módulos de tracción y rigidez elevados, lo que le da una solidez estructural y permite un periodo de uso largo, ayudando a reducir la frecuencia de cambio y el costo de reposición. En la práctica, soporta cargar y vibraciones sin deformarse, lo que garantiza estabilidad a los quesos durante su transporte y almacenamiento. El diseño de la canastilla reforzado que le da estructura (base sólida y paredes acanaladas), permite que se puedan apilar y soportar peso sin inclinarse ni caerse. A partir del diseño de modularidad de la canastilla permite adaptar fácilmente la capacidad del almacenamiento en la planta, de igual forma, el ensamblaje de la canastilla permite que se pueda hacer reparaciones ante daños sin necesidad de desechar toda la canastilla. La parte productiva por parte de los operarios es eficiente con las canastillas porque permite que las acciones se realicen de forma más eficiente, sobre todo en el caso de transportar las canastillas vacías, con la posibilidad de almacenar y mover mayor cantidad en menos espacio.

En los beneficios logísticos de la canastilla, está el principio de apilabilidad, en donde la canastilla se puede apilar de forma segura unas con otras sin ningún riesgo, lo que ayuda a

optimizar el almacenamiento y transporte de los productos, además cuenta con redondeos en el pie de enclavamiento superior e inferior, lo que permite que encajen con mayor facilidad unas canastillas con otras. De la mano con lo anterior, la canastilla cuenta con la plegabilidad y mantiene su apilabilidad, en consecuencia, las canastillas vacías pueden apilarse compactamente, reduciendo drásticamente el volumen ocupado, lo que conlleva a que se mejore la eficiencia en el manejo y por consiguiente se baja el costo logístico. Para los operarios, la canastilla cuenta con ligereza y manejabilidad que permiten su uso por un solo operario sin ayuda, agilizando los procesos y reduciendo el gasto en mano de obra. Al mantener dimensiones de una canastilla convencional, permite que se integren en diferentes espacios y equipos (montacargas, estanterías, rodillos, estibas), lo que ayuda a optimizar la descarga y traslado del producto.

Desde el diseño industrial, la propuesta de canastilla plegable tiene una forma optimizada que permite maximizar el volumen útil y permite la ventilación, así mismo, facilita el flujo de líquidos y aire. La canastilla se puede personalizar, aplicando diferentes colores y agregar etiquetas necesarias por parte de la empresa, agregando un valor de identidad de marca. La versatilidad y multipropósito de la canastilla es para su aplicación en otros sectores fuera de las queserías. Su diseño versátil y resistente es útil para otras áreas en relación a frutas, vegetales y entre otros, cumpliendo la función de transporte y almacenamiento. Como se mencionaba anteriormente, el ensamblaje de la canastilla permite la reparación en caso de daños a partir de soldadura de plástico o pegado con resinas. Así mismo, el diseño cuenta con los laterales paralelos de las mismas características, por lo que al fabricarse es necesario solo dos moldes, lo que optimiza su proceso de fabricación y el reemplazo por separado si resultan dañados.

La canastilla cuenta con un diseño innovador y sostenible, usando un biopolímero innovador y un principio de plegabilidad. Todo ello, lleva a un beneficio para la empresa en cuanto

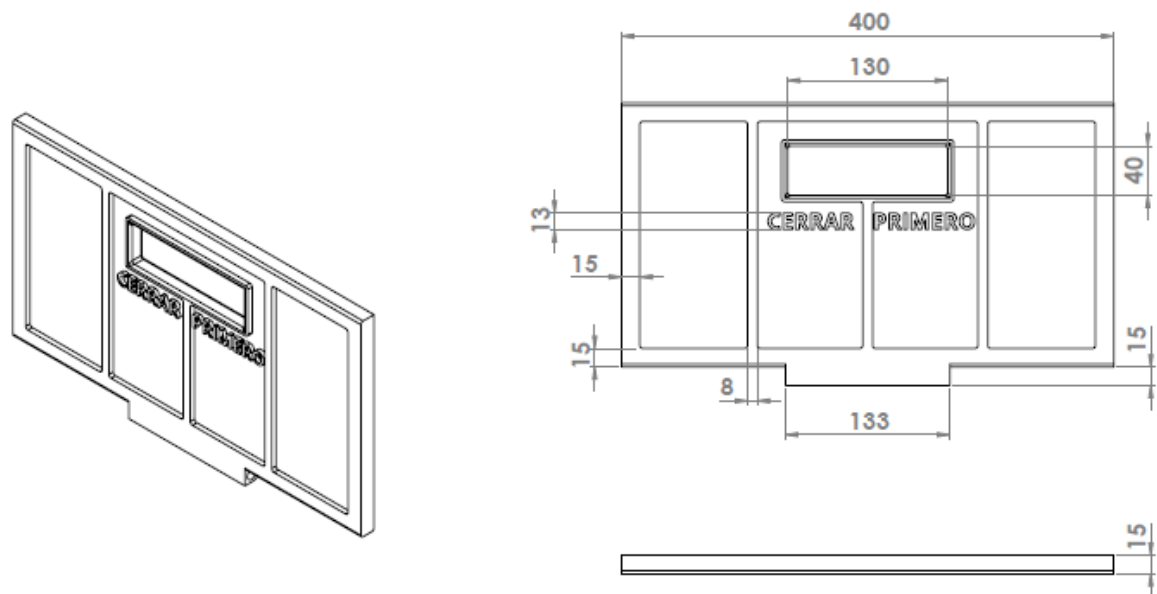
a sostenibilidad, pero, también, en un marketing y aceptación social, alineándose a las tendencias actuales de economía circular y ecodiseño.

En conclusión, la canastilla plegable permite: eficiencia en el manejo de los productos, organizar, trasladar y almacenar los quesos, facilitar procesos logísticos, minimizar riesgos de contaminación a la salud humana, de igual forma, incluye ventajas ergonómicas e higiénicas, facilita la limpieza y desinfección, permite la apilabilidad para contener mayores volúmenes, su diseño plegable ayuda a la logística y eficiencia de espacio en la empresa, su modularidad y reparabilidad prolonga su vida útil. Además, la generación de un biopolímero con los mismos desechos internos de la empresa, es una solución que aporta una revalorización a los residuos con alto impacto ambiental, contribuyendo a la economía circular y a la sostenibilidad. En definitiva, el proyecto evidencia como desde el diseño industria se pueden integrar soluciones innovadoras, sostenibles y funcionales que respondan a necesidades reales del sector alimentario.

Planos de componentes

Es importante tener en cuenta todas las medidas de cada componente, para ello se presentan los planos de cada componente.

Figura 59: Plano componente “lateral 1”.



Nota: Medidas en mm.

Figura 60: Plano componente "lateral 2".

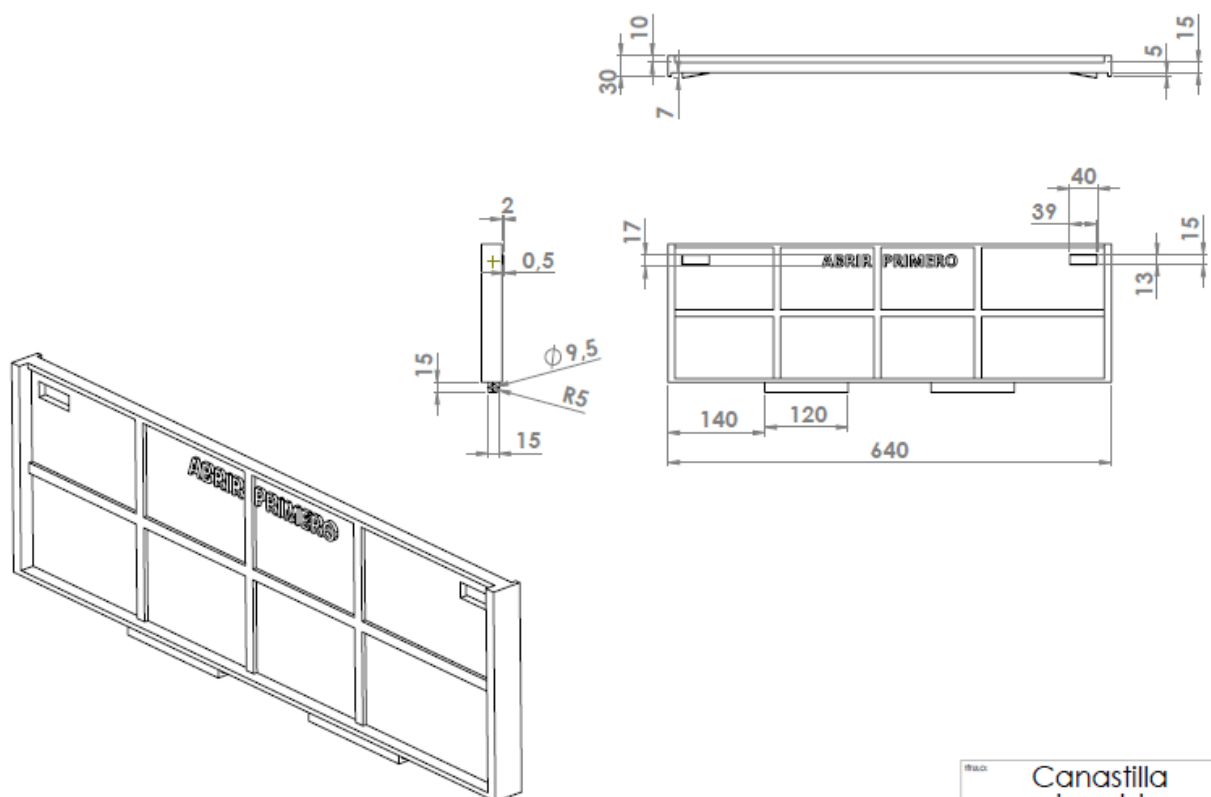
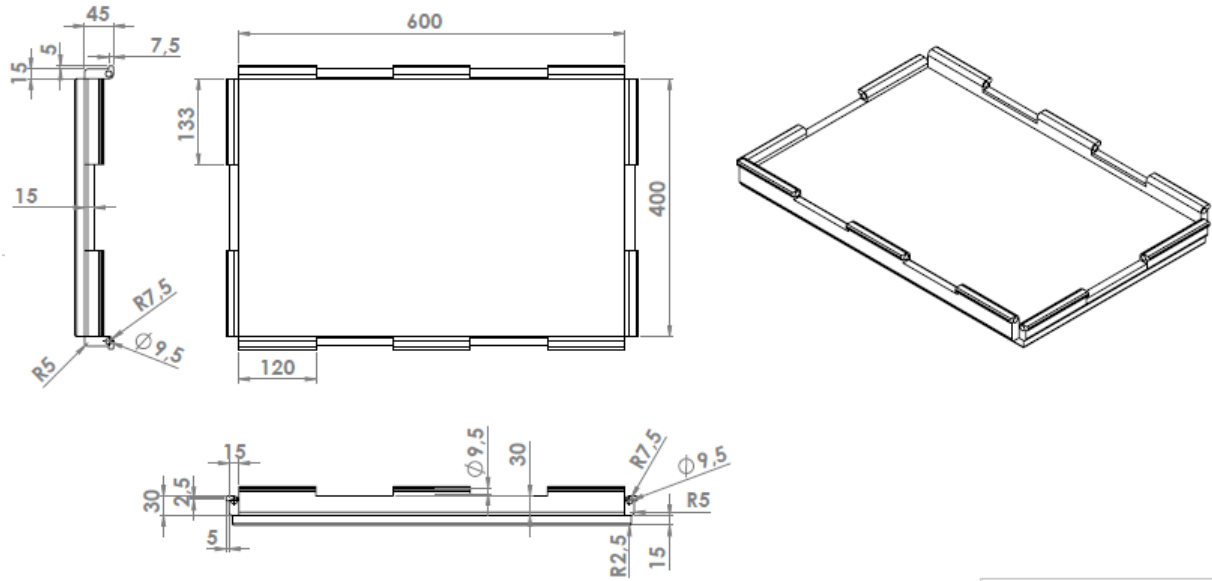


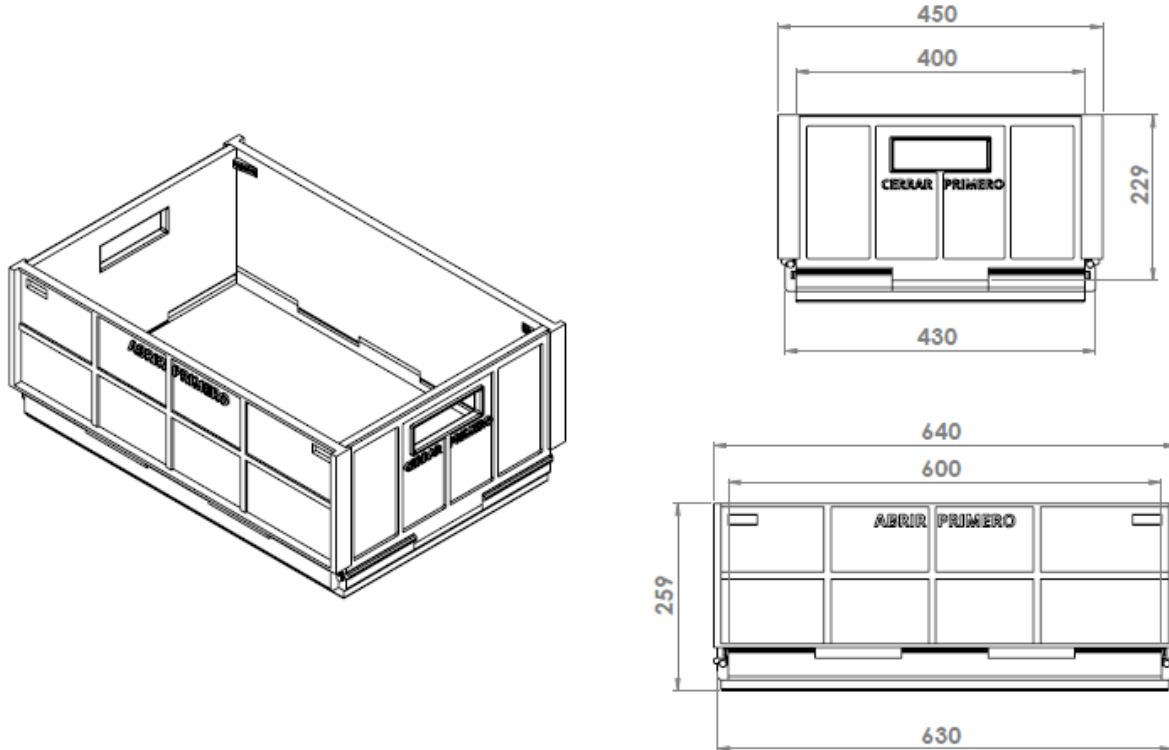
Figura 61: Plano componente “base”.



Nota: Medidas en mm.

Por ultimo, es importante un plano de la canastilla plegable armada, lo que permite verificar las medidas estandar de una canastilla convencional, uno de los factores relevantes en su diseño.

Figura 62: Plano de canastilla plegable armada.



Nota: Medidas en mm.

Producción

Es elemental tener en cuenta el proceso de producción para el diseño, es por ello que la canastilla plegable cuenta con la facilidad de que sus piezas son iguales, lo que facilita la producción. El proceso de producción se enumera en el siguiente orden:

- Preparación del biocompuesto, este proceso ya se explica en el apartado anterior.
- Fabricación de las piezas. Para el desarrollo de la canastilla se realiza un moldeo por compresión, un proceso que permite obtener paredes gruesas. Lo ideal es que el molde se desarrolle en acero, la sugerencia es el acero AISI 4140 rectificado. Este molde debe contar con todos los detalles de los diferentes componentes. El proceso de producción empieza al verter la cantidad exacta del biocompuesto, un precalentamiento del molde a 150-170°C,

luego se aplica presión según el espesor, se mantiene la temperatura y, por último, se enfría el molde con agua o aire y se expulsa la pieza por eyector o extracción manual.

- Acabados post-moldeo: En esta parte de la producción se dedica al recorte de rebabas, taladrar los ejes y la inserción de refuerzos si es necesario.
- Ensamble final: Se construyen las bisagras y el punto de ajuste de los ejes puede ser con soldadura por punto o con arandelas. Luego, se comprueba la plegabilidad tanto para las paredes como para el mecanismo.
- Control de calidad: Es importante revisar: las medidas, la alineación de las bisagras, ensayo de carga, ensayo de plegado, ensayo de impacto, bordes lisos y redondeados, ausencia de poros visibles y superficies aptas para limpieza.
- Empaque y almacenamiento: Para finalizar con el proceso de producción, se empacan en racks o estibas para despacho.

Secuencia de uso

La canastilla tiene diferentes combinaciones que son necesarias detallarlas a partir del uso. Por ello, se realiza una secuencia de uso para las diferentes combinaciones y se muestran a continuación.

Figura 63: Secuencia de uso para plegabilidad.

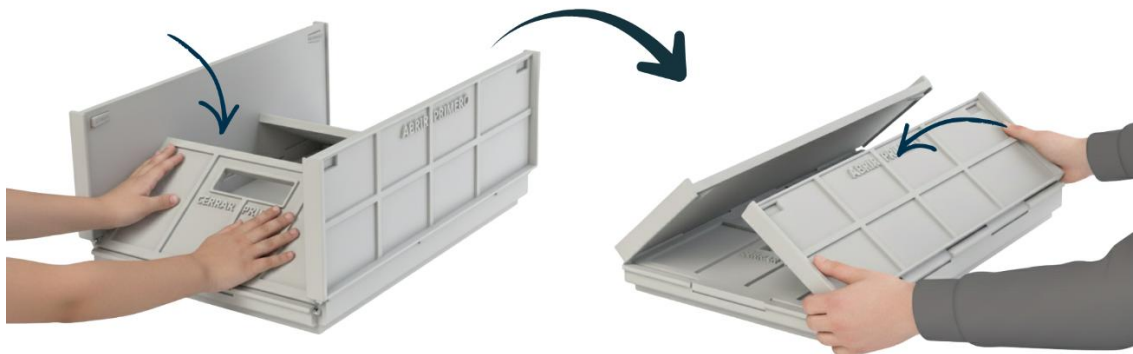


Figura 64: Uso del mecanismo de cierre.



Las otras actividades de la canastilla son con respecto al pie de enclavamiento superior e inferior, los cuales funcionan de la misma forma que las canastillas convencionales.

Simulación en impresión 3D

Para el desarrollo del prototipo de la canastilla plegable, se realizó una simulación en impresión 3D. Los primeros prototipos se desarrollaron en aproximación sin algunos ajustes finales al prototipo final. Así mismo, se realizaron tolerancias de 1 mm por lado a cada parte del diseño, incluyendo perforaciones y extrucciones.

El primer prototipo fue hecho en PLA a una escala del 20% del tamaño real, teniendo una escala de 1:5. El prototipo quedó sin ajustes como los redondeos, sin el pie de enclavamiento superior e inferior para apilabilidad. El desarrollo fue rápido y sin ajustes finales para hacer un acercamiento a la realidad y poder definir cambios. Para la funcionalidad del prototipo se usó alambre para las bisagras.

Figura 65: Imagen del primer prototipo en impresión 3D a escala 1:5.

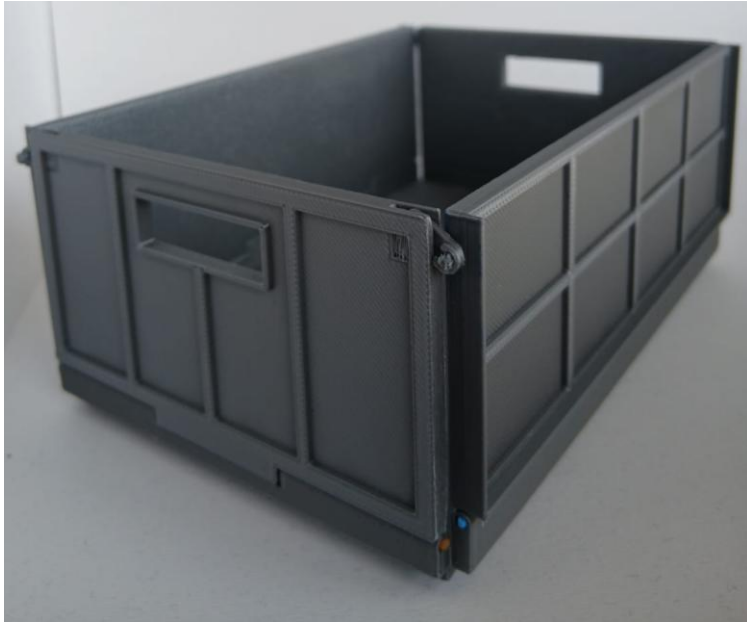


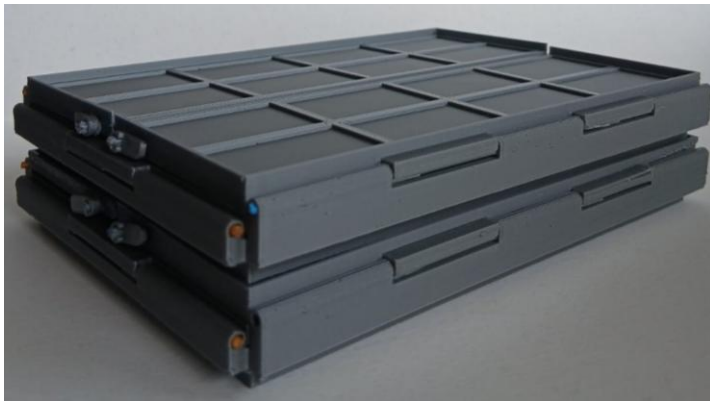


Este prototipo permitio visualizar algunas falencias que se cambiaron y dieron resultado al prototipo final que se visualizo en las figuras 48 a 55.

El segundo prototipo en impresión se realizo en PLA, al 25% del tamaño, teniendo una escala de 1:4. En este prototipo cuenta con el mecanismo anterior al diseño final, el cual en la escala estaba funcional. Por cuestiones de seguridad y eficiencia en el mecanismo se lo cambio al resultado que se visualizo en las figuras 48 a 55. Aun así, es relevante visualizar como la propuesta estaba en un punto positivo antes de la final que es más eficiente y funcional. Por otro lado, se realizaron dos impresiones iguales del prototipo para los fines de demostrar la funcionalidad de apilabilidad.

Figura 66: Imagen de segundo prototipo en impresión 3D a escala 1:4.





El tercer y ultimo prototipo que se realizo en impresión 3D, es el final. Este prototipo cuenta con todos los ajustes finales de la canastilla plegable y con el cambio y funcionamiento del mecanismo. El prototipo se realizó en PLA al 25% del tamaño real, teniendo una escala de 1:4.

Figura 67: Imagen de tercer prototipo en impresión 3D a escala 1:4.



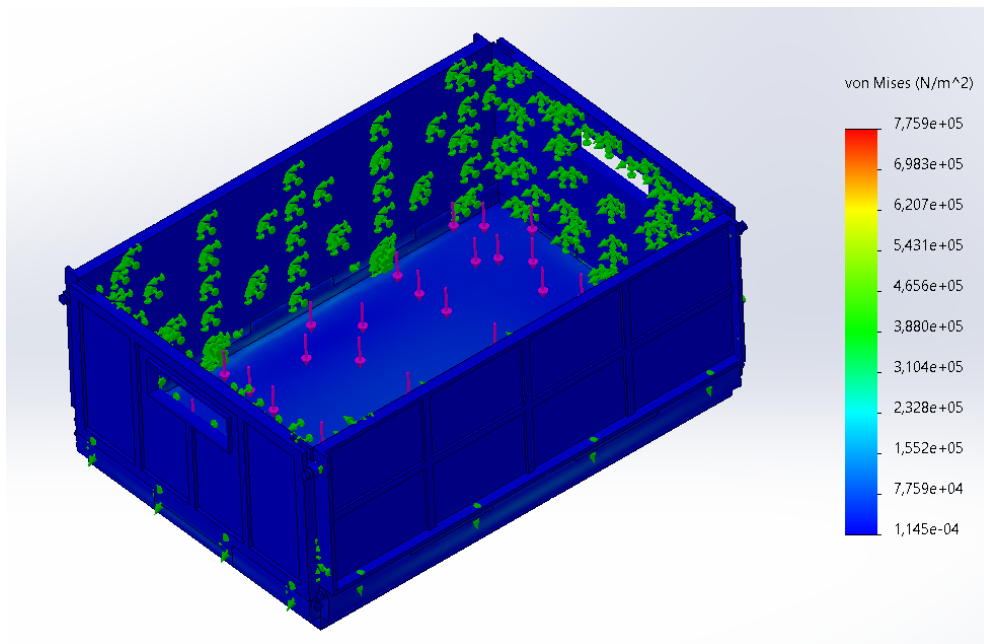


Validación

La propuesta de diseño se puede validar en cuanto a su función de plegabilidad a partir de la impresión 3D, lo que ha dado resultados positivos, en donde el diseño cumple con la función y por consiguiente con la necesidad del usuario.

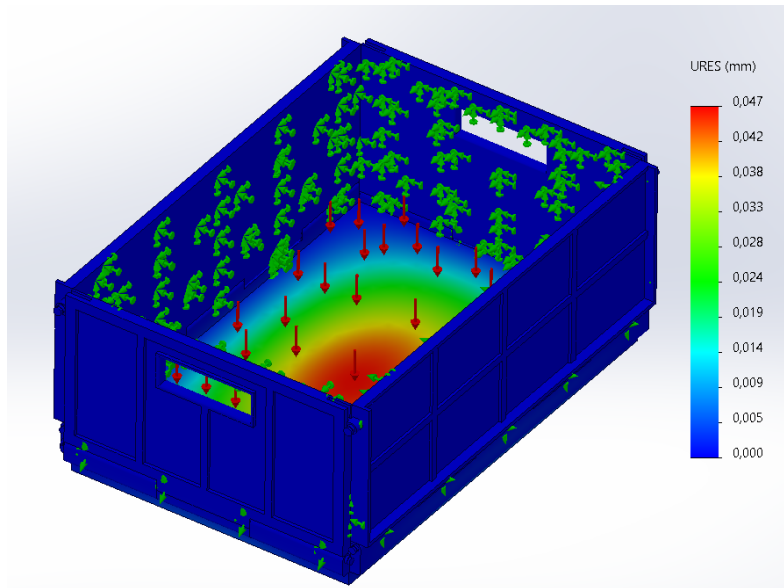
Por otro lado, para la validación de pesos, se tuvo en cuenta los resultados del material, en donde mantiene las propiedades mecánicas del PEBD con un rango de diferencia de 1-2 unidades dependiendo de la propiedad. Así mismo, se realizaron pruebas de análisis de estudio en el programa de SolidWorks, en donde se generaron los resultados que se indican a continuación.

Figura 68: Imagen de resultado de análisis de tensión en estudio de la canastilla.



Para el estudio se le aplicó una carga de 40 kg, dando un resultado positivo, donde no hay puntos en riesgo que se refleje en color rojo, únicamente se refleja el color azul siendo un resultado positivo, lo que demuestra que puede soportar mayor peso.

Figura 69: Imagen de resultado de análisis de desplazamiento.



La imagen anterior demuestra que el mayor foco de desplazamiento por la carga que se somete es en el punto central de la base de la canastilla, pero no se genera ninguna deformación ni nada por el estilo, y en los valores del lado derecho se ven los valores, los cuales son bajos. Todo ello refleja la eficiencia de la canastilla.

Simulación de aplicación

A partir del modelado y los renders, se hacen montajes en las diferentes situaciones que se pueden encontrar las canastillas.

Figura 70: Imagen de montaje de canastilla con operario y producto de Power Milk.



Figura 71: Imagen de montaje de canastilla en almacén.



Figura 72: Imagen de montaje aproximado al material implementado en la canastilla en el color original.



Es importante resaltar que la imagen anterior es acercamiento sencillo, al tener un prototipo final real, el material se vería diferente, sobre todo el tamaño de las partículas de PEBD triturado, viéndose realmente más pequeñas que en la imagen anterior.

Figura 73: Imagen de montaje aproximado al material implementado en la canastilla en un color diferente.



Costos

Como se definió anteriormente en la introducción a la propuesta, el eje de la bisagra de la canastilla puede ser por dos métodos, uno, con acero inoxidable, y otro, con el mismo biopolímero. Estas dos opciones dan dos costos diferentes, los cuales se especifican a continuación. Por otro lado, es importante sacar diferentes costos con respecto al molde para la producción y con las cantidades de producción en serio desde 100 hasta 5000 unidades, todo eso se presenta a continuación.

Nota 1: En los costos no se tuvo en cuenta el PEBD y el lactosuero por lo que ya se cuenta con ello.

Nota 2: Los precios se establecen en COP.

Para empezar, es necesario tener en cuenta el molde de las partes de la canastilla.

Figura 74: Tabla de costo de molde.

COSTO DEL MOLDE	
Acero P20	
Supuesto herramental	40.000.000
Amortizar el molde	
100 unid	400.000
500 unid	80.000
1000 unid	40.000
5000 unid	8.000

Para el desarrollo del molde se estima que su material sea con acero P20 (AISI P20), debido a que el material estándar mundial para moldes de inyección, compresión y termoformado de

plásticos. Entre sus ventajas esta que soporta ciclos repetidos sin deformación, se mecaniza bien, sirve para moldes grandes y permite grabados de señalética en relieve o bajo relieve.

Para el costo del molde se plantea amortizar el valor dependiendo de la cantidad que se produzca para que gradualmente se compense el valor total del costo.

Con el precio del molde presente, se tomaron dos caminos diferentes, el primero en donde se tiene el molde pagado y el otro donde se amortiza el molde. A continuación, se presentan los dos casos por separado.

Figura 75: Tabla de costos para la canastilla contando con el molde (suposición).

COSTOS POR UNIDAD CON MOLDE					
Biopolímero					
Peso: 6 kg					
Aditivos		Operativos			
		Lote pequeño		Lote en serie	
Compatibilizante 3% = 0,1824 kg	2.918	Aditivos	4.380	Aditivos	4.380
Glicerol 5% = 0,3040 kg	1.459	Procesado	20.000	Procesado	6.000
		Mano de obra	10.000	Mano de obra	4.800
		Embalaje	4.000	Embalaje	2.400
		Pruebas	8.000	Pruebas	2.000
TOTAL	4.377	TOTAL	46.380	TOTAL	19.580

Este primer costo de la canastilla por unidad da como resultado que en un caso de un lote pequeño de producción el valor final es de **\$46.380 COP**, y para un lote en serie el valor final es de **\$19.580 COP**. Esta primera visualización del costo final revela que aparte de los beneficios operativos y ambientales de la canastilla también tiene un gran beneficio económico.

El siguiente caso es el del costo por unidad incluyendo la amortización del molde, teniendo en cuenta que se puede realizar desde 100 hasta 5000 unidades. Este costo se evidencia a continuación.

Figura 76: Tabla de costos para la canastilla incluyendo amortización de molde.

COSTO FINAL POR UNIDAD INCLUYENDO MOLDE			
Lote 100 unid		Lote 500 unid	
Base	19.580	Base	19.580
Amortización molde	400.000	Amortización molde	80.000
TOTAL	419.580	TOTAL	99.580

COSTO FINAL POR UNIDAD INCLUYENDO MOLDE			
Lote 1000 unid		Lote 5000 unid	
Base	19.580	Base	19.580
Amortización molde	40.000	Amortización molde	8.000
TOTAL	59.580	TOTAL	27.580

Por último, es importante incluir los costos con respecto a la sugerencia de que los ejes pasantes de las bisagras sean en acero inoxidable. En estos costos se plantea con los dos resultados anteriores: con y sin amortización del molde.

Figura 77: Tabla de costos por unidad de biopolímero y ejes metálicos.

COSTOS POR UNIDAD				
Biopolímero + ejes metálicos				
Con amortización molde			Sin amortización molde	
Base	19.580		Base	19.580
Ejes + mecanizado	142.560		Ejes + mecanizado	142.560
Amortizar molde				
100 unid	5000 unid			
400.000	27.580			
TOTAL	562.140	189.720		162.140

La opción de que la canastilla cuente con los ejes en acero inoxidable, es con el fin de aumentar mucho más la resistencia que tiene la canastilla plegable, no es algo completamente necesario. A partir de lo anterior, los ejes de acero inoxidable pueden ser de diferentes referencias, en este caso se tomó dos referencias: AISI 430 y AISI 304/316. La primera referencia es un acero más económico pero un poco menor en resistencia a la corrosión. La segunda referencia esta

enlazada, teniendo la 304 y la 316, son referencias similares que dan como resultado un acero muy resistente. Por último, es importante tener en cuenta el peso que agregan los ejes de acero inoxidable a la canastilla, siendo unos 1-2 kg extras aproximadamente.

Figura 78: Tabla de resumen de costos.

COSTOS POR UNIDAD GENERAL				
Biopolímero	Molde		Biopolimero + ejes metálicos	
Lote en serie	100 unid	5000 unid	Con molde	Sin molde
19.580	419.580	27.580	189.720	162.140

Para finalizar, es importante tener en cuenta las canastillas convencionales para poder tener una estimación concreta del beneficio de la canastilla plegable, para ello, se tomaron dos muestras de diferentes canastillas, las cuales se indican a continuación.

Figura 79: Imagen de referencia de canastillas convencionales en el mercado.

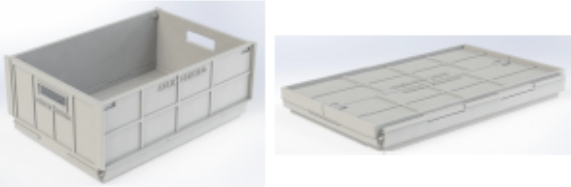


Las referencias presentan el costo de cada version de canastilla plastica. A partir de las referencias se puede concluir como la canastilla plegable de este proyecto, es viable economicamente con respecto al mercado actual, teniendo que la canastilla del proyecto tiene un valor aproximado y seleccionado personalmente de **\$27.580 COP**, y en el mercado esta entre **\$26.384 – 34.900 COP**. De igual forma, es importante resaltar que la canastilla del proyecto tiene muchos factores que benefician al consumidor, agregandole valor, el cual economicamente no se ve reflejado, dando resultado a un producto viable en todos los sentidos.

Comparativa

Es importante tener en cuenta las referencias que existen actualmente en el mercado. Para hacer una perspectiva acorde a la situación en la que se desarrolló la propuesta, se tiene en cuenta la canastilla convencional con rejilla. Se tienen en cuenta diferentes aspectos para la respectiva comparación. Se desarrollo una matriz comparativa que se indica a continuación.

Figura 80: Matriz comparativa de canastillas.

Comparativa		
Aspecto	Canastilla convencional	Canastilla plegable
		
Material	PP Y PEAD virgen	Biopolímero
Peso	2.5 - 5 kg	~ 6 kg
Espesor	6 - 12 mm	15 mm
Rigidez	Moderado	Mayor rigidez por carga orgánica y compatibilización
Resistencia al impacto	Buena	Buena
Peso máximo soportado	Alto (según diseño)	Alto
Higiene	Superficie lisa, fácil de limpiar	Superficie lisa; fácil de limpiar y desinfectar
Ergonomía	Asas estándar, peso variable	Asas diseñadas ergonómicamente, peso cómodo para una persona
Seguridad de manipulación	Bordes filudos, rejillas dañinas	Bordes redondeados, sin agujeros
Modularidad	Fijas	Plegable y modular, ahorra espacio en vacío, fácil ensamblaje
Reparabilidad	Difícil (pieza única), normalmente se sustituye	Estandarización (reemplazo fácil), reparaciones localizables, soldadura plástica posible
Biodegradabilidad	No biodegradable	Biodegradabilidad parcial, degradación más rápida
Impacto ambiental	Todo el ciclo de vida contamina	Aprovecha desechos, disminuye uso de plástico virgen, menor huella de CO2 en su ciclo de vida
Costo materia prima	PP Y PEAD virgen=costo alto	Material mixto y de residuos: más barato
Costo inicial de molde	Molde inyección (una totalidad) =costo alto	Molde simplificado (piezas iguales)= menor costo
Compatibilidad logística	Estándar	Diseñada con dimensiones y encajes estándar
Versatilidad de aplicaciones	Principalmente alimentarios	Multiuso: alimentarios, industria ligera
Marketing	Bajo	Alto por valor añadido a economía circular y ecodiseño
Beneficios locales	Limitados	Valoriza residuos regionales

Proyección

Es importante que ante cualquier diseño se fije un proyecto a futuro de lo que se puede convertir, es por eso, que en este capítulo se menciona cual es esa proyección con la canastilla plegable.

Para empezar la primera proyección en cuanto a la durabilidad de la canastilla es con respecto a los ejes pasadores de las bisagras, como se mencionaba anteriormente, estos ejes se pueden usar con el mismo material (biocompuesto) o con acero inoxidable, lo que permite que se desarrollen dos caminos diferentes con respecto a la durabilidad de la canastilla. En ambos casos, la durabilidad es mejor que con una canastilla convencional, pero en cuanto al acero es mucho mayor.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el foco del desarrollo de la propuesta fue la extensa cantidad de contaminación de los plásticos, es coherente que la propuesta no contribuya a la misma contaminación. Sería absurdo dar por hecho que la canastilla nunca se va a dañar o nunca va a dejar de estar en un ciclo activo de uso, en algún momento va a terminar su ciclo de vida útil, por ello, la propuesta es reciclable, lo que quiere decir que aparte de tener en cuenta su producción también tiene en cuenta su fin de vida.

El proceso de reciclaje de la canastilla plegable no es complicado, lo que favorece aún más la propuesta. El proceso de reciclaje se detalla a continuación.

Es importante tener en cuenta que el biocompuesto tiene dos partes: primero, la fracción plástica (PEBD), y segundo, la fracción orgánica (proteína de lactosuero + almidón). Para su reciclaje se puede por medio de tres opciones:

1. Reciclaje mecánico: El proceso es similar al que se hace con plásticos convencionales.

a. Proceso:

- i. Triturado: la canastilla se muele en escamas de 5-12 mm
- ii. Lavado + secado: El agua caliente elimina suciedad y restos orgánicos
- iii. Extrusión de regranulado: La mezcla pasa a una extrusora, donde: la fracción orgánica se carboniza parcialmente y la fracción de PEBD se funde y forma pellets nuevos.
- iv. Pelletización: Se obtiene un material reciclado reutilizable

b. Usos:

- i. Láminas gruesas
- ii. Canastillas para uso interno
- iii. Piezas de baja exigencia estructural
- iv. Rellenos o perfiles plásticos

2. Reciclaje químico: Este método convierte el PEBD en aceite o combustible.

a. Proceso:

- i. El PEBD se craquea, lo que genera aceite o monómeros recuperables
- ii. El suero y almidón se queman, lo que generan gases como CO₂

b. Usos:

- i. Centrales de pirólisis municipales
- ii. Empresas de valorización energética

3. Reciclaje por digestión (compost de la fracción orgánica)

a. Proceso:

- i. Se tritura la canastilla

- ii. Se degrada la porción orgánica al 20-40% según condiciones
- iii. La parte plástica queda intacta y puede recuperarse por tamizado
- b. Usos: Al recuperar la matriz plástica se puede usar como un plástico reciclado.

Nota: Toda la información anterior se sustenta con las siguientes referencias: (Anthony L. Andradý, 2015), (Salem, Lettieri, & Baeyens, 2009), (Chiellini, Corti, & Swift, 2003), (Butler, Devlin, & McDonnell, 2011), (Adamcová & Vaverková, 2014).

De los métodos anteriores, el que más se usa y se adapta a las posibilidades de la empresa es el método por reciclaje mecánico. Este método no es complejo y genera la posibilidad de construir diferentes soluciones implementando el resultado del material reciclado.

La canastilla forma parte de un negocio, lo que conlleva a proyectar la canastilla como un producto más a comercializar en el negocio. Esto surge a partir del sector industrial que se desarrolla en el municipio de Cumbal, en donde, hay una gran cantidad de empresas que en su mayoría usan plásticos y el más común es el PEBD. Este análisis, permite que se proyecte una recolección masiva en el sector de residuos plásticos para generar una producción amplia de canastillas plegables, lo que se convierte en una ganancia económica y ambiental. Teniendo en cuenta que se tendría el aporte de residuos plásticos, residuo de lactosuero y aporte económico dependiendo de la cantidad de residuos que se recolecten; se puede generar una proyección en la producción de 1000, 3000 y 5000 unidades de canastilla plegable con material reciclado, con ganancias del 10% y 20%. Estas unidades producidas son con el biopolímero y la amortización del molde. La cantidad de canastillas producidas y las ganancias económicas se dividirían entre las empresas que realizaron su aporte. Estas estimaciones de ganancias se evidencian a continuación.

Figura 81: Tabla de proyección de ganancias para comercialización de canastilla plegable.

COMERCIALIZACIÓN				
Producción		Ganancia		TOTAL
1000 unid	59.580	10%	5.958	5.958.000
		20%	11.916	11.916.000
3000 unid	32.913	10%	3.291,30	9.873.900
		20%	6.582,60	19.747.800
5000 unid	27.580	10%	2.758	13.790.000
		20%	5.516	27.580.000

Nota: Todos los valores están en moneda COP.

Los resultados anteriores demuestran como la canastilla puede generar grandes cantidades de ganancias al sector, desde las económicas hasta las ambientales que conlleva el producto. Todo esto se puede realizar desde el mismo sector que cuenta con las posibilidades productivas y económicas. Es importante mencionar que todo se puede llevar a un campo nacional, lo que tendría mayores resultados y un beneficio total al sector lácteo de Cumbal.

En conclusión, la proyección general de la canastilla plegable es que encaje en un modelo de economía circular realista, en donde aparte de integrarse al modelo desde su parte de producción por el desarrollo de un biocompuesto a partir de residuos, también se integra por medio de su reciclaje cuando acabe su vida útil y, por último, se integra a un modelo económico de comercialización regional y nacional, beneficiando al sector local. Todo esto demuestra como la propuesta es productiva, ambiental y económicamente viable.

Conclusiones

A lo largo del proyecto se evidencio como la industria láctea de Cumbal presenta dos grandes retos: la generación constante de residuos de PEBD y lactosuero, y el deterioro frecuente de las canastillas plásticas, teniendo efectos negativos en la parte económica, ambiental y social. Esta situación evidencia como las empresas del territorio necesitan alternativas eficientes, coherentes con su contexto y sus capacidades reales. La investigación demostró que desde el diseño industrial se puede crear un puente entre sostenibilidad y productividad. El uso de metodologías permitió entender la realidad de Power Milk desde su interior, permitiendo formular una solución que integre funcionalidad, innovación, sostenibilidad y viabilidad técnica. El enfoque del proyecto permitió dar revalorización a los residuos, lo que lleva a la posibilidad de diferentes aplicaciones dentro y fuera de la industria láctea. El proyecto demuestra que es necesario avanzar hacia materiales más responsables, revelando que no es elemental el uso de tecnologías complejas o costosas, sino de aprovechar los mismos recursos y capacidades de pequeñas y medianas empresas.

Sobre esta base, la canastilla plegable surge como una solución integran que responden a las necesidades reales de Power Milk. Su diseño optimiza el espacio, reduce el desgaste estructural, facilita la limpieza y desinfección, mejora la logística y minimiza riesgos para los operarios. Además, cuenta con características esenciales como la de apilar y plegar, concede la posibilidad de personalizar y se integra con las practicas actuales de economía circular que la empresa necesita adoptar.

El proyecto demuestra como una transformación relativamente pequeña puede generar cambios significativos en los aspectos ambientales, sociales y económicos, por medio del

aprovechamiento de residuos, la disminución de cambios constantes de canastillas y la mejora de las condiciones de trabajo.

En síntesis, este proyecto evidencia que la sostenibilidad no es algo inalcanzable, es una oportunidad de innovar con sentido. La unión entre residuos locales, investigación técnica y diseño industrial, permitió generar una solución funcional, adaptable y alineada con los desafíos actuales de la industria láctea. En general, el proyecto refleja que repensar los residuos, no como un desecho sino como una posible materia prima, permite abrir la puerta a diferentes posibilidades de nuevos materiales, mejores productos y procesos más responsables.

Anexos



Informe
georreferenciación pl



acto-determinantes-A
mbiental-.pdf

Bibliografía

- A, D., S, R., L, A., G, C., & N, V. (2008). *Plan de acción en biodiversidad del departamento de Nariño 2006-2030*. Obtenido de <https://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/biodiversidad/parteI.pdf>
- Acevedo, P. J. (2017). *Prácticas ancestrales y sostenibles de pesca: la experiencia de los pescadores del corregimiento de Bazan - Nariño*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/14908>
- Adamcová, D., & Vaverková, M. (2014). *Biodegradation of degradable/biodegradable plastic material in controlled composting environment*. Obtenido de <https://www.pjoes.com/pdf-89338-23195?filename=23195.pdf>
- ADPI. (2023). *Whey Protein Concentrate Standard*. Obtenido de <https://adpi.org/ingredient-resources/whey-protein-concentrate/#:~:text=Definici%C3%B3n%20del%20producto,UU>.
- Ahúja, L. M. (2023). *Los plásticos y nuestro consumo responsable*. Obtenido de <https://blogsostenibilidad.tec.mx/es/vida-sostenible/los-plasticos-y-nuestro-consumo-responsable>
- Aimplas. (2020). *¿Qué son los bioplásticos?* Obtenido de <https://www.aimplas.es/blog/que-se-entiende-por-bioplasticos/>
- Aimplas. (2020). *Reciclaje biológico de plásticos*. Obtenido de <https://www.aimplas.es/blog/reciclaje-biologico-de-plasticos/>

Ainia. (2015). *Un polímero biodegradable hecho con suero de leche*. Obtenido de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Un-polimero-biodegradable-hecho-con-suero-de-leche#:~:text=Uno%20de%20los%20primeros%20resultados,pol%C3%ADmeros%20tradicionales%20procedentes%20del%20petr%C3%B3leo>

Alvarez, M. G. (2022). *Lactosuero: qué es y por qué tiene en problemas a empresas de lácteos*. Portafolio. Obtenido de <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/lactosuero-que-es-y-por-que-tiene-en-problemas-a-empresas-de-lacteos-568376>

Amaya, D. (s.f.). *Resolucion 2505 de 2004*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/238043662/Resolucion-2505-de-2004#:~:text=,vehculos%20y%20de%20ventilacin%20y>

ambiental, a. (2024). *Colombia toma medidas decisivas contra la contaminación plástica*. Obtenido de <https://www.aliadoambiental.com/colombia-toma-medidas-decisivas-contra-la-contaminacion-plastica/>

ANLA. (2022). *Ley 2232 de 2022 – Establecen medidas tendientes a la Reducción Gradual de la Producción y Consumo de Ciertos Productos Plásticos de un Solo Uso*. Obtenido de <https://www.anla.gov.co/07rediseureka2024/normativa/leyes/ley-2232-de-2022-establecen-medidas-tendientes-a-la-reduccion-gradual-de-la-produccion-y-consumo-de-ciertos-productos-plasticos-de-un-solo-uso>

Anthony L. Andrady, P. (2015). *Plastic and environmental sustainability*. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=YHamBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP13&dq=Andrady,+A.+L.+\(2015\).+Plastics+and+Environmental+Sustainability.+Wiley.&ots=rxSGHBWHtA&sig=O8r5GBMIH9C-](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=YHamBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP13&dq=Andrady,+A.+L.+(2015).+Plastics+and+Environmental+Sustainability.+Wiley.&ots=rxSGHBWHtA&sig=O8r5GBMIH9C-)

32nd4RPqz06KaUg#v=onepage&q=Andrady%2C%20A.%20L.%20(2015).%20Plastics
%20a

Aprender, A. p. (s.f.). *¿QUÉ SON LOS SUEROS LÁCTEOS?* Obtenido de
[https://www.alimentosparaaprender.gov.co/sites/default/files/2023-
10/3273_lactosueros.pdf](https://www.alimentosparaaprender.gov.co/sites/default/files/2023-10/3273_lactosueros.pdf)

Arias, A. (2022). Ruta del plástico: su fabricación. *La ruta del plástico: del bote de basura a los
ecosistemas marinos.*

Asegire. (s.f.). *20 empresas que apuestan por la economía circular.* Obtenido de
<https://asegire.com/20-empresas-que-apuestan-por-la-economia-circular/>

Atica. (2024). *Resolución 0853 de 2024: Un Nuevo Marco para la Gestión de Plásticos en
Colombia.* Obtenido de [https://www.atica.co/resolucion-0853-de-2024-un-nuevo-marco-
para-la-gestion-de-plasticos-en-colombia](https://www.atica.co/resolucion-0853-de-2024-un-nuevo-marco-para-la-gestion-de-plasticos-en-colombia)

Atica. (s.f.). *Conoce las etapas de la gestión integral de residuos sólidos y sus beneficios.* Obtenido
de [https://www.atica.co/etapas-de-la-gestion-integral-de-residuos-solidos-y-sus-
beneficios](https://www.atica.co/etapas-de-la-gestion-integral-de-residuos-solidos-y-sus-beneficios)

atomplast. (2025). *Canastos plasticos y la industria de alimentos.* Obtenido de
[https://atomplast.com.ar/canastos-plasticos-y-la-industria-de-
alimentos/#:~:text=,durante%20el%20almacenamiento%20y%20transporte](https://atomplast.com.ar/canastos-plasticos-y-la-industria-de-alimentos/#:~:text=,durante%20el%20almacenamiento%20y%20transporte)

Barba, V. (2015). *OBTENCIÓN DE Poli(Ácido Láctico) A PARTIR DE LACTOSUERO DE.*
Obtenido de [https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/00e02fd9-4930-
4989-8d02-](https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/00e02fd9-4930-4989-8d02-)

39f697fb712f/content#:~:text=ambiental%20cuando%20se%20descartan,catalizadores%2C%20%C3%B3xido%20de%20calcio%20y

Bassey, U., Sarquah, K., Hartmann, M., Tom, A.-o., Beck, G., Antwi, E., . . . Nelles, M. (2023). *Thermal treatment options for single-use, multilayered and composite waste plastics in Africa*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544223002669>

BBVA. (2025). *¿Qué es el reciclaje y por qué es importante reciclar?*

biopolymers, P. (2022). *Fabricación y producción de bioplásticos: todo lo que debes saber*. Obtenido de <https://primebiopol.com/fabricacion-y-produccion-de-bioplasticos-todo-lo-que-debes-saber/>

Bobadilla, M. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/227273442/Bernd-Lobach#:~:text=Bernd%20L%C3%B6bach-,Bernd%20L%C3%B6bach%20ve%20el%20proceso%20de%20dise%C3%B1o%20como%20un%20conjunto,de%20dise%C3%B1o%20de%20manera%20sistem%C3%A1tica>

Bogotá, A. (2006). *Resolución 5109 de 2005 Ministerio de la Protección Social*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?dt=S&i=122459>

Bogotanitas. (s.f.). *¿Qué es la contaminación ambiental?* Obtenido de [https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/que-es-la-contaminacion-ambiental#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20ambiental%20es%20la,tierra\)%20y%20contaminaci%C3%B3n%20del%20agua](https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/que-es-la-contaminacion-ambiental#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20ambiental%20es%20la,tierra)%20y%20contaminaci%C3%B3n%20del%20agua)

Bridge, D. (2023). *Métodos de reciclaje químico para convertir residuos plásticos en materia prima valiosa*. Obtenido de

https://www.databridgemarketresearch.com/es/articles/chemical-recycling-methods-to-convert-plastic-waste-into-valuable-feedstock?srsltid=AfmBOop2jbdtVhUAtp7HRrIIXA1sz2wb1OuuCFrypX2eTQo9a8zZX7_f&utm

Butler, E., Devlin, G., & McDonnell, K. (2011). *Waste Polyolefins to Liquid Fuels via Pyrolysis: Review of Commercial State-of-the-Art and Recent Laboratory Research*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/226754019_Waste_Polyolefins_to_Liquid_Fuels_via_Pyrolysis_Review_of_Commercial_State-of-the-Art_and_Recent_Laboratory_Research

Çakmak, H., Özselek, Y., Turan, O. Y., & Karbancioglu-Güler, E. F. (2020). *Whey protein isolate edible films incorporated with essential oils: Antimicrobial activity and barrier properties*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141391020302172>

Calvo, M. (s.f.). *PROTEINAS DEL LACTOSUERO*. Obtenido de <https://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/lactosuero.html>

Catalunya, G. d. (2019). *Microplásticos y nanoplásticos en la cadena*. Obtenido de https://acsa.gencat.cat/web/.content/_Publicacions/Informes-tecnics/comite_cientific_assessor/publis/nanoplastics/informeCCA-micro_nanoplasticos_ES051119ac-003.pdf

Cecar, I. (2012). *Reciclaje del polietileno de baja densidad*. Obtenido de <https://ingenieroscecar.blogspot.com/2012/03/reciclaje-del-polietileno-de-baja.html>

CECODES. (2024). *Impacto de la Ley de Prohibición de Plásticos en Colombia*. Obtenido de <https://www.cecodes.org.co/2024/07/09/impacto-de-la-ley-de-prohibicion-de-plasticos-en-colombia/>

Cempre. (s.f.). *Pacto por los plásticos - que es el pacto*. Obtenido de <https://cempre.org.co/pacto-plasticos/que-es-el-pacto/>

Chaudhary, V., Kajla, P., Kumari, P., Bangar, S. P., Rusu, A., Trif, M., & Lorenzo, J. M. (2022). *Milk protein-based active edible packaging for food applications: An eco-friendly approach*. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2022.942524/>

Chiellini, E., Corti, A., & Swift, G. (2003). *Biodegradation of thermally-oxidized, fragmented low-density polyethylenes*. Obtenido de <https://epi-global.org/wp-content/uploads/2023/04/Biodegradation-of-thermally-oxidized-fragmented-low-density-polyethylenes.pdf>

CL, U. (s.f.). *Diseño participativo o co-diseño*. Obtenido de <https://estudiosurbanos.uc.cl/guia-temas/disenio-participativo-o-co-diseno/>

Colombianosune. (s.f.). *Plan retorno*. Obtenido de <https://www.colombianosune.com/ejes/planretorno/productivos/cumbal>

Colprensa. (2022). *Nariño, un semillero de biodiversidad*. Obtenido de <https://cambiocolombia.com/articulo/la-fuerza-de-las-regiones/narino-un-semillero-de-biodiversidad>

Colprinter. (2024). *La ecoinnovación y el diseño de empaques sostenibles*. Obtenido de <https://www.colprinter.com/blog/ecoinnovacion-y-empaques-circulares-para-el-futuro>

Commission, E. E. (2018). *Plastics strategy*. Obtenido de https://environment.ec.europa.eu/strategy/plastics-strategy_en

Commission, E. E. (2020). *Circular economy action plan*. Obtenido de https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en

Contextoganadero. (2024). *El ICA unifica requisitos para la expedición de la Guía Sanitaria de Movilización Interna*. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/politica/el-ica-unifica-requisitos-para-la-expedicion-de-la-guia-sanitaria-de-movilizacion-interna>

Cuaspu, M. d. (2020). *PROPUESTA DE MANEJO ADECUADO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA ZONA URBANA Y CENTROS POBLADOS DE LOS RESGUARDOS INDÍGENAS DE CUMBAL, CHILES Y PANAN, DEL MUNICIPIO DE CUMBAL NARIÑO EN EL AÑO 2020*. Obtenido de <https://repositorio.usc.edu.co/server/api/core/bitstreams/077a94e5-94c5-4232-88ca-193cb981183c/content#:~:text=Para%20la%20fase%20de%20inversi%C3%B3n,la%20conservaci%C3%B3n%20del%20medio%20ambiente>

Ecoembes. (2021). *¿Qué es y cómo se recicla el polietileno de baja densidad?* Obtenido de <https://reducereutilizarecicla.org/que-es-y-como-se-recicla-el-polietileno-de-baja-densidad/>

Ecoembes. (2024). *Biodegradación. Cómo la naturaleza recicla por nosotros*. Obtenido de <https://reducereutilizarecicla.org/biodegradacion/>

Ecozema. (s.f.). *Biodegradabilidad y compostabilidad*. Obtenido de <https://www.ecozema.com/es/biodegradabilidad-y-compostabilidad/>

Elant. (2024). *¿Cuál es el proceso de lavado de plástico?* Obtenido de <https://es.elantmachine.com/what-is-the-process-of-plastic-washing/#:~:text=Una%20vez%20lavado%20previamente%2C%20el,la%20granulaci%C3%B3n%20o%20la%20extrusi%C3%B3n>

emprende, f. p. (s.f.). *Asociación de reciclaje Fénix*. Obtenido de <https://fundacionpacificoemprende.org/fenix/>

Envaselia. (2018). *Qué es el polietileno de baja densidad LDPE ó PEBD*. Obtenido de <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polietileno-de-baja-densidad-ldpe-o-pebd-id19.htm#:~:text=Aplicaciones%20y%20Usos,transparente%2C%20tanto%20dom%C3%A9stico%20como%20industrial>.

Envaselia. (2018). *Qué son los bioplásticos. Ventajas y Usos*. Obtenido de <https://www.ensavelia.com/blog/que-son-los-bioplasticos-ventajas-y-usos-id39.htm?utm>

ESE, P. S. (2021). *Promoción de prácticas amigables con el medio ambiente, mediante la cultura del reciclaje*. Obtenido de <https://pastosaludese.gov.co/site/participacion-ciudadana/noticias-de-interes/375-promocion-de-practicas-amigables-con-el-medio-ambiente-mediante-la-cultura-del-reciclaje>

Esupiñan, P., & Karolina, D. (2021). *Contaminación por basura marina y microplástico en puntos priorizados de suelos de manglar del municipio de San Andrés de Tumaco – Nariño*. Obtenido de

<https://repositorio.uniautonoma.edu.co/handle/123456789/336?show=full&utm>

Etzabide, A., Arregi, M., Cabezudo, S., Guerrero, P., & Caba, K. d. (2023). *Whey Protein Films for Sustainable Food Packaging: Effect of Incorporated Ascorbic Acid and Environmental Assessment*. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9863479/>

Eurofins. (2024). *Análisis de Ciclo de Vida (ACV): qué es y para qué sirve*. Obtenido de <https://www.eurofins-environment.es/es/analisis-de-ciclo-de-vida-que-es/>

Europe, P. R. (s.f.). *From Wrappers to Recycled Films*. Obtenido de https://www.plasticsrecyclers.eu/wp-content/uploads/2023/09/Factsheet_How-does-recycling-work_LDPE.pdf

Europea, C. (2023). *Más allá de los océanos: contaminación por plásticos en suelos y agua dulce*. Obtenido de <https://www.retema.es/actualidad/mas-alla-de-los-oceanos-contaminacion-por-plasticos-en-suelos-y-agua-dulce>

Europea, U. (2024). *¿Qué es el ecodiseño y para qué sirve?* Obtenido de <https://creativecampus.universidadeuropea.com/blog/que-es-ecodisenio/>

Europeo, P. (2018). *Microplásticos: causas, efectos y soluciones*. Obtenido de https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20181116STO19217/microplasticos-causas-efectos-y-soluciones#:~:text=Micropl%C3%A1sticos%20secundarios%20*%20Se%20originan%20a%20partir,micropl%C3%A1sticos%20que%20se%20encuentran%20en%20los%20oc%C3%A9anos.

Europeo, P. (2023). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. Obtenido de <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>

FAFP, & FEDEPAPA. (2023). *BOLETÍN REGIONAL Nariño*. Obtenido de <https://fedepapa.com/home/wp-content/uploads/2024/10/Regional-Narino.pdf>

FAO. (2023). *Salir del círculo vicioso del plástico en la agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/newsroom/story/Breaking-the-plastic-cycle-in-agriculture/es>

Fernández, R. (2024). *La industria del plástico en el mundo - Datos estadísticos*. statista. Obtenido de <https://es.statista.com/temas/12619/la-industria-del-plastico-en-el-mundo/#topicOverview>

Finance, S. (2023). *¿Cuál es el impacto económico y financiero de la contaminación en un país?*

Foods, A. A. (s.f.). *Datos sobre el suero de mantequilla en polvo*. Obtenido de <https://www.aafoods.com/buttermilk-powder/#:~:text=El%20suero%20de%20leche%20pasteurizado,suero%20de%20leche%20de%20crema>

foremex. (s.f.). *Sociedad del consumo y el problema del plástico*. Obtenido de <https://www.foremex.com.mx/blog/sociedad-del-consumo.html>

Foundation, E. M. (2022).

Fournieris, C., & Euronews. (2023). *¿Cuál es la técnica sostenible del reciclado mecánico de los textiles?* Obtenido de <https://es.euronews.com/green/2023/07/18/cual-es-la-tecnica-sostenible-del-reciclado-mecanico-de-los-textiles>

Fuelantala, R., Rosero, T., Peñuela, J. D., Velazco, E., & Montaña, G. (2024). *PL 263-24 Municipio de Cumbal*. Obtenido de

<https://leyes.senado.gov.co/proyectos/images/documentos/Textos%20Radicados/proyectos%20de%20ley/2023%20-%202024/PL%20263-24%20Municipio%20de%20Cumbal.pdf>

ganadero, C. (2015). *En Cumbal pasaron de producir 800 a 2.400 litros de leche diarios*. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/regiones/en-cumbal-pasaron-de-producir-800-2400-litros-de-leche-diarios>

Gelston, J. (2016). *Tips for Including Lettering on Plastic Injection Molded Parts*. Obtenido de <https://www.aimprocessing.com/blog/tips-for-including-lettering-or-logos-on-plastic-injection-molded-parts>

Geographic, N. (2022). *¿Qué es la huella de carbono y cómo medirla?* Obtenido de <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/que-es-huella-de-carbono-como-se-mide>

Geographic, N. (2023).

GOB.MX. (s.f.). *Reciclaje y reutilización*. Obtenido de <https://www.bienestar.gob.mx/sibien/index.php/sustentabilidad/20-sustentabilidad/29-reciclaje-y-reutilizacion#:~:text=Reutilizar%2C%20como%20su%20nombre%20lo,ten%C3%ADa%20o%20para%20uno%20diferente>.

good, F. f. (2022). *What is chemical recycling?* Obtenido de https://www.fashionforgood.com/our_news/what-is-chemical-recycling/

- GPI. (2009). *INDUSTRY STANDARDS AND PRACTICES*. Obtenido de <https://assets-002.noviams.com/novi-file-uploads/nagpim/pdfs-and-documents/Publications/GPIIndustryStandardsAndPracticesManual-794369d8.pdf>
- Greenfield, E. (2024). *Los impactos de la contaminación de las bolsas de plástico en el suelo y el agua*. Obtenido de <https://sigmaearth.com/es/Los-impactos-de-la-contaminaci%C3%B3n-por-bolsas-de-pl%C3%A1stico-en-el-suelo-y-el-agua/>
- Hermes, A. (2022). *What Is LDPE Plastic?* Obtenido de <https://www.sciencing.com/ldpe-plastic-6001216/>
- huerva, C. d. (s.f.). *Que son los plasticos?*
- Iberdrola. (s.f.). *¿Qué son los microplásticos?* Obtenido de <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/microplasticos-amenaza-para-la-salud>
- ICA. (2008). *Objetivos y Funciones*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/areas/administrativa-y-financiera/talento-humano/mision-y-vision#:~:text=El%20Instituto%20Colombiano%20Agropecuario%2C%20ICA,de%20Agricultura%20y%20Desarrollo%20Rural.>
- Industries, K. (2022). *Reciclaje del plástico: ¿mecánico o químico?* Obtenido de <https://knauf-industries.es/reciclaje-plastico-mecanico-quimico/>
- Industries, T. S. (s.f.). *Residuos plásticos preconsumo y posconsumo – TSPI*. Obtenido de <https://www.shaktiplasticinds.com/pre-consumer-and-post-consumer-plastic-waste-tspi/>
- innova, H. (2022). *Proyecto educativo ambiental – Huella Verde de Nariño*. Obtenido de <https://huellasinnova.org/proyectos/huella-verde-narino/>

INVIMA. (s.f.). *Quienes somos*. Obtenido de <https://www.invima.gov.co/el-instituto/quienes-somos#:~:text=El%20Invima%20tiene%20como%20objetivo,%2C%20alimentos%2C%20bebidas%2C%20cosm%C3%A9ticos%2C>

Jara-Vinueza, O., Pavon, W., Remache, A., Arroyo, F., & Figueroa, M. G. (2025). *Evaluation of Mechanical Behavior and Application Potential of Totora (Schoenoplectus californicus)-and-Recycled Low-Density Polyethylene–Aluminum (LDPE–Al) Hybrid Panels*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/15/13/2212>

Jiantai. (2024). *Reciclaje de plástico LDPE: Guía de soluciones sostenibles*. Obtenido de <https://jiantaimachine.com/es/reciclaje-de-plastico-ldpe-guia-de-soluciones-sostenibles/#:~:text=Nuevas%20tecnolog%C3%ADas%20de%20reciclado,y%20utilizar%20menos%20materias%20primas>.

Kandasamy, S., Yoo, J., Yun, J., Kang, H.-B., Seol, K.-H., & Ham, H.-W. K.-S. (2021). *Application of Whey Protein-Based Edible Films and Coatings in Food Industries: An Updated Overview*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2079-6412/11/9/1056>

Kerni, L., Singh, S., & Kumar, A. P. (2020). *A review on natural fiber reinforced composites*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785320335057>

Lagos, A. (2024). *Para 2050, los ecosistemas marinos tendrán más plástico que peces; sí hay una solución si los países actúan ahora*. WIRED. Obtenido de <https://es.wired.com/articulos/para-el-2050-los-ecosistemas-marinos-tendran-mas-plastico-que-peces-conservacion-internacional#:~:text=%22Si%20continuamos%20con%20el%20ritmo,Oc%C3%A9anos%20en%20Conservaci%C3%B3n%20Internacional%20M%C3%A9xico>.

- Lasso, A., & Diaz, E. (2009). *Caracterización biofísica y socioeconómica en fincas ganaderas lecheras en el municipio de Cumbal, departamento de Nariño*. Obtenido de <https://sired.udenar.edu.co/11332/>
- Martínez, A. B. (2020). *Procesamiento de Biocompuestos Plásticos*. Obtenido de <https://ciqa.mx/Biocompuestos.aspx>
- Méndez, A. (2022). *La importancia del ecodiseño en el reciclado de empaques plásticos*. Obtenido de <https://www.pt-mexico.com/articulos/la-importancia-del-ecodisenio-en-el-reciclado-de-empaques-plasticos>
- Mendoza, J. E., Tineo, D., Chuquibala-Checan, B., Atalaya-Marin, N., Taboada-Mitma, V. H., Tafur-Culqui, J., . . . Reyes-Reyes, M. A. (2025). *Global perspectives on the biodegradation of LDPE in agricultural systems*. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2024.1510817/full>
- Mexpolimeros. (s.f.). *Compatibilización*. Obtenido de <https://www.mexpolimeros.com/compatibilizantes.html>
- minambiente. (2022). *Menos plástico por la vida*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/plasticos-por-la-vida>
- minambiente. (2024). *Resolución 0803 del 24 de junio de 2024*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0803-del-24-de-junio-de-2024/>

Minsalud. (2012). *RESOLUCION 4143 DE 2012*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-4143-de-2012.pdf>

Minsalud. (2012). *Resolución 4143 de 2012*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-4143-de-2012.pdf#:~:text=por%20la%20cual%20se%20establece%20el%20reglamento,para%20consumo%20humano%20en%20el%20territorio%20nacional>.

Minsalud. (2013). *Resolución #2674 de 2013*. Obtenido de <https://www.invima.gov.co/sites/default/files/alimentos-y-bebidas-alcoholicas/2023-09/2674-2013.pdf>

Minsalud. (2017). *Guía de inocuidad de alimentos y bebidas para la actividad de transporte*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/Guia-inocuidad-alimentos-transporte.pdf#:~:text=%E2%80%A2%20%20%20%20,o%20sus%20materias%20primas%2C%20contando>

Monar, M. T. (2023). *La cadena láctea se fortalece en Nariño*. Obtenido de <https://www.icesi.edu.co/blogs/madurandotradiciones/2023/08/29/la-cadena-lactea-se-fortalece-en-narino/>

mueve, l. v. (s.f.). *Comunidades indígenas: una mirada hacia sus prácticas sostenibles*. Obtenido de <https://lavidanosmueve.com/blog/sostenibilidad/comunidades-indigenas/>

Multipacking. (s.f.). *Canastillas plásticas para alimentos - Multi Packing*. Obtenido de <https://www.multi-packing.com.co/canastillas-plasticas-alimentos>

Multipacking. (s.f.). *Eficacia en canastillas plásticas para el transporte de alimentos*. Obtenido de <https://www.multi-packing.com.mx/canastillas-plasticas-para-el-transporte-de-alimentos>

Munar, N. (2024). *Startup chilena convierte residuos lácteos en plástico biodegradable*. Obtenido de <https://www.emol.com/noticias/Economia/2024/04/12/1127688/desechos-lacteos-se-convierte-plastico.html#:~:text=La%20startup%20valdiviana%2C%20RiverPla%2C%20ha,global%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20pl%C3%A1stica>

Nariño, G. d. (2019). *Plan departamental de extensión agropecuaria del departamento de Nariño PDEA - NARIÑO*. San Juan de Pasto. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/PDEA%27s%20Aprobados/PDEA%20Nari%C3%B1o.pdf>

Nariño, G. d. (2024). *Nariño avanza hacia una agricultura sostenible con la aprobación del Plan Agroecológico PAN 2025-2036*. Obtenido de <https://narino.gov.co/noticias/narino-avanza-hacia-una-agricultura-sostenible-con-la-aprobacion-del-plan-agroecologico-pan-2025-2036/>

Nariño, G. d. (2025). *Nariño convierte el plástico en una oportunidad: alianza por el reciclaje y la economía circular*. Obtenido de <https://narino.gov.co/noticias/narino-convierte-el-plastico-en-una-oportunidad-alianza-por-el-reciclaje-y-la-economia-circular/>

NCEL. (s.f.). *First in Science: The Economic Impacts of Plastic Pollution*.

Niroshika, K., Sang, M., El-Naggar, A., Shi, L., Chang, S. X., Sung, J., . . . Ok, Y. S. (2023). *Low-density polyethylene microplastics alter chemical properties and microbial communities in agricultural soil*. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41598-023-42285-w>

NRDC. (2024). *Plásticos de un solo uso 101*. Obtenido de <https://www.nrdc.org/es/stories/plasticos-solo-uso-101>

OECD. (2022). *Plastic pollution is growing relentlessly as waste management and recycling fall short, says OECD*. Obtenido de <https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2022/02/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.html>

Ojeda, J. P. (2019). *Generación de residuos de plástico: la importancia de la prevención*. Obtenido de <http://www.politicaspUBLICAS.uncu.edu.ar/articulos/index/generacion-de-residuos-de-plastico-la-importancia-de-la-prevencion#:~:text=Se%20genera%20un%20residuo%20de,pl%C3%A1sticos%20es%20su%20larga%20duraci%C3%B3n>.

Parzanese, M. (s.f.). *PROCESAMIENTO DE LACTOSUERO*. Obtenido de https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_13_Lactosuero.pdf

Plasticestibas. (s.f.). *CANASTILLAS PLÁSTICAS*. Obtenido de <https://www.plasticestibas.com/canastillas-plasticas.html>

Polymers, G. G. (s.f.). *¿Qué es el PEBD (polietileno de baja densidad) y cómo se recicla?* Obtenido de <https://www.greenglobalpolymers.es/que-es-el-pebd-polietileno-de-baja-densidad-y-como-se-recicla/>

- Portalechero. (2023). *Colombia: El resguardo indígena el Gran Cumbal inicia un proyecto que busca mejorar la cadena láctea en Nariño; en esto consiste*. Obtenido de <https://portalechero.com/colombia-el-resguardo-indigena-el-gran-cumbal-inicia-un-proyecto-que-busca-mejorar-la-cadena-lactea-en-narino-en-esto-consiste/>
- Portilla, C. S., Salas, A. M., & Paz, W. B. (2006). *EL TLC CON ESTADOS UNIDOS: EFECTOS Y RETOS PARA LA*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3985120.pdf>
- RAE. (s.f.). *Canastilla*. Obtenido de <https://dle.rae.es/canastilla>
- RAE. (s.f.). *Queso*. Obtenido de <https://dle.rae.es/queso>
- Reyes, S. C., & Escobar, J. S. (2023). *Contaminación en las fuentes hídricas por causa de usos excesivos de agroquímicos producto de actividad agrícola en el municipio de Sapuyes Nariño, a partir de geoprocesos utilizando sistemas de información geográfica*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/59188?locale-attribute=pt&utm>
- Romuno, J. (2023). *6 Tecnologías inteligentes de gestión de residuos emergentes en 2025*. Obtenido de <https://www.rts.com/es/blog/smart-waste-management-technologies/>
- Rotolia. (2023). *¿Qué es el plástico biodegradable? Fabricación, tipos y usos*. Obtenido de <https://www.rotolia.com/blog/que-es-el-plastico-biodegradable-fabricacion-tipos-y-usos/>
- Salem, S. A., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). *Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09002190>

Salgado, Y. G., Ramírez, O. R., & Mangué, D. L. (s.f.). *Impacto del plástico en los diferentes ecosistemas*. Obtenido de <https://urjc.shorthandstories.com/impacto-del-plastico-en-los-diferentes-ecosistemas/>

Seijo, A. R. (2022). *Microplásticos y suelo: una combinación desconocida y muy arriesgada*. Obtenido de https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/microplasticos-y-suelo-combinacion-desconocida-y-muy-arriesgada_16605

Sintac. (2023). *¿Qué aplicaciones tiene el polietileno reciclado?* Obtenido de <https://sintac.es/que-aplicaciones-tiene-el-polietileno-reciclado/>

SINTAC. (2023). *¿Qué aplicaciones tiene el polietileno reciclado?* Obtenido de <https://sintac.es/que-aplicaciones-tiene-el-polietileno-reciclado/>

Supremac. (s.f.). *Canastillas plásticas para transporte de alimentos*. Obtenido de <https://canastillasplasticas.com/blog/27-canastillas-plasticas-para-transporte-de-alimentos#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20canastillas%20pl%C3%A1sticas,empresas%20alimentarias%20ubicadas%20en%20Bogotá%20C3%A1.>

Tapia, N. E. (2020). *Reutilización y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos generados en la Vereda*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36740/necortest.pdf?isAllowed=y&sequence=4&utm>

UNEP. (2018). *The new plastics economy global commitment*. Obtenido de <https://www.unep.org/new-plastics-economy-global-commitment>

UNEP. (2023).

UNEP. (2023). *Todo lo que necesitas saber sobre la contaminación por plásticos*. Obtenido de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-contaminacion-por-plasticos>

UNEP. (2023). *Turning off the Tap: How the world can end plastic pollution and create a circular economy*. Obtenido de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/42277/Plastic_pollution.pdf?sequence=3

upra. (s.f.). *Microanálisis Evaluaciones*. Obtenido de https://upra.gov.co/Kit_Territorial/2-%20Informaci%C3%B3n%20por%20Departamentos/NARI%C3%91O/3-%20Microan%C3%A1lisis%20Evaluaciones%20agropecuarias%202023-Nari%C3%B1o.pdf

Vision, W. (2023). Obtenido de <https://worldvisionamericalatina.org/reutilizacion-cual-es-su-importancia/>

Wastetrade. (s.f.). *Polietileno de baja densidad (LDPE)*. Obtenido de <https://www.wastetrade.com/es/resources/plastics/introduction-to-plastics/types-of-plastics/low-density-polyethylene-ldpe/>

Wikipedia. (2024). *Plástico biodegradable*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%A1stico_biodegradable

Wikipedia. (2024). *Santuario de flora Plantas Medicinales Orito - Ingi Ande*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Santuario_de_flora_Plantas_Medicinales_Orito_-_Ingi_Ande

Wikipedia. (2025). *Biocomposite*. Obtenido de <https://en.wikipedia.org/wiki/Biocomposite>

Wikipedia. (2025). *Plastic*. Obtenido de <https://en.wikipedia.org/wiki/Plastic>

Wikipedia. (2025). *Reciclado de plástico*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Reciclado_de_pl%C3%A1stico

Wikipedia. (s.f.). *Cumbal (Nariño)*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Cumbal_%28Nari%C3%B1o%29

Wikipedia. (s.f.). *Ifco tray*. Obtenido de https://en.wikipedia.org/wiki/Ifco_tray

Zapara, J. V., & Bravo, A. (2022). *Nueva ley que prohíbe los plásticos de un solo uso en Colombia*. Obtenido de <https://www.hklaw.com/en/insights/publications/2022/08/nueva-ley-que-prohibe-los-plasticos>