

Diseño de un sistema de producción de elementos de protección personal para motociclistas y deportistas a base de plástico reciclado.

Maria Paula Cabrera Arango^{a,c}, Silvana Garzón Moreno^{a,c}, Sergio Andrés Ordoñez Vargas^{a,c},
Juan Pablo Rojas Cárdenas^{a,c}

Juan Camilo Paz Roa^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

Resumen en español

La creciente acumulación y eliminación inadecuada de residuos sólidos, en particular los plásticos, plantean desafíos significativos que trascienden la simple gestión de residuos. Los plásticos, conocidos por su resistencia y propiedades químicas y eléctricas superiores, pueden tardar años, incluso siglos, en degradarse; esta durabilidad permite su uso en una variedad de productos industriales. En este contexto, surge un proyecto de diseño que busca transformar estos residuos plásticos en elementos de protección para deportistas y motociclistas, a través de un proceso de moldeo por inyección, se pretende dar una segunda vida a estos desechos, convirtiéndolos en productos de alto valor, no solo reduciendo la acumulación de residuos plásticos, sino que también contribuyendo a la economía circular. Para asegurar la calidad de los productos finales, se establecerán alianzas con proveedores de plásticos reciclados y se implementará un riguroso control de calidad. Además, se planifica la utilización de un centro logístico en el Valle del Cauca y un sistema de empaque ecológico para optimizar la producción y distribución, con el fin de satisfacer la creciente demanda de productos respetuosos con el medio ambiente. Al evaluar la viabilidad técnica y financiera de esta iniciativa, se busca garantizar su éxito y generar un impacto positivo en el medio ambiente y la sociedad, alineándose así con los principios de la sostenibilidad.

Palabras claves: Residuos plásticos, elementos de protección, deportistas, economía circular.

Resumen en inglés

The growing accumulation and improper disposal of solid waste, particularly plastics, pose significant challenges that go beyond simple waste management. Plastics, known for their durability and superior chemical and electrical properties, can take years, even centuries, to degrade; this longevity allows for their use in a variety of industrial products. In this context, a design project arises aiming to transform plastic waste into protective gear for athletes and motorcyclists. Through an injection molding process, the goal is to give a second life to these wastes, turning them into high-value products, not only reducing plastic accumulation but also contributing to the circular economy. To ensure the quality of the final products, partnerships will be established with recycled plastic suppliers, and a rigorous quality control process will be implemented. Additionally, the use of a logistics center in Valle del Cauca and an eco-friendly packaging system is planned to optimize production and distribution, in order to meet the growing demand for environmentally friendly products. In evaluating the technical and financial feasibility of this initiative, the aim is to ensure its success and generate a positive impact on the environment and society, thus aligning with sustainability principles.

Key words: Plastic waste, protective gear, athletes, circular economy.

Tabla de contenido

PROJECT CHAPTER.....	7
I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y NECESIDAD	8

A.	Contexto y justificación (¿por qué?)	8
B.	Grupos de interés (¿Quiénes son los actores interesados?)	10
C.	Plan de recolección de datos	11
D.	Exploración del mercado.....	13
E.	Análisis de oportunidad.....	16
F.	Objetivos	21
G.	Revisión de literatura	22
II. DISEÑO CONCEPTUAL Y PRELIMINAR		23
A.	Requerimientos del cliente.....	23
B.	Análisis funcional	26
E.	Especificación del diseño.....	34
F.	Plan de trabajo (PdT)	36
III. PROYECTO DE DISEÑO II		37
FASE 1: VOLUMEN Y PROCESOS		37
A.	Lista SKU.....	37
B.	Proveedores: factores clave de competitividad	38
C.	BOM de cada producto	41
D.	Estimación de demanda para los SKUs.....	45
FASE 2: TECNOLOGÍAS, INVENTARIOS Y MÉTODOS DE PRODUCCIÓN		46
a.	Selección de tecnologías.....	46
b.	Estrategia de inventario y métodos de producción	51
c.	BOM con rendimiento requerido.....	52
FASE 3: COSTOS Y CONTROLES DE MP		56
A.	Costo de capital.....	56
B.	Costos unitarios y controles de materia prima	57
FASE 4: DISEÑO DE OPERACIONES.....		58
A.	Máquinas requeridas para el sistema de producción	58
FASE 5: OPERACIONES Y DISEÑO DE ESTACIONES DE TRABAJO		60
A.	Estación de máquina de coser.	60
B.	Estación de Inyección.	62
C.	Estación de Corte.	63
FASE 6: DISEÑO DE INSTALACIONES.....		64
A.	Costos unitarios y controles de producto terminado	64
B.	Capacidad y disposición de inventario.....	65
FASE 7: INTERRELACIÓN ENTRE LAS ÁREAS DE LA PLANTA		67
A.	Matriz de relación de actividades.....	67

B.	Disposición de la planta	68
FASE 8: ANÁLISIS ECONÓMICO.....		72
A.	Costo de Mano de obra	72
B.	Costo de requerimiento del espacio	73
C.	Costo de activos fijos.	74
D.	Costo de materia prima e insumos	76
E.	Costo de inventario	79
FASE 9: IMPACTO AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO		80
IV.	GLOSARIO.....	81
V.	REFERENCIAS.....	81
VI.	ANEXOS	89

Índice de tablas

Tabla I.	Identificación de las partes interesadas y calificación de su interés y poder.....	10
Tabla II.	Indicadores de desempeño a medir	12
Tabla III.	Resultados de indicadores de desempeño.....	15
Tabla IV.	Matriz de valoración cuantitativa de los criterios de selección.	17
Tabla V.	Matriz de valoración cuantitativa de los criterios de selección.	17
Tabla VI	Ficha técnica de las canilleras [31].....	18
Tabla VII.	Ficha técnica de rodilleras y coderas	19
Tabla VIII.	Comparativa precios mercado con propuestos por producto [33][37][38][39][40][41][42][43].....	21
Tabla IX.	Compilado de revisión de literatura.	23
Tabla X.	Requerimientos de los grupos de interés	24
Tabla XI.	Símbolos matriz de relación	29
Tabla XII.	Evaluación cuantitativa de alternativas.....	33
Tabla XIII.	Plan de trabajo	36
Tabla XIV.	Lista SKU	37
Tabla XV.	Proveedores de MP e insumos [78][79][80][81][82][83][84][85][86][87][88]	39
Tabla XVI.	Matriz de criterio de proveedores.....	39
Tabla XVII.	Calificación de proveedores	40
Tabla XVIII.	Calificación de proveedores PET.....	40
Tabla XIX.	SKU Rodilleras.....	42
Tabla XX.	SKU Coderas	43
Tabla XXI.	SKU Canilleras.....	44
Tabla XXII.	Estimación de producto terminado anual	45
Tabla XXIII.	Matriz de correlaciones.....	45
Tabla XXIV.	Estimación de demanda para los SKUs	46
Tabla XXV.	Evaluación de alternativas de tecnologías de inyección	48
Tabla XXVI.	Evaluación de alternativas de tecnologías de corte	51
Tabla XXVII.	Costo de capital y holding cost.....	56

Tabla XXVIII. Costos Unitarios MP	57
Tabla XXIX. Controles de MP	58
Tabla XXX Tiempos y producción diaria estación confección	61
Tabla XXXI. Medidas producto y capacidad por canastilla para Confección.....	61
Tabla XXXII Dimensiones producto y capacidad canastilla Inyección	62
Tabla XXXIII Dimensiones producto y capacidad canastilla Corte.....	63
Tabla XXXIV. Controles de PT	65
Tabla XXXV. Volumen requerido para PT.....	66
Tabla XXXVI. Volumen requerido para MP.....	66
Tabla XXXVII. Cant. de estibas y racks requeridos para almacenamiento.....	66
Tabla XXXVIII. valor de proximidad	68
Tabla XXXIX. calificación y los símbolos relación de ventajas y desventajas.....	70
Tabla XL. Evaluación de alternativas.....	71
Tabla XLI. Valor de m2 según su ubicación en Cali [103]	73
Tabla XLII. Inversión neta realizada en activos fijos	76
Tabla XLIII. Costo total de los activos fijos.....	76
Tabla XLIV. Determinación de Q cajas	77
Tabla XLV. Costos de materiales	78
Tabla XLVI. Inversión en inventario actual	79
Tabla XLVII. Costo total del inventario en tránsito	80
Tabla XLVIII. Cálculo de beneficio operacional.	80
Tabla XLIX. Anexos	89

Índice de Figuras

Fig. 1. Plan de trabajo propuesto.	8
Fig. 2 Matriz de stakeholders interés vs poder.	11
Fig. 3 Diagrama de aspectos externos e internos para el desarrollo del proyecto.	15
Fig. 4 Canilleras HO SOCCER Ultimate [31].....	18
Fig. 5 Rodilleras y Coderas Scoyco k26 [32]	19
Fig. 6 Casco SK1 Verde Agua [34].....	19
Fig. 7 Muñequeras Canariam [35]	20
Fig. 8 Rodilleras LetCart [36].....	20
Fig. 9 Árbol de objetivos	24
Fig. 10 Diagrama de Análisis Funcional y Funciones de Soporte.....	28
Fig. 11 Casa de la calidad (QFD)	29
Fig. 12 Evaluación cualitativa de alternativas	33
Fig. 13 Flujograma de procesos del sistema productivo.....	34
Fig. 14 Composición de las rodilleras	41
Fig. 15 BOM rodilleras.....	42
Fig. 16 Composición de las coderas	43
Fig. 17 BOM coderas.....	43
Fig. 18 Composición de canilleras.....	44
Fig. 19 BOM Canilleras.....	44
Fig. 20 Máquina de coser Juki DDL-8700	46
Fig. 21 Juego de 3 pinceles de pegamento	47
Fig. 22 Máquina de inyección Yizumi UN260A5	47

Fig. 23 Máquina de inyección ENGEL Victory 120	48
Fig. 24 Máquina cortadora AMOR1625 AK	49
Fig. 25 Máquina cortadora TEZ1625	50
Fig. 26 Máquina cortadora AMOR 2535L	50
Fig. 27 Área de corte de tela rodilleras	53
Fig. 28 Desperdicios de espuma en rodilleras	53
Fig. 29 BOM ajustado Rodilleras	54
Fig. 30 Área de corte de tela coderas.....	54
Fig. 31 Desperdicios de espuma en coderas	55
Fig. 32 BOM ajustado para coderas	55
Fig. 33 Área de corte Canilleras	55
Fig. 34 BOM ajustado Canilleras.	56
Fig. 35 Cant. máquinas para inyección de plástico.....	59
Fig. 36 Cant. máquinas para corte	59
Fig. 37 Cant. máquinas para costura.....	60
Fig. 38 Vista superior estación de confección	62
Fig. 39 Vista superior estación de inyección	63
Fig. 40 Vista superior área de almacén.....	67
Fig. 41 Matriz de relación de actividades	68
Fig. 42 distribución en "U"	69
Fig. 43 distribución en paralelo cara a cara	69
Fig. 44 distribución en línea	69
Fig. 45 distribución en "U" del sistema de producción	71
Fig. 46 Vista superior del sistema productivo	72
Fig. 47 BOM Rodilleras con costos.....	77
Fig. 48 BOM Coderas con costos.	78
Fig. 49 BOM Canilleras con costos.....	78

PROJECT CHAPTER

Breve resumen del proyecto (Business case)

El presente documento aborda la problemática de la creciente acumulación y eliminación inadecuada de residuos plásticos y su impacto en el medio ambiente. La relevancia de este proyecto radica en la necesidad de transformar estos desechos en productos de valor añadido, como elementos de protección para deportistas y motociclistas, mediante un proceso de moldeo por inyección. Se han identificado oportunidades para mejorar la gestión de estos residuos a través de alianzas con proveedores de plásticos reciclados, la implementación de controles de calidad rigurosos, y el uso de un centro logístico en el Valle del Cauca. Este enfoque no solo reduce la acumulación de plásticos, sino que también contribuye a la economía circular y la sostenibilidad.

Problema (Problem statement)

La acumulación y eliminación inadecuada de residuos plásticos generan un grave problema ambiental debido a su durabilidad y lenta degradación. La falta de soluciones sostenibles para reutilizar estos plásticos agrava la contaminación y sobrecarga los sistemas de gestión de desechos.

Impacto en los actores (Business need - Stakeholders)

Se espera que el proyecto tenga un impacto positivo en diversos grupos de interés: los usuarios finales, como deportistas y motociclistas, experimentarán una mejora en la calidad y disponibilidad de elementos de protección personal; los recicladores y empresas generadoras de residuos plásticos verán una nueva oportunidad de negocio al proveer una fuente constante de materia prima; los activistas ambientales encontrarán un aliado en la reducción de la acumulación de residuos plásticos y la promoción de prácticas sostenibles; además, el gobierno, representado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, podría fortalecer las políticas ambientales y ofrecer incentivos para proyectos de economía circular y gestión de residuos.

Objetivo general (Goal statement)

Diseñar un sistema de producción de elementos de protección para deportistas y motociclistas, mediante el uso de residuos plásticos, con el propósito de ofrecer una alternativa sostenible y económica en el Valle del Cauca.

Objetivos específicos (Project Scope)

1. Definir la especificación detallada del sistema de producción y sus componentes mediante herramientas de análisis de flujo de proceso para establecer el diseño preliminar del sistema.
2. Desarrollar el diseño detallado del sistema de producción mediante la definición de sus elementos para dar respuesta a los requerimientos establecidos.
3. Validar la factibilidad técnica y financiera del sistema de producción por medio de modelos analíticos de simulación para garantizar la pertinencia del diseño propuesto.

Equipo de trabajo (Team members)





Fig. 1. Plan de trabajo propuesto.

I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y NECESIDAD

A. Contexto y justificación (¿por qué?)

En Colombia, se generan anualmente alrededor de 12 millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 56% son plásticos de uso único [1]. Estos plásticos, como las tapas de refresco hechas de Polipropileno (PP), Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Polietileno de Baja Densidad (LDPE), son materiales altamente resistentes al calor y duraderos. Se utilizan ampliamente en la producción de una variedad de productos, incluyendo envases, baldes, cajas de herramientas, broches, cajas para DVD, espejos retrovisores y tazas para autos [2]. No obstante, la eliminación de este material plantea desafíos tanto medioambientales como económicos, lo que subraya la urgencia de explorar posibles soluciones. En este contexto, surge la idea de diseñar un sistema productivo industrial aprovechando este residuo para la fabricación de elementos de protección personal destinados a deportistas y motociclistas, que a su vez, genera aportes a los usuarios y la sociedad en general, entendiendo el proceso de fabricación, degradación y gestión del plástico.

El plástico es un polímero sintético creado mediante polimerización, un proceso que combina monómeros de productos petroquímicos con otros compuestos químicos. Este proceso puede ser de adición, donde los monómeros mantienen su estructura original, o de condensación, donde la estructura del monómero cambia y se forman subproductos. Se utilizan varios aditivos para mejorar las propiedades y el rendimiento del plástico, así como para facilitar su procesamiento. La degradación del plástico es un proceso influenciado por factores ambientales y las características físicas del polímero. Este proceso puede ser físico, foto degradativo, químico y térmico, o biológico. La degradación física puede llevar a cambios en la estructura del plástico y promover cambios químicos a nivel molecular. La foto degradación puede iniciar la descomposición de las cadenas de polímeros y producir radicales libres. La degradación química y térmica puede romper y oxidar las cadenas de polímeros del plástico. Sin embargo, estos procesos pueden llevar años, incluso siglos, para completarse [3].

Por otra parte, este es un material notable por su rendimiento, resistencia a la abrasión y a la oxidación, y su baja densidad. Su excelente soldabilidad le otorga propiedades químicas y eléctricas superiores. Se adapta eficazmente al proceso de moldeo por inyección y puede resistir movimientos de torsión de hasta 360 grados sin romperse. Es impermeable y altamente resistente a la absorción de humedad, lo que lo convierte en un material flexible para el envasado. Su naturaleza semicristalina le proporciona una gran resistencia a la flexión, haciéndolo resistente al desgaste general. Además, es resistente al moho, la podredumbre y las bacterias, y tiene una alta resistencia a la tracción, pudiendo soportar hasta 4800 psi [3]. A pesar de sus ventajas, el plástico tiene un ciclo de vida corto, lo que resulta en su uso como material de un solo uso. Esto ha causado problemas ambientales y sociales, ya que aproximadamente dos tercios de los plásticos globales tienen un ciclo de vida de menos de un mes, lo que aumenta la acumulación de plásticos en el medio ambiente y causa daño a la biodiversidad, pues los animales pueden ingerir plásticos y reducir la biodiversidad marina, dañando a su vez los arrecifes de coral y causando varios problemas de salud de las personas que consumen alimentos provenientes del mar, como pescados o algas [4].

Es así, como la generación y gestión inadecuada de estos residuos constituyen una de las causas de esta problemática. A pesar de las iniciativas de reciclaje vigentes, solo se logra reciclar un pequeño porcentaje de ellos. Este bajo índice se atribuye, en parte, a la escasez de programas eficientes de reutilización y producción de plástico [5].

Ahora bien, es importante entender que existe una creciente demanda por parte de la sociedad en general de productos más sostenibles con el medio ambiente, esto se puede ver incluso en la compra de productos terminados, donde según un estudio de GlobalWendix, indica que el 60% de las personas entre 25-30 años prefieren pagar más por un artículo con certificaciones de sostenibilidad que por uno normal [6]; este movimiento está respaldado principalmente por los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS), que entre sus objetivos se encuentra la meta 12.8 y 4.7, que establecen para el 2030: “asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza” [7]. La conciencia sobre la necesidad de adoptar prácticas responsables en cuanto al uso de recursos y la gestión de residuos aumenta, y las empresas que lideran en este aspecto pueden ganar una ventaja competitiva significativa. Debido a esto, tomar acciones ahora, sería una gran oportunidad para posicionarse como líder en sostenibilidad en un mercado cada vez más consciente del medio ambiente. Esto podría resultar en una pérdida de cuota de mercado frente a competidores que sí adopten prácticas más sostenibles. Además, seguiría siendo vigente el modelo de producción tradicional que genera el mayor deterioro del medio ambiente debido a la continuación del uso indiscriminado de plásticos, lo cual contribuiría al problema global de contaminación plástica y al agotamiento de recursos naturales, con consecuencias negativas para el medio ambiente y la sociedad en general a largo plazo. Por lo anterior, el desarrollo de un proceso productivo para equipo de protección a base de plásticos reciclados es una gran respuesta a las tendencias y necesidades actuales del mercado

De igual forma, Colombia se ha posicionado en una dirección afín a los lineamientos planteados por los Objetivos de Desarrollo Sostenible mediante la promulgación de la Ley 2232 de 2022, la cual establece medidas orientadas a la reducción gradual de producción y consumo de algunos productos plásticos de un solo uso, tales como envases o empaques y recipientes para contener líquidos o comidas no preenvasada de consumo inmediato, y demás productos especificados en la Ley. Es bajo esta premisa, que surgen las ventajas económicas del diseño de un sistema de producción basado en el aprovechamiento de residuos plásticos, pues conforme al artículo 4 de la Ley 2232 de 2022, las empresas que se fundamenten en productos plásticos de un solo uso incluidos en la Ley, se verán afectados debido a la prohibición de introducir, comercializar y distribuirlos en el mercado, a menos de que efectúen la implementación de alternativas sostenibles, entendidas dentro del marco de la ley como “*materiales no plásticos reutilizables o biodegradables o plásticos biodegradables en condiciones ambientales naturales o productos elaborados de materiales plásticos reciclados que pasen por un proceso de reciclaje efectivo*” [8]. Así, el sistema de producción se plantea como una alternativa de solución para las empresas que usan plásticos de un solo uso, además de ser beneficiadas económicamente por no adentrarse en los costos de la búsqueda de un material que cumpla con los lineamientos legales, para Colombia. Por otro lado, las empresas encuentran una gran ventaja económica porque pueden continuar con la estructura de producción actual sin la necesidad de reajustarla por condiciones como el cambio de materia prima. Asimismo, al ser productores de plásticos las empresas pueden ver retribuciones económicas en caso de posicionarse como proveedores de esta materia a un sistema productivo que aproveche este material, de forma que le atribuya un valor monetario a lo que anteriormente concebían como desecho.

Además, un sistema de producción basado en el aprovechamiento del plástico supone una ventaja teniendo en cuenta al reciclaje como una alternativa en cuanto al suministro de esta materia prima en el sistema, impactando directa y positivamente los costos que supone la adquisición de este. El conseguir el plástico de primera mano tras ser concebido como un desecho, es un beneficio económico, pues se puede reintroducir en el mercado agregándole valor y permitiendo obtener retribuciones económicas del mismo, asimismo, al obtener la materia prima desde el reciclaje, el precio final se puede modificar de forma que los productos sean de mayor accesibilidad frente a los precios que se manejan en el mercado actual.

Por otro lado, uno de los beneficios económicos se orienta hacia el Gobierno, específicamente en el área de la gestión de los residuos, pues la aparición de nuevas alternativas para la reutilización del plástico, como el sistema de producción propuesto basado en el aprovechamiento de este material, evita que se sigan destinando recursos para llevar a cabo métodos tradicionales de gestión del plástico como la incineración y los basureros, los cuales también tienen grandes repercusiones sociales y de salubridad, a través de modelos como la economía circular, pues de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, este cambio supondría un ahorro de 1,27 billones de dólares, bajo el concepto de costos e ingresos asociados al reciclaje, desde una panorámica a nivel mundial, que no se aleja de las oportunidades que representa el aprovechamiento del plástico para un país como Colombia.

En cuanto al uso de elementos de protección, estos surgen como una necesidad imperativa tanto para deportistas como para motociclistas, dado el alarmante número de accidentes que se registran anualmente en ambas actividades. Más allá de ser una exigencia por parte de las autoridades y regulaciones, estos elementos son fundamentales para salvaguardar la integridad física de quienes los utilizan. La prevención de accidentes es el objetivo principal, y la disponibilidad y accesibilidad de estos elementos en el mercado juegan un papel crucial en la promoción de prácticas seguras en deportes de alto riesgo como el motociclismo y diversas disciplinas deportivas.

De esa manera, el aprovechamiento del plástico se enmarca como una oportunidad para aportar un segundo propósito a los residuos generados de este material, destacando así los múltiples beneficios que aporta en diferentes contextos como el social, económico y principalmente, ambiental. Además, aprovechar estos residuos aportaría positivamente al sector industrial a quienes se les alude la mayor carga de producción, pues según las proyecciones de las políticas ambientales, como los Objetivos de

Desarrollos Sostenible y la Ley 2232 de 2022, se hace necesario la implementación de sistemas orientados a evitar la emisión de residuos. Además, aprovechar el plástico puede suplir una necesidad de un grupo de personas, al suministrar la base para la producción de elementos de protección para deportistas y motociclistas.

B. Grupos de interés (¿Quiénes son los actores interesados?)

Después de contextualizar, justificar y definir el alcance del proyecto, resulta crucial identificar a los grupos de interés involucrados. Estos grupos pueden verse afectados positiva o negativamente por el proyecto. La distinción de estos actores clave tiene un valor estratégico, ya que revela sus intereses e influencia dentro del proyecto. Además, ayuda a precisar sus necesidades y oportunidades, estableciendo así una ruta clara de trabajo para el equipo de desarrollo.

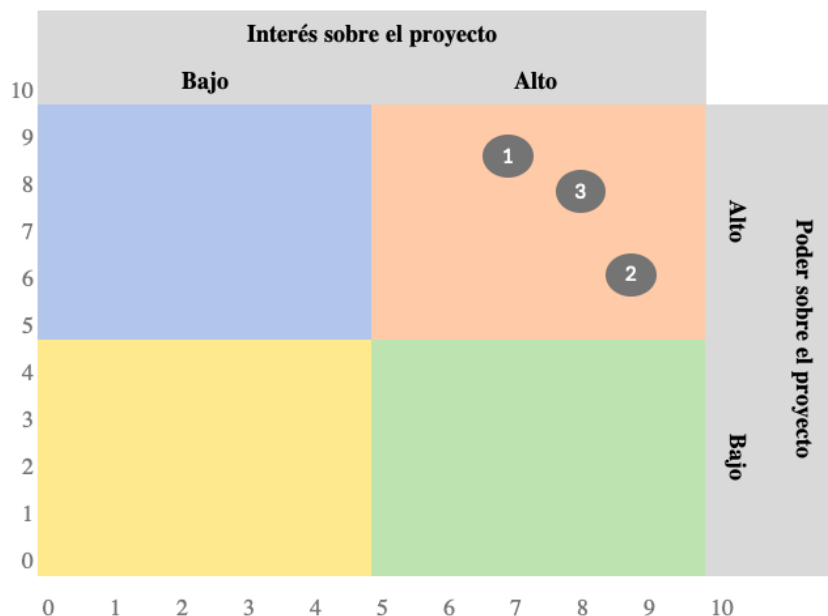
Para lograrlo, se llevó a cabo una lluvia de ideas para obtener una visión precisa de los posibles impactados y afectados por los resultados del proyecto. Posteriormente, se realizó un análisis general que permitió categorizar a cada interesado en grupos según sus intereses comunes y su relación con el alcance del proyecto. Como resultado, se identificaron cuatro grupos de interés.

A partir de la identificación de grupos de interés, se llevó a cabo una clasificación por orden de relevancia para cada uno de ellos. En este proceso, se utilizó una matriz que compara el Poder frente al Interés, con una escala de calificación de 0 a 10, donde 0 representa la puntuación más baja y 10 la más alta. A continuación [Ver tabla I], se presentan los grupos de interés identificados, su descripción y su posible efecto o interés en el proyecto, junto con su puntuación de interés y poder

Tabla I. Identificación de las partes interesadas y calificación de su interés y poder

Grupos de interés	Descripción	Efecto	Interés	Poder
Proveedores de materia prima (Recicladores y Empresas generadoras de residuos plásticos)	Los proveedores serían los recicladores recolectan residuos plásticos que pueden ser reciclados. Las empresas generan residuos plásticos que pueden ser una fuente constante de materia prima	Su capacidad para proporcionar material de calidad afecta directamente la viabilidad del proyecto.	7	9
Clientes	Usuarios finales de los elementos de protección personal, como deportistas y motociclistas	Su demanda impulsa la producción y pueden proporcionar retroalimentación valiosa para mejorar los productos	9	6
Gobierno (Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible)	Regula las políticas ambientales y puede ofrecer incentivos o restricciones	Su respaldo proporciona apoyo regulatorio y financiero, pero también puede imponer restricciones	8	9

Con base en los datos presentados en la Tabla I que identifica y califica a las partes interesadas, se elaboró una matriz de stakeholders que contrasta el interés y el poder [Ver Figura 2]. Esta matriz se compone de cuatro áreas, como se detalla a continuación:



1	Proveedores de materia prima
2	Clientes
3	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Áreas de la matriz interés vs poder	Tener satisfechos	Tienen poder, pero no demasiado interés en la empresa.
	Gestionarlos de cerca	Tienen más poder e interés y pueden contribuir en el desarrollo de la empresa
	Monitorearlos	Tienen menos poder e interés en la empresa y en el desempeño de ella
	Informarlos	Tienen poco poder, pero mucho interés en la empresa y en el desempeño de ella

Fig. 2 Matriz de stakeholders interés vs poder.

Como se puede observar en la figura 2, los proveedores de materia prima, los clientes y el gobierno, son los grupos mayormente implicados y con un alto poder e interés en el proyecto. En consecuencia, deben ser priorizados de tal forma que se involucren y se gestionen con suficiente cercanía.

C. Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos para el diseño del sistema de producción de elementos de protección para deportistas y motociclistas a partir de residuos de plásticos de un solo uso se dividirá en seis fases principales:

- *Investigación:*

Se recopilará la información necesaria para el proyecto mediante investigaciones en bases de datos oficiales a nivel regional y nacional. Se utilizarán fuentes confiables, como estudios de mercado, informes de la industria y documentos técnicos.

- *Comportamiento de la demanda:*

Se analizará la demanda actual de elementos de protección para deportistas y motociclistas a nivel nacional y regional. Esto implicará el estudio de datos de mercado, informes de ventas y consultas a tiendas especializadas de distribuidores y fabricantes de artículos deportivos. Se recopilará información sobre la demanda actual, las tendencias del mercado y la aceptación de productos similares fabricados con plásticos reciclados.

- *Requerimientos de certificaciones:*

Se investigarán las certificaciones y estándares necesarios para los elementos de protección para deportistas y motociclistas, identificando las normas y regulaciones aplicables en la industria, como las certificaciones de seguridad y calidad con el fin de que los productos cumplan con los estándares requeridos.

- *Investigación de métodos de producción:*

Se realizará una investigación sobre los diferentes métodos de producción disponibles para fabricar elementos de protección utilizando plásticos reciclados, identificando las técnicas y procesos utilizados en la industria y evaluando su eficiencia y calidad. Se obtendrá información sobre las ventajas y desventajas de cada método, incluyendo aspectos relacionados con la calidad de los productos finales.

- *Recolección de datos sobre materia prima y materiales:*

Se recopilarán datos sobre la materia prima necesaria para la fabricación de elementos de protección a partir de plásticos reciclados buscando información sobre los tipos de plástico que se pueden utilizar, así como otros insumos y materiales necesarios para el proceso de producción. Se investigará la disponibilidad, calidad y costo de los materiales requeridos.

- *Evaluación de productos:*

Utilizando los datos recopilados, se evaluarán los productos disponibles en el mercado que cumplen con los requisitos y estándares identificados. Se analizará el nivel de aceptación, la demanda y las ventas reportadas de estos productos. Esto nos permitirá identificar los productos más exitosos y determinar cuáles cumplen con los requisitos de calidad establecidos.

Este plan de recolección de datos permitirá recopilar información completa y organizada sobre la demanda, certificaciones, métodos de producción, materiales y productos existentes en el mercado. Esta información será fundamental para tomar decisiones informadas y desarrollar un sistema de producción eficiente y de alta calidad para los elementos de protección para deportistas y motociclistas a partir de residuos de plásticos de un solo uso.

Por último, se requiere la especificación, identificación y definición de los KPI's, que su objetivo es verificar el cumplimiento y ejecución del proyecto en la etapa de diseño. A continuación, se presenta la Tabla II en donde se encuentran los indicadores de desempeño a medir.

Tabla II. Indicadores de desempeño a medir

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
Tamaño del mercado	Medir el alcance y rentabilidad del proyecto	Fuentes de datos secundarias	ton / año

Precios de los productos	Asegurar que los productos sean competitivos en el mercado, al mismo tiempo que se mantienen rentables para el proyecto.	Fuentes de datos secundarias	COP / unidad
Tasa de aprovechamiento de materia prima en el sistema	Medir la eficiencia en el uso de los materiales reciclados, como el plástico	Fuentes de datos secundarias	Tasa de Aprovechamiento de Materia Prima = (Cantidad de material reciclado utilizado efectivamente / Cantidad total de material reciclado introducido en el proceso) × 100
Tiempo de entrega de producto terminado	Medir la eficiencia en la producción y entrega del producto terminado	Fuentes de datos secundarias	Días desde el pedido hasta la entrega
Nivel de servicio	Medir la capacidad del sistema para cumplir con los pedidos en tiempo y forma	Fuentes de datos secundarias	Porcentaje de pedidos entregados a tiempo y completos (%)

D. Exploración del mercado

Teniendo en cuenta la identificación de las variables necesarias para el diseño de un sistema productivo industrial por medio del aprovechamiento de residuos derivados del plástico para la fabricación de elementos de protección personal destinados a deportistas y motociclistas, se realizará una búsqueda de información con el fin de comprender y evaluar el mercado actual de los productos mencionados. Siendo necesario conocer diferentes factores como: las tendencias en la industria, el entorno político, tecnológico, sociocultural, demográfico, analizar los proveedores, la tasa de aprovechamiento de materia prima, competidores, distribuidores y consumidores; asimismo, se utilizarán diferentes herramientas que permitirán tener una visión precisa del estado del sistema, lo cual será crucial para la toma de decisiones, realizar mejoras en el proceso que existe, e implementar cambios.

Actualmente, los elementos de protección personal se están imponiendo como solución contundente a través de prendas clave que cumplen múltiples propósitos. Algunas marcas como MORELIFE y Tutto utilizan tecnologías textiles como protección solar, antimicrobial, transporte de humedad e impermeabilidad [9]. Sin embargo, la tendencia en la industria de los elementos de protección deportiva y personal para motociclistas en Colombia se está desplazando hacia la utilización de materiales más allá de los textiles [10]. El polietileno es uno de estos materiales, pues debido a sus características mecánicas es factible su reutilización en la fabricación de nuevos productos, además que se puede aprovechar de manera eficiente, pues según estudios realizados, se evidencia que en el proceso de reducción de tamaño de partícula de este, la pérdida de peso llega a ser solo del 3% respecto al peso inicial y mientras que para el volumen de un 78,4%, dando como resultado una reducción en la densidad, resultando ser más homogéneo, con propiedades más predecibles y consistentes. [11]

Con respecto a los deportistas en Colombia, estos buscan productos de protección como canilleras y coderas que no solo ofrezcan seguridad, sino que también sean sostenibles y de fácil acceso. En el caso del fútbol, un deporte ampliamente practicado en todos los estratos socioeconómicos se observa que una gran proporción de los practicantes proviene de estratos bajo. Inclusive el DANE, ha señalado que tan solo el 11,5% de la población practica algún deporte de forma libre a diario, una de las causas de este factor, es que el acceso a las instalaciones y equipos deportivos puede ser limitado para algunos, especialmente para aquellos en estratos socioeconómicos más bajos [12]. Mientras que, más del 26% de la población en Colombia usa motocicleta. El 92,2% de los motociclistas pertenecen a los estratos 1, 2 y 3, y el 60% de los usuarios de las motocicletas se encuentran en un rango de ingresos que oscila entre 1 y 2.5 salarios mínimos. El 87% son personas entre los 18 y 35 años, y el 29,4% son mujeres [13].

Debido a la proporción de la población que tiene moto, se ha notado un crecimiento en el comercio de motocicletas, de sus partes, piezas y accesorios (como elementos de protección personal) en el Valle del Cauca, empresas como Grupo Supermotos

S.A.S, Motored de Colombia S.A, entre otras, según Cámara y Comercio, sumando las 100 empresas con más ventas anuales, se registra un total de ventas al año de \$995.465 millones de pesos. Por su parte, la industria deportiva, teniendo en cuenta las 67 empresas con más ventas, registran conjuntamente un total de ventas al año de \$ 42.172 de productos deportivos en el Valle del Cauca, donde las empresas que más registraron ventas fueron Almacen Olímpico Sociedad, Faby Sport y Jaimego S.A.S [14] [Ver Anexo 2].

Por su parte, empresas colombianas como ICH, ADT y Shaft comercializan guantes de origen nacional con precios que oscilan entre los \$80.000 y los \$450.000. Las marcas extranjeras Fox y L2S también comercializan estos accesorios, con valores desde los \$209.000 (Fox) hasta los \$430.000 (LS2)[15]. Las chaquetas de protección están disponibles en un rango de precios entre los \$200.000 y \$400.000 [16], mientras que los kits de rodilleras y coderas se encuentran entre los \$40.000 y \$170.000 [15]. Los principales proveedores de estos productos son empresas como Gearbox Colombia, Supermoto y Auteco Mobility, quienes diseñan y fabrican este tipo de indumentaria de protección para motociclismo [17]. Por su parte, los principales proveedores y distribuidores de elementos de protección deportiva en Colombia son Deporteka, Excel Sport S.A.S, Adidas y Nike, Under Armour, Inc, Reebok International Limited, H & M Hennes & Mauritz AB, Decathlon USA LLC, e INVERSIONES UF SAS (UF Sports), quienes comercializan productos como canilleras, con valores desde los \$24.900 hasta \$100.000, coderas con precios entre los \$155.000 y \$199.000 [18]. Esta diversidad de precios y productos refleja la creciente importancia de la seguridad deportiva y en el motociclismo en el país.

Sin embargo, y a pesar de que la conciencia acerca del uso del tipo de elementos abordados en el proyecto, y por ende su demanda y variedad de productos han incrementado de manera paulatina, la tasa de accidentes de motociclistas también tiene un aumento. Según el balance de siniestralidad vial del 2021 realizado por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial, Colombia cerró el año con 7.270 personas fallecidas en siniestros viales. De esta cifra, 4.312 fallecidos corresponden a motociclistas [19]. El mal uso de los elementos de protección como cascos y chalecos reflectivos contribuye a esta cifra. Un estudio indica que el 13,3% de los conductores de motocicleta no usa adecuadamente el casco, mientras que solo el 15% de los pasajeros lo porta adecuadamente [20]. Mientras que otro campo con más accidentes registra y requiere equipos de protección personal, es el deporte, pues casi 3 millones de niños y adolescentes menores de 14 años se lastiman practicando actividades recreativas. Por esto se han tomado acciones para prevenir accidentes para quienes exponen su cuerpo, ya sea transportándose en motocicletas, bicicletas, deportes extremos o deportes de contacto [21].

Además, las leyes colombianas no estipulan de manera específica alguna normativa relacionada con la seguridad en el deporte; adicionalmente, solo exigen el uso obligatorio del casco para los motociclistas. El casco debe cumplir con las características establecidas en la norma técnica NTC 4533 DE 2017, que define los requisitos de seguridad y calidad para los cascos protectores y sus visores utilizados por conductores y acompañantes. El uso de chalecos o chaquetas reflectivas solo es obligatorio en ciertas condiciones de visibilidad [22].

Para determinar cómo influyen estos aspectos en el desarrollo del proyecto, se realiza un diagrama de PESTEL [Ver figura 3], con el fin de reflexionar sobre los aspectos del entorno que le conciernen al diseño del sistema productivo abordado, teniendo en cuenta de qué forma la intervención del gobierno puede afectar, cómo el entorno macroeconómico nacional e internacional influye, de qué tipo de tecnologías lo pueden beneficiar, de qué forma el medio ambiente afecta, qué se deben cumplir respecto a la legislación, entre otras características internas y externas del proyecto, para así, generar una guía clara de las necesidades que se presentarán a lo largo del progreso del mismo.

P	E	S	T	E	L
Político	Económico	Social	Tecnológico	Ecológico	Legal
Favorable					
La intervención del gobierno en la regulación de los elementos de protección personal puede ayudar a establecer estándares de calidad y seguridad que beneficien al proyecto.	El aumento del comercio de implementos de seguridad para motociclistas en Colombia indica un mercado en expansión.	La conciencia sobre la importancia de la seguridad en el motociclismo y los deportes puede aumentar la demanda de productos de protección personal.	Las tecnologías avanzadas utilizadas en los elementos de protección personal pueden mejorar la calidad y efectividad de los productos del proyecto.	El proyecto puede beneficiarse de la creciente demanda de productos sostenibles y de la oportunidad de utilizar residuos plásticos de un solo uso en la producción.	Cumplir con las leyes y regulaciones colombianas puede ayudar a la empresa a establecer su reputación y credibilidad en el mercado.

Las políticas gubernamentales que promueven la seguridad en el motociclismo y los deportes pueden aumentar la demanda de productos de protección personal.	La creciente economía de Colombia puede aumentar el poder adquisitivo de los consumidores y la demanda de productos de protección personal.	La demanda de productos sostenibles y de fácil acceso puede presentar oportunidades para el proyecto	La digitalización y el comercio electrónico permite al proyecto llegar a un mercado más amplio.	Las políticas y regulaciones ambientales presentan oportunidades para el proyecto de diseño para diferenciarse como una marca ecológica	Las leyes que promueven la seguridad en el motociclismo y los deportes pueden aumentar la demanda de productos de protección personal.
Desfavorable					
Las regulaciones gubernamentales son restrictivas y requieren que el proyecto invierta en cumplimiento normativo.	Los cambios en el entorno macroeconómico, como una recesión, pueden afectar la demanda de productos de protección personal.	El acceso limitado a instalaciones y equipos deportivos para algunos estratos socioeconómicos puede limitar el mercado potencial.	Mantenerse al día con las últimas innovaciones y tendencias tecnológicas puede requerir inversiones significativas en investigación y desarrollo.	Las regulaciones ambientales pueden requerir que el proyecto invierta en prácticas de producción sostenibles y cumplimiento normativo.	El proyecto debe invertir en el cumplimiento de la norma técnica NTC 4533DE 2017 y otras regulaciones relacionadas con los elementos de protección personal.
Cambios en las políticas gubernamentales pueden resultar en incertidumbre y riesgo para el proyecto.	La fluctuación de las tasas de cambio puede afectar los costos de importación de materiales y tecnología.	Las diferencias culturales y las preferencias de los consumidores pueden requerir que el proyecto adapte sus productos a diferentes segmentos de mercado.	La rápida evolución de la tecnología puede hacer que los productos se vuelvan obsoletos rápidamente.	Los desastres naturales y el cambio climático pueden afectar la disponibilidad y el costo de los recursos.	Los cambios en las leyes y regulaciones pueden resultar en incertidumbre y riesgo para el proyecto.

Fig. 3 Diagrama de aspectos externos e internos para el desarrollo del proyecto.

Por otro lado, con los requerimientos de los grupos de interés de la Tabla I y con las variables definidas en el Plan de Recolección de datos, se definen a continuación en la Tabla III los KPI's en el estado actual para cuantificar, ejecutar y controlar el diseño del proceso de este proyecto y alcanzar, en la medida de lo posible las metas propuestas.

Tabla III. Resultados de indicadores de desempeño

Variable	Actualidad	Meta
Tamaño de mercado	En el Valle del Cauca, las 100 empresas que más ventas anuales registraron en el comercio de motocicletas y de sus partes, piezas y accesorios suman ventas de \$995.465 millones de pesos, mientras que las 67 empresas con más ventas en la industria deportiva registran un total de ventas de \$42.172 millones de pesos al año en fabricación de artículos y equipos para la práctica del deporte y en el comercio al por menor de artículos deportivos, en establecimientos especializados.	Tener una participación directa en el mercado con 10 o más toneladas al año [23]
Precios de los productos	Los productos de protección para motociclistas, como los kits de coderas y rodilleras, se encuentran entre los \$60.000 y \$179.990. Mientras que estos mismos productos y las canilleras para deportistas, están entre \$34.900 y \$179.990.	Los precios de los productos se encuentren dentro de los rangos estipulados en el mercado actual, de forma que garanticen competitividad [ver Tabla VIII]
Tasa de aprovechamiento de materia prima en el sistema	La tasa de aprovechamiento de plástico reciclado (polietileno) resulta ser del 97% respecto a su peso.	Obtener un porcentaje de aprovechamiento cercano o igual respecto al peso del 97%
Tiempo de entrega de producto terminado	En la actualidad, el tiempo promedio de entrega de productos terminados es de 15 días. [24]	Reducir el tiempo de entrega a un promedio de 9 días

Nivel de servicio	Actualmente, empresas como Patagonia, que fabrican productos a partir de plástico reciclado, mantienen un nivel de servicio que oscila entre el 90% y el 95%. Esto significa que de cada 100 pedidos, aproximadamente 90 a 95 se entregan a tiempo y en perfectas condiciones. [25]	Mantener o mejorar el nivel de servicio a un 95% o más.
-------------------	---	---

E. Análisis de oportunidad

El crecimiento de los mercados entorno a las motocicletas y los deportes es un factor crucial, de acuerdo con Allied Market Research [26], el mercado de las motocicletas alcanzará los 233,51 billones de dólares (USD) para 2031, estimando un crecimiento a una tasa compuesta anual de 8,6% desde 2022 a 2031, debido al aumento en la demanda de vehículos eléctricos y al crecimiento a nivel tecnológico en términos de fabricación, diseño y electrónica [27]. Asimismo, para el mercado de los deportes, se estima que para 2028 ascienda a una cifra de 629,81 billones de dólares (USD) a una tasa compuesta anual de 5,6%, principalmente por el crecimiento de mercados emergentes y la consolidación del e-commerce [28]. Aclarando consigo, que la importancia de reconocer el tamaño de estos mercados para el diseño del sistema productivo radica en poder identificar la utilidad futura de los productos resultantes del mismo, enfocando así uno de los factores de oportunidad que lo entorna.

Por otro lado, de acuerdo con estimaciones realizadas en 2019 por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), habría 12.000 millones de toneladas de basura plástica para el 2050 en caso de no propiciar un cambio en las tendencias de consumo [29]. No obstante, la importancia de analizar el comportamiento de las proyecciones de volumen de los residuos plásticos se debe a que el diseño del sistema productivo de elementos de protección personal para deportistas y motociclistas se encuentra fundamentado en el aprovechamiento de los residuos anteriormente mencionados.

Conforme a lo anterior, Colombia ha implementado estrategias direccionadas a la reducción de residuos plásticos en el medio ambiente, pues el objetivo es que para 2030 el 100% de los plásticos de un solo uso sean reutilizables, reciclables o compostables [30]. Bajo esta perspectiva, los lineamientos ambientales propuestos por Colombia se encaminan como un factor de oportunidad, pues el diseño de un sistema productivo basado en el aprovechamiento de residuos plásticos se posiciona como una de las alternativas a llevar a cabo en materia de alcanzar la meta colectiva relacionada con la gestión de los residuos.

MEZCLA DE MERCADO

Producto

La selección de productos para el proceso productivo es clave, considerando tres criterios principales para su evaluación cualitativa y cuantitativa:

1. Cumplimiento Normativo del Material.

En mercados regulados, como el de elementos de protección personal para motociclistas, es crucial que los productos cumplan con normativas específicas, como la capacidad de absorber mínimo el 85% del impacto según normas locales [4]. Esta exigencia se aplica tanto a profesionales como, en menor medida, a usuarios recreativos

2. Inclusión de Plástico Reciclado

Es esencial que los productos manufacturados contengan la mayor cantidad posible de plásticos reciclados para promoverla sostenibilidad y asegurar que el proceso productivo no solo sea sostenible en nombre, sino en práctica efectiva.

3. Demanda y Tamaño de Mercado.

La demanda de productos sostenibles no requiere un mínimo específico, pero es importante que exista interés en el mercado. Se valorará el tamaño del mercado y la orientación hacia la sostenibilidad de las compañías líderes para alinear los productos con los objetivos de sostenibilidad del proyecto, siendo 10 ton / año de plástico inyectado.

Estos criterios permitirán dirigir el proceso productivo hacia productos que no solo sean viables comercialmente, sino que también contribuyan a la sostenibilidad y cumplan con las normativas aplicables.

Es importante para la selección del portafolio de productos que se califiquen los posibles candidatos de manera cuantitativa, para ello, las características de los criterios detallados anteriormente se podrán analizar según la siguiente matriz de puntuación [Ver Tabla IV].

Tabla IV. Matriz de valoración cuantitativa de los criterios de selección.

Criterio	Puntuaciones		
	1 punto	2 puntos	3 puntos
Cumplimiento del material con respecto a la normatividad	El material no cumple con el reglamento establecido en el Valle del Cauca acerca de la resistencia y capacidad de absorción de golpes para el equipo de protección de los deportistas y motociclistas	El material no cumple con el reglamento establecido en el Valle del Cauca acerca de la resistencia y capacidad de absorción de golpes para el equipo de protección de los deportistas en etapa de formación o diversión	El material cumple con el reglamento establecido en el Valle del Cauca acerca de la resistencia y capacidad de absorción de golpes para el equipo de protección de los deportistas y motociclistas de alto rendimiento
Cantidad de plástico reciclado en producto	El producto puede estar compuesto con hasta en 20% de plástico reciclado	El producto puede estar compuesto con más de 20% y menos de 50% de plástico reciclado	El producto puede estar compuesto con más de 50% de plástico reciclado
Demanda y tamaño de mercado	La demanda del producto es baja con respecto a los demás de la lista o no se cuenta con datos históricos y el mercado en el que se encuentra es pequeño	-La demanda del producto es baja con respecto a los demás de la lista o no se cuenta con datos históricos y el mercado en el que se encuentra es grande -La demanda del producto es alta con respecto a los demás de la lista o no se cuenta con datos históricos y el mercado en el que se encuentra es pequeño	La demanda del producto es alta con respecto a los demás de la lista o no se cuenta con datos históricos y el mercado en el que se encuentra es grande

Durante la evaluación de productos potenciales, es crucial comprender el mercado para asignar una calificación adecuada. Esto implica agrupar productos con mercados similares, tales como canilleras, rodilleras, coderas, muñequeras, y cascos amateurs, los cuales se enfocan en la línea de protección personal para deportistas tanto en formación como profesionales, con la excepción de los cascos amateur.

Por otro lado, el mercado de cascos profesionales presenta un gran potencial debido al incremento en la compra de motocicletas y su uso obligatorio para los motociclistas. Sin embargo, este sector enfrenta restricciones de seguridad que actúan como barreras para la introducción de nuevos productos, como cascos hechos con plásticos reciclados, los cuales podrían no cumplir con los estándares de resistencia y absorción de impacto requeridos para su comercialización. La evaluación detallada de cada posible producto, considerando estos factores, se presenta en la siguiente matriz [Ver Tabla V]:

Tabla V. Matriz de valoración cuantitativa de los criterios de selección.

Posibles productos	Cumplimiento del material respecto a la normatividad	Cantidad De plástico reciclado en producto	Demanda y tamaño de mercado	Total
Casco profesional	1	2	3	6
Casco amateur	3	2	2	7
Canilleras	3	3	3	9
Body armor	1	1	2	4
Rodilleras	3	3	2	8
Coderas	3	3	2	8
Muñequeras	3	3	2	8

Para definir cuáles serán los productos para fabricar en el proceso productivo, se establece que se elaborarán aquellos que cumplan con siete o más puntos tras su calificación según los criterios determinados anteriormente; esto se decidió en grupo para garantizar que los productos que entren al proceso sean muy adaptables al proceso productivo. Siendo este el método de selección, se fabricarán: Casco Amateur, Canilleras, Rodilleras, Coderas y Muñequeras.

Caracterización del portafolio de productos.

Una vez seleccionados los productos, es necesario entender a detalle cómo es cada uno de ellos y algunas de sus características principales, lo cual facilitará establecer posibles precios e identificar que canales de venta podrían ser útiles para su comercialización.

Canilleras

Las canilleras son un producto de un par de piezas únicas destinados para la protección de la integridad en el fútbol, no cuenta con elementos adicionales tales como complementos, mallas o velcros, como se muestra en la figura 4.



Fig. 4 Canilleras HO SOCCER Ultimate [31]

Además, se determina la ficha técnica para este producto tomando como referencia productos afines de la marca HO SOCCER, los cuales siguen el reglamento UE 2016/425 y la norma EN 13061: 2009 [31], que son certificaciones específicas para canilleras deportivas las cuales evalúan aspectos importantes como la resistencia al impacto y la comodidad. De esa manera, estarán disponibles en diferentes tamaños clasificados por tallas, con un intervalo de peso tentativo [Ver Tabla VI]:

Tabla VI Ficha técnica de las canilleras [31]

Tallas	Dimensiones (Largo x Ancho) [cm]	Peso [g]
XS	14,5 - 7,2	60-110
S	16,9 - 8,5	60-110
M	19,1 - 9,5	60-110
L	21,2 - 10,1	60-110

Rodilleras y Coderas

Las rodilleras y coderas para el segmento de los motociclistas son productos de cobertura media/larga, que cuentan con ajustes elásticos para adaptarse a diferentes complejiones, con lo cual se permite tener un producto de dimensiones únicas pero adaptable. Como se muestran en la figura 5:



Fig. 5 Rodilleras y Coderas Scoyco k26 [32]

Asimismo, las medidas de cada uno de los productos se especifican por medio de la ficha técnica expuesta en la Tabla VII, incluido a un rango de peso tentativo [33]:

Tabla VII. Ficha técnica de rodilleras y coderas

	Dimensiones (Largo x Ancho) [cm]	Peso [kg]
Rodilleras	43 - 17	0,3-0,9
Coderas	32 - 15	0,2-0,7

Casco amateur.

El casco para uso recreativo, diseñado tanto para ciclistas como para patinadores amateur, ofrece una combinación de comodidad y protección para actividades al aire libre. Este proporciona seguridad sin sacrificar la libertad de movimiento, ideal para quienes disfrutan de paseos casuales y divertidos, un ejemplo del casco se puede observar en la siguiente figura:



Fig. 6 Casco SK1 Verde Agua [34]

El casco amateur cuenta con un sistema de correas ajustables para un ajuste personalizado y seguro, en cuanto el peso aproximado de este casco oscila entre 250 y 350 gramos, lo que lo convierte en una opción ligera. En cuanto a las medidas, su diseño ajustable y versátil, permite adaptarse a una variedad de tamaños de cabeza, con dimensiones que van desde 54 a 61 centímetros de circunferencia

Muñequeras.

Las muñequeras para uso recreativo, ideales para ciclistas como para patinadores amateur, proporcionan una protección para

las personas que realizan actividades deportivas, un ejemplo de muñequeras se puede ver en la siguiente figura.



Fig. 7 Muñequeras Canariam [35]

El peso promedio de unas muñequeras estándar para uso recreativo varía entre 100 y 200 gramos, brindando una protección efectiva sin causar incomodidad durante el uso prolongado, suelen tener una longitud estándar de 15 a 20 centímetros, con un ancho que oscila entre 8 y 12 centímetros. Diseñadas con correas ajustables, se adaptan cómodamente a diferentes tamaños de muñeca, proporcionando un ajuste seguro y además personalizado.

Rodilleras

Las rodilleras para uso recreativo, pensadas para deportistas y entusiastas del ejercicio al aire libre, incluidos ciclistas y patinadores amateur que requieren de estos equipos que son cruciales para protección y disminuir el riesgo de lesiones. Un ejemplo de rodilleras se puede ver en la siguiente imagen.



Fig. 8 Rodilleras LetCart [36]

Las rodilleras recreativas tienen un peso que varía entre 150 y 300 gramos, dependiendo del diseño y los materiales utilizados. Este rango de peso asegura que sean lo suficientemente ligeras para no restringir el movimiento, las rodilleras recreativas suelen adaptarse a una amplia gama de tamaños, gracias a su diseño. Generalmente, la longitud varía entre 25 y 35 centímetros, lo que permite cubrir adecuadamente la rodilla y parte de la zona circundante.

Precio

Es necesario definir el precio de la línea de productos de protección para deportistas y motociclistas, concretamente la estrategia se basará en precios competitivos en su sección específica, encontrando un factor diferencial en el valor agregado que representa el reintegro de residuos plásticos en la producción de cada producto. Por otra parte, la diversidad de clientes potenciales que existen incurre a que la mezcla de precio resulte en adoptar una flexibilidad respecto al rango de precios de los productos existentes en el mercado manteniendo a flote el carácter de precios competitivos.

Asimismo, se realizó una investigación superficial de los precios establecidos por marcas que comercializan los productos escogidos anteriormente, como: Adidas, Nike, Falabella, Éxito, Decathlon, Faby Sport, Golty, Canariam, Amazon, etc. De esta manera se consolidan unos rangos de precios en el mercado para cada uno de los productos y se estipula el rango de precios

tentativos a manejar para los productos resultantes del diseño del sistema de producción [Ver Tabla VIII]:

Tabla VIII. Comparativa precios mercado con propuestos por producto [33][37][38][39][40][41][42][43]

Productos	Rango Precios Mercado [COP]	Rango Precios Planteados [COP]
Canilleras	34.900 - 124.950	35.000 - 70.000
Rodilleras y Coderas: Motociclistas	60.000 – 179.990	90.000 - 130.000
Rodilleras y Coderas: Patinaje	65.000 - 131.000	75.000 - 110.000
Kit: Rodilleras, coderas, muñequeras y casco	69.000 - 127.902	70.000 - 105.000

Cabe recalcar, que los rangos de precios propuestos [ver Tabla VIII], son de carácter tentativo basado en un consenso como grupo de trabajo, de implementar una estrategia de precios competitiva de forma que tuviera un alto grado de accesibilidad teniendo en cuenta los comportamientos de precios exhibidos por marcas para los productos escogido mediante la matriz de puntaje. No obstante, la estrategia de precios solo se puede efectuar con total certeza al reconocer cuales son los costos asociados a cada uno de los productos, por ello se implementaron intervalos de precios tentativos con una amplitud aproximada de 30.000 COP

Plaza

Macro

El Valle del Cauca, estratégicamente situado en el suroeste de Colombia, destaca por su significativa influencia tanto en el ámbito económico como demográfico, albergando una población que ronda los 5 millones de habitantes. Este departamento se distingue no solo por ser uno de los más poblados del país, sino también por su vibrante economía y su papel en el fomento del deporte a nivel nacional, con la ciudad de Cali reconocida como el corazón deportivo de Colombia. La región es un semillero de talentos en diversas disciplinas deportivas, contribuyendo de manera importante al desarrollo y promoción del deporte colombiano tanto a nivel local como internacional. Su ubicación estratégica y su fácil acceso al puerto de Buenaventura han impulsado su crecimiento industrial, especialmente en municipios como Yumbo, conocido como la capital industrial del país, gracias a su infraestructura y tejido empresarial destacado. Por lo tanto, establecer un centro de producción en Yumbo se presenta como una opción viable, ya que ofrece facilidades de acceso para materias primas y una red consolidada de empresas que pueden ser aliadas estratégicas para la recolección de materiales como plásticos u otras materias primas necesarias para la producción. Además, la infraestructura y la experiencia industrial de la región proporcionan un entorno propicio para el desarrollo y crecimiento de proyectos productivos.

Micro

Para el proceso productivo de los productos de protección fabricados con plásticos reciclados, se llevará a cabo la venta mediante canales de ventas digitales y físicos. La distribución se realizará a través de distribuidores autorizados, como Faby Sport, Deportech, Decathlon y otros distribuidores locales, así como en supermercados de cadena del Valle del Cauca. Además, se establecerán canales de venta minoristas locales enfocados en elementos para motocicletas. Se buscará consolidar alianzas para la fabricación en maquila con marcas reconocidas de deportes, como Adidas, Umbro y otras empresas presentes en la región. Esta estrategia de distribución permitirá llegar eficientemente al mercado objetivo y fortalecer la presencia de los productos de protección fabricados con plásticos reciclados en la industria deportiva y de protección personal.

F. Objetivos

Se especifican los objetivos con los cuales se pretende culminar proyecto de diseño. Por un lado, se tiene el objetivo general

que se plantea con el fin de establecer un rumbo de trabajo para la terminación del proyecto y finalmente los objetivos específicos se plantean como un paso a paso para dar cumplimiento al objetivo general.

Objetivo general

Diseñar un sistema de producción de elementos de protección para deportistas y motociclistas, mediante el uso de residuos plásticos, con el propósito de ofrecer una alternativa sostenible y económica en el Valle del Cauca.

Objetivos específicos

- a. Definir la especificación detallada del sistema de producción y sus componentes mediante herramientas de análisis de flujo de proceso para establecer el diseño preliminar del sistema.
- b. Desarrollar el diseño detallado del sistema de producción mediante la definición de sus elementos para dar respuesta a los requerimientos establecidos.
- c. Validar la factibilidad técnica y financiera del sistema de producción por medio de modelos analíticos y de simulación para garantizar la pertinencia del diseño propuesto.

G. Revisión de literatura

En esta sección se presenta una revisión de literatura relacionada con Diseño de sistemas productivos con material poliméricos reciclado. En esta revisión, se identificaron especificaciones técnicas de las materias primas utilizadas, diferentes Alternativas en el proceso productivo y algunos proyectos similares. Sobre eso se realizó una discusión acerca del aporte que tienen a nuestro proyecto y por último se realiza una síntesis de los discutido en una tabla comparativa

En cuanto a las especificaciones técnicas se encontraron 2 trabajos [44] [45]. El primero de ellos es el presentado por Galvis [44], en su trabajo se caracteriza el polipropileno reciclado y se estudia su compatibilidad y eficiencia cuando se mezcla con el polipropileno virgen. Como resultado, el autor proporciona una Ficha Técnica detallada del polímero reciclado, incluyendo propiedades específicas como la reducción de tamaño, densidad, tamizaje, fluidez y análisis DSC y FTIR para facilitar el procesamiento adecuado del material al reincorporarlo en sistemas productivos. Por su parte, Campos, et al. [45] diseñaron un sistema productivo de ladrillos a partir de plástico reciclado, en ese estudio los autores crearon un prototipo de ladrillo ecológico, el cual cumple con las Normas Técnicas Peruanas en términos de dimensión, absorción, alabeo y resistencia a la compresión. Adicionalmente, afirman que las técnicas utilizadas en ese proyecto pueden ser adaptadas y aplicadas en la producción de EPP. Como para este estudio es importante considerar la reducción del tamaño del plástico al procesarlo y el análisis DSC para conocer las propiedades térmicas del plástico reciclado y su comportamiento frente a cambios de temperatura, la Ficha Técnica detalla del Polímero Reciclado es útil.

Respecto a las diferentes alternativas en el proceso productivo se encontraron 3 trabajos [46] [47] [48]. En primer lugar, está el presentado por Quiñones, et al. [46]. En este trabajo los autores desarrollan e implementan una máquina de reciclaje de polipropileno aplicando la metodología del diseño mecatrónico del modelo en V, desarrollando a su vez un prototipo de inyección de dos etapas con un sistema de control de temperatura y velocidad para optimizar el tiempo y el material durante la fabricación. En segundo lugar, Bortoletto, et al. [47] utilizan un enfoque innovador combinando la contrapresión del gas con el moldeo por inyección para procesar el polipropileno reciclado posconsumo, para mejorar la calidad de los productos fabricados con este material. Finalmente, en el trabajo presentado por Pulgarín, et al. [48] se enfocan en el inicio del sistema productivo, que es la obtención de los productos básicos. Los autores caracterizan sistemáticamente a los proveedores de materia prima del Valle de Aburrá, bajo una lista de atributos según el material que entregan para reciclaje, además de obtener información importante sobre la posibilidad de negociar con estos proveedores.

De esta manera, para este estudio es importante contemplar las características técnicas de la máquina diseñada por Quiñones, et al. [46] y el prototipo de inyección de dos etapas que desarrollaron, controlando la temperatura y velocidad del procesamiento optimizando el tiempo y el plástico utilizado. Asimismo, la caracterización sistemática de los proveedores de materia prima en Antioquia puede ser muy útil para el desarrollo del abastecimiento de la cadena productiva.

Por último, en cuanto a proyectos similares, se encontraron 5 trabajos similares a este proyecto [49] [50] [51] [52] [53], en ellos los autores diseñan sistemas productivos o desarrollan productos con materiales poliméricos reciclados. Para empezar, Hoyos, et al. [49] realizan el diseño de una mezcla de mortero con plástico reciclado como agregado para la fabricación de blocks de concreto para la mampostería. Como resultado determinaron exponen las diferentes porciones de mezclas que permiten cumplir con las especificaciones de la normatividad vigente y especifican la mezcla que presenta mejores resultados. Abellán y Sánchez [50] presentan un nuevo sistema de protección para motociclistas fabricados en caucho reciclado, afirmando que es factible usar este material para fabricar estos sistemas de protección. Por su parte, Valderrama, et al. [51] Diseñan un sistema en la cual reutilizan el hormigón de desecho de prácticas académicas y plásticos reciclados tipo PET para la conformación de jardineras, buscando un impacto positivo en la reducción de contaminación del medio ambiente y establecer un producto más sustentable. Adicionalmente, Boa Vista, et al. [52] Se enfocan en la fabricación de EPP utilizando como materia prima los biopolímeros producidos a partir del etanol de caña de azúcar, conocido como polipropileno verde. Finalmente, Arioli, et al. [53] Investigaron los efectos de la sustitución parcial o total del polipropileno fósil por plástico reciclado en la fabricación de etiquetas de señalización utilizadas por la industria telefónica.

A manera de síntesis se presenta un compilado de revisión de literatura donde se puede ver y corroborar el análisis de la revisión de la literatura presentado anteriormente [ver Tabla IX].

Tabla IX. Compilado de revisión de literatura.

Referencia	Especificaciones técnicas de materia prima	Alternativas en el proceso productivo		Proyectos similares				
				Orientación de sector			Materia prima utilizada	
		Recolección	Procesamiento	Construcción	Protección Personal	Otro	Plástico Reciclado	Otro material reciclado
[44]	x		x					
[45]	x			x			x	
[46]			x					
[47]			x					
[48]		x						
[49]				x			x	
[50]					x			x
[51]						x	x	
[52]					x		x	
[53]						x	x	

II. DISEÑO CONCEPTUAL Y PRELIMINAR

A. Requerimientos del cliente

Considerando la contextualización previamente realizada en el análisis de oportunidades, así como los grupos de interés pertinentes identificados para el caso en cuestión, se procedió a elaborar un árbol de objetivos [ver Figura 9]:

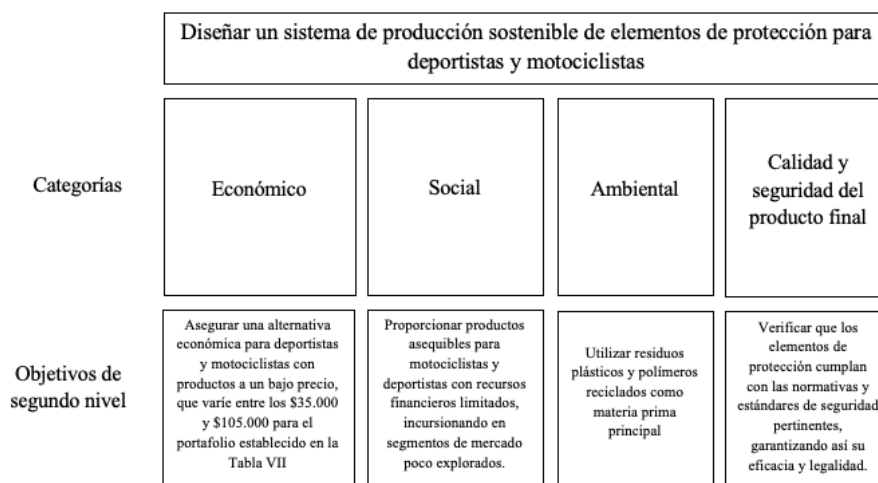


Fig. 9 Árbol de objetivos

Es así, como se refleja un enfoque estructurado para diseñar un sistema de producción de elementos de protección con residuos plásticos en el Valle del Cauca. Se abordan aspectos como ofrecer productos a precios competitivos, atender nichos de mercado poco explorados como las instituciones deportivas con limitaciones financieras, y garantizar la calidad y seguridad del producto final. Además, se subraya la importancia de la sostenibilidad económica, social y ambiental, considerando tanto las necesidades del mercado como el impacto social y ambiental del diseño.

En consecuencia, se realizó la conceptualización de restricciones teniendo en cuenta el árbol de objetivos anteriormente planteado, las especificaciones de diseño y marcos legales pertinentes, abarcando aquellos elementos que inciden en la configuración de una solución viable [ver Tabla X]

Tabla X. Requerimientos de los grupos de interés

Grupos de interés	VoC (Requisitos grupos de interés)	Restricciones de diseño	Especificaciones de diseño	Leyes, normas y estándares	
				Legislación o requisitos aplicables	Importancia o efecto
Proveedores de materia prima (Recicladores y Empresas generadoras de residuos plásticos)	<p>Especificaciones claras sobre la calidad del plástico que se necesita, incluyendo el tipo de plástico, el grado de limpieza, la ausencia de contaminantes, entre otros.</p> <p>Conocer el volumen de plástico requerido y la frecuencia de recolección o entrega.</p> <p>Métodos de pago flexibles y convenientes, como transferencias bancarias, pagos en línea, cheques, entre otros. También términos de pago claros, como el plazo para realizar los pagos después de la entrega del material.</p>	<p>La capacidad de los proveedores para ofrecer materia prima a precios competitivos, lo que compromete la viabilidad financiera del proyecto.</p> <p>Escasez de capacitación y recursos en algunas empresas generadoras de residuos plásticos afecta la calidad y disponibilidad de la materia prima, impactando así la eficiencia del sistema de producción.</p> <p>Falta de control sobre la recolección y clasificación de los residuos plásticos</p>	<p>El plástico reutilizado transformado en bolas de polietileno de alta densidad se debe comprar por sacos de 25 kilogramos.</p> <p>La recepción de los bultos de polietileno debe ser rápida y oportuna.</p> <p>El pago se debe realizar por completo antes de enviar los bultos de polietileno.</p>	Ley 2232 de 2022	Acatar legislación existente acerca de la recolección y manejo de los residuos plásticos de un solo uso.

	Proceso de recepción eficiente y sin complicaciones, teniendo en cuenta la inspección rápida del material entregado, confirmación inmediata de la recepción del material, y un proceso claro y transparente para resolver cualquier problema o discrepancia.	puede resultar en una variabilidad en su calidad y disponibilidad, lo que influye en la consistencia de los productos finales.			
Cientes	La funcionalidad y seguridad de los elementos de protección son requisitos primordiales para los clientes, quienes esperan que el producto cumpla con su propósito principal de manera eficiente. Además, los clientes desean que los productos sean asequibles y estén dentro de su presupuesto. Por lo tanto, la oferta de elementos de protección debe equilibrar estas consideraciones para satisfacer las necesidades y expectativas del mercado.	La percepción de calidad inferior de productos reciclados puede disminuir la disposición de los clientes a pagar más, afectando la rentabilidad. Las variadas preferencias de diseño y funcionalidad de los clientes demandan flexibilidad en la oferta de productos. La falta de conciencia ambiental en algunos clientes puede reducir la demanda de productos sostenibles, afectando su aceptación y adopción.	El sistema de producción debe contar con la certificación ISO 14001 que establece estándares internacionales para la implementación de un sistema de gestión ambiental efectivo. El producto debe contar con las certificaciones de resistencia de material y las certificaciones de seguridad (En caso de que sean obligatorias para el producto). El volumen de producción debe ser industrial para ofrecer un precio igual o menor a la competencia en el mercado de elementos de seguridad para motociclistas y deportistas.	<ul style="list-style-type: none"> • EN 13061-2009 • UNE-EN 1621-1:2013 • ISO 14001 	<p>Se deben tener en cuenta para dar cumplimiento en términos de calidad del producto, referido a resistencia al impacto, especificaciones del material, comodidad, etiquetado, tallaje, etc...</p> <p>Brinda credibilidad ante el público al que se dirigen los diferentes productos pues va acorde con la propuesta de aprovechamiento.</p>
Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sostenible)	Regular el diseño del sistema de producción para garantizar que cumpla con todas las reglamentaciones ambientales y de seguridad pertinentes. Plan de gestión ambiental que detalle cómo se manejarán los aspectos ambientales del proyecto, como la gestión de residuos, la prevención de la contaminación, la conservación del agua y la energía, entre otros.	La falta de incentivos financieros limita la inversión en prácticas sostenibles. La burocracia y la falta de apoyo gubernamental retrasan políticas de sostenibilidad. El uso de residuos plásticos en la producción puede estar sujeto a regulaciones específicas. Esto puede limitar los tipos de residuos que se pueden utilizar; cómo recolectarlos y procesarlos.	El sistema de producción debe cumplir con el Decreto 1625 de 2016, este decreto reglamenta el Estatuto Tributario. Código Sustantivo del Trabajo, la Ley 1562 de 2012 Código Sustantivo del Trabajo, la Ley 1562 de 2012. Certificación ISO 9001, se enfoca en la gestión de la calidad y ayuda a garantizar que la empresa cumpla con los estándares de calidad tanto en sus procesos como en sus productos. Certificación ISO 14001, se centra en la gestión ambiental. Certificación ISO 45001, relaciona con la gestión de la seguridad y salud ocupacional en el lugar de trabajo, lo que es importante para garantizar condiciones seguras para los empleados que trabajan	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo de Desarrollo Sostenible 12.8 (ODS) • Objetivo de Desarrollo Sostenible 4.7 (ODS) • Decreto 1625 de 2016 • la Ley 1562 de 2012. • ISO 14001 • ISO 45001 	<p>Reiterar el compromiso social y ambiental, a partir de establecer condiciones óptimas inmersas en el sistema de producción.</p> <p>Se fundamentan los procesos y actividades realizadas pues se alinean con las proyecciones a nivel país, teniendo en cuenta lo ambiental y la responsabilidad tributaria.</p> <p>Aporta credibilidad en términos de calidad, pues se da cumplimiento con diferentes estándares.</p>

			en la producción de bolas de polietileno.		
--	--	--	---	--	--

Las leyes, normas o estándares que actualmente debe cumplir el diseño del sistema de producción de elementos de protección para deportistas y motociclistas mediante el uso de residuos plásticos, se describen a continuación:

- Ley 2232 de 2022: Tiene como objetivo establecer medidas para la reducción gradual de la producción y el consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso [54]
- EN 13061-2009: Esta norma evalúa las canilleras de fútbol en términos de una variedad de propiedades protectoras, como el rendimiento de impacto ciego y con tacos, además de tener en cuenta la comodidad y el ajuste. Las pruebas principales en EN 13061 [24] incluyen la prueba de impacto ciego, que evalúa las propiedades de absorción de impacto al dejar caer una masa de 1 kg sobre la espinillera montada en un yunque instrumentado. Si la fuerza transmitida supera los 2 kN, el modelo de espinillera falla; y la prueba de impacto con tacos, la cual mide la resistencia a la penetración de las espinilleras contra impactos de los tacos de las botas. La penetración resulta en un fallo del modelo de espinillera.
- UNE-EN 1621-1:2012: Esta norma especifica los requisitos y métodos de ensayo para los protectores contra impactos en las articulaciones incorporados o destinados a su incorporación en prendas de ropa de motociclista, o usados como elementos separados [25].
- ODS 12.8: Para 2030, se busca que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible. Esto incluye educación para el desarrollo sostenible, estilos de vida sostenibles, derechos humanos, igualdad de género, cultura de paz, ciudadanía mundial y valoración de la diversidad cultural [55].
- ODS 4.7 : Tiene como objetivo garantizar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible. Esto incluye educación para el desarrollo sostenible, estilos de vida sostenibles, derechos humanos, igualdad de género, cultura de paz, ciudadanía mundial y valoración de la diversidad cultural [56].
- Decreto 1625 de 2016: Establece el Decreto Único Reglamentario en materia tributaria, buscando compilar y sistematizar las normas fiscales existentes para facilitar su aplicación y garantizar el cumplimiento legal, de forma que se proporcione claridad en cuanto a la regulación tributaria [57].
- Ley 1562 de 2012: Tiene como objetivo mejorar las condiciones de trabajo, reducir accidentes laborales y aumentar la productividad. Así, define el Sistema General de Riesgos Laborales como entidades y procedimientos para prevenir, proteger y atender a los trabajadores en caso de enfermedades o accidentes laborales. También introduce el Programa de Salud Ocupacional (SG-SST), un sistema de gestión orientado a anticipar, evaluar y controlar riesgos en seguridad y salud en el trabajo [58].
- ISO 14001: es una norma internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental. Esta norma permite a las organizaciones proteger el medio ambiente y cumplir con sus obligaciones legales y responsabilidades. Incluye orientación para su uso, definiciones, contexto, liderazgo, planificación, apoyo y evaluación del desempeño. Esta norma certifica el compromiso con la protección del medio ambiente de las empresas y organizaciones [59].
- ISO 45001: es una norma global que proporciona un marco para gestionar la seguridad y salud en el trabajo. Su objetivo es ayudar a las organizaciones a reducir cualquier riesgo laboral y mejorar la seguridad y salud en el trabajo. Esta norma aborda temas como el liderazgo, la planificación para identificar los riesgos, las operaciones de emergencia, y la evaluación del desempeño y mejora. La certificación ISO 45001 demuestra que una organización ha implementado un sistema efectivo para la seguridad y salud en el trabajo [60].

B. Análisis funcional

El sistema productivo de elementos de protección para motociclistas y deportistas a base de plástico reciclado consta de varios subsistemas interconectados que trabajan conjuntamente para garantizar un funcionamiento eficiente y efectivo del proceso de producción.

A continuación, se describen las acciones requeridas para el funcionamiento del sistema y los recursos necesarios para cada subsistema:

1. Incorporación de material reciclado: Se requiere un sistema de adquisición de plástico reciclado como materia prima, además éste debe ser clasificado y preparado para su uso en el proceso de producción.
2. Función de almacenamiento: Es necesario contar con un espacio de almacenamiento adecuado para guardar el plástico reciclado antes de su uso en la producción, así como otros materiales requeridos para la producción de los elementos de protección.
3. Tipo de producción y fabricación: El sistema debe estar diseñado bajo un modelo de producción y fabricación previamente establecido para garantizar el proceso de transformación del material reciclado, esto puede incluir la preparación de maquinaria y equipos, alimentación del material, proceso de moldeo o formación, ensamblaje si es necesario, entre otros.
4. Control de calidad: En este subsistema se deben realizar pruebas y análisis para verificar la calidad de la materia prima antes de su uso, realizar inspecciones durante el proceso de fabricación y se deben establecer procedimientos de control para verificar que el producto terminado cumplan con los estándares requeridos.
5. Empaque: El sistema debe contar con un espacio para el embalaje adecuado del producto terminado, el etiquetado y marcado de los productos para su identificación y un almacenamiento seguro de los productos en áreas designadas.
6. Almacenamiento de producto terminado: Se requiere una política de gestión de inventario y control de existencias, tanto para producto terminado como para materia prima y otros materiales.
7. Distribución: En este subsistema se realiza la preparación de los pedidos para su envío y se genera la coordinación de la logística para entregar los productos a los clientes.
8. Mantenimiento y mejora del sistema: En este subsistema se realiza el mantenimiento regular de la maquinaria y equipos utilizados en la producción, además se identifican y resuelven problemas o fallas en el sistema implementando mejoras y optimizando el proceso de producción.

El diagrama de análisis funcional [Ver figura 10] muestra la estructura de los subsistemas y sus interacciones dentro del sistema productivo. Cada subsistema desempeña un papel fundamental en el proceso de producción de elementos de protección, desde la incorporación de material reciclado hasta la distribución de los productos terminados.

Adicionalmente, es importante mencionar algunas funciones de soporte para el proceso productivo que si bien no están conectadas específicamente en el flujo principal del sistema, actúan de manera transversal y son fundamentales para su correcto funcionamiento y para garantizar la eficiencia y calidad del proceso en conjunto. Las funciones de soporte se muestran y describen a continuación:

- Pruebas de laboratorio: Implica llevar a cabo pruebas y análisis en el laboratorio para verificar la calidad de los materiales y productos en diferentes etapas del proceso de producción.
- Inspecciones de calidad: Esta función se encarga de realizar inspecciones regulares del proceso de producción y los productos terminados para asegurarse de que cumplan con los estándares de calidad establecidos.
- Transporte interno de materiales: Se encarga de mover los materiales dentro de la instalación de producción, asegurando que estén disponibles en el lugar adecuado y en el momento oportuno.
- Mantenimiento de maquinaria: Se encarga del mantenimiento regular y la reparación de las máquinas utilizadas en el proceso de producción.
- Gestión de residuos: Esta función se ocupa de la gestión adecuada de los residuos generados durante el proceso de producción, incluido el plástico reciclado. Esto implica implementar prácticas de reciclaje, separación y disposición de residuos de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente.

- Capacitaciones: Se enfoca en brindar capacitación y desarrollo continuo al personal involucrado en el sistema productivo. Esto puede incluir programas de capacitación sobre seguridad laboral, técnicas de producción, manejo de maquinaria y otras habilidades relevantes.
- Gestión de proveedores: Esta función se dedica a investigar y evaluar proveedores potenciales, analizando aspectos como calidad, precios, plazos de entrega y sostenibilidad.

Se puede observar el diagrama de análisis funcional y las funciones de soporte que hacen parte del sistema [Ver figura 10].

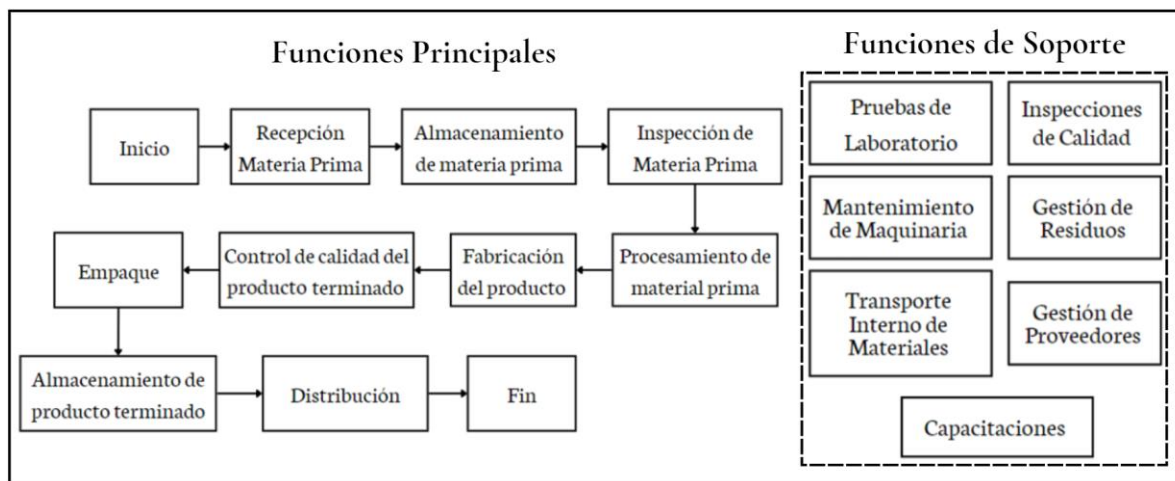


Fig. 10 Diagrama de Análisis Funcional y Funciones de Soporte

C. Fijación de requerimientos de diseño

La fijación de requerimientos del diseño se basa en identificar atributos críticos del sistema como Indicadores de Desempeño Clave (TPMs), que miden la calidad del producto. Utilizando la Casa de la Calidad, se traducen las necesidades del mercado en características técnicas. Se recopilan requerimientos de clientes y otros grupos de interés, como proveedores y el gobierno, y se clasifican en categorías específicas. Los TPMs se asignan a cada atributo, justificando su elección por su relevancia para cumplir con los requisitos del cliente y asegurar la calidad del producto final. A continuación, se explican los requerimientos de los clientes definidos según su categoría:

- Calidad de la materia prima: El uso de plástico reciclado es esencial para la calidad y el impacto ambiental del producto.
- Volumen y frecuencia de entrega: Cumplir con el tamaño de mercado es clave para la viabilidad y competitividad. Se establece un volumen mensual de 0,83 Ton con entregas semanales de 0,19 Ton.
- Métodos de pago: Se ofrecen opciones de pago flexibles a proveedores, con un plazo máximo de 30 días después de la entrega, para mantener relaciones comerciales sólidas.
- Proceso de recepción de materia prima: La inspección rápida de los materiales permite identificar problemas de calidad de inmediato, con un compromiso de resolución en 48 horas.
- Cumplimiento de normativa ambiental: El proyecto debe cumplir con regulaciones y estándares ambientales, incluyendo una composición de más del 50% de plástico reciclado y certificaciones ISO 14001 y ISO 45001.

A continuación [ver Figura 11] se muestra la casa de la calidad elaborada para la fijación de requerimientos del diseño y la definición de TPMs específicos para cada atributo, característica del producto y sistema de producción:

Categorías	Requerimientos del cliente	Importancia relativa		Procesos												
				Aprovisionamiento de material reciclado	Garantizar limpieza y purificación	Tecnologías de inspección y control de calidad: Inspección rápida y precisa	Sistema de logística: entrega 0,19 Ton/semana	Rastreo de entregas	Plataformas de pago seguras	Variedad de métodos de pago disponibles	Cumplimiento de estándares de protección	Implementación de un sistema de gestión ambiental efectivo.	Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo	Capacidad adecuada del sistema : 10 Ton / año		
Calidad de la MP	1) Tipo de material: plástico reciclado	5	12%	✓												
Volumen y frecuencia de entrega	2) Cumplir con el tamaño de mercado	5	12%													✓
	3) Volumen mensual: 0,83 Ton	4	10%				✓									✓
Métodos de pago	4) Frecuencia de entrega semanal	4	10%				✓	✓								
	5) Transferencias, cheques, pagos en línea, etc.	3	7%						✓	✓						
Proceso de recepción de MP	6) Plazo de pago máximo: 30 días después de la entrega	3	7%						✓	✓						
	7) Tiempo de inspección de MP recibida < 1 hora	4	10%	x		✓										
Cumplimiento de normativa ambiental	8) Resolución de problemas de MP recibida < 48 horas	3	7%			✓										
	9) Composición del producto: plástico reciclado > 50%	4	10%										✓			
	10) Cumplimiento certificación ISO 14001	3	7%										✓			
	11) Cumplimiento certificación de seguridad ISO 45001	3	7%											✓		

Fig. 11 Casa de la calidad (QFD)

Se puede ver que la Casa de la Calidad [ver figura 11] incluye una matriz de relaciones que identifica qué parámetros de diseño afectan las necesidades de los clientes y en qué medida. Esta matriz se llena con símbolos que representan la relación entre los requisitos del cliente y los procesos [ver Tabla XI]:

Tabla XI. Símbolos matriz de relación

Relación	
✓	Fuerte positiva
✓	Medianamente positiva
x	Medianamente negativa
x	Fuerte negativa

Asimismo [ver figura 11], se evidencian los procesos también conocidos como "¿Cómo?", en las columnas de la Casa de la Calidad, estos son atributos específicos del sistema de producción que se diseñan y se implementan para cumplir con los requerimientos del cliente, así como para alcanzar los TPMs. Estas características son las que definen cómo se lograrán los objetivos establecidos en términos de calidad, seguridad, funcionalidad, sostenibilidad y otros aspectos importantes del sistema de producción. Los procesos mencionados se explican a continuación:

- Aprovisionamiento de material reciclado: Asegurar una fuente confiable y continua de material reciclado, verificando su calidad y disponibilidad mediante relaciones con proveedores.
- Limpieza y purificación: Eliminar impurezas del material reciclado para asegurar la calidad y seguridad del producto final.
- Tecnologías de inspección y control de calidad: Implementar inspección rápida y precisa para garantizar que los productos cumplan con los estándares de calidad.
- Sistema de logística y entrega: Establecer un sistema eficiente para mantener una producción constante y satisfacer una demanda de 10 toneladas anuales de plástico inyectado, con entregas semanales de 0,19 toneladas.
- Rastreo de entregas: Seguimiento puntual para garantizar la transparencia y abordar problemas o retrasos.
- Plataformas de pago seguras: Implementar sistemas de pago en línea seguros para proteger la información financiera de los clientes.
- Variedad de métodos de pago: Ofrecer diversas opciones de pago para adaptarse a las necesidades de los clientes.
- Cumplimiento de estándares de protección: Asegurar que los productos cumplan con las normativas de seguridad y protección.
- Sistema de gestión ambiental: Minimizar el impacto ambiental de la producción con prácticas sostenibles [59].
- Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo: Garantizar un ambiente de trabajo seguro para los empleados, identificando y mitigando riesgos laborales [60].

- Capacidad adecuada del sistema: Asegurar que la producción y distribución puedan satisfacer la demanda del mercado de manera eficiente.

Adicionalmente, se puede observar, como se asigna una calificación a cada una de las necesidades de los clientes, reflejando la importancia relativa de cada requisito. Esta calificación se establece en una escala de 1 a 5, donde 1 indica la importancia más baja y 5 la importancia más alta. Donde, se destaca el uso de plástico reciclado, y la durabilidad, que son fundamentales para la calidad y sostenibilidad del producto, recibiendo la calificación más alta de 5. La importancia relativa de aspectos como el volumen de entrega y métodos de pago es menor, con una calificación de 4, mientras que el cumplimiento de ciertas certificaciones y plazos de pago se califica con 3, indicando su importancia pero no esencialidad.

En el caso de esta casa de calidad, no fue necesario evaluar las relaciones entre los procesos "¿Cómo?" porque el enfoque se centró en los requisitos de los clientes y cómo satisfacerlos, en lugar de examinar las interrelaciones entre los procesos internos. La casa de calidad se diseñó para capturar las necesidades y expectativas de los clientes, así como las características de ingeniería que garantizarían la calidad del producto final. Si bien los procesos internos son importantes para la fabricación y entrega de los productos, en este contexto, la atención se centró en cómo cumplir con los requisitos y expectativas de los clientes de manera efectiva y eficiente.

D. Exploración de ideas y selección de alternativa

1. Incorporación de material reciclado:

- Incentivos para Reciclaje con Proceso de transformación propio: Implementar un programa de incentivos económicos para los proveedores de plástico, de tal manera que suministren al sistema con todo tipo de plástico para luego ser procesado y pelletizado dentro de la empresa.
- Alianzas con empresas para la compra de Bolas de Polietileno: Establecer una alianza estratégica con empresas especializadas o comercializadoras, para adquirir pellets de polietileno de plástico reciclado como materia prima para la fabricación de equipos de seguridad. Esta colaboración asegura un suministro constante de material reciclado de alta calidad y promueve la economía circular en la industria del plástico.

2. Función de almacenamiento:

- Centros Logísticos: Establecer acuerdos con centros logísticos externos al sistema productivo para el almacenamiento del producto terminado. Estas instalaciones están estratégicamente ubicadas para atender las necesidades de las operaciones de fabricación en la región y su posterior distribución.
- Métodos de Control de Inventario (LIFO/FIFO): Implementar métodos de control de inventario como LIFO (Último en Entrar, Primero en Salir) o FIFO (Primero en Entrar, Primero en Salir) para gestionar eficientemente los niveles de stock de producto terminado. Lo cual se desarrollaría de manera interna, adaptando una de las zonas físicas del sistema productivo netamente para almacenamiento.

3. Tipo de producción:

- Producción Push: se caracteriza por un sistema basado en pronósticos de demanda y proyecciones de ventas. En este enfoque, la fabricación de equipos de seguridad de plástico reciclado se lleva a cabo en función de estimaciones del mercado, permitiendo una planificación precisa para garantizar la disponibilidad de productos en el inventario. Este método busca anticipar la demanda y producir en consecuencia, con el objetivo de mantener niveles adecuados de inventario y satisfacer las necesidades del mercado de manera oportuna.
- Producción Pull: Se fundamenta en la demanda real del cliente. En este sistema, los equipos de seguridad de plástico reciclado se fabrican únicamente cuando se recibe un pedido específico. Este enfoque reduce significativamente el riesgo de sobreproducción y desperdicio de recursos, ya que se produce solo lo que se necesita en el momento justo. Al alinearse estrechamente con la demanda del cliente, la producción Pull busca optimizar la eficiencia y minimizar los costos asociados con el almacenamiento de inventario excesivo.

4. Fabricación

- Moldeo por Inyección: En el proceso de moldeo por inyección, el plástico reciclado se calienta hasta que se vuelve líquido y luego se inyecta a alta presión en un molde. Una vez que el plástico se enfría y solidifica, se retira el producto moldeado. Esta técnica es ideal para la producción en masa de piezas de plástico con formas complejas y detalles finos, como carcasas de dispositivos electrónicos o componentes de equipos de seguridad. Ofrece una alta precisión y eficiencia en la producción [61].
- Moldeo por Soplado: En el moldeo por soplado, el plástico reciclado se calienta y se forma en un tubo hueco (preforma) que luego se coloca en un molde. Mediante la aplicación de aire a presión, el plástico se expande para adoptar la forma del molde. Esta técnica es comúnmente utilizada para la fabricación de botellas de plástico, contenedores y otros productos huecos. Es eficiente para la producción de grandes volúmenes de productos con formas simples y requiere menos material en comparación con otros métodos de moldeo [62].
- Moldeo por Compresión: En el moldeo por compresión, el plástico reciclado se coloca en un molde caliente y se aplica presión para moldearlo en la forma deseada. Esta técnica es adecuada para la producción de piezas de gran tamaño y formas complejas, como paneles de carrocería de automóviles o componentes de maquinaria. El proceso de compresión proporciona una distribución uniforme del material y permite la incorporación de insertos metálicos u otros materiales dentro de la pieza moldeada. Es una opción rentable para la fabricación de productos personalizados o de bajo volumen [63].

5. Control de calidad:

- Contratación de Empresa de Control de Calidad: Contratar los servicios de una empresa especializada en control de calidad, como Calidad Total S.A., para llevar a cabo pruebas y análisis exhaustivos de los equipos de seguridad fabricados. Esta medida garantiza la conformidad con los estándares de calidad y proporciona una validación independiente del producto antes de su comercialización.
- Laboratorios de Control Interno: Establecer laboratorios de control de calidad internos equipados con tecnología de vanguardia para realizar pruebas y análisis periódicos de los materiales y productos en todas las etapas de la producción. Esto asegura un control riguroso sobre la calidad y la consistencia de los equipos de seguridad.

6. Empaque:

- Eco-Packaging: Comprar empaques eco-amigables, utilizando materiales reciclados y biodegradables. El Eco-Packaging refuerza la imagen de la marca como comprometida con la sostenibilidad ambiental y ofrece una solución de empaque segura y respetuosa con el medio ambiente.
- Etiquetado Sostenible: Implementar prácticas de etiquetado sostenible que utilicen tintas ecológicas y materiales de etiquetado reciclados. Esto asegura que el empaque del producto sea completamente sostenible, desde el material hasta la impresión, y comunica el compromiso de la marca con la responsabilidad ambiental.

7. Distribución:

- Red Logística Integrada: Establecer una red logística integrada que incluya centros de distribución estratégicamente ubicados en diferentes regiones de Colombia, como el Centro de Distribución Medellín y el Centro de Distribución Cali. Esta red permite una distribución eficiente y oportuna de los equipos de seguridad a los clientes en todo el país.
- Servicio de Entrega Rápida: Ofrecer un servicio de entrega rápida y confiable con seguimiento en línea a través de asociaciones con empresas de logística líderes en el mercado, como EnvíoSeguro S.A. Servientrega, DHL, etc. Esto garantiza una experiencia de compra sin problemas y aumenta la satisfacción del cliente.

8. Mantenimiento y mejora del sistema:

- Monitoreo Predictivo: Implementar tecnologías de monitoreo remoto y diagnóstico predictivo, como el Sistema de Mantenimiento Predictivo Avanzado, para identificar y prevenir posibles fallas en la maquinaria y equipos utilizados en la producción. Esto reduce el tiempo de inactividad y los costos de mantenimiento, asegurando una operación continua y eficiente.
- Programa de Mejora Continua: Establecer un programa de mejora continua que fomente la identificación y resolución

proactiva de problemas en el sistema de producción. Esto se logra a través de la participación de los empleados en la identificación de oportunidades de mejora y la implementación de soluciones innovadoras para optimizar el proceso de producción.

Ahora bien, conociendo todas las posibles soluciones en cada una de las funciones del sistema productivo, es importante tener parámetros que permitan seleccionar las mejores soluciones que componen la alternativa definitiva para el sistema productivo; a continuación, se establecen los criterios de evaluación de soluciones por cada función:

Criterios de evaluación:

1. Incorporación de material reciclado:

- Garantía de suministro: ¿Qué tan seguro es el suministro de material reciclado de alta calidad a través de cada alternativa?
- Impacto económico: ¿Cuál es el costo asociado con cada método de incorporación de material reciclado y cómo afecta a la rentabilidad general del proceso?

2. Función de almacenamiento:

- Eficiencia logística: ¿Cuál de las opciones ofrece una gestión de inventario más eficiente y optimizada?
- Costos de almacenamiento: ¿Qué método de almacenamiento resulta en costos más bajos para la empresa?
- Flexibilidad operativa: ¿Qué opción proporciona una mayor flexibilidad para adaptarse a las fluctuaciones en la demanda de materiales y productos?

3. Tipo de producción:

- Eficiencia operativa: ¿Qué sistema de producción permite una mayor eficiencia en términos de tiempo y recursos utilizados?
- Flexibilidad de diseño: ¿Qué técnicas de fabricación ofrecen más opciones de diseño y personalización de productos?
- Sostenibilidad: ¿Cuál de las alternativas de producción y fabricación tiene un menor impacto ambiental y promueve la economía circular?

4. Fabricación:

- Versatilidad de Aplicación: ¿Qué tan versátil es este método de producción en términos de su capacidad para crear piezas con formas complejas?
- Eficiencia y Costos de Producción: ¿Qué tan eficiente es el método en relación con los costos de producción, especialmente en la producción en masa?
- Calidad y Durabilidad de los Productos: ¿Qué nivel de calidad y durabilidad pueden alcanzar los productos fabricados utilizando este método, siempre y cuando se implemente correctamente?

5. Control de calidad:

- Rigurosidad de pruebas: ¿Qué método de control de calidad garantiza una evaluación más exhaustiva de los productos fabricados?
- Costo asociado: ¿Cuál es el costo relativo de implementar cada opción de control de calidad y cómo afecta a la rentabilidad del negocio?
- Capacidad de mejora continua: ¿Qué sistema de control de calidad permite una retroalimentación más efectiva para mejorar los procesos de fabricación?

6. Empaque:

- Sostenibilidad ambiental: ¿Qué opción de empaque tiene un menor impacto ambiental y se alinea mejor con los valores de sostenibilidad de la empresa?
- Atractivo del producto: ¿Cuál de las alternativas de empaque tiene un diseño más atractivo y agradable para los clientes?
- Costo de producción: ¿Cuál es el costo asociado con cada tipo de empaque y cómo afecta a la rentabilidad del producto final?

7. Distribución:

- Cobertura geográfica: ¿Qué sistema de distribución permite llegar de manera más efectiva a los clientes en diferentes regiones?
- Tiempo de entrega: ¿Qué opción de distribución garantiza tiempos de entrega más cortos y confiables?
- Costos de distribución: ¿Cuál es el costo asociado con cada método de distribución y cómo afecta a la rentabilidad del negocio?

8. Mantenimiento y mejora del sistema:

- Prevención de fallas: ¿Qué método de mantenimiento y monitoreo ayuda mejor a prevenir y solucionar problemas en la producción?
- Inversión inicial: ¿Cuál es el costo inicial de implementar cada sistema de mantenimiento y mejora continua?
- Impacto en la productividad: ¿Cómo afecta cada opción de mantenimiento y mejora del sistema a la productividad y eficiencia general de la empresa?

Una vez establecidos los criterios de evaluación, se utiliza una matriz comparativa en la cual se identifican las alternativas principales [ver Figura 12]

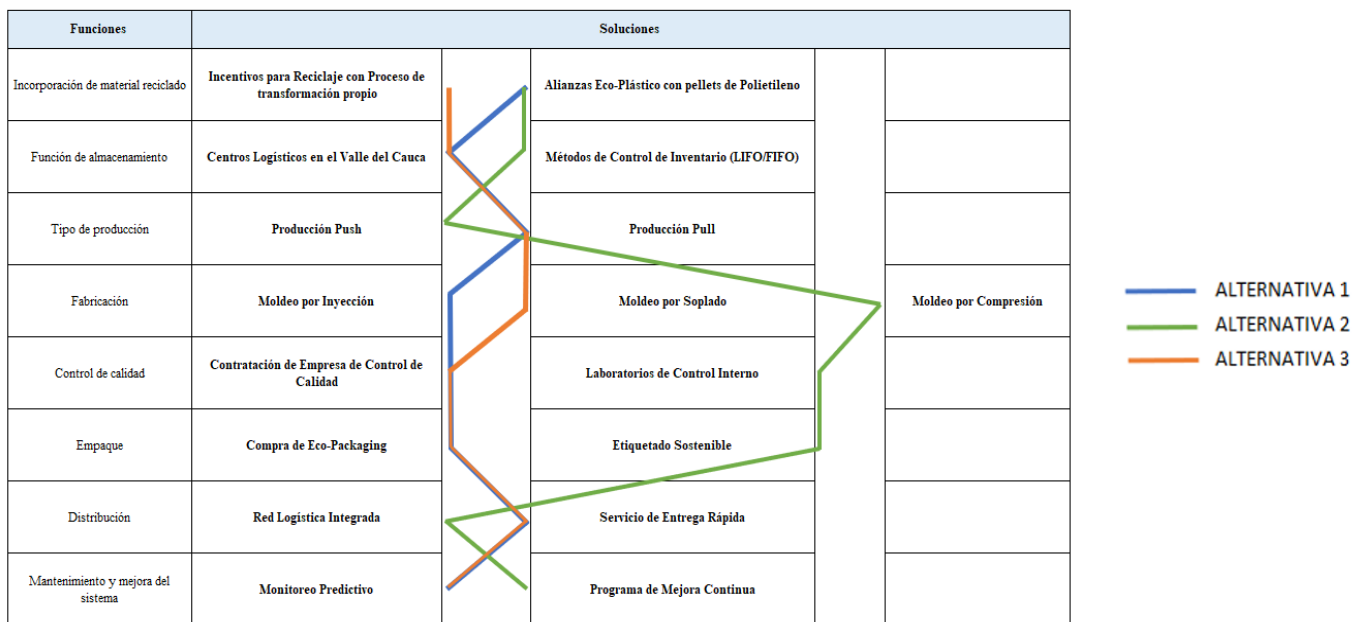


Fig. 12 Evaluación cualitativa de alternativas

Ya planteadas las posibles alternativas, se procede a compararlas de una forma cuantitativa para elegir aquella que mejor se adapte al sistema productivo teniendo en cuenta los criterios en cada una de las funciones [ver Tabla XII].

Tabla XII. Evaluación cuantitativa de alternativas

Funciones	Alternativas		
	1	2	3
Incorporación de material reciclado	5	4	3
Función de almacenamiento	4	3	4
Tipo de producción	4	4	4
Fabricación	5	5	4
Control de calidad	4	3	4
Empaque	5	4	5
Distribución	5	4	5
Mantenimiento y mejora del sistema	5	4	5
Total	4,625	3,875	4,25

Se evidencia en la matriz de evaluación [Tabla XII], que la mejor alternativa para el sistema de las tres posibles es la número 1. La cual cuenta con un sistema de Incorporación de material reciclado, mediante Alianzas con empresas ya establecidas para la compra de pellets de plástico reciclado, una vinculación con centros logísticos en el Valle del Cauca para el producto terminado, un sistema de producción tipo Pull, método de moldeo por inyección, vinculación con empresas de control de calidad, la compra de Eco-Packaging, una distribución por servicio de Entrega Rápida y un monitoreo predictivo dentro de la fábrica de producción.

E. Especificación del diseño

La propuesta inicial del sistema productivo [ver Figura 13] tiene como objetivo desarrollar capacidad para la entrega constante de material reciclado de alta calidad, brindar garantías de una gestión eficiente del inventario, fácil adaptación a variaciones de la demanda real del cliente, y como factor principal, siguen la línea del sistema que se rige por promover la sostenibilidad. Además, la contratación de una empresa especializada en control de calidad asegura una evaluación rigurosa de los productos fabricados; por su parte el empaque de los productos debe seguir con la línea principal del sistema productivo, el cual debe garantizar que sean productos amigables con el medio ambiente, por lo cual comprar empaques eco-amigables, verificados ofrece una solución de empaque sostenible y atractiva. La distribución a través de un servicio de entrega rápida garantiza tiempos de entrega confiables, y el monitoreo predictivo emerge como la mejor opción para prevenir fallas y optimizar la productividad del sistema. Por último, el método de fabricación del sistema será por inyección, el cual es ampliamente utilizado debido a su versatilidad y eficiencia en la producción de piezas plásticas. Permite la fabricación de piezas con formas complejas y detalles finos de manera rápida y precisa [46]. Además, este método ofrece una alta producción en masa, lo que lo hace ideal para satisfacer grandes volúmenes de demanda. Su proceso automatizado y su capacidad para utilizar una amplia gama de materiales plásticos lo convierten en una opción versátil para diversas aplicaciones industriales, lo cual es útil si se necesita realizar una adaptación a tendencias del mercado.

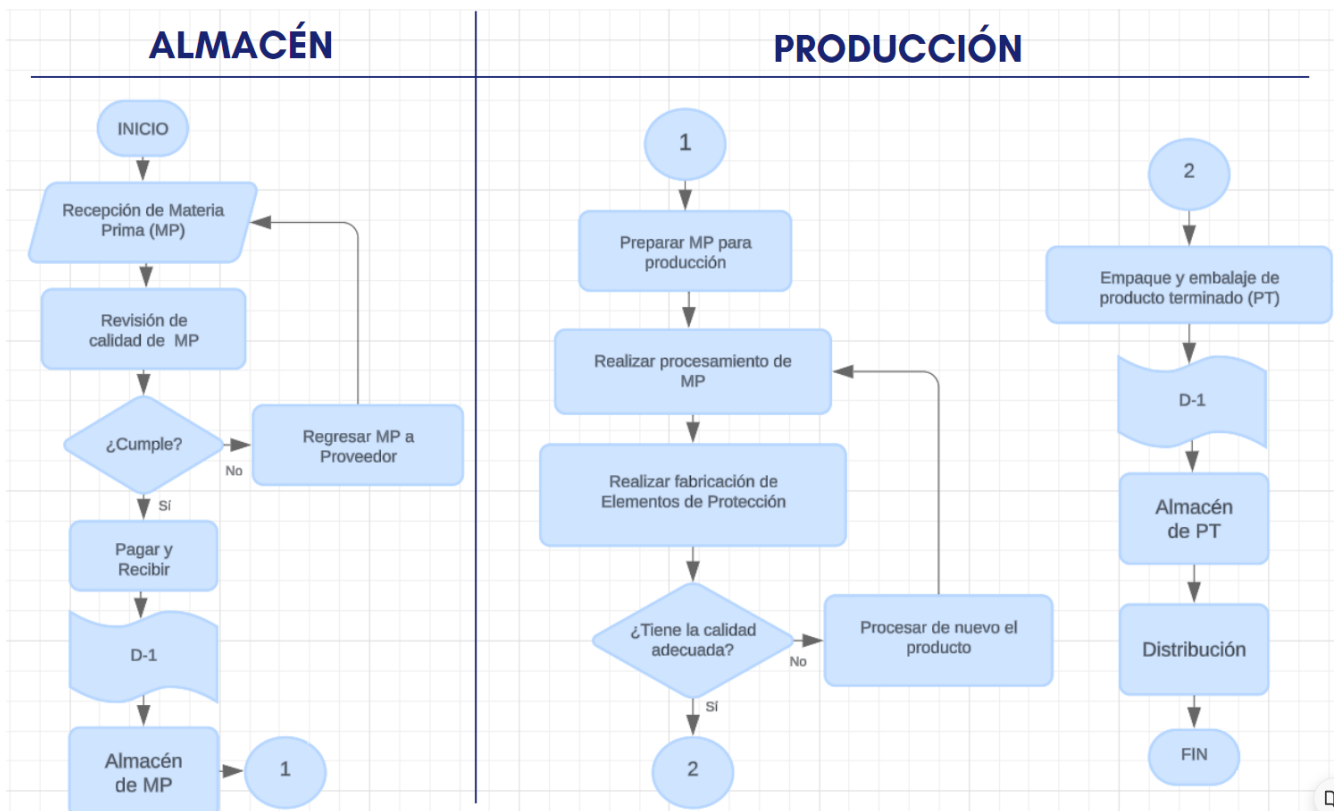


Fig. 13 Flujograma de procesos del sistema productivo

De igual manera, teniendo en cuenta la definición y características determinadas anteriormente, el diseño y construcción del sistema de producción abordará aspectos ligados a elementos como Materiales, Maquinas y Seguridad, de forma que se especifiquen a mayor grado diferentes alternativas a considerar para cada uno de ellos.

Para el aspecto de los materiales que se incluyen en el diseño del sistema, se reconoce la versatilidad propia del plástico reciclado, a pesar de ello, la formación de compuestos mediante la adición de fibras de refuerzo, cargas minerales o aditivos es una práctica realizada dentro de los procesos con moldeo por inyección con el fin de evidenciar una mejora en las propiedades, de esta manera se conciben como materiales que se puedan añadir a películas de plástico metalizado [64], Mica, Talco, Carbonato de Calcio, fibra de vidrio [65] y hasta material plástico virgen [26]. Entre los materiales propios de los productos escogidos en el portafolio definido en la sección de exploración de ideas y selección de alternativa, se determinan los siguientes:

1. Espuma: Parte interna de los elementos de protección, necesaria para brindar comodidad y confort, destacan opciones como la espuma EVA, utilizada en modelos de canilleras, o Piñatex, material hecho con fibras de hojas de piña con similitud al cuero [66].
2. Abroches: Elemento con rango de ajuste para Rodilleras, Coderas, Casco amateur y muñequeras, comúnmente se usan cierres de hebilla, broches a presión, velcro con contenido reciclado [67].
3. Hilo: Elemento de cohesión y fijación entre resina, abroches, tela y espuma, hace presencia en la mayoría de los productos del portafolio a excepción de las canilleras. Algunas de sus alternativas son los hilos de poliéster o el MicroSilk como opción sostenible [66].
4. Tela: Material que forra la espuma, se encuentra en la parte interna de los equipos de protección y tiene contacto directo con la piel, cabellera o en su defecto, con la ropa del usuario. Como ejemplo claro, se encuentra la microfibra elástica y tejido bielástico usados por la reconocida marca de cascos AGV Racing [68].

Por otra parte, otro de los ámbitos para tener en cuenta, se direcciona hacia la especificación de las máquinas, pues teniendo en cuenta que el proceso productivo incluirá al moldeo por inyección como tecnología escogida, es importante concebir el tipo de máquinas de moldeo por inyección que se puede incluir dentro del sistema, para lo cual se describen los siguientes segmentos [69]:

1. Moldeo por inyección hidráulico: Este método utiliza la fuerza hidráulica para inyectar plástico fundido en un molde, también se conoce por su capacidad de generar alta fuerza de sujeción, aunque puede ser menos preciso en comparación con otros métodos, como la Serie System de Sumitomo (SHI) Demag, que garantiza pérdidas mínimas y grandes ahorros en términos energéticos [70].
2. Moldeo por inyección eléctrico: En este proceso, se emplean motores eléctricos para controlar la inyección de plástico fundido en el molde y para la apertura y cierre del mismo, tiene preferencia por su mayor precisión, eficiencia energética y menor nivel de ruido en comparación con el moldeo hidráulico, un ejemplo es la Zhafir Zeres Series III, que ofrece una unidad hidráulica integrada [71].
3. Moldeo por inyección híbrido: Este enfoque combina la precisión de los sistemas eléctricos con la potencia de los sistemas hidráulicos. Por lo general, utiliza motores eléctricos para la fase de inyección y sistemas hidráulicos para la sujeción del molde, buscando así optimizar tanto la precisión como la fuerza en el proceso de moldeo, un ejemplo es la serie FNX de Nissei, la cual destaca por su baja inversión inicial y su flexibilidad en las paredes de las piezas moldeadas [72].

La escogencia del método para el sistema estará sujeto a diferentes variables, entre ellas los costos de la maquinaria, su capacidad teórica, consumo energético, y precisión de inyección acorde al producto.

Por último, en cuanto al diseño del sistema de producción yace la necesidad de incluir el aspecto de seguridad, por lo que teniendo en cuenta el contexto y la normativa colombiana, se puede desarrollar bajo los siguientes términos:

1. Análisis de riesgos laborales: Con base en la Resolución 0312 de 2019 del Ministerio del Trabajo [73], se debe tener en cuenta la realización de una evaluación de riesgos laborales en todas las áreas de trabajo, de forma que se identifique y documente los peligros potenciales, y con ello, poder tomar medidas preventivas para eliminar o reducir los riesgos identificados.
2. Planificación de emergencias: Asimismo y de acuerdo con la Resolución 0312 de 2019 [73], es necesario desarrollar un plan de emergencia y evacuación que, cumpliendo con los requisitos legales colombianos, también apoyándose de herramientas como simulacros de evacuación, capacitación en primeros auxilios y capacitación en prevención de incendios a todo el personal.
3. Evaluación de salud ocupacional: Según la Resolución 0312 de 2019 [73] y la Resolución 2400 de 1979 [74], se deben

implementar programas de vigilancia epidemiológica y monitoreo de la salud de los trabajadores, dando proporción de exámenes médicos ocupacionales periódicos y controles de salud específicos para riesgos laborales identificados.

- Ergonomía y prevención de lesiones: Siguiendo la Resolución 2400 de 1979 [74], la verificación de las condiciones ergonómicas de puestos y estaciones de trabajo es de debido cumplimiento, con el fin de prevenir lesiones. De igual manera, es necesaria la proporción de equipos ergonómicos y la promoción de prácticas de trabajo seguras según las recomendaciones de la Resolución 0312 de 2019 [73], conforme a las características propias de la estación de trabajo.

F. Plan de trabajo (PdT)

Una vez definidos el objetivo general y los objetivos específicos, se elabora un plan de trabajo detallado [ver Tabla XIII]. Este plan organiza las actividades necesarias para desarrollar la alternativa seleccionada, especifica las herramientas de ingeniería que se utilizarán, describe los entregables asociados y proporciona un cronograma guía realizado en Microsoft Project [ver Anexo 5] para verificar el progreso del proyecto.

Tabla XIII. Plan de trabajo

Objetivos	Área IISE	Herramientas de Ingeniería Industrial	Actividades	Entregable (alcance)	Fecha entrega
Específico 1	Work Design & Measurement	Diagramas de flujo de proceso	<ol style="list-style-type: none"> Recopilar datos de producción actuales y requerimientos futuros. Analizar el flujo de proceso actual. Identificar ineficiencias y oportunidades de mejora. Diseñar el flujo de proceso preliminar para el nuevo sistema. Especificar los componentes del sistema de producción. 	Diseño preliminar del sistema de producción incluyendo la especificación de componentes y el flujo de trabajo	4 Semana
	System Design & Engineering	Análisis de tiempos y movimientos			
		Mapas de procesos			
Específico 2	Design and Manufacturing Engineering	Diseño asistido por computadora (CAD)	<ol style="list-style-type: none"> Detallar los componentes del sistema de producción. Integrar los componentes en el diseño global del sistema. Realizar análisis de capacidades y recursos. Ajustar el diseño según los análisis y retroalimentación. Documentar el diseño detallado del sistema de producción. 	Diseño detallado del sistema de producción con todos los elementos definidos y alineados con los requerimientos establecidos	4 Semana
	System Design & Engineering	Diagramas de ensamblaje			
		Análisis de capacidades y recursos			
Específico 3	Operations Research & Analysis	Simulación de procesos	<ol style="list-style-type: none"> Desarrollar modelos de simulación del sistema de producción. Ejecutar simulaciones para evaluar el desempeño técnico. Realizar análisis financiero del sistema de producción. Integrar resultados de simulación y análisis financiero. Revisar y ajustar el diseño según los resultados de la validación. 	Informe de viabilidad técnica y financiera, incluyendo resultados de simulaciones y análisis económico	7 Semana
	Engineering Economic Analysis	Modelos financieros			
	Operations Engineering & Management	Análisis costo-beneficio			

III. PROYECTO DE DISEÑO II

FASE 1: VOLUMEN Y PROCESOS

Para diseñar un sistema de producción eficiente, es fundamental identificar los materiales e insumos necesarios, evaluar sus costos, tiempos de entrega por parte de los proveedores y asegurar la calidad deseada para el producto final. Este análisis integral permite no solo optimizar los recursos, sino también garantizar que los productos cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento requeridos. Además, es crucial considerar las características específicas de los productos incluidos en este proyecto, asegurando que cada uno de ellos satisfaga las necesidades y expectativas de los usuarios finales.

Inicialmente, el portafolio de productos incluía canilleras, rodilleras, coderas y un kit amateur que comprendía rodilleras, coderas, muñequeras y casco para uso recreativo. Sin embargo, para enfocar mejor el alcance y la profundidad del proyecto de diseño, se decidió reducir el número de elementos de protección a canilleras, rodilleras y coderas. Esta decisión se basó en la similitud de los requisitos de materia prima y los procesos de fabricación de estos productos, lo que facilita la estandarización y eficiencia en la producción.

A. Lista SKU

Una lista SKU (Stock Keeping Unit) es un sistema de identificación único para cada tipo de producto o insumo en inventario. Cada SKU es un código alfanumérico que permite gestionar y rastrear eficientemente los productos, facilitando la organización y el control del inventario [75]. En este proyecto, se creó una lista SKU para los siguientes insumos: tela, espuma EVA, cajas para empacar el producto terminado, pegante textil, hilo, velcro, empaques para guardar los elementos en pares, y PET reciclado, particularmente polipropileno de alta densidad (PP-HD) para inyección, el cual se escogió gracias a sus múltiples beneficios, pues ofrece una alta resistencia al impacto, esencial para la protección eficaz en actividades deportivas y de motociclismo, su durabilidad la cual garantiza una larga vida útil de los productos, mientras que su ligereza contribuye a la comodidad del usuario sin comprometer la seguridad. Además, presenta una excelente resistencia química y es impermeable, lo que lo hace ideal para condiciones adversas y variadas; y estabilidad térmica que asegura que mantenga sus propiedades mecánicas y físicas en un amplio rango de temperaturas, crucial para productos expuestos a condiciones climáticas extremas [76]. Asimismo, el uso de este material reciclado contribuye significativamente a la sostenibilidad ambiental, reduciendo la demanda de plástico virgen y la cantidad de residuos plásticos, alineándose con las crecientes expectativas y regulaciones sobre la responsabilidad ambiental, por otro lado, el PP-HD dispone de flexibilidad en el moldeo, lo que permite diversas técnicas de fabricación como la inyección y la extrusión, facilitando la producción de productos con formas y características específicas, permitiendo a su vez una fácil coloración y personalización, esencial para satisfacer las preferencias del mercado y diferenciar los productos [77]

Tabla XIV. Lista SKU

Código SKU	Descripción	UM	Fabricar / Comprar
TEL	Tela elástica (Nylon/Spandex) - Forro para la parte interna de los productos	Metros	Comprar
ESP	Espuma EVA (Etileno-vinil-acetato) - Acolchado adicional para protección contra impactos	Metros	Comprar
CAJ	Caja corrugada 50 cm x50 cm x 50 cm para pedidos al por mayor	Unidades	Comprar
PEG	Pegante industrial de uso profesional	Galón	Comprar
PET	Pellets de PP-HD recuperado de origen post consumo	Kilogramos	Comprar
EMP	Bolsas de tela intermalla con cordón reutilizables	Unidades	Comprar
HIL	Hilo encerado plano de 1 cm de ancho	Rollos	Comprar
VEL	Velcro de grosor 2 cm color negro	Metros	Comprar

CAJCO12	Caja corrugada con 12 pares de coderas empacadas	Unidades	Fabricar
COD	Coderas	Par	Fabricar
EMPCO	Par de coderas empacadas en bolsa de tela intermallada	Unidades	Fabricar
CAJCA12	Caja corrugada con 12 pares de canilleras empacadas	Unidades	Fabricar
CAN	Canilleras	Par	Fabricar
EMPCA	Par de canilleras empacadas en bolsa de tela intermallada	Unidades	Fabricar
CAJRO12	Caja corrugada con 12 pares de rodilleras empacadas	Unidades	Fabricar
ROD	Rodilleras	Par	Fabricar
EMPROD	Par de rodilleras empacadas en bolsa de tela intermallada	Unidades	Fabricar

Se puede observar [Ver Tabla XIV] que todos los insumos y la materia prima necesarios para la fabricación de los productos serán adquiridos externamente, en lugar de ser producidos internamente, ya que esto requeriría una inversión significativa en maquinaria especializada, lo que implicaría costos elevados de capital que podrían desviar recursos financieros importantes del núcleo del proyecto. Estos costos no solo incluyen la compra de las máquinas, sino también el mantenimiento, la actualización tecnológica y la capacitación del personal para operarlas eficientemente. Además, la producción interna demandaría un espacio físico considerablemente mayor, pues la instalación de las máquinas y el almacenamiento de las materias primas y productos semiacabados requerirían una ampliación significativa del espacio de producción, lo que se traduce en un aumento en los costos inmobiliarios y de infraestructura.

Otro factor crítico es la implementación de una línea de producción interna, debido a que puede ser un proceso largo y complejo, que incluye la adquisición de maquinaria, la contratación y capacitación del personal, y la puesta en marcha de los procesos de producción. Durante este período, la capacidad para responder rápidamente a las demandas del mercado se vería comprometida.

Por lo que, adquirir los insumos y la materia prima de proveedores establecidos permite una entrada más rápida al mercado y una mayor flexibilidad para ajustar el volumen de producción según la demanda; evitar inversiones iniciales elevadas, reduce los requerimientos de espacio, garantiza una calidad constante y permite una gestión financiera más flexible y eficiente.

Asimismo, se evidencia como el análisis de la SKU List del producto terminado permite identificar y segmentar los diferentes estados en los que se presenta cada elemento a lo largo de sus diversas etapas de empaquetado. Inicialmente, los productos terminados se consideran como unidades individuales, pero posteriormente, se agrupan en pares dentro de bolsas de tela intermallada, que no solo protegen el producto sino que también facilitan la gestión logística al asegurar que los elementos complementarios se mantengan juntos. Finalmente, estos pares de productos son empaquetados en cajas corrugadas de alta resistencia para su distribución al por mayor, optimizando tanto el almacenamiento como el transporte de grandes volúmenes.

B. Proveedores: factores clave de competitividad

A partir de la identificación de la materia prima e insumos necesarios para la fabricación de los elementos de protección seleccionados, se llevó a cabo una exhaustiva investigación sobre los proveedores que podrían abastecer estos insumos, la cual consideró varios factores clave de competitividad, siendo el costo uno de los más importantes, donde seleccionar proveedores que ofrezcan precios competitivos sin comprometer la calidad es esencial para mantener bajos los costos de producción y asegurar que los productos finales sean accesibles para los clientes. Además, se evaluaron el valor del flete y el tiempo de entrega, ya que contar con proveedores capaces de proporcionar los materiales necesarios en el tiempo acordado es crucial para evitar retrasos que puedan afectar la cadena de suministro y, en última instancia, la satisfacción del cliente. Este enfoque integral asegura no solo la viabilidad económica del proyecto, sino también la eficiencia operativa y la competitividad en el mercado.

A manera de síntesis se presenta un compilado de los resultados obtenidos de la investigación [Ver Tabla XV]:

Tabla XV. Proveedores de MP e insumos [78][79][80][81][82][83][84][85][86][87][88]

Matriz de proveedores				
Código SKU	Descripción	Proveedor	Costo de MP	Tiempo de entrega
TEL	Tela elástica (Nylon/Spandex)	Texttl	\$13.250/m	5 días
		Casa Textil	\$9.000/m	1 día
		Mercadolibre	\$12.900/m	3 días
ESP	Espuma EVA (Etileno-vinil-acetato)	Alper Turkcü	\$7.000/m	20 días
		Shangai Moyuan Industrial Co	\$8.000/m	15 días
CAJ	Caja corrugada 50x50x50	NovaEmpaques	\$10.000 /und	7 días
		KorruCaja	\$9.950/und	2 días
		Bolsas y Empaques Colombia	\$11.600/und	3 días
PEG	Pegante Industrial (galón)	Afix	\$110.000/und	2 días
		Levallejo	\$145.000/und	4 días
PET	Pellets de PP-HD recuperado de origen post consumo	Recuperadora ECOSAN	\$2.650/kg	30 días
		Solución empresarial Summa	\$2.400/kg	20 días
		Distribuidora LYMCA	\$3.750/Kg	20 días
EMP	Bolsas de tela intermalla con cordón reutilizables	Women Handmade (amazon)	\$3.591/und	30 días
		CANDELARIALICETH (MeLi)	\$8,95/und	20 días
		YAYA outdoor sports (Temu)	\$3.300/und	20 días
VEL	Velcro	Mil herrajes	\$800 /m	3-5 días
		Mercadolibre	\$1.200/m	1-5 días
HIL	Hilo encerado plano de 1 cm de ancho	Johana Ferreira	\$154/m	3-5 días
		Mercadolibre	\$193/m	> 8 días

Para identificar a los proveedores ideales que formarán parte del diseño del sistema de producción, se desarrolló una matriz de evaluación basada en criterios de competitividad. Esta matriz calificó a los proveedores según su nivel de cumplimiento en cada factor competitivo (costo y tiempo de entrega), asignando puntuaciones donde 1 representa el nivel más bajo de cumplimiento y 3 el más alto [Ver Tabla XVI].

Tabla XVI. Matriz de criterio de proveedores

Criterio	Calificación		
Costo de materia prima	1 Punto Hay dos alternativas con precios menores	2 Puntos Hay una alternativa con precios menores	3 Puntos No hay alternativas con precios menores
Tiempo estimado de flete	1 Punto 7-30 días	2 Puntos 2-6 días	3 Puntos 1 día

Es así, como se lograron los resultados mencionados a continuación en la Tabla XVII:

Tabla XVII. Calificación de proveedores

Código SKU	Materia prima	Proveedor	Costo de materia prima	Tiempo estimado de entrega	Total
			Calificación		
TEL	Tela elástica (Nylon/Spandex)	Texttl	1	2	3
		Casa Textil	3	3	6
		Mercadolibre	2	2	4
ESP	Espuma EVA (Etileno-vinil-acetato)	Alper Turkcu	3	1	4
		Shangai Moyuan Industrial Co	2	1	3
VEL	Velcro	Mil herrajes	3	2	5
		Mercado libre	2	2	4
EMP	EMP	Women Handmade (amazon)	2	1	3
		CANDELARIALICETH (MeLi)	1	1	2
		YAYA outdoor sports (Temu)	3	1	4
CAJ	Caja Corrugada (50x50x50)	NovaEmpaques	2	1	3
		KorruCaja	3	2	5
		BolsasyEmpaques Col	1	2	3
PEG	Pegante Industrial (galón)	Afix	3	2	5
		Levallejo	2	2	4
HIL	Hilo encerado plano de 1 cm de ancho	Johana Ferreira	3	2	5
		Levallejo	2	1	3

Los proveedores que obtuvieron las calificaciones más altas en la matriz (Resaltados con color azul en la tabla XVII) demostraron una combinación óptima de precios competitivos, alta calidad de los insumos, cumplimiento confiable de los plazos de entrega al tener centros de distribución ubicados en Colombia, lo que facilita el proceso de compras, y capacidad para adaptarse a las necesidades específicas del proyecto.

Adicionalmente, se llevó a cabo una evaluación para los proveedores de pellets de polipropileno de alta densidad reciclado, debido a sus requerimientos adicionales, como las cantidades mínimas de compra. En este contexto, Recuperadora ECOSAN exige un mínimo de 4.000 kg, Solución Empresarial Summa requiere 5.000 kg y Distribuidora LYMCA solicita 1.000 kg. Para esta evaluación, se utilizó una escala de calificación en la que se asigna un 1 al proveedor con la menor cantidad mínima exigida y un 3 al proveedor con la mayor cantidad mínima exigida [Ver Tabla XVIII].

Tabla XVIII. Calificación de proveedores PET

Materia prima	Proveedor	Costo de materia prima	Tiempo estimado de entrega	Pedido Mínimo	Total
		Calificación			
PET	Solución empresarial Summa	3	2	2	7
	Distribuidora LYMCA	1	1	3	5
	Recuperadora ECOSAN	2	2	1	5

Este enfoque permite una comparación objetiva y sistemática de los proveedores, facilitando la selección de aquellos que mejor satisfacen los requisitos de costo, calidad, tiempo de entrega y flexibilidad, garantizando así la eficiencia y eficacia del sistema de

producción.

C. BOM de cada producto

El Bill of Materials (BOM) es un elemento el cual lista todos los materiales, componentes y cantidades necesarios para la producción de los elementos de protección, proporcionando una base sólida para la planificación, la gestión de inventarios y la coordinación con los proveedores. En el contexto de este proyecto, el BOM es crucial no solo para garantizar que cada pieza se fabrique con los materiales adecuados y cumpla con los estándares de calidad exigidos, sino también para asegurar la eficiencia del proceso de producción, pues permite optimizar los costos, minimizar el desperdicio y contribuir al objetivo global de ofrecer una alternativa económica y sostenible en el mercado [89].

La lista de materiales para la fabricación de los productos incluye principalmente espuma EVA, hilo, Velcro, tela de Nylon Spandex, y polipropileno de alta densidad. Estos elementos se empaquetarán en pares dentro de bolsas de tela intermalla reutilizables, lo que garantiza que cada unidad esté claramente diferenciada de su complemento. Asimismo, la cantidad de unidades que se despachará por caja estará determinada por las dimensiones específicas de cada producto, optimizando así el proceso de embalaje y transporte.

Rodilleras

El diseño y producción de las rodilleras con dimensiones de 20 cm de alto, 15 cm de ancho y 2 cm de espesor, comenzó con la identificación detallada de los materiales necesarios para su fabricación [Ver figura 14].



Fig. 14 Composición de las rodilleras

Una vez identificados los materiales, se procedió a organizarlos en una estructura jerárquica que sigue la lógica de ensamblaje del producto. En el nivel superior de esta jerarquía se encuentra el producto terminado, es decir, la rodillera en su forma final. Justo debajo de este nivel se sitúan los componentes principales, que son las partes fundamentales que conforman la rodillera, mientras que, en el nivel más básico de la estructura, se encuentran los subcomponentes, que incluyen los materiales y piezas más pequeños y específicos [Ver figura 15]

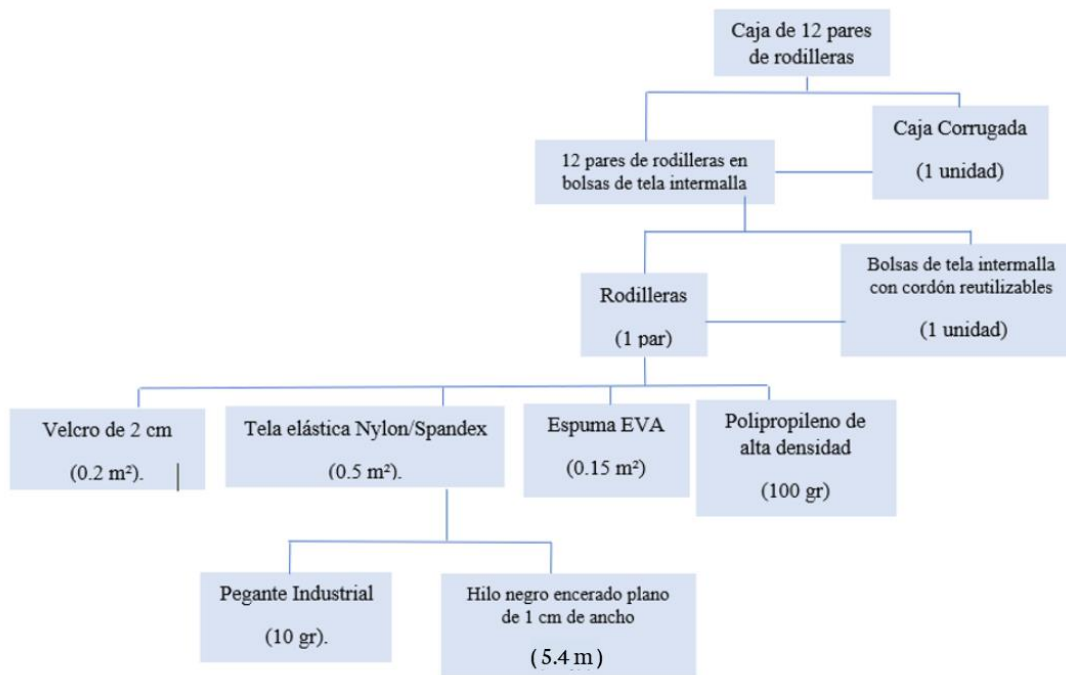


Fig. 15 BOM rodilleras

Esta organización jerárquica no solo facilita la planificación del proceso de producción, sino que también permite una gestión más eficiente de los materiales, asegurando que cada elemento esté disponible y en su lugar en el momento adecuado para la fabricación.

Además, se presenta un desglose de los componentes y materiales necesarios para la fabricación y empaque de las rodilleras [Ver Tabla XIX], junto a su código SKU asignado.

Tabla XIX. SKU Rodilleras

Código SKU	Descripción	UM
ESP	Espuma EVA	cm ²
TEL	Tela elástica (Nylon/Spandex)	m ²
VEL	Velcro 2 cm	m ²
CAJ	Caja corrugada 50 cm x50 cm x 50 cm	Und
PEG	Pegante industrial de uso profesional	gr
PET	Pellets de PP-HD recuperado de origen post consumo	gr
EMP	Bolsas de tela intermalla con cordón reutilizables	Und
CAJRO12	Caja corrugada con 12 pares de rodilleras empacadas	Und
ROD	Par de rodilleras	Und
EMPROD	Par de rodilleras empacadas en bolsa de tela intermalla	Und

Esta lista es esencial para gestionar eficientemente el seguimiento del inventario asegurando que el flujo de producción sea continuo y que se mantenga la capacidad de cumplir con los plazos de entrega establecidos.

Coderas

El diseño y producción de las coderas con dimensiones de 15 cm de alto, 10 cm de ancho y 2 cm de espesor, comenzó con la identificación detallada de los materiales necesarios para su fabricación [Ver figura 16]



Fig. 16 Composición de las coderas

Al igual que para las rodilleras, se organizan los insumos y materiales según la lógica de ensamblaje del producto [Ver figura 17]

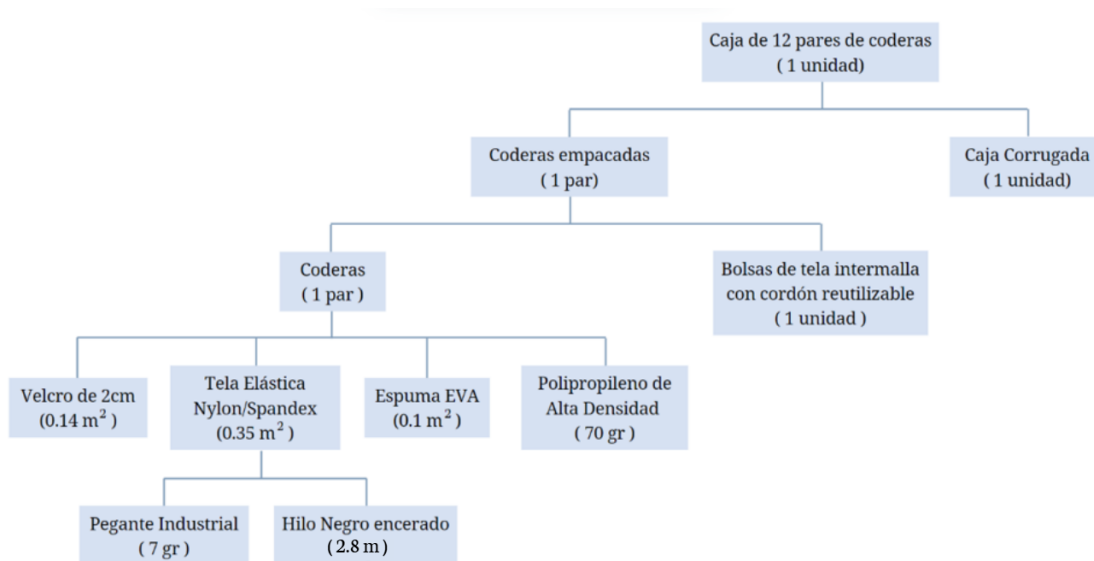


Fig. 17 BOM coderas

Asimismo, se proporciona un resumen organizado de los códigos SKU asignados a cada componente utilizado, junto con una descripción y la unidad de medida correspondiente [Ver Tabla XX].

Tabla XX. SKU Coderas

Código SKU	Descripción	UM
CAJ	Caja corrugada 50 cm x50 cm x 50 cm	Und
PEG	Pegante industrial de uso profesional	gr
PET	Pellets de PP-HD recuperado de origen post consumo	gr
EMP	Bolsas de tela intermalla con cordón reutilizables	Und
TEL	Tela elástica (Nylon/Spandex)	m ²
ESP	Espuma EVA	m ²
VEL	Velcro 2 cm	m ²

HIL	Hilo encerado	gr
CAJCO12	Caja corrugada con 12 pares de coderas empacadas	Und
COD	Coderas	Par
EMPCO	Par de coderas empacadas en bolsa de tela intermalla	Und

Canilleras

El diseño y producción de las canilleras con dimensiones de 18 cm de altura, 15 cm de ancho y 2 cm de espesor, comenzó con la identificación detallada de los materiales necesarios para su fabricación [Ver figura 18].

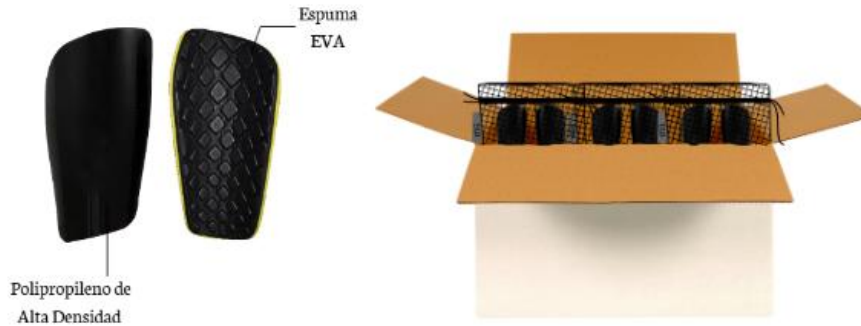


Fig. 18 Composición de canilleras

De la misma forma que se mencionó anteriormente, se organizan los insumos y materiales según la lógica de ensamblaje del producto [Ver figura 19]

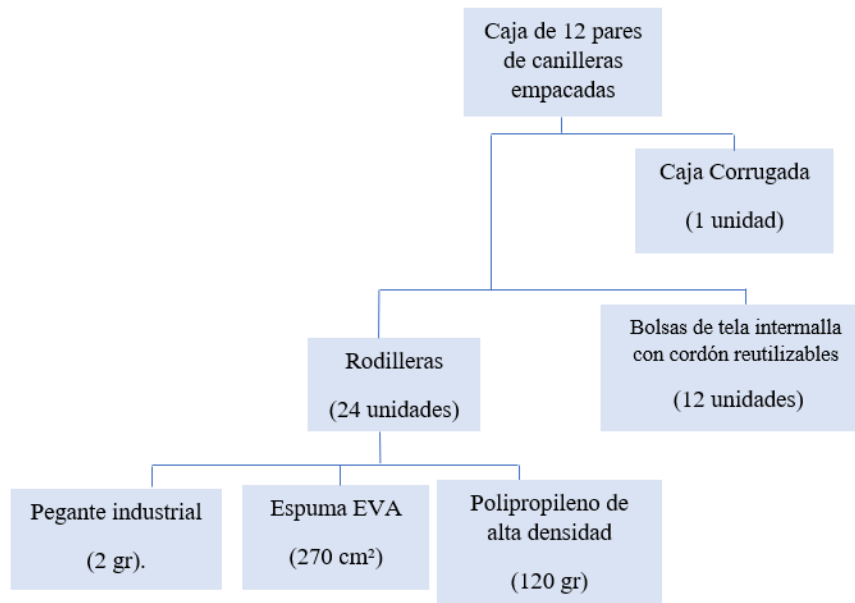


Fig. 19 BOM Canilleras

Asimismo, se proporciona un resumen organizado de los códigos SKU asignados a cada componente utilizado, junto con una descripción y la unidad de medida correspondiente [Ver Tabla XXI].

Tabla XXI. SKU Canilleras

Código SKU	Descripción	UM
ESP	Espuma EVA	cm ²

CAJ	Caja corrugada 50 cm x50 cm x 50 cm	Und
PEG	Pegante industrial de uso profesional	gr
PET	Pellets de PP-HD recuperado de origen post consumo	gr
EMP	Bolsas de tela intermalla con cordón reutilizables	Und
CAJCA12	Caja corrugada con 12 pares de canilleras empacadas	Und
CAN	Par de canilleras	Und
EMPCA	Par de canilleras empacadas en bolsa de tela intermalla	Und

En conclusión, la claridad y organización proporcionadas por el BOM son esenciales para lograr los objetivos de fabricación, ya que estas cualidades permiten mantener un control estricto sobre los costos, los tiempos de entrega y la calidad de los productos, asegurando así una producción eficiente y efectiva.

D. Estimación de demanda para los SKUs

Para planificar eficazmente el abastecimiento y producción del portafolio de productos, es fundamental contar con una estimación de la demanda futura para cada SKU ya establecidos. Esta estimación permitirá tomar decisiones informadas sobre los niveles de inventario que se deben mantener a lo largo de la producción, asimismo, los volúmenes de producción a programar, las estrategias de compra y distribución a implementar para cumplir con el objetivo de la planta; inyectar 10 toneladas de plástico reciclado al año.

Entendiendo la importancia de la estimación de la demanda para los SKU de la planta de producción, se proceden a realizar los cálculos la misma. Para el caso del presente proyecto se omiten los cálculos de la demanda de producto terminado al año debido a que su objetivo se centra en la inyección de plástico reciclado, cantidad que se dividirá cantidades iguales para los tres productos a desarrollar. Teniendo en cuenta esto se calcula el número de producto terminado a realizar por cada artículo anualmente [Ver Tabla XXII]

Tabla XXII. Estimación de producto terminado anual

PRODUCTO	CANT MP / UND (gr)	CANT MP INYECTADA / AÑO	UND PT / AÑO
Rodilleras	0.1	3,333	33,330
Canilleras	0.12	3,333	27,775
Coderas	0.07	3,333	47,614

Una vez calculadas las cantidades de producto terminado a realizar anualmente por cada artículo del portafolio, se le asigna una variabilidad estimada de 9% para rodilleras, 10% para canilleras y 9% para coderas. Esta variabilidad se asigna teniendo en cuenta que los productos no cuentan que el mercado de los artículos no tiene una demanda con fluctuaciones por temporadas, en realidad se trata de una demanda constante. Posteriormente, se realiza la matriz de correlaciones de los productos con la finalidad de ver su afinidad en el proceso de producción y las materias primas que requieren [Ver Tabla XXIII].

Tabla XXIII. Matriz de correlaciones

PRODUCTO	Rodilleras	Canilleras	Coderas
Rodilleras		0.4	0.8
Canilleras	0.4		0.2
Coderas	0.8	0.2	

Seguido a la matriz de correlaciones se desarrolla la matriz de covarianza, que da paso a la matriz de variación de las materias primas, donde se pueden identificar las cantidades necesarias de los SKU, así como su variabilidad que será fundamental para la toma de decisiones en la compra de materias primas y almacén de inventario de la planta [Ver Tabla XXIV].

Tabla XXIV. Estimación de demanda para los SKUs

Producto	Sku	Estimación demanda anual (und)	Variabilidad
Polipropileno de Alta Densidad	PET	9.999,0	7,45%
Hilo Negro Encerado	HIL	666,6	8,54%
Pegante Industrial	PEG	722,1	8,16%
Espuma EVA	ESP	84.753,9	8,18%
Tela Elástica Nylon	TEL	33.329,9	8,54%
Velcro	VEL	13.332,0	8,54%

Finalmente, se puede observar que ninguno de los SKU cuenta con una variabilidad alta, en realidad están por debajo del 10% de variabilidad lo cual representa que su comportamiento no cuenta con picos de demanda, facilitando la logística de suministro de materias primas, así como la producción en general.

FASE 2: TECNOLOGÍAS, INVENTARIOS Y MÉTODOS DE PRODUCCIÓN

a. Selección de tecnologías

La evaluación y selección de tecnologías garantiza que la fabricación de los productos se realice de manera óptima, cumpliendo con los requerimientos de calidad y minimizando costos, reduciendo a su vez, los tiempos de producción, lo que permite una mejor utilización de los recursos disponibles.

Por lo que, se lleva a cabo un análisis de todas las tecnologías y máquinas necesarias para implementar el sistema de producción de elementos de protección personal, con el objetivo de comparar diferentes alternativas tecnológicas, evaluando criterios clave como precios, tiempos de ciclo de producción, el número de operarios necesarios para operar las máquinas y la capacidad de producción que ofrece cada una de las opciones. Entre estas, se encuentran las máquinas de inyección de plástico para procesar los pellets de PP-HD, máquinas de corte y costura industrial para confeccionar los componentes de tela, así como máquinas para la aplicación de pegamento industrial que permiten el ensamblaje de las piezas. Sin embargo, para estas dos últimas tecnologías, el mercado ofrece opciones limitadas y estandarizadas para este tipo de procesos; pues en el caso de las máquinas de coser industriales, estas son herramientas muy especializadas, diseñadas para operaciones repetitivas de alta eficiencia, y las variaciones en su funcionamiento no son significativas en términos de precio, rendimiento o capacidad para satisfacer las necesidades del proyecto. Por ello, en lugar de realizar un análisis comparativo extenso, se seleccionan directamente aquellas que cumplen con los requisitos mínimos de costura de materiales como nylon/spandex y espuma EVA, como la Juki DDL-8700 [Ver figura 20], una máquina de costura recta de alta velocidad, conocida por su robustez y su capacidad para manejar telas gruesas y flexibles como, así como materiales de alta densidad.



Fig. 20 Máquina de coser Juki DDL-8700

Algunas de sus características incluyen una velocidad máxima de costura de 5.500 puntadas por minuto y un sistema de lubricación automática, con un precio que ronda los \$1.200.000 COP [90].

En cuanto a la aplicación de pegamento industrial [Ver figura 21], se realizará a mano, utilizando herramientas básicas como lo son las brochas aplicadoras, las cuales tienen un valor de \$287.048 COP X kit de 3 [91] para distribuir el pegante de manera uniforme sobre las superficies a ensamblar.



Fig. 21 Juego de 3 pinceles de pegamento

Este proceso manual se elige debido a la naturaleza precisa del pegado, especialmente en materiales como la espuma EVA que requieren un control cuidadoso para asegurar una unión sólida y duradera, el cual debe aplicarse en capas delgadas y distribuidas de manera homogénea, para luego presionar las piezas unidas durante un tiempo específico para permitir el secado y curado del adhesivo, garantizando la estabilidad del ensamblaje final.

Por su parte, durante la investigación se identificaron dos tecnologías clave para el proceso de inyección de plástico, siendo una de ellas la máquina Yizumi UN260 de la serie A5, la cual está valorada en aproximadamente \$80.000 USD [Ver figura 22]



Fig. 22 Máquina de inyección Yizumi UN260A5

Este sistema, tiene un tiempo de ciclo de 1,5 minutos, además, permite el uso de moldes con dimensiones máximas de 610 mm x 170 mm y un espesor máximo de 650 mm; por lo que, basándose en las dimensiones estándar de los productos (Rodilleras: 20 cm x 15 cm x 2 cm; Coderas: 15 cm x 10 cm x 2 cm; Canilleras: 18 cm x 15 cm x 2 cm), esta máquina puede producir 2 rodilleras, 6 coderas y 2 canilleras por ciclo de inyección, respectivamente. [92]

Otra opción identificada es la máquina ENGEL Victory 120 [Ver figura 23], con un coste de \$150.000 USD. Esta máquina presenta un tiempo de ciclo de 1 minuto y admite moldes con dimensiones máximas de 570 mm x 570 mm y un espesor máximo de 450 mm.



Fig. 23 Máquina de inyección ENGEL Victory 120

Considerando las dimensiones estándar de los productos previamente especificados, este sistema es capaz de fabricar 8 rodilleras, 21 coderas y 9 canilleras por ciclo de inyección, respectivamente [93].

Es así, como se realiza el análisis de ambas alternativas, comparando sus costos, tiempos de proceso, inversión y otros factores relevantes para determinar cuál es la opción más adecuada para la producción anual estimada del proyecto.

Esto, teniendo en cuenta inicialmente, que el salario mensual del operario encargado de manejar cualquiera de estas máquinas se estima en \$1.800.000 COP. Considerando los parafiscales (factores adicionales de costo como seguridad social y prestaciones), este salario asciende a \$2.700.000 COP por mes completo. Teniendo en cuenta que un mes de trabajo se compone de 184 horas, el costo de la mano de obra por hora se fija en \$14.674 COP. Este valor es fundamental para calcular el costo directo de la mano de obra involucrada en el proceso de fabricación de cada unidad de producto.

Esta evaluación de alternativas o punto de equilibrio entre sistemas, se puede evidenciar a continuación [Ver tabla XXV]:

Tabla XXV. Evaluación de alternativas de tecnologías de inyección

	Sistema Yizumi	Sistema ENGEL
Tiempo máx proceso (min)	1,5	0,87
Inversión (USD)	\$80.000	\$150.000
Inversión (COP)	\$319.971.040	\$599.945.700
Operario de máquina	1	1
Costo directo MO	\$367	\$212
Costo capital	25%	
Costo fijo total	\$79.992.760	\$149.986.425
Q*	451.889 und	

Se muestra que, la primera opción evaluada es la máquina Yizumi UN260 de la serie A5, que tiene un tiempo de proceso máximo de 1,5 minutos por ciclo. Su inversión inicial es de \$80.000 USD, lo que equivale a \$319.971.040 COP al tipo de cambio vigente; además, el costo directo de la mano de obra para cada unidad de producto se estima en \$367 COP. En total, el costo fijo anual de operación de esta máquina asciende a \$79.992.760 COP, teniendo un costo de capital que representa el retorno mínimo que la empresa espera obtener de sus inversiones para compensar los riesgos financieros. En este caso, se ha considerado un costo de capital del 25%, lo que implica que la empresa espera que sus inversiones generen, al menos, esa tasa de retorno sobre el capital invertido. Se concluye que esta opción es más viable cuando la producción anual proyectada es inferior a 451.889 unidades, que es el punto de equilibrio calculado para este sistema.

Por otro lado, la máquina ENGEL Victory 120 tiene un tiempo de proceso máximo de 0,87 minutos por ciclo, lo que la hace más rápida y eficiente en cuanto a tiempo. Sin embargo, su inversión inicial es significativamente mayor, ascendiendo a \$150.000 USD, equivalente a \$599.945.700 COP. El costo directo de mano de obra por unidad es de \$212 COP, considerablemente menor que en la

opción anterior. El costo fijo total anual de operación de esta máquina es de \$149.986.425 COP. Esta opción es más adecuada cuando la producción anual supera las 451.889 unidades, debido a su eficiencia en tiempos de ciclo y menores costos operativos.

Finalmente, considerando que la demanda total de producción anual estimada para rodilleras, coderas y canilleras mencionada anteriormente es de 108.719 unidades, se concluye que la máquina Yizumi UN260 de la serie A5 es la opción más adecuada para el proyecto, A pesar de que su tiempo de ciclo es un poco mayor, el costo inicial más bajo y los costos fijos totales reducidos permiten cubrir la demanda anual proyectada de manera eficiente y rentable, sin incurrir en sobrecostos innecesarios en inversión y operación.

De la misma manera, se llevó a cabo la evaluación de alternativas para las tecnologías necesarias en el corte de telas y espuma EVA, identificando dos opciones de máquinas cortadoras con cuchilla oscilante. La primera de ellas es la máquina AMOR1625 AK, cuyo costo es aproximadamente de \$60.350.716 COP [Ver figura 24].



Fig. 24 Máquina cortadora AMOR1625 AK

Esta máquina destaca por su amplio espacio de corte, con dimensiones de 1600 x 2500 mm, lo que le permite procesar piezas grandes y múltiples capas de tela o espuma en una sola operación gracias a su profundidad de corte de 100 mm. Además, su rango de potencia, que varía entre 7,5kw y 9kw, asegura una flexibilidad en su ajuste según los diferentes materiales, logrando así un equilibrio óptimo entre velocidad y precisión [94].

Otra opción identificada es la TEZ1625, con un área de corte de 1600 x 2500 mm, esta máquina permite trabajar con piezas de gran tamaño, aunque su profundidad de corte es de 50 mm, lo que la hace adecuada para cortes menos profundos en comparación con otras máquinas [ver figura 25].



Fig. 25 Máquina cortadora TEZ1625

La potencia que ofrece es de 9kw, lo que asegura que tenga la fuerza necesaria para manejar diversos materiales con rapidez y precisión. Además, cuenta con una velocidad máxima de corte de 800 mm/s, lo que permite realizar el trabajo de manera ágil y eficiente. El precio de esta máquina es de aproximadamente \$36.859.046 COP [95], lo que la convierte en una opción competitiva en el mercado para empresas que buscan equilibrio entre costos y productividad.

Una tercera alternativa identificada es la máquina AMOR 2535L, cuyo costo es de aproximadamente \$114.408.651 COP, y que se caracteriza por su amplio espacio de corte de 2500 x 3500 mm, lo que le permite manejar materiales de gran tamaño y trabajar en múltiples capas simultáneamente, con una profundidad de corte de 100 mm [Ver figura 26].



Fig. 26 Máquina cortadora AMOR 2535L

Además, la potencia de la AMOR 2535L de 11KW garantiza un rendimiento adecuado para materiales exigentes, mientras que su velocidad de corte de hasta 1600 mm/s optimiza los tiempos de producción, haciéndola adecuada para procesos que demandan alta eficiencia operativa.

De este modo, se lleva a cabo una evaluación detallada de las tres opciones, comparando sus costos, tiempos de ciclo, inversión inicial y otros factores clave, con el fin de identificar cuál alternativa se ajusta mejor a las necesidades de producción anual estimada en el proyecto, teniendo en cuenta el costo de la mano de obra por hora anteriormente calculado, que se fija en \$14.674 COP. Esta evaluación de alternativas se puede ver a continuación [Ver tabla XXVI]:

Tabla XXVI. Evaluación de alternativas de tecnologías de corte

	Sistema TEZ1625	Sistema AMOR1625 AK	Sistema AMOR 2535L
Tiempo máx proceso (min)	0,013153891	0,008769261	0,006576946
Inversión (COP)	\$ 36.859.046,00	\$ 60.350.716,09	\$ 114.408.651,03
Operario de máquina	1	1	1
Costo directo MO	\$ 0,054	\$ 0,036	\$ 0,027
Costo capital	25%		
Costo fijo total	\$ 9.214.761,50	\$ 15.087.679,02	\$ 28.602.162,76
Q*	328.607.495	1.512.352.466	
	UND	UND	

Conforme a lo anterior, el sistema TEZ1625 presenta un tiempo máximo de proceso de 0,013 minutos por ciclo y una inversión inicial de \$36.859.046 COP, siendo la opción más económica en cuanto a inversión inicial respecto a las demás alternativas. Por otra parte, el costo directo de mano de obra es de \$0,054 COP por unidad, lo que lo convierte en el sistema con mayores costos operativos por mano de obra de todas las alternativas evaluadas, concretando un costo fijo total anual es de \$9.214.761,50 COP, y con un punto de equilibrio de 328.607.495 unidades con respecto al sistema AMOR 1625AK. Dado que la producción estimada (108.719 unidades/año) es inferior a este punto de equilibrio, esta máquina podría ser viable según la inversión inicial más baja, aun considerando los altos costos operativos de esta opción.

Por otro lado, el **Sistema AMOR 1625AK** tiene un tiempo de proceso menor, de 0,008 minutos por ciclo, con una inversión inicial que asciende a \$60.350.716,09 COP, lo que se considera una cifra intermedia respecto a las otras dos alternativas. Además, el costo directo de mano de obra por unidad es de \$0,036, lo que lo hace más eficiente en comparación a la TEZ1625 en términos de costos operativos, alcanzado con ello, un costo fijo total anual de \$15.087.679,02 COP, y con un punto de equilibrio de 1.512.352.466 unidades con relación al sistema AMOR 2535L.

Finalmente, el sistema AMOR 2535L destaca por su eficiencia en tiempo, con un tiempo máximo de proceso de 0,006 minutos por ciclo, siendo la máquina más rápida de las tres. Sin embargo, su inversión inicial es considerablemente mayor, alcanzando los \$114.408.651,03 COP, lo que la convierte en la opción más costosa en términos de inversión. No obstante, presenta el menor costo directo de mano de obra, de \$0,027 por unidad y su costo fijo total anual asciende a los \$28.602.162,76 COP.

Teniendo en cuenta que la demanda total de producción anual estimada para rodilleras, coderas y canilleras es de 108.719 unidades, se concluye que el sistema TEZ 1625 es la alternativa que más se ajusta a las condiciones del proyecto, pues permite abarcar la demanda anual proyectada sin obtener sobrecostos en la inversión y operación, debido a que tiene la menor inversión inicial y menor costo fijo total en comparación con las otras dos alternativas evaluadas.

b. Estrategia de inventario y métodos de producción

La estrategia de inventarios es un conjunto de políticas y decisiones que una empresa establece para gestionar eficientemente el almacenamiento y la disponibilidad de sus productos y materias primas. Esta estrategia se enfoca en determinar cuándo y cuánto inventario debe mantenerse, cómo reponerlo, y qué métodos utilizar para asegurarse de que se pueda satisfacer la demanda del mercado sin incurrir en excesos que aumenten los costos de almacenamiento o en faltantes que puedan afectar la continuidad de la producción y la satisfacción del cliente [96].

Para el diseño del sistema de producción de elementos de protección personal, la estrategia de inventario más adecuada es Make-to-Stock (MTS), la cual consiste en que las mercancías se producen en el inventario de productos terminados de acuerdo con la demanda prevista de los consumidores. El MTS se conoce como un sistema de fabricación de tipo push porque está configurado para “empujar” la producción a través de la cadena de suministro de acuerdo con las previsiones de la demanda [97]. Esta estrategia se alinea perfectamente con las características y necesidades del proyecto, ya que los productos son estandarizados y no requieren personalización, lo que facilita la producción en grandes lotes; además, se garantiza que siempre habrá un inventario disponible para satisfacer la demanda del mercado de manera inmediata, lo que es esencial en un sector donde la disponibilidad rápida puede marcar la diferencia en la elección del cliente.

El enfoque en MTS también permite aprovechar las economías de escala, reduciendo los costos unitarios de producción al fabricar grandes cantidades de productos en cada ciclo de producción, esto es particularmente importante en un proyecto que busca ser sostenible y competitivo en el mercado mediante el control de costos sin comprometer la calidad del producto. Por otro lado, elemento clave que se tiene en cuenta es la gestión eficiente del flujo de materiales y productos a lo largo de la cadena de suministro, lo que reduce significativamente los riesgos de interrupciones en la producción, que podrían surgir por la escasez de materiales o retrasos en el reabastecimiento; esto adquiere una importancia particular cuando se trata de productos que dependen de materias primas recicladas, como en este caso, el polipropileno de alta densidad.

Por su parte, los métodos de producción se refieren a las diferentes formas y enfoques utilizados para fabricar bienes o productos en una empresa, los cuales implican un conjunto de procesos, técnicas y organización del trabajo que determinan cómo se transforman las materias primas en productos terminados. Estos métodos varían según la naturaleza del producto, el volumen de producción, la demanda del mercado, y otros factores como los costos y la flexibilidad [98].

En el contexto del proyecto, se ha seleccionado el método de Batch Production, que permite utilizar la misma maquinaria para producir todos los productos debido a que tienen características similares siendo a su vez diferentes a las de otro lote, lo que optimiza los recursos y maximiza la eficiencia del proceso. Aunque el sistema de producción no contempla la personalización de los productos, este método ofrece flexibilidad para ajustar el tamaño de los lotes según las variaciones en la demanda del mercado, siendo es clave para mantener la eficiencia operativa, garantizando que la producción pueda satisfacer las necesidades del mercado de manera ágil y efectiva, sin requerir modificaciones significativas en la configuración del sistema de producción. Asimismo, facilita un control de calidad más riguroso durante cada ciclo de producción, asegurando que los productos, fabricados a partir de materiales reciclados, cumplan con los estándares exigidos tanto en resistencia como en durabilidad.

c. BOM con rendimiento requerido

Tras identificar el BOM para cada producto y establecer las tecnologías y métodos de producción que se emplearán en el sistema, es importante considerar las pérdidas de los materiales de cada producto a fabricar. Esto es importante no solo porque permite que los recursos se utilicen de manera más efectiva, aumentando la productividad, sino porque también brinda una visión real de las cantidades necesarias para producir cada producto sin sacrificar su calidad, costos adicionales o pausas innecesarias en el proceso productivo.

A continuación, se presentará un ajuste al BOM inicial de cada producto, mencionado en el literal C de la Fase 1, en donde se puede evidenciar un incremento en algunas materias primas, correspondiente a las pérdidas esperadas.

Rodilleras

De las 6 materias primas necesarias para la producción de rodilleras, este producto solo presenta desperdicios reales en 2 de ellas, las cuales son la Tela Elástica Nylon (TEL) y la Espuma EVA (ESP). Si bien, se presenta un porcentaje de desperdicio en la etapa de inyección por parte del Polipropileno de Alta Densidad (PET), este no se tendrá en cuenta como desperdicio real debido a que ese porcentaje de materia prima, una vez desmoldado el producto puede reingresar nuevamente al proceso de producción para ser empleado en una siguiente unidad a producir.

Teniendo en cuenta que las dimensiones de la máquina cortadora seleccionada anteriormente para tela y espuma son de 250*160 cm, se presentarán los desperdicios que tiene cada materia prima tomando como referencia lotes de tela y espuma de esas medidas.

Rodilleras

La dimensión de las rodilleras es de 20*15 cm, así que para calcular el desperdicio de la tela que tiene este producto se ha decidido tomar un área de corte de 24*19cm por cada para de rodilleras, para tener la certeza de que se deja suficiente materia prima para cubrir el ancho de la espuma que debe ser cubierta por la tela y un espacio de trabajo para realizar el proceso de confección. Así, se resulta que en un lote de Tela Elástica Nylon (TEL) se pueden cortar 87 pares de rodilleras con un desperdicio de 0,82%. [Ver figura 27]

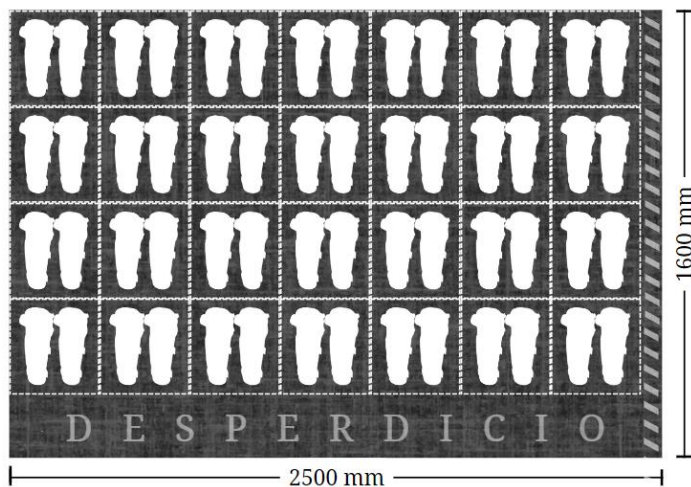


Fig. 27 Área de corte de tela rodilleras

Así mismo, para calcular el desperdicio de la espuma, se ha decidido tomar un área de corte igual a la dimensión de las rodilleras, porque en este caso no se deben tener en cuenta excedentes para ninguna actividad posterior. De esta manera, de un lote de Espuma EVA (ESP) se pueden cortar 133 unidades de rodilleras con un desperdicio de 0,25%. [Ver figura 28]



Fig. 28 Desperdicios de espuma en rodilleras

De este modo, el ajuste al BOM de las rodilleras representado en Tela Elastica Nylon (TEL) y Espuma Eva (ESP) se puede ver en la figura 29.

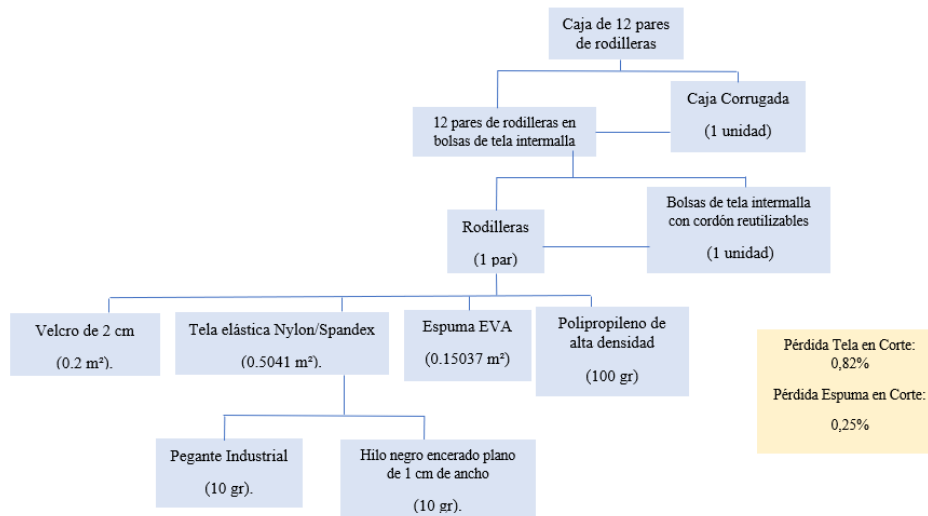


Fig. 29 BOM ajustado Rodilleras

Coderas

Al igual que en las rodilleras, las coderas presentan desperdicios en las mismas dos materias primas, las cuales son la Espuma EVA (ESP) y la Tela Elástica Nylon (TEL).

Para este caso, teniendo en cuenta que las dimensiones de las coderas son 10*15cm, se ha establecido el área de corte en 14*19cm para asegurar la correcta realización de actividades posteriores como la confección del producto. También, sabiendo que las dimensiones de los lotes son las mismas que para el caso anterior, por lote de tela se pueden cortar 150 pares de coderas con un desperdicio del 0,25% por lote. [Ver figura 30]

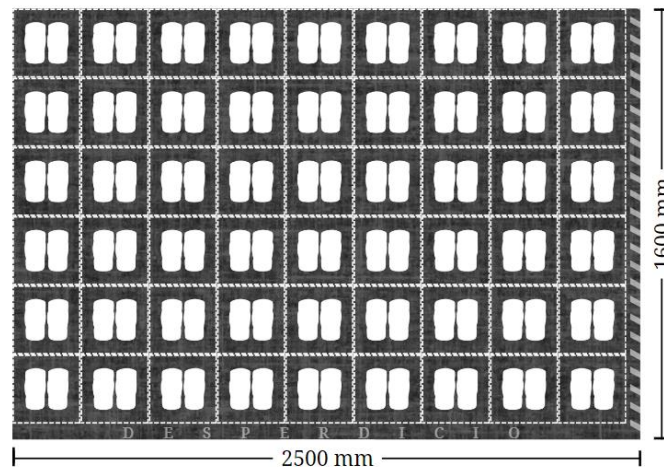


Fig. 30 Área de corte de tela coderas

De la misma forma, con el mismo tamaño de lote, el área de corte establecido para las coderas en la espuma es de 10*15 cm, teniendo la posibilidad de cortar 266 unidades de coderas con 0,25% de desperdicio. [Ver figura 31]

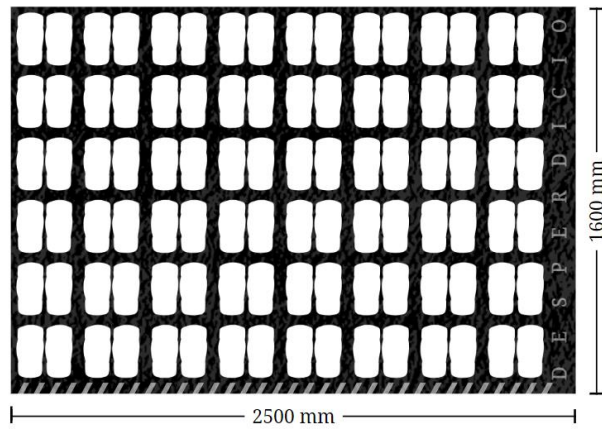


Fig. 31 Desperdicios de espuma en coderas

El ajuste de las pérdidas en el BOM se ve representado en la figura 32.

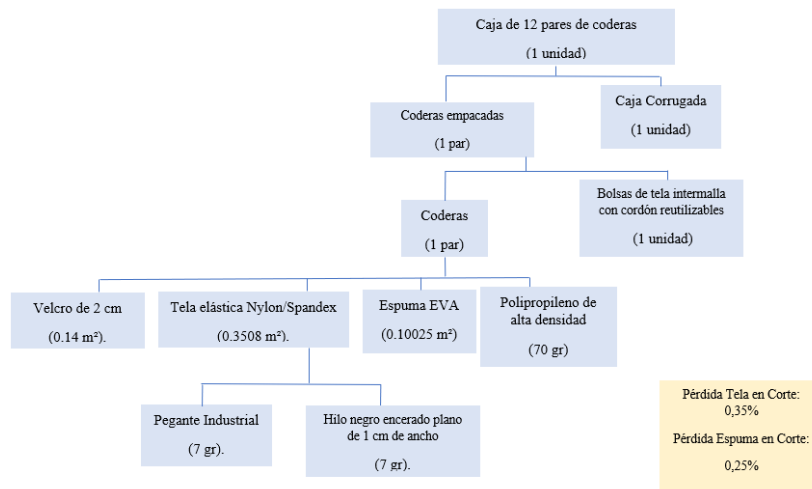


Fig. 32 BOM ajustado para coderas

Canilleras

Por último, para las canilleras presenta desperdicio la Espuma EVA (ESP), para ello se tiene en cuenta que el área de corte por producto corresponde a 15x18 cm, lo que permite el corte de 74 pares por lote. [Ver figura 33]

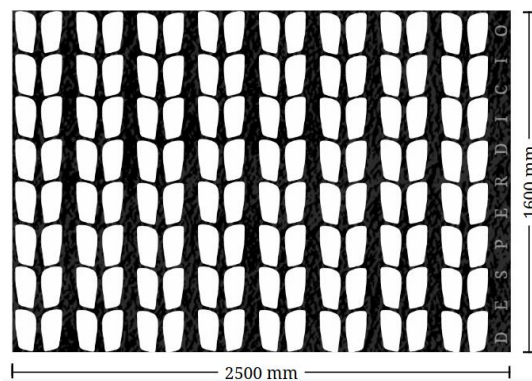


Fig. 33 Área de corte Canilleras

Configurando un área desperdiciada que en porcentaje corresponde al 0,10% aproximadamente, de forma que el BOM se ajusta con las pérdidas como se ve en la figura 34.

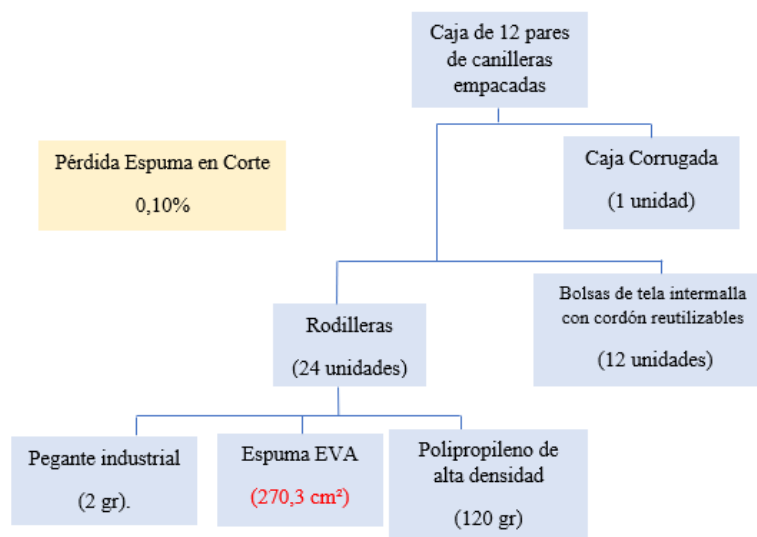


Fig. 34 BOM ajustado Canilleras.

FASE 3: COSTOS Y CONTROLES DE MP

A. Costo de capital

Se entiende como costo de capital es la tasa de retorno que toda empresa o proyecto debe ofrecer a sus inversores para compensarles por el riesgo de invertir en un negocio, pues representa el costo de oportunidad de utilizar capital para financiar una operación específica en lugar de invertirlo en otra alternativa [99] por lo que resulta fundamental para la toma de decisiones financieras y en la evaluación de proyectos de inversión.

En el caso particular del proyecto, el costo de capital para el diseño del sistema de producción, se calculó teniendo en cuenta factores suministrados en la base de datos Damodaran online, como el Country Risk Premium (CRP) que refleja el riesgo adicional asociado a la inversión en Colombia, el cual varía de acuerdo con las condiciones económicas y políticas del país donde se ejecuta el proyecto; y el Cost of Equity (CoE), que indica el retorno esperado por los inversores para financiar el proyecto, teniendo en cuenta que la gama de los productos a fabricar se catalogan dentro de la industria de confecciones [100].

Es así, como sumando el **Country Risk Premium** al **Cost of Equity**, se obtiene el **costo de capital (re)** del proyecto. En esa misma línea, se calculó el **Holding Cost (h)**, que incorpora un factor adicional del 8% para cubrir los costos asociados al mantenimiento y manejo de inventarios, más el costo de capital previamente mencionado.

Los datos consultados y resultados obtenidos se evidencian a continuación: [Ver tabla XXVII]

Tabla XXVII. Costo de capital y holding cost

CRP	3,4268%
CoE	9,38%
re	12,81%
h	20,81%

El análisis de los resultados indica que el proyecto enfrenta un entorno de riesgo moderado, con un Country Risk Premium (CRP) de 3,43% y un Cost of Equity (CoE) de 9,38%, lo que lleva a un costo de capital (re) del 12,81%. Esto significa que el proyecto debe generar al menos un 12,81% de retorno para ser atractivo financieramente. Además, con un Holding Cost (h) de 20,81%, el proyecto necesita lograr un rendimiento considerable para ser sostenible y cubrir todos los costos asociados con la inversión.

B. Costos unitarios y controles de materia prima

El costo unitario de materia prima representa el valor económico de los insumos necesarios para la fabricación de los productos, donde se incluyen todos los materiales que serán transformados en el proceso de producción; este costo está dado por los proveedores escogidos en la sección *Proveedores: factores clave de competitividad*, y se presentan en a continuación [Ver tabla XXVIII]

Tabla XXVIII. Costos Unitarios MP

Código SKU	Materia prima	Proveedor	Costo de materia prima	Tiempo de entrega
TEL	Tela elástica (Nylon/Spandex)	Casa Textil	\$9.000/m	1 día
ESP	Espuma EVA (Eileno-vinil-acetato)	Alper Turkcu	\$7.000/m	20 días
VEL	VELCRO	Mil herrajes	\$800 /m	3-5 días
EMP	EMP	YAYA outdoor sports (Temu)	\$3.300/und	20 días
CAJ	Caja Corrugada (50x50x50)	KorruCaja	\$9.950/und	2 días
PEG	Pegante Industrial (galón)	Afix	\$110.000/und	2 días
HIL	Hilo encerado plano de 1 cm de ancho	Johana Ferreira	\$154/m	3-5 días
PET	Pellets de PP-HD recuperado de origen post consumo	Solución empresarial Summa	\$2.400/kg	20 días

Una vez definidos los costos unitarios de las materias primas utilizadas en la producción de canilleras, coderas y rodilleras, junto con los tiempos de entrega y la demanda anual con su respectiva variabilidad: Polipropileno de Alta Densidad (PET) con un 7,45%, Hilo Negro Encerado (HIL) con 8,54%, Pegante Industrial (PEG) con 8,16%, Espuma EVA (ESP) con 8,18%, Tela Elástica de Nylon (TEL) con 8,54%, y Velcro (VEL) con 8,54%, se procede a calcular los costos de mantenimiento de inventario y transporte. Con estos datos, se determinan la cantidad óptima de pedido de insumos y materias primas, el punto de reorden, el stock de seguridad, el inventario promedio y la inversión en materia prima. Estos cálculos permiten optimizar los controles de inventario, asegurando la disponibilidad de materiales y evaluando la eficiencia del servicio de entrega a los clientes, todo mientras se minimizan los costos operativos.

Para llevar a cabo este análisis, se asume un "fill rate" (β) del 95%, lo que significa que el 95% de la demanda será satisfecha de manera inmediata con el inventario disponible, mientras que el 5% restante puede enfrentarse a faltantes temporales. Este índice de servicio es clave para garantizar que los clientes reciban sus productos en tiempo y forma, sin generar retrasos significativos. En cuanto a los costos de transporte, estos se calculan en función de lo que cobran los proveedores según la unidad de medida de cada materia prima, ya sea por metro, kilogramo, galón o unidad, dependiendo del tipo de insumo. Por ejemplo, el costo de transporte de la tela elástica desde Bogotá, donde se encuentra el proveedor "Casa Textil", es de \$20.200/m. Para la espuma EVA, importada desde Turquía, el costo es de \$8.500 dólares (aproximadamente \$37.400.000 COP) por contenedor, el cual tiene un volumen de 70 m³, y teniendo en cuenta que cada uno de los rollos ocupa un volumen de 0,03 m³, entonces el contenedor tiene una capacidad para transportar 2333,33 rollos.

Por su parte, el transporte del Velcro tiene un valor de \$7.000, ya que el proveedor "Mil Herrajes" está ubicado en Cali, al igual que el proveedor del pegante industrial, por lo que ambos insumos tienen el mismo costo de transporte. En el caso del hilo encerado, el costo de transporte por un rollo de 260 metros es de \$7.500, lo que equivale a \$29 por metro. Finalmente, el transporte de los pellets de PP-HD desde Villavicencio, donde se encuentra el proveedor, tiene un costo de \$97.368 por tonelada, lo que representa un valor de \$97,37 por kilogramo [101].

En cuanto a la desviación de la demanda, esta se calculó multiplicando la variabilidad anual estimada para cada materia prima (como se detalla en la sección "Estimación de demanda para los SKUs").

Los cálculos realizados que se evidencian [Ver tabla XVI] son los siguientes:

- Miu 0 (μ_0): Es la demanda promedio multiplicada por el tiempo promedio de entrega de la materia prima, lo que representa la cantidad que se espera consumir durante el tiempo que tarda en llegar la reposición.
- Sigma 0 (σ_0): Es la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega. Se calcula como $\sigma_0 = \sqrt{((\sigma \text{ demanda})^2 * \mu \text{ tiempo de entrega})}$, lo que refleja la incertidumbre en la demanda durante el periodo de reabastecimiento.
- L(z): Esta es una función que se utiliza para encontrar el valor de z en la tabla de distribución normal. Se calcula con la fórmula $L(z) = ((1 - \beta) * Q) / \sigma_0$, donde β es el fill rate deseado y Q es la cantidad óptima de pedido. El valor de z se obtiene posteriormente de la tabla de distribución normal estándar, lo que permite determinar el factor de seguridad necesario.

- Punto de reorden (R): Es el nivel de inventario en el que se debe emitir un nuevo pedido para evitar faltantes. Se calcula con la fórmula $R = (z * \sigma_0) + \mu_0$, donde z es el factor de seguridad que se busca en la tabla de distribución normal.
- Stock de seguridad (SS): Es la cantidad adicional de inventario que se mantiene para cubrir la incertidumbre en la demanda o el tiempo de entrega. Se determina con la fórmula $SS = z * \sigma_0$.
- Inventario promedio: Es la suma del stock de seguridad más la mitad de la cantidad de pedido ($Q/2$), lo que da una medida del inventario promedio que se mantiene en el almacén en un periodo determinado.
- Inversión en materia prima: Se calcula multiplicando el inventario promedio por el costo unitario de cada insumo, lo que refleja la inversión total necesaria para mantener el inventario de materias primas.

Tabla XXIX. Controles de MP

	Tela elástica (m)	Espuma EVA (m)	Velcro (m)	Pegante Industrial (galón)	Hilo encerado plano (m)	Pellets de PP-HD (kg)
Demanda (D/año)	33.329,90	10.510,83	13.331,96	722,15	666,60	9.998,98
Holding cost (h)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Costo unitario (c)	\$9.000	\$7.000	\$800	\$110.000	\$154	\$2.400
Costo transporte (k/UM)	\$20.200	\$37.400.000	\$7.000	\$7.000	\$29	\$97
EOQ	847,98	23.233,63	1.058,92	21,02	34,64	62,44
Q		2.333,33				
μ Demanda / día	91,31	28,80	36,53	1,98	1,83	27,39
σ Demanda / día	7,80	2,36	3,12	0,16	0,16	2,04
μ Tiempo de entrega (día)	1,00	20,00	5,00	2,00	5,00	20,00
β Beta	95%	95%	95%	95%	95%	95%
μ_0	91,31	575,94	182,63	3,96	9,13	547,89
σ_0	7,80	10,54	6,97	0,23	0,35	9,13
L(z)	5,44	110,21	7,59	4,60	4,97	0,34
z	0,25		0,00	0,37	0,43	0,00
Punto de re orden (R)	93,26	575,94	182,63	4,04	9,28	547,89
Stock de seguridad (SS)	1,95	0,00	0,000000	0,08	0,15	0,00
Inv. Promedio	425,94	1.166,67	529,46	10,59	17,47	31,22
Inversión de MP	\$3.833.432	\$8.166.667	\$423.568	\$1.165.243	\$2.691	\$74.933

Los resultados obtenidos muestran que El Punto de Reorden (R) establece el momento en que debe realizarse un nuevo pedido para evitar interrupciones en la producción. La tela elástica, con un punto de reorden de 93.26 metros, requiere abastecimiento frecuente debido a su alta demanda, mientras que insumos como el pegante industrial (4.04 galones) y el hilo encerado plano (9.28 metros) tienen valores de reorden más bajos, reflejando su menor consumo en el proceso.

Por su parte, el Stock de Seguridad (SS), que representa el inventario adicional para cubrir variaciones en la demanda o tiempos de entrega, es bajo o nulo en la mayoría de los insumos como la espuma EVA y el velcro, lo cual sugiere una oferta estable. En cambio, la tela elástica y el pegante industrial sí requieren un leve stock de seguridad para evitar desabastecimientos, dado que presentan mayor variabilidad en su demanda.

Asimismo, el Inventario Promedio permite conocer el nivel de inventario necesario para cada insumo. La tela elástica y la espuma EVA tienen inventarios promedios altos (425.93 y 1166.67 metros, respectivamente), lo cual corresponde con sus niveles de demanda y asegura disponibilidad constante. Por otro lado, el inventario promedio de insumos como el hilo encerado y los pellets de PP-HD es menor, al tener mayor facilidad para su aprovisionamiento.

Finalmente, la Inversión en Materia Prima refleja el costo de mantener el inventario promedio de cada insumo. La espuma EVA y la tela elástica, con inversiones de \$8,166,666 y \$3,833,432, representan los mayores costos debido a su alta demanda. En contraste, el hilo encerado y los pellets de PP-HD implican menores inversiones, de \$2,691 y \$74,933 respectivamente, por lo que son más accesibles económicamente.

FASE 4: DISEÑO DE OPERACIONES

A. Máquinas requeridas para el sistema de producción

Para la identificación de la cantidad de máquinas necesarias para satisfacer la demanda de productos, se debe tener en cuenta la cantidad de unidades a producir, el tiempo de operación de cada máquina para el tipo de producto, la cantidad de horas a trabajar por turno, el número de turnos disponibles, los días a trabajar en el año y la disponibilidad. Una vez establecidos estos valores, se realiza el análisis para cada una de las tecnologías posibles a utilizar en la planta; como se puede observar en la Figura 35

Inyección de plástico

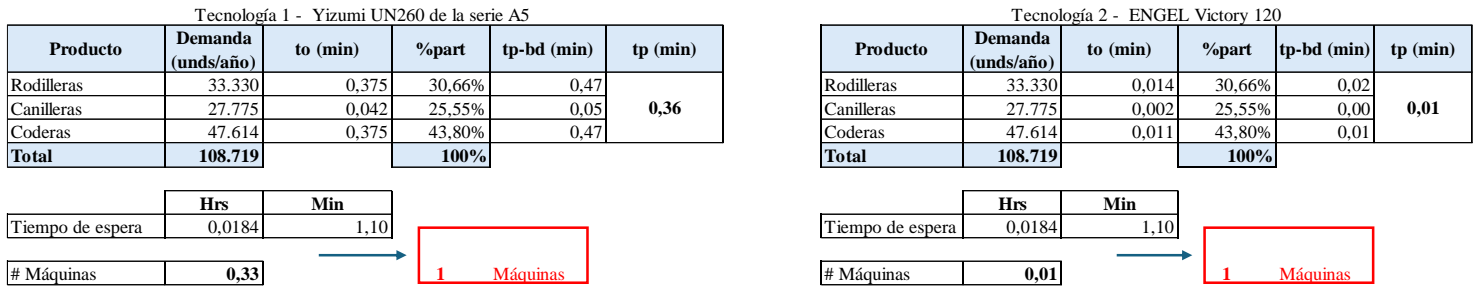


Fig. 35 Cant. máquinas para inyección de plástico

Tal como se puede observar luego de realizar la tabla el número de máquinas necesario para las dos tecnologías es de 1, pero en este caso debido al factor de costo se selecciona la máquina Yizumi UN260, que, además, trabajaría únicamente al 33% de su capacidad total, lo cual beneficia a la compañía, pues en el caso que la demanda aumente, no sería necesario comprar otra máquina. Por otra parte, gracias a que la máquina tiene una gran capacidad se puede realizar el proceso de inyección de forma programada, por ejemplo, si representa para la planta una ventaja se puede realizar la inyección de plástico una sola vez a la semana de manera continua y el resto del tiempo se podría utilizar para los demás procesos como el corte, confección, empaque y calidad de los productos; este es solo un ejemplo de una alternativa de funcionamiento en la planta, pues con la gran capacidad restante de la máquina, permite tener una gran flexibilidad.

El siguiente proceso es el corte, en este caso se cuenta con tres posibles tecnologías, uno de los criterios claves para realizar el análisis es el tiempo de operación que requiere cada máquina para procesar los productos, en este caso se realizarían los cortes tanto de tela como de espuma. En la Figura 36 se puede observar el análisis y comparación realizado.

Corte

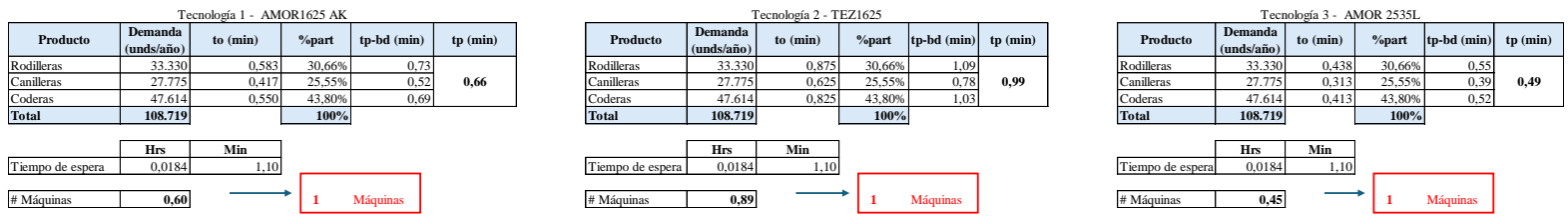


Fig. 36 Cant. máquinas para corte

Se puede observar que para el área de corte las tres tecnologías requieren únicamente de 1 máquina para satisfacer la demanda de la planta actualmente. En este caso se selecciona la Tecnología 2, la máquina TEZ1625, la cual trabajaría a un 89% de su capacidad y que además refleja la menor cantidad de costos fijos para su funcionamiento.

Para la última máquina que se comprará para la planta que es para el proceso de costura, se busca una opción tradicional dentro de la industria de la confección, se trata de la Juki DDL-8700, la cual cuenta con una capacidad de 5000 puntadas por hora. Ahora bien, en el proceso se utilizará una costura de baja densidad, lo que significa que tendrán 3 puntadas por centímetro; además se tienen en cuenta el perímetro de cada figura, en el caso de las rodilleras es de 70 cm, que requiere de 210 puntadas, las canilleras 66 cm que serán 198 puntadas y por último las coderas con 50 cm y 150 puntadas. Por otra parte, se debe tener en cuenta un tiempo añadido de 5 segundos en el proceso que será para que el operario tome el producto y lo ajuste en la máquina de coser. Con esta información se calcula el número de máquinas requeridas para satisfacer la demanda como se puede ver en la Figura 37.

Costura

Producto	Demanda (unds/año)	to (min)	%part	tp-bd (min)	tp (min)
Rodilleras	33.330	2,603	30,66%	3,25	2,81
Canilleras	27.775	2,459	25,55%	3,07	
Coderas	47.614	1,883	43,80%	2,35	
Total	108.719		100%		

	Hrs	Min
Tiempo de espera	0,0184	1,10

# Máquinas	2,55	→ 3 Operarios
------------	-------------	----------------------

Fig. 37 Cant. máquinas para costura

Se puede observar entonces que para el área de costura se debe contar con tres operarios para las tres máquinas necesarias para satisfacer la demanda del sistema.

FASE 5: OPERACIONES Y DISEÑO DE ESTACIONES DE TRABAJO

La distribución espacial de las estaciones de trabajo en un proceso de producción es esencial pues consideran factores como las dimensiones de las máquinas, las distancias mínimas de seguridad entre elementos y por último, el área de almacenamiento para productos en proceso o terminados. Esto es importante pues de forma indirecta se conciben aspectos como la protección de los operarios, pues dentro de las distancias mínimas de seguridad se encuentra el espacio necesario alrededor de las máquinas de acuerdo con los riesgos asociados, zonas de paso, y área óptima de operación.

Por otra parte, dentro de la distribución espacial de las estaciones de trabajo también se tiene en cuenta la zona de almacenamiento bien sea de materia prima que se utiliza dentro de la operación de la estación o de producto en proceso tras la operación, la ubicación de estas zonas resulta importante pues con ello se evita la acumulación excesiva de material, y se asegura un acceso rápido para el funcionamiento correcto de la estación. Teniendo en cuenta lo anterior, para determinar la zona de almacenamiento se tendrán en cuenta inicialmente las canastillas, como medio donde se almacena y transporta directamente la materia prima, producto en proceso y producto terminado; para este caso, se tendrán en cuenta un tipo de canastilla, de dimensiones (Largo x Ancho x Alto) de 0,6m x 0,6m x 0,35m. De igual manera, se tienen en cuenta dos tipos de estibas con dimensiones (Largo x Ancho):

- Estiba Grande: 1,2m x 1m.
- Estiba Pequeña: 0,6m x 0,6m.

La inclusión del uso de estibas se debe a que proporcionan facilidad en la movilidad de materiales y productos en grandes cantidades, optimiza el almacenamiento y evita la exposición directa de materiales y productos con el suelo, brindando protección de factores que puedan comprometer su calidad.

Para este proyecto se representa la distribución espacial de las estaciones de trabajo por medio de diagramas con las vistas superiores de las estaciones, realizados por medio del software *Drawio*, a una escala de 1 metro por 2 cuadros. Esta medida se utiliza para el diagrama de cada estación, donde se incluyen medidas de las máquinas, puesto de trabajo, distancias mínimas de seguridad y áreas de almacenaje.

A. Estación de máquina de coser.

Para determinar la distribución espacial de la estación de coser, se debe hallar inicialmente la cantidad de espacio de almacenamiento requerida para la producción diaria. Para ello, se tiene en cuenta cuales son los tiempos de la estación en la operación que requiere cada uno de los productos, incluyendo tiempos de alistamiento, pegado y confección correspondientes: [Ver Tabla XXX]

Tabla XXX Tiempos y producción diaria estación confección

	Alistamiento (min)	Pegado (min)	Confección (min)	Total	Tiempo Total Real por unidad (min)	Und/día
Rodilleras	1	2	2,5	5,5	6,1	78,3
Coderas	1	2	2,4	5,4	6,0	80,4
Canilleras	1	2	NA	3	3,3	144,0

Como se puede evidenciar, la suma de los tiempos de las diferentes actividades permite obtener el tiempo total de operación de cada producto. No obstante, es necesario incluir que la estación tiene una eficiencia del 90%, por lo que este dato se incluye, obteniendo que los tiempos utilizados serán los designados en la columna “Tiempo Total Real por unidad (min)”, de forma que el tiempo de procesamiento de una Rodillera es de 6,1 minutos, para una Coderas es de 6 minutos y para una Canillera es de 3,3 minutos, debido a que este último producto no pasa por la actividad de confección. Por último, partiendo con el tiempo de procesamiento por unidad y la jornada de 8 horas, se obtiene la tasa de procesamiento diaria de la estación para cada producto, el cual se utiliza para calcular el área de almacenamiento requerido por la estación de Cosido.

Es así, como se tienen en cuenta las canastillas que permitirán el almacenamiento de los productos terminados, según las medidas establecidas para cada producto. [ver tabla XXXI]

Tabla XXXI. Medidas producto y capacidad por canastilla para Confección.

	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Und / Canastilla
Rodilleras	0,2	0,15	0,04	70,0
Coderas	0,15	0,1	0,04	140,0
Canilleras	0,18	0,15	0,02	155,6

Se muestra que, las canastillas tienen capacidad para almacenar 70 unidades de rodilleras, 140 de coderas y 156 de canilleras aproximadamente.

De esa forma, las canastillas necesarias por producto para producción de 1 día, está dado por

$$\# \text{ Canastillas} = \frac{\text{Und producto} / \text{día}}{\text{Und producto} / \text{canastilla}}$$

Es así, como se obtiene un resultando en el que se necesitan 2 canastillas para la producción diaria de Rodilleras, 1 canastilla para las Coderas y 1 canastilla para las Canilleras. Siendo así, como el espacio de almacenamiento requerido para el producto terminado es de 0,6m x 0,6m correspondiente al uso de una estiba pequeña, donde se pueden ubicar las canastillas de producto terminado necesarias. Asimismo, se establece que la dimensión para el almacenaje de la materia prima usada en esta estación es de 1,2m x 1m, que corresponde al tamaño de una estiba grande, esto teniendo en cuenta que en la operación más congestionada la estación requiere de insumos diferentes como la tela cortada, la espuma cortada y el plástico inyectado, los cuales se distribuyen en 3 columnas de canastillas que se ajustan al tamaño de la estiba grande.

Conforme a lo anterior, y que de acuerdo con la demanda requerida se necesitan 3 operarios, es decir 3 puestos de trabajo en total, los cuales requieren de un espacio de almacenamiento tanto para materias primas, como para producto terminado, pues en el primero de estos espacios encontrarán elementos como la tela, espuma y el plástico inyectado de cada producto en canastillas, facilitando su trabajo y proceso de confección; el cual una vez hayan terminado dispondrán en el espacio de almacenamiento de producto terminado ubicado a su derecha, tal como se puede ver en la Figura 38.

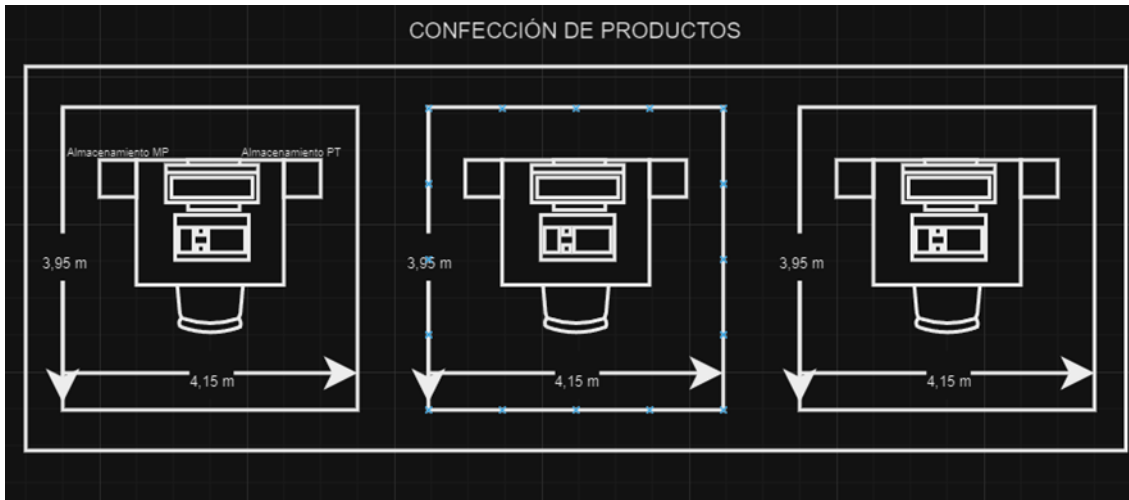


Fig. 38 Vista superior estación de confección

B. Estación de Inyección.

Basado en que el tiempo disponible por día de esta estación es de 9 horas y que la máquina utilizada posee un tiempo de alistamiento de 4 horas, se obtiene que por días hay 5 horas productivas, y que con una eficiencia del 98% y un tiempo de procesamiento máximo de 1,5 minutos por pieza, da una tasa de inyección por día de:

$$Tasa\ inyección\ diaria = \frac{300\ min/día}{1,5\ min/und} * 0,98 = 196\ \frac{und}{día}$$

Ahora bien, de igual manera se tienen en cuenta las medidas de los productos tras ser inyectados con el fin de hallar la capacidad de las canastillas por producto inyectado, [Ver tabla XXXII]

Tabla XXXII Dimensiones producto y capacidad canastilla Inyección

	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Und / Canastilla
Rodilleras	0,16	0,13	0,02	201,9
Coderas	0,11	0,08	0,02	477,3
Canilleras	0,18	0,15	0,01	311,1

Basado en la tabla XXXII, se necesita 1 canastilla para cada tipo de producto, pues la capacidad de una canastilla supera la cantidad máxima de productos inyectados en un día. Por ello, el área de almacenamiento corresponde al tamaño de una estiba grande, tal y como se muestra en la Figura 39.

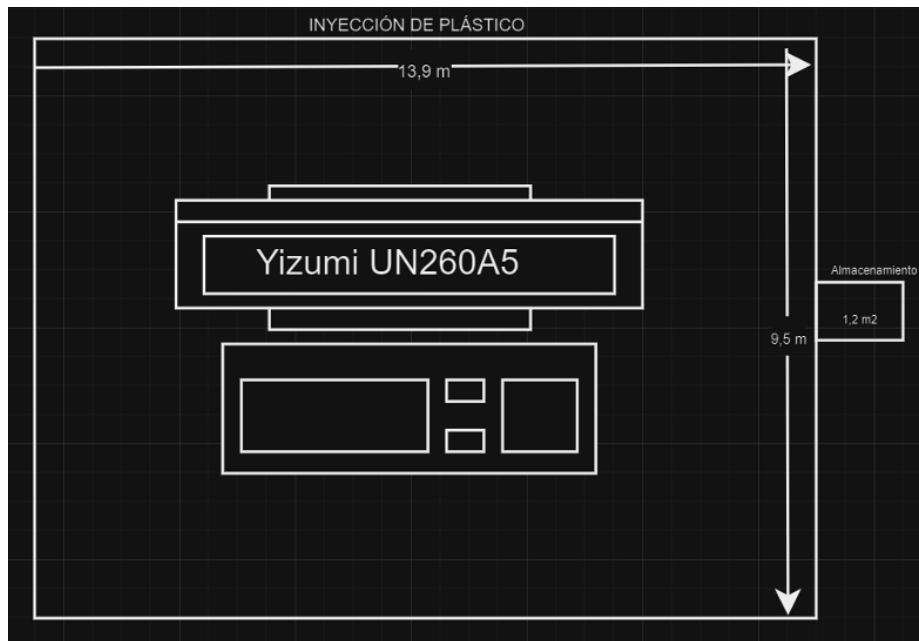


Fig. 39 Vista superior estación de inyección

C. Estación de Corte.

Por último, la distribución espacial de la estación de Corte, para este caso teniendo en cuenta que la capacidad productiva de la máquina de corte es mucho mayor en comparación con la demanda requerida, se considera que la máquina funciona únicamente 2,5 horas al día, con un tiempo de alistamiento de 1 hora, resultando que por día son 1,5 horas productivas, 1,5 horas productivas, contemplando una eficiencia del 98% y un tiempo de procesamiento promedio por producto de 0,013 minutos, resulta que se producen aproximadamente 6705 unidades al día.

Asimismo, tras obtener la tasa de corte diaria, es necesario hallar la capacidad que tiene una canastilla de almacenar los diferentes productos cortados, para ello se ponen en consideración las dimensiones de los productos cortados. [Ver tabla XXXIII]

Tabla XXXIII Dimensiones producto y capacidad canastilla Corte

	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Und / Canastilla
Rodilleras	24	19	1	210,5
Coderas	19	14	1	360,9
Canilleras	18	15	1	355,6

Basado en la capacidad de almacenamiento de una canastilla para la estación de Corte y el volumen de producción requerido, se necesitan aproximadamente 32 canastillas para almacenar la producción de rodilleras, es decir, 8 estibas, pues cada estiba tiene las dimensiones necesarias para soportar 4 canastillas; en cuanto a las coderas y canilleras, cada producto necesita de 5 estibas de forma aproximada, pues para almacenar los volúmenes de producción requeridos se necesitan 19 canastillas para cada uno. De esa manera, la distribución espacial de la estación de corte queda con las dimensiones de la máquina más el espacio del almacenamiento requerido, el cual es de una estiba grande, donde se apilarán de manera vertical los diferentes niveles necesarios de acuerdo con el producto en fabricación tal y como lo muestra la Figura 40.

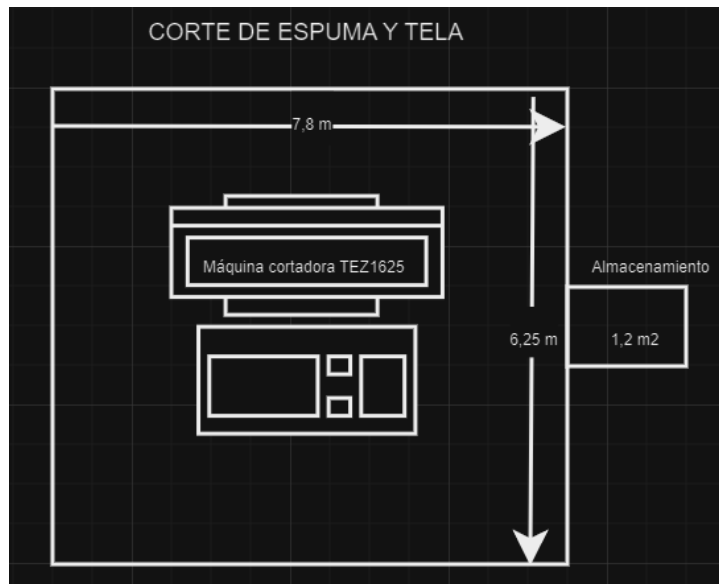


Fig. 40 Vista superior estación de corte

FASE 6: DISEÑO DE INSTALACIONES

Para iniciar con este análisis, se debe definir el costo unitario para cada uno de los productos, basados en los costos unitarios de los materiales y su respectivo transporte, quedando así, las canilleras a un costo de \$6.298, las rodilleras de \$20.032 y las coderas de \$15.484 por unidad y cada producto incluyendo los respectivos transportes. Además, también se establecieron los tiempos de entrega, que en este caso fue el tiempo más extenso en que se tarda en entregar una materia prima, que es de 20 días más un mínimo de 6 días para la producción del producto, y por último la demanda anual con su respectiva variabilidad: Canilleras; 10% y rodilleras y coderas; 9% para ambos productos. Luego de esto, se procede a calcular los costos de mantenimiento de inventario y transporte. Con estos datos, se determinan la cantidad óptima de pedido de insumos y materias primas, el punto de reorden, el stock de seguridad, el inventario promedio y la inversión en para cada producto. Estos cálculos permiten optimizar los controles de inventario, asegurando la disponibilidad de materiales y evaluando la eficiencia del servicio de entrega a los clientes, todo mientras se minimizan los costos operativos.

A. Costos unitarios y controles de producto terminado

Para este análisis, se considerará un "fill rate" (β) del 95%. Esto implica que el 95% de la demanda se atenderá de inmediato con el inventario disponible, mientras que el 5% restante podría experimentar faltantes temporales. Este índice de servicio es fundamental para asegurar que los clientes reciban sus productos de manera oportuna, evitando retrasos significativos.

En cuanto a la desviación de la demanda, esta se calculó multiplicando la variabilidad anual estimada para cada materia prima (como se detalla en la sección "Estimación de demanda para los SKUs").

Los cálculos realizados que se evidencian [Ver tabla XXXIV] son:

- **Miu 0 (μ_0):** Es la demanda promedio multiplicada por el tiempo promedio de entrega de la materia prima, lo que representa la cantidad que se espera consumir durante el tiempo que tarda en llegar la reposición.
- **Sigma 0 (σ_0):** Es la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega. Se calcula como $\sigma_0 = \sqrt{((\sigma \text{ demanda})^2 * \mu \text{ tiempo de entrega})}$, lo que refleja la incertidumbre en la demanda durante el periodo de reabastecimiento.
- **L(z):** Esta es una función que se utiliza para encontrar el valor de z en la tabla de distribución normal. Se calcula con la fórmula $L(z) = ((1 - \beta) * Q) / \sigma_0$, donde β es el fill rate deseado y Q es la cantidad óptima de pedido. El valor de z se obtiene posteriormente de la tabla de distribución normal estándar, lo que permite determinar el factor de seguridad necesario.
- **Punto de reorden (R):** Es el nivel de inventario en el que se debe emitir un nuevo pedido para evitar faltantes. Se calcula con la fórmula $R = (z * \sigma_0) + \mu_0$, donde z es el factor de seguridad que se busca en la tabla de distribución normal.

- **Stock de seguridad (SS):** Es la cantidad adicional de inventario que se mantiene para cubrir la incertidumbre en la demanda o el tiempo de entrega. Se determina con la fórmula $SS = z * \sigma_o$.
- **Inventario promedio:** Es la suma del stock de seguridad más la mitad de la cantidad de pedido ($Q/2$), lo que da una medida del inventario promedio que se mantiene en el almacén en un periodo determinado.
- **Inversión en materia prima:** Se calcula multiplicando el inventario promedio por el costo unitario de cada insumo, lo que refleja la inversión total necesaria para mantener el inventario de materias primas.

Tabla XXXIV. Controles de PT

	Canilleras	Rodilleras	Coderas
Demanda (D/año)	27.775,00	33.330,00	47.614,00
Holding cost (h)	0,21	0,21	0,21
Costo unitario (c)	\$2.233	\$6.251	\$5.851
Costo transporte (k/UM)	\$4.065	\$13.781	\$9.633
EOQ	36,49	43,99	45,44
μ Demanda / día	76,10	91,32	130,45
σ Demanda / día	7,61	8,22	11,74
μ Tiempo de entrega (día)	20,00	20,00	20,00
β Beta	95%	95%	95%
μ_0	1.521,92	1.826,30	2.608,99
σ_0	34,03	36,75	52,50
L(z)	0,05	0,06	0,04
z	0,25		0,00
Punto de re orden (R)	1.530,43	1.826,30	2.608,99
Stock de seguridad (SS)	8,51	0,00	0,000000
Inv. Promedio	26,75	21,99	22,72
Inversión de PT	\$59.740	\$137.493	\$132.919

Los resultados destacan la necesidad de una adecuada gestión de inventarios para asegurar que productos terminados estén disponibles para cumplir con la demanda y para reducir los costos de almacenamiento. El punto de reorden (R) es un elemento clave, ya que determina cuándo es necesario realizar un nuevo pedido para evitar quedarse sin materiales. En este caso, las canilleras tienen un punto de reorden de 1.530, las rodilleras de 1.826 y las coderas de 2.608, lo que indica que al llegar a ese nivel se deben producir de nuevo ese artículo.

Además, el stock de seguridad (SS) se emplea para manejar la variabilidad en la demanda y en los plazos de entrega, garantizando que haya suficiente inventario para afrontar situaciones inesperadas. En este análisis, el SS para la mayoría de los insumos es casi inexistente, lo que sugiere que la variabilidad es baja o que los tiempos de entrega son predecibles, salvo en el caso de las canilleras, que presenta un SS de 8,51 unidades. Y el inventario promedio, que refleja la cantidad media de material disponible durante un lapso determinado, varía según el tipo de producto. Así, el inventario promedio de las canilleras es de 26,75 unidades, de las rodilleras es de 21,99 y de las coderas de 22,72 unidades.

B. Capacidad y disposición de inventario

La cantidad de inventario de producto terminado y de materias primas, es fundamental para el diseño de la planta, en especial para el área del almacén, para el cual se tienen en cuenta las necesidades del proceso en cuanto al flujo productos, pues con ello se calculará el espacio requerido, la cantidad de estibas y los racks que las contendrán, la Tabla XXXV refleja la cantidad en volumen que es necesario para almacenar los productos terminados.

Tabla XXXV. Volumen requerido para PT

Producto Terminado					
Artículo	Demanda anual	Safety stock	Inv. Promedio	Volumen	Volumen requerido
Canilleras	27.775,00	8,51	917,87	0,006	5,507210541
Rodilleras	33.330,00	0,00	384,46	0,003	1,153367464
Coderas	47.614,00	0,000000	400,68	0,0054	2,163694687

Se obtiene entonces que el volumen necesario para almacenar los productos terminados es de 8,82 metros cúbicos aproximadamente. Ahora bien, junto al almacén de los terminados, se dispondrá también el almacenamiento de las materias primas, para las cuales también se calculan los volúmenes necesarios, como se puede ver en la Tabla XXXVI.

Tabla XXXVI. Volumen requerido para MP

Materias primas					
Artículo	Demanda anual	Safety stock	Inv. Promedio	Volumen	Volumen requerido
Tela elástica (m)	33329,9	1,94914846	425,936929	0,02	8,518738581
Espuma EVA (m)	10510,825	0	1166,666667	0,03	35
Velcro (m)	13331,96	0	529,4597284	0,005	2,647298642
Pegante Industrial (galón)	722,148	0,08444968	10,59311809	0,001	0,010593118
Hilo encerado plano (m)	666,598	0,14992994	17,47190885	0,0018	0,031449436
Pellets de PP-HD (kg)	9998,98	0	31,22211066	0,25	7,805527666

En este caso se requiere un espacio de 54,01 metros cúbicos, los cuales deben estar a disposición en el área de almacenamiento, para la cual se utilizarán estibas con capacidad de 0,18 metros cúbicos de capacidad y racks de cuatro niveles de 2,5 metros de longitud y 1,5 metros de profundidad; teniendo en cuenta este almacenamiento se realizan los cálculos de la cantidad de estibas y racks para el almacenaje, tal como se puede ver en la Tabla XXXVII.

Tabla XXXVII. Cant. de estibas y racks requeridos para almacenamiento

Producto terminado		Materias primas	
Capacidad volumen de estiba	0,18	Capacidad volumen de estiba	0,18
Cantidad de estibas	50	Cantidad de estibas	301
Cantidad de Racks	7	Cantidad de Racks	38
Metros cuadrados Racks	21	Metros cuadrados Racks	114

Una vez obtenida la cantidad de Racks que se deberán implementar para el almacenamiento, se debe tener en cuenta de qué manera se dispondrán, en este caso se trabaja con líneas de 10 racks de 4 niveles, para optimizar el espacio, esto supone que también se debe realizar la compra de un montacargas para almacenar y disponer las materias primas, el montacargas seleccionado es el Yale Veracitor 60vx Diesel Triple Torre 2015, modelo reconocido en el sector industrial por su durabilidad y eficiencia en el trabajo. Ahora bien, contar con este elemento de trabajo genera un nuevo requerimiento para el área del almacén, ya que se debe adicionar 3,5 metros más al espacio de los pasillos que era en un principio de un metro para el personal entre racks, obteniendo entonces un ancho total de pasillos de 4,5 metros.

Teniendo en cuenta las especificaciones de los espacios necesarios para el almacenamiento, se procede a realizar un primer diseño en planos tal como se puede observar en la Figura 40.

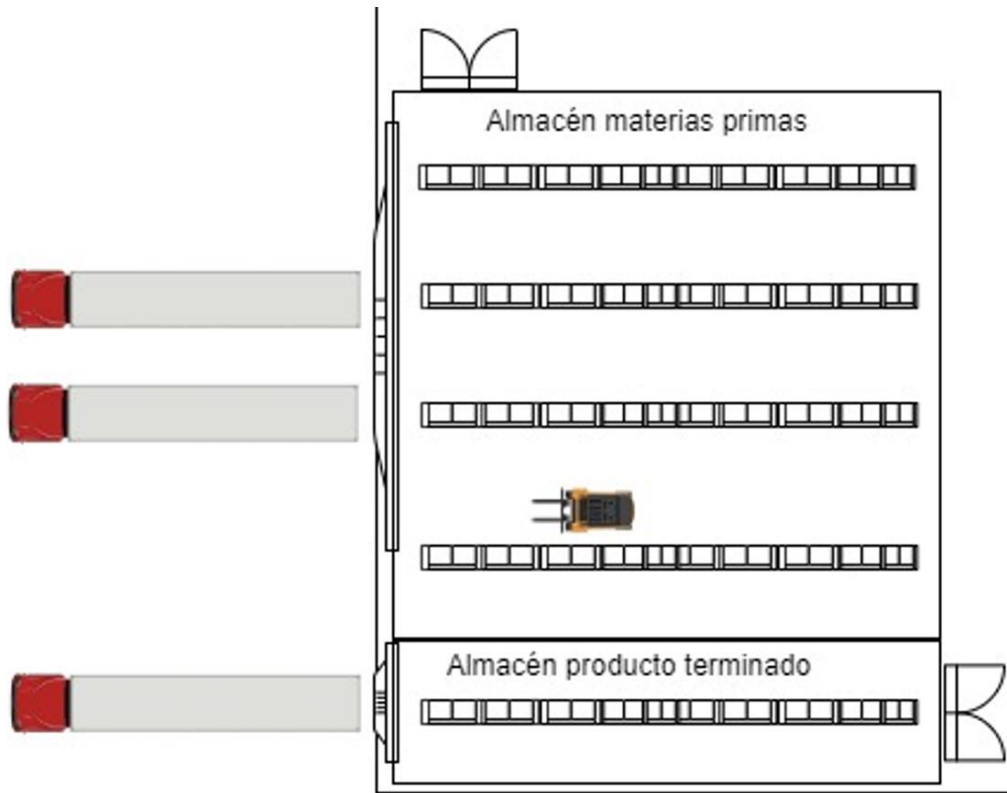


Fig. 40 Vista superior área de almacén.

FASE 7: INTERRELACIÓN ENTRE LAS ÁREAS DE LA PLANTA

A. Matriz de relación de actividades

La matriz de relación de actividades es una herramienta que permite definir la proximidad óptima entre diferentes áreas de una instalación en función de ciertos criterios clave, facilitando la identificación de relaciones funcionales entre las distintas secciones de la planta, como oficinas, almacenes, áreas de producción y servicios, lo que permite organizar el espacio de manera eficiente y minimizar posibles interferencias o inconvenientes.

Para el caso del presente proyecto, las áreas productivas que harán parte de la planta son: el almacén MP y muelle de entrada de MP, el almacén PT y muelle de salida de PT, área de corte, área de inyección, y área de coser, pegado y empaque; y para definir la disposición de las áreas, se tuvieron en cuenta dos aspectos esenciales:

- **Flujo de materiales:** Facilita el movimiento eficiente de insumos y productos entre las áreas, asegurando una producción continua.
- **Secuencia de producción:** Asegura que las áreas estén dispuestas en el orden adecuado para cumplir con la secuencia de operaciones y optimizar el tiempo de producción.

Es así, como en la matriz, cada intersección entre áreas recibe una calificación de proximidad que indica la necesidad de cercanía entre ellas [Ver Tabla XXXVIII]:

Tabla XXXVIII. valor de proximidad

VR	Definición
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Normal
U	Sin importancia
X	No recomendable

Obteniendo como matriz de relación de actividades [Ver Figura 41]:

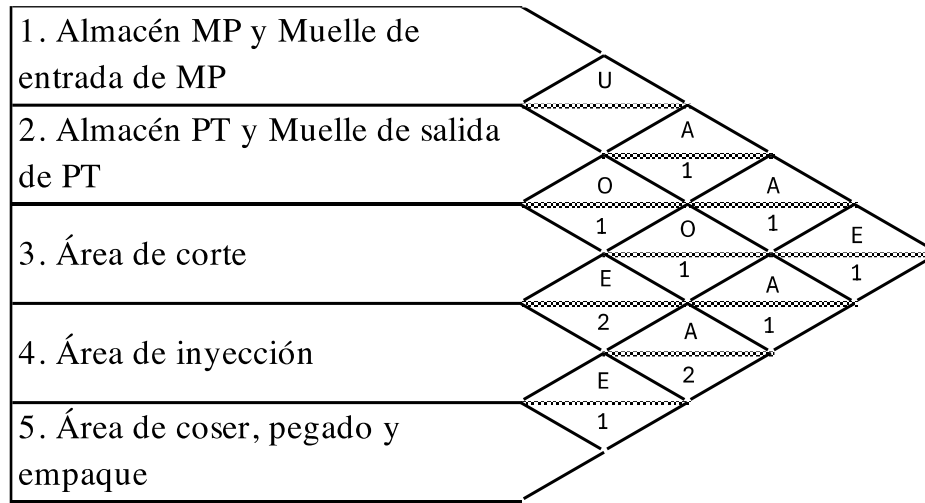


Fig. 41 Matriz de relación de actividades

Se puede observar que, el Almacén de Materias Primas (MP) (Área 1) se relaciona de forma "A" (absolutamente necesario) con el Área de Corte (Área 3) y el Área de Inyección (Área 4) para facilitar el suministro de materiales. Igualmente, el Almacén de Productos Terminados (PT) (Área 2) tiene una relación "A" con el Área de Coser, Pegado y Empaque (Área 5), ya que el producto final debe ser transportado de inmediato al almacén de salida.

Por su parte, las áreas de Corte e Inyección (Áreas 3 y 4) tienen relaciones "A" y "E" entre sí y con el resto de áreas productivas, priorizando la continuidad del proceso, lo que asegura que las zonas de alta interacción tengan proximidades adecuadas, optimizando el traslado de materiales y la eficiencia general de la planta.

B. Disposición de la planta

A partir de la matriz de relación de actividades, se establece la disposición de la planta de forma que todas las áreas productivas estén continuas y permitan una secuencia fluida de operaciones. Las áreas clave, que incluyen el almacén de materias primas (MP) y su muelle de entrada, el almacén de productos terminados (PT) y su muelle de salida, el área de corte, el área de inyección, y el área de coser, pegado y empaque, deben estar interrelacionadas en la disposición final.

Para lograr esto, se evaluaron tres tipos de distribuciones de planta [102]:

Modular en U: Este diseño organiza las estaciones en forma de "U," lo que facilita el flujo continuo de materiales y permite la comunicación directa entre estaciones, optimizando el seguimiento de la producción, resultando eficiente para operaciones con un flujo de trabajo en secuencia y permite una mayor flexibilidad en cambios de proceso y supervisión.

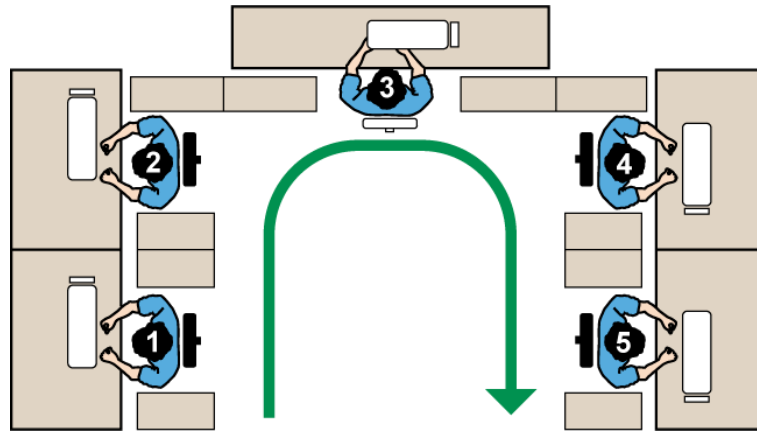


Fig. 42 distribución en "U"

Modular cara a cara: En esta disposición, las estaciones de trabajo están ubicadas en módulos enfrentados, facilitando el flujo de materiales de forma directa entre áreas complementarias, aprovechando el espacio de manera compacta; siendo ideal para plantas con limitaciones de espacio y donde se necesite supervisión directa de estaciones que trabajen en paralelo

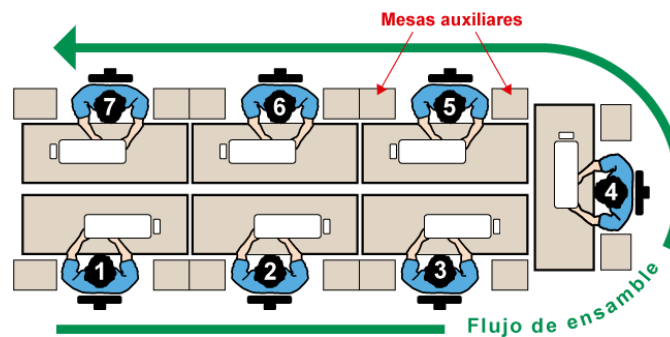


Fig. 43 distribución en paralelo cara a cara

Modular en línea: las estaciones de trabajo se alinean de manera continua según el flujo de producción, maximizando la eficiencia en la secuencia de operaciones, dado que cada estación sigue directamente a la anterior, minimizando tiempos de transporte y el espacio necesario para el desplazamiento de materiales, resultando especialmente adecuado cuando se prioriza la velocidad de producción y el orden secuencial de tareas.

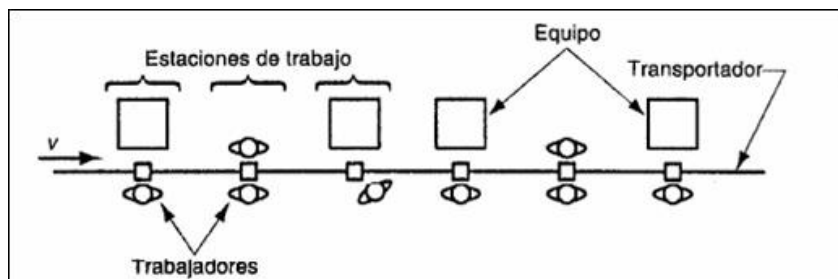


Fig. 44 distribución en línea

Para decidir entre estas alternativas, se aplicó el método de Relación de Ventajas y Desventajas, que permite analizar la mejor alternativa considerando los principios de diseño de planta y los factores de disposición espacial, asegurando que la alternativa seleccionada no solo brinde condiciones seguras y eficientes para la producción, sino que también solucione problemas específicos de la planta actual si existiesen.




Se realizó un cuestionario detallado para cada alternativa, evaluando aspectos como: el flujo de materiales, pues la disposición debe facilitar un movimiento continuo y ordenado de los insumos y productos entre las áreas de trabajo. Una disposición que permite la cercanía entre las estaciones productivas mejorará los tiempos de procesamiento y reducirá el riesgo de acumulación de materiales. También, la supervisión de las actividades es otro aspecto clave, ya que una buena visibilidad sobre el área productiva asegura un control eficiente de la calidad y permite a los supervisores intervenir rápidamente ante cualquier eventualidad; el uso eficiente del espacio tiene un impacto significativo en la productividad, ya que la optimización del área disponible permite que las estaciones de trabajo se acomoden de forma compacta, reduciendo tiempos de desplazamiento y haciendo un mejor aprovechamiento de los metros cuadrados disponibles. Asimismo, el tiempo de transporte, las alternativas deben permitir que las áreas productivas estén dispuestas de manera que minimicen el desplazamiento de materiales entre estaciones.

Por otra parte, la comunicación y coordinación entre áreas también es fundamental, ya que una disposición que favorece el contacto visual y físico entre estaciones de trabajo permite una mayor coordinación y reacción ante cualquier situación en la línea de producción. Adicionalmente, la adaptabilidad a cambios en el proceso es importante para facilitar modificaciones en la planta cuando se requieran ajustes en la producción o en la disposición misma. Un diseño flexible permite hacer ajustes sin reestructurar toda la planta, proporcionando un valor agregado en términos de gestión a largo plazo.

Finalmente, la seguridad de las condiciones de trabajo debe ser priorizada, pues el diseño de la planta debe garantizar que las rutas y áreas de tránsito entre estaciones sean seguras para los trabajadores, minimizando riesgos. Las alternativas deben permitir desplazamientos seguros, además de proporcionar condiciones óptimas para el personal en su trabajo diario.

Es así, como para la calificación, se emplearon símbolos según la escala establecida en la Tabla XXXIX :

Tabla XXXIX. calificación y los símbolos relación de ventajas y desventajas.

Figura	Símbolo	Escala
	Ventaja total	Valor (4)
	Ventaja parcial	Valor (2)
	Desventaja	Valor (-2)
-----	No se puede definir	Valor (0)

Considerando estos elementos en la evaluación de las alternativas, se realizó la calificación [Ver tabla XL]:

Tabla XL. Evaluación de alternativas

Pregunta	Propuesta		
	Modular en "U"	Modular cara a cara	Modular en línea
¿Facilita el flujo continuo de materiales en la secuencia de operaciones?	●	◐	◐
¿Permite una supervisión eficiente de todas las áreas productivas?	●	◐	○
¿Optimiza el uso del espacio disponible en la planta?	◐	◐	◐
¿Reduce el tiempo de transporte entre áreas complementarias?	●	◐	○
¿Facilita la comunicación y coordinación entre operarios en estaciones vecinas?	●	◐	○
¿Permite una rápida adaptación a cambios en el proceso o ajustes en la producción?	●	◐	-----
¿Ofrece condiciones seguras al minimizar riesgos en el flujo de trabajo?	●	◐	-----

Como se puede observar, la disposición modular en “U” sobresale en la mayoría de los aspectos clave, optimizando tanto la operatividad como la adaptabilidad y seguridad en la planta., con un total de 28 puntos, siguiéndole la disposición modular cara a cara con 14 puntos, y por último, la modular en línea con -2 puntos. Por lo tanto, la disposición modular en “U” es la alternativa más ventajosa para el proyecto; y se estructurará comenzando con el almacén de MP y muelle de entrada de MP (1) como punto de inicio del ciclo productivo, seguido por el área de inyección (2), donde se inicia el procesamiento del material. A continuación, se ubica el área de corte (3) para realizar las adecuaciones necesarias en los insumos antes de avanzar al área de coser, pegado y empaque (4), donde se ensamblan y terminan los productos. Finalmente, el proceso concluye en el almacén de PT y muelle de salida de PT (5), desde donde se distribuye el producto terminado [Ver figura 45].

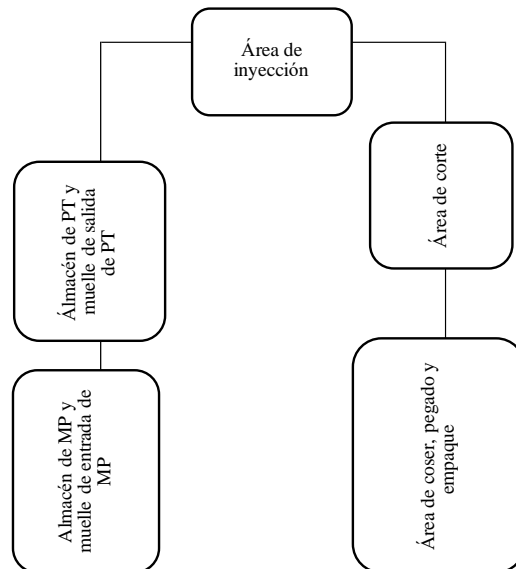


Fig. 45 distribución en "U" del sistema de producción

Esta disposición permite que cada área de trabajo esté situada de acuerdo con la secuencia lógica del proceso productivo, facilitando el flujo continuo de materiales y eliminando recorridos innecesarios. Además, al mantener los puntos de entrada y salida en

extremos opuestos de la disposición, se evita la interferencia entre la entrada de materia prima y la salida del producto terminado, lo cual mejora la eficiencia operativa y reduce el riesgo de congestión en la planta; esta disposición de planta se puede ver desde una vista superior en plano en la Figura 46.

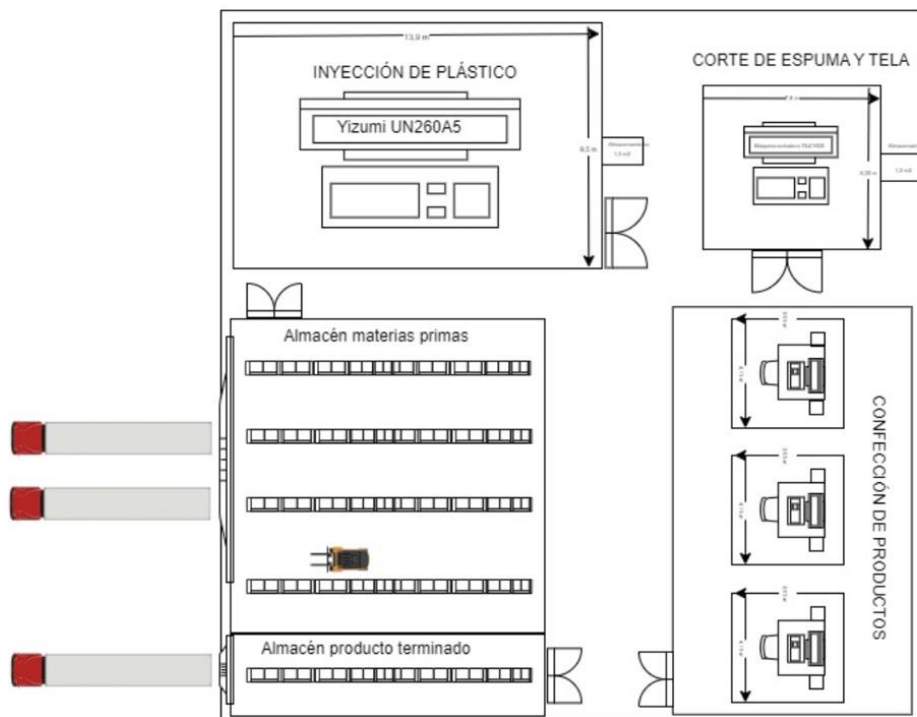


Fig. 46 Vista superior del sistema productivo

FASE 8: ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico del proyecto integra los costos de mano de obra, espacio, activos, materia prima, inventarios, transporte y mantenimiento, esenciales para calcular el beneficio operacional. Los costos de mano de obra consideran los salarios y turnos del personal requerido; el espacio se evaluó con base en el valor del metro cuadrado en varias zonas de Cali para optimizar costos de ubicación. Por su parte, los activos principales, como la máquina de inyección y la cortadora, representan una inversión clave que se evaluó junto a su depreciación esperada. Asimismo, el costo de la materia prima e insumos se calculó según la demanda proyectada y el punto de reorden para garantizar un suministro continuo. Mientras que, los costos de inventario incluyen tanto el stock en planta como el inventario en tránsito, mientras que los costos de transporte y mantenimiento aseguran el flujo de materiales y la durabilidad de los equipos. Este análisis completo permite estimar la rentabilidad del proyecto, facilitando la toma de decisiones estratégicas para optimizar recursos y asegurar su sostenibilidad.

A. Costo de Mano de obra

El costo de mano de obra detalla los gastos anuales estimados para remunerar a los operarios necesarios en la planta, incluyendo beneficios adicionales, asimismo, este cálculo considera el personal asignado a las áreas productivas, distribuidos según las necesidades de operación y eficiencia de las máquinas y del área de confección, a partir de la ecuación:

$$\text{Costo MO} = \text{Número operarios} \times \text{SMLMV} \times \text{Factor prestaciones} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

Teniendo en cuenta que, se requiere un equipo de cuatro operarios para cubrir las actividades principales, donde tres de ellos estarán asignados al área de confección, que demanda atención constante y habilidades en el ensamblado y empaque para asegurar calidad en cada pieza producida; y el cuarto operario estará a cargo del manejo de las máquinas (de inyección y de corte), que al ser de alta automatización, requieren mínima intervención, permitiendo que un solo operario las administre de manera efectiva.

Además, que cada operario percibirá un salario mensual de \$1.300.000, ajustado con un factor de 1.5 para cubrir las prestaciones sociales y otros beneficios laborales requeridos por ley, como vacaciones, cesantías y contribuciones de salud. Al sustituir estos valores, se obtiene el costo total de mano de obra siguiente:

$$\text{Costo MO} = 4 \text{ operarios} \times \frac{\$1.300.000}{\text{mes}} \times 1,5 \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = \frac{\$93.600.000}{\text{año}}$$

B. Costo de requerimiento del espacio

Para calcular el costo de requerimiento del espacio, se realizó un análisis de costo por metro cuadrado de bodegas disponibles en la ciudad de Cali, específicamente propiedades en alquiler pues permite analizar de forma más coherente el costo de los requerimientos espaciales en un rango anual. [Ver tabla XLI]

Tabla XLI. Valor de m2 según su ubicación en Cali [103]

Alquiler				
Ubicación	Dimensión (m2)	Precio (\$)	\$ * m2	Anual
Parque Industrial	500	\$ 32.000.000	\$ 64.000	\$ 768.000
Flora Industrial	2803	\$ 85.000.000	\$ 30.325	\$ 363.896
Porvenir	154	\$ 4.500.000	\$ 29.221	\$ 350.649
Guayaquil	855,51	\$ 24.000.000	\$ 28.053	\$ 336.641
El Refugio	650	\$ 18.000.000	\$ 27.692	\$ 332.308
Acopi	1000	\$ 25.000.000	\$ 25.000	\$ 300.000
Acopi	746	\$ 15.000.000	\$ 20.107	\$ 241.287
Melendez	1400	\$ 26.250.000	\$ 18.750	\$ 225.000
Porvenir	1691	\$ 30.000.000	\$ 17.741	\$ 212.892
Menga	791	\$ 14.000.000	\$ 17.699	\$ 212.389
Salomia	4395	\$ 76.912.500	\$ 17.500	\$ 210.000
San Vicente	1266	\$ 22.000.000	\$ 17.378	\$ 208.531
Troncal	850	\$ 13.900.000	\$ 16.353	\$ 196.235
Junin	800	\$ 12.000.000	\$ 15.000	\$ 180.000
El Piloto	1500	\$ 22.000.000	\$ 14.667	\$ 176.000
Benjamin Herrera	1250	\$ 18.000.000	\$ 14.400	\$ 172.800
Acopi	2520	\$ 36.000.000	\$ 14.286	\$ 171.429
La Dolores	750	\$ 10.500.000	\$ 14.000	\$ 168.000
Obrero	500	\$ 6.900.000	\$ 13.800	\$ 165.600
Manzanares	260	\$ 3.500.000	\$ 13.462	\$ 161.538
Calima	1000	\$ 13.000.000	\$ 13.000	\$ 156.000
Obrero	854	\$ 11.000.000	\$ 12.881	\$ 154.567
Jorge Isaacs	2206	\$ 27.000.000	\$ 12.239	\$ 146.872
La Dolores	1500	\$ 18.000.000	\$ 12.000	\$ 144.000
Santander	2100	\$ 25.000.000	\$ 11.905	\$ 142.857
Troncal	2100	\$ 24.150.000	\$ 11.500	\$ 138.000
El Troncal	4200	\$ 46.200.000	\$ 11.000	\$ 132.000
Norte	5000	\$ 47.000.000	\$ 9.400	\$ 112.800
San Nicolas	735	\$ 6.355.000	\$ 8.646	\$ 103.755
Santa Monica	293	\$ 2.300.000	\$ 7.850	\$ 94.198
Porvenir	1000	\$ 6.500.000	\$ 6.500	\$ 78.000

Para efectos de obtener un dato representativo del comportamiento de la muestra analizada, el costo por metro cuadrado anual a tener en cuenta es la mediana de la columna “Anual”, es decir, un costo de **\$172.800** por metro cuadrado anual, lo que es un costo acorde a las condiciones económicas del ámbito de la propiedad raíz en la ciudad de Santiago de Cali.

Por su parte, se tiene que el área total requerida de la planta es de 1030,775 m², y un factor estipulado de 2, que se tomó en cuenta para cubrir tanto el área de producción como el espacio adicional necesario para otras actividades operativas, pues además del área de fabricación, la planta requiere espacio para zonas de almacenamiento, oficinas, baños, y otras áreas funcionales que deben ser parte del diseño de la planta. Por lo tanto, el costo de operación del espacio aumenta en función de este ajuste, y es clave para reflejar los gastos totales de espacio que la planta necesitará para su funcionamiento.

Es así, como la fórmula utilizada para el cálculo es la siguiente:

$$\text{Costo Req. Espacio} = \text{Área total planta} \times \text{Factor} \times \frac{\text{Costo } m^2}{\text{año}}$$

$$\text{Costo Req. Espacio} = 1030,775 \text{ m}^2 \times 2 \times \frac{\$172.800 \cdot m^2}{\text{año}} = \$ 356.235.840,00/\text{año}$$

Este resultado indica que el costo total anual estimado para el alquiler del espacio, considerando el factor adicional de espacio (doblando la superficie estimada de producción), sería **\$356.235.840**

C. Costo de activos fijos.

Conocer el costo total de los activos fijos permite evaluar la viabilidad de adquirir, mantener o desechar activos. Además, facilita la evaluación de la rentabilidad al calcular el retorno de las inversiones en relación con su costo. También es clave para la gestión de presupuestos, ya que ayuda en la planificación y asignación efectiva de recursos. Por último, conocer el costo total de los activos permite realizar un análisis de costos que identifica áreas donde se pueden reducir gastos y aumentar la eficiencia.

Los activos fijos considerados son la máquina inyectora YIZUMI UN260A5, la máquina TEZ1625 y un montacargas YALE VERACITO 60vx DE 3 toneladas de capacidad.

El costo total de los activos fijos responde a la ecuación:

$$K_f = \frac{P_{\$} * r_w * (1 + r_w)^n}{(1 + r_w)^{n-1}}$$

Donde:

$P_{\$}$: Inversión Neta realizada

r_w : Tasa del costo de capital anual = 9,38%

n : Vida útil en años = 5

Inversión Neta realizada

Este indicador proporciona una visión sobre cuánto está invirtiendo una empresa en sus activos productivos a lo largo del tiempo, y es importante para evaluar la capacidad de crecimiento y expansión de una empresa, así como su estrategia de inversión en infraestructura.

Se calcula:

$$P_{\$} = v - s * (1 + r_w)^{-n}$$

Donde:

- v : Valor de inversión incluida instalación

Para el sector industrial, la instalación de este tipo de maquinaria puede costar entre un 10% y un 30% del costo de la máquina, incluyendo la preparación del sitio, el transporte, la mano de obra de la instalación y las pruebas de funcionamiento.

Para la inyectora YIZUMI UN260A5, teniendo en cuenta que es una máquina importada y muy especializada, se estima que el costo de instalación sea del 25% del valor de la máquina, así, el valor total de inversión sería:

$$\text{Total Inversión} = \text{Costo máquina} + \text{Costo Instalación}$$

$$\text{Total Inversión} = \$319.971.040 + \$ 79.992.760$$

$$\text{Total Inversión} = \$399.963.800$$

Por otro lado, el de instalación para la cortadora TEZ1625, teniendo en cuenta que también es una maquina importada pero no tan especializada es del 18% del valor de la máquina, de esa manera, el valor total de inversión sería:

$$\text{Total Inversión} = \text{Costo máquina} + \text{Costo Instalación}$$

$$\text{Total Inversión} = \$36.859.046 + 6.634.628,28$$

$$\text{Total Inversión} = \$43.493.674,3$$

Para el montacargas YALE VERACITOR 60vx, teniendo en cuenta que es una máquina que puede adquirirse en territorio nacional y no es maquinaria especializada, el valor de instalación sería del 10% del valor de la máquina, así, el valor total de inversión es:

$$\text{Total Inversión} = \text{Costo máquina} + \text{Costo Instalación}$$

$$\text{Total Inversión} = \$78.000.000 + \$ 7.800.000$$

$$\text{Total Inversión} = \$85.800.000$$

- s: Valor de salvamento o rescate

El valor de rescate o salvamento generalmente es el valor estimado del activo al final de su vida útil o valor residual. De acuerdo con comparaciones con el mercado en la industria, el valor residual de este tipo de maquinarias (inyectora y cortadora) suele estar entre 12% y 15% del costo inicial del activo [104]. Para el caso del montacargas, el valor residual es del 15% del costo inicial [105]. De esta manera, el valor de salvamento para cada tipo de máquina es:

- **YIZUMI UN260A5:**

$$\text{Valor de salvamento} = \text{Costo inicial} * \text{Porcentaje estimado}$$

$$\text{Valor de salvamento} = \$319.971.040 * 13,5\%$$

$$\text{Valor de salvamento} = \$43.196.090,4$$

- **TEZ1625:**

$$\text{Valor de salvamento} = \text{Costo inicial} * \text{Porcentaje estimado}$$

$$\text{Valor de salvamento} = \$36.859.046 * 13,5\%$$

$$\text{Valor de salvamento} = \$4.975.971$$

- **YALE VERACITOR 60vx:**

$$\text{Valor de salvamento} = \text{Costo inicial} * \text{Porcentaje estimado}$$

$$\text{Valor de salvamento} = \$78.000.000 * 15\%$$

$$\text{Valor de salvamento} = \$11.700.000$$

- r_w : Tasa del costo de capital anual

La tasa del costo de capital anual es el retorno mínimo que una empresa debe obtener sobre sus inversiones para satisfacer a sus inversores y cubrir sus costos de financiamiento. Esta tasa se utiliza para evaluar la viabilidad de proyectos de inversión. El cual, para la industria de prendas de vestir es del 9,38%.

- n : Vida útil en años: La vida útil de este tipo de maquinaria industrial, bajo condiciones adecuadas de operación y mantenimiento, puede estar entre los 10 y 20 años, sin embargo, esto puede variar según factores como el volumen de producción, el tipo de materiales procesados, la frecuencia de uso y el mantenimiento preventivo que reciba la máquina. Luego de evaluar todos los factores anteriormente mencionados, se establece una vida útil para ambas máquinas de 15 años. Respecto al montacargas, esta máquina tiene una vida útil de 12.000 horas, considerando una jornada laboral de 8 horas diarias, sería una vida útil de 4 años.

Así, la **inversión neta realizada** para cada máquina se ve en la tabla XLII:

Tabla XLII. Inversión neta realizada en activos fijos

LISTA DE ACTIVOS	r_w	S	v	n	PS
MÁQUINA YIZUMI UN260A5	9.38%	\$ 43,196,090.4	\$ 399,963,800	15	\$388,708,018.45
MÁQUINA TEZ1625	9.38%	\$ 4,975,971.2	\$ 43,493,674	15	\$ 42,197,065.16
MONTACARGAS	9.38%	11700000	\$ 85,800,000	4	\$ 77,626,008.43

De esta manera, conociendo el valor de la inversión neta realizada, la tasa del costo del capital anual y la vida útil en años de las máquinas, el **costo total de los activos fijos** se muestra en la tabla XLIII.

Tabla XLIII. Costo total de los activos fijos

LISTA DE ACTIVOS	Kf
MÁQUINA YIZUMI UN260A5	\$ 49,309,621.40
MÁQUINA TEZ1625	\$ 5,352,915.83
MONTACARGAS	\$ 24,160,872.26
TOTAL	\$ 78,823,409.50

D. Costo de materia prima e insumos

El cálculo de los costos de materiales se realizó tomando en cuenta la cantidad de unidades que se requieren anualmente para cada uno de los productos (rodilleras, canilleras y coderas), y con base en las especificaciones de cada material. A continuación, se explica cada uno de los elementos de las tablas, el cálculo de la cantidad necesaria para cada material, y los costos anuales correspondientes.

Determinación de la cantidad de materiales (Q)

Para determinar la cantidad (Q) de cada material necesario, se consideró el volumen anual de producción de cada tipo de producto. En el caso específico de las cajas corrugadas, se utilizó el volumen de cajas requerido para los productos de protección (rodillera, canillera y coderas), con base en las cantidades anuales necesarias para cada uno de estos artículos. La tabla XLIV muestra cómo se calculó el volumen de cajas:

Tabla XLIV. Determinación de Q cajas

Vol Caja corr	125.000	Und / Caja	Caja / año
Vol Rodilleras	600	208,3	160,0
Vol Canillera	300	416,7	66,7
Vol Codera	540	231,5	205,7
			432,3

Este cálculo muestra que se necesitan 433 (432,3) cajas corrugadas para despachar las unidades de rodilleras, canilleras y coderas producidas anualmente.

Materiales y Costo Anual

Inicialmente se especifican los costos por material en cada uno de los productos, por medio del BOM de cada producto, tal y como se muestra en la figura 47 para las rodilleras.

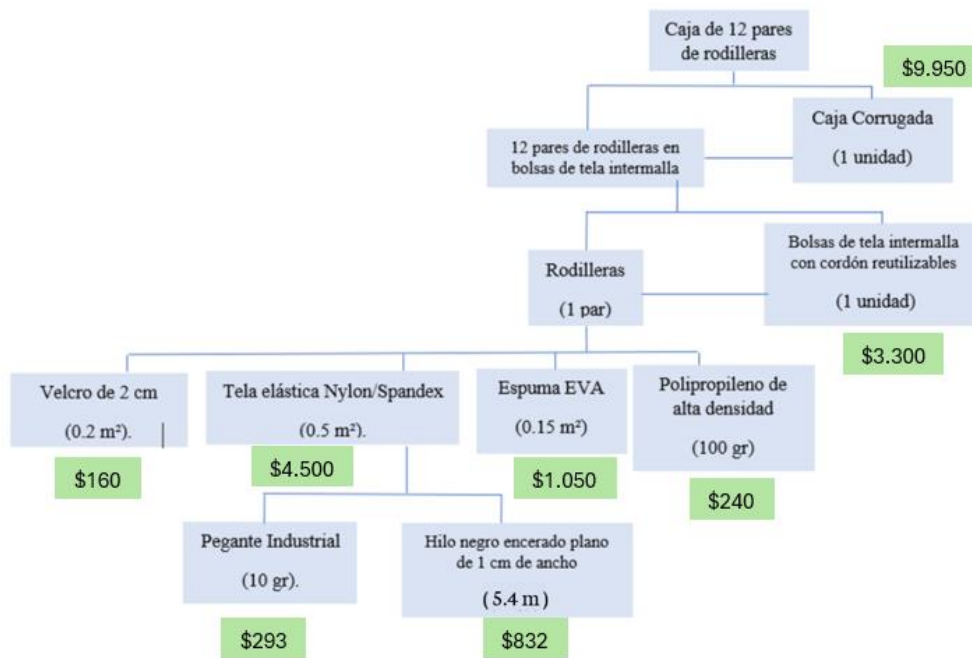


Fig. 47 BOM Rodilleras con costos

De igual manera, se especifican los costos por material utilizados para la elaboración de las coderas. [Ver figura 48]

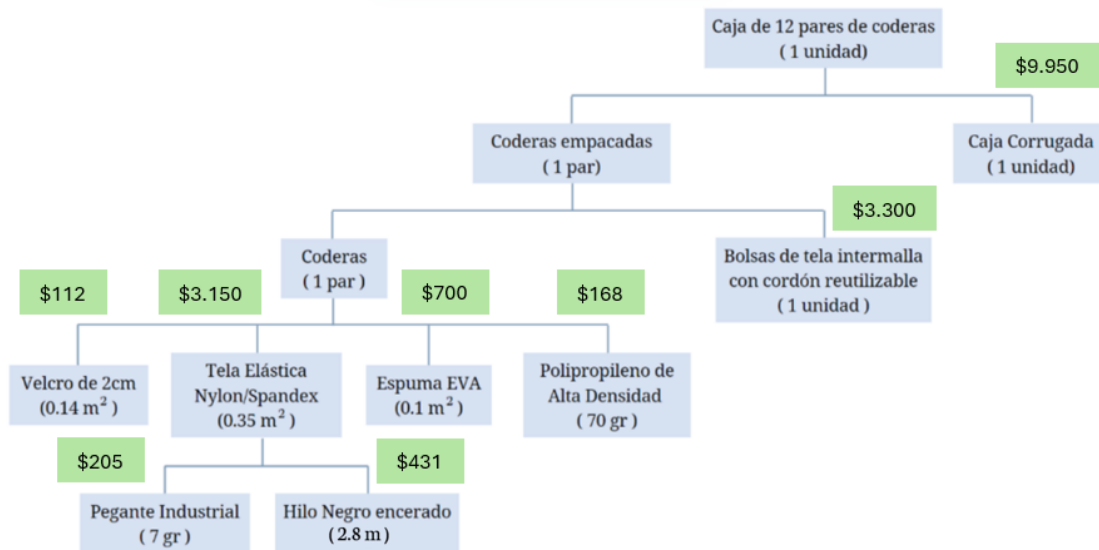


Fig. 48 BOM Coderas con costos.

Concluyendo así, con el último producto de la gama, las canilleras, la cual requiere la siguiente cantidad de materiales con los siguientes costos. [Ver figura 49]

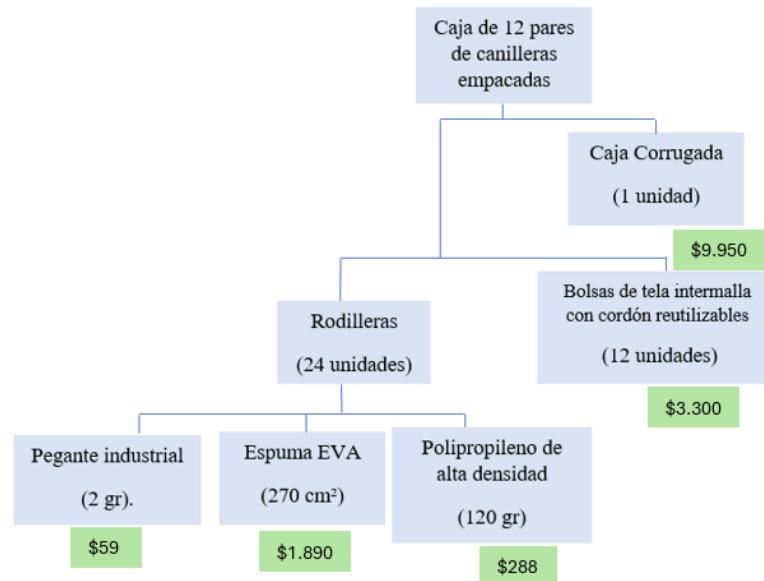


Fig. 49 BOM Canilleras con costos.

Tras observarlo de forma particular en cada uno de los productos, el costo por materiales de producción es detallado de manera generalizada usando la cantidad necesaria al año de cada material y su precio unitario, tal y como se muestra en la tabla [Ver tabla XLV]:

Tabla XLV. Costos de materiales

MATERIALES	Q	PRECIO	COSTO ANUAL
Tela elástica (Nylon/Spandex) (m)	33.329,9	\$ 9.000	\$ 299.969.100
Espuma EVA (Etileno-vinil-acetato)	10.510,8	\$ 7.000	\$ 73.575.775
Velcro (VEL) (m2)	13.332,0	\$ 800	\$ 10.665.568
Empaque Producto Final (und)	54.360,0	\$ 3.300	\$ 179.388.000

Caja Corrugada (50x50x50) (und)	433,0	\$ 9.950	\$ 4.308.350
Pegante Industrial (galón)	171,9	\$ 110.000	\$ 18.913.400
Hilo encerado plano de 1 cm de ancho	315.967,6	\$ 154	\$ 48.659.010
Pellets de PP-HD recuperado de origen post consumo (kg)	9.999,0	\$ 2.400	\$ 23.997.552
			\$ 659.476.755

Se puede evidenciar que, para la tela elástica se requieren 33.329,9 m, a un costo de \$9.000 por m, sumando un costo anual de \$299.969.100. Por su parte, de la espuma EVA se necesita en 10.510,8 m a \$7.000 por m, con un costo anual de \$73.575.775. Adicionalmente, el velcro, con una demanda de 13.332 m² a \$800 por m², tiene un costo anual de \$10.665.568. El empaque del producto final requiere 54.360 unidades, a \$3.300 cada una, lo que resulta en \$179.388.000; las 433 cajas corrugadas necesarias, a \$9.950 por unidad, tienen un costo total de \$4.308.350. Para el pegante industrial, se requieren 171,9 galones a \$110.000 cada uno, lo que genera un costo anual de \$18.913.400. El hilo encerado, de 315.967,6 metros a \$154 por metro, tiene un costo de \$48.659.010. Finalmente, se necesitan 9.999 kg de pellets de PP-HD, a \$2.400 por kg, sumando \$23.997.552. El costo total anual de todos los materiales es \$659.476.755.

E. Costo de inventario

El costo de inventario es fundamental en la gestión del proceso productivo, ya que representa todos los gastos asociados con la adquisición, almacenamiento y manejo de los productos. Conocer estos costos permite tomar decisiones informadas sobre precios, optimizar sus márgenes de ganancia y asegurar un flujo de efectivo saludable. Además, un adecuado control sobre los costos de inventario ayuda a evaluar el rendimiento operativo, identificar ineficiencias y mejorar la rentabilidad a largo plazo al evitar el exceso de inventario o la falta de productos.

Para conocer el costo del inventario, es necesario saber la inversión promedio en inventario actual y la tasa de mantenimiento de inventario. Este análisis se realizará por cada una de las materias primas, así como se ve en la tabla XLVI:

Tabla XLVI. Inversión en inventario actual

	Costo Unitario	Inventario Promedio	Inversión en inventario actual
Tela elástica (m)	\$ 9,000	425.94	\$ 3,833,432.36
Espuma EVA (m)	\$ 7,000	1,166.67	\$ 8,166,666.67
Velcro (m)	\$ 800	529.46	\$ 423,567.78
Pegante Industrial (galón)	\$ 110,000	10.59	\$ 1,165,242.99
Hilo encerado plano (m)	\$ 154	17.47	\$ 2,690.67
Pellets de PP-HD (kg)	\$ 2,400	31.22	\$ 74,933.07
		TOTAL	\$13,666,533.54

Teniendo en cuenta que la tasa del costo de mantenimiento de inventario es de 20,8%, el costo del inventario sería:

$$\text{Costo de inventario} = \text{Inversión en inventario actual} * \text{tasa del costo de inventario}$$

$$\text{Costo de inventario} = \$13.666.533,54 * 12,8\%$$

$$\text{Costo de inventario} = \$1.750.252$$

Adicionalmente, es importante también considerar el costo del inventario en tránsito, es decir, las materias primas que ya han sido compradas y pagadas pero que aún no llegan al almacén de materias primas.

Como se muestra en la tabla XLVII para saber el costo total del inventario en tránsito es necesario conocer la tasa del costo de capital del inventario en tránsito, que es aproximadamente de 12,8%, el costo de cada materia prima, la demanda anual a satisfacer, el Tao en años, es decir, el tiempo que tarda en llegar la materia prima desde el momento en que se paga, y el inventario en tránsito en unidades.

Tabla XLVII. Costo total del inventario en tránsito

	Tela elástica (m)	Espuma EVA (m)	Velcro (m)	Pegante Industrial (galón)	Hilo encerado plano (m)	Pellets de PP-HD (kg)
Costo de Capital	12.81%	12.81%	12.81%	12.81%	12.81%	12.81%
Costo MP	\$ 9,000	\$ 7,000	\$ 800	\$ 110,000	\$ 154	\$ 2,400
Demanda	33,329.90	10,510.83	13,331.96	722.15	666.60	9,998.98
Tao (días)	1.00	20.00	5.00	2.00	5.00	20.00
Tao (años)	0.003	0.055	0.014	0.005	0.014	0.055
Inventario en tránsito (UM)	91.31	575.94	182.63	3.96	9.13	547.89
Inventario en tránsito (\$)	\$ 821,833	\$ 4,031,549	\$ 146,104	\$ 435,267	\$ 1,406	\$ 1,314,934
Costo Inventario en Tránsito MP	\$ 105,251	\$ 516,314	\$ 18,711	\$ 55,744	\$ 180	\$ 168,402

Costo Total de Inventario en Tránsito	\$ 864,602
---------------------------------------	------------

En resumen, la consolidación de los costos de inventarios se divide en que los costos de inventario promedio son de \$1.750.252 y por otra parte, el costo total de inventario en tránsito es de \$864,602.

Una vez identificados por completo los costos, es necesario analizar la viabilidad económica del sistema productivo, para ello, se tiene en cuenta que las canilleras tienen un precio unitario de \$17.500 y una demanda de 3330 unidades al año, por parte de las canilleras se maneja un precio de \$15.000 y su demanda es de 27775 unidades por año y en el caso de las coderas, su precio es de \$12.500 y cuentan con una demanda de 47614. Con esta información se realiza el cálculo del total de ingresos que se registrarán en la empresa a los cuales se le deben descontar los costos detallados anteriormente, tal como se puede observar en la Tabla XLVIII.

Tabla XLVIII. Cálculo de beneficio operacional.

+	Ganancias	\$ 1.595.075.000,00
-	Costo Materiales	\$ 659.476.755
-	Costo Mano de Obra	\$ 93.600.000
-	Fixed Assets Cost	\$ 78.823.409
-	Costo de Inventario	\$ 2.614.854
-	Costo de Espacio	\$ 356.235.840
Beneficio Operacional		\$ 404.324.141,6

En este caso, se obtiene un beneficio operacional de \$404.324.141,6, un valor sumamente positivo para el sistema; sin embargo, los costos de transporte para la entrega de los productos, pago de nóminas administrativas e impuestos de la empresa, no se tienen en cuenta en esta fase, por lo cual el beneficio se verá reducido notablemente. Para evitar que el sistema sea improductivo, se recomienda desde una perspectiva de ingeniería, realizar una búsqueda de maquinaria más pequeña, pues las máquinas seleccionadas en este caso son muy poco utilizadas y tienen un costo alto. Otra solución, es aumentar la producción, de esta manera las máquinas tendrían un mayor porcentaje de utilización y las ganancias serían mayores.

FASE 9: IMPACTO AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO

Teniendo en cuenta que el presente proyecto, aborda como una de las principales materias primas pellets de plástico reciclado, su uso reduce la demanda de materiales vírgenes y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de polímeros nuevos, pues incluso, según estudios realizados por el *Journal of Cleaner Production*, la fabricación de productos con plástico reciclado puede reducir hasta un 30% las emisiones de carbono en comparación con el uso de plásticos vírgenes, disminuyendo así el impacto negativo sobre el cambio climático [106]. Además, el reciclaje de plástico contribuye a la reducción de residuos en vertederos y mares, protegiendo ecosistemas marinos y terrestres. La eliminación de desechos plásticos, especialmente aquellos que tardan cientos de años en descomponerse, se traduce en un entorno más limpio y en la preservación de especies afectadas por la contaminación plástica [107].

En el aspecto social, el reciclaje de plásticos impulsa el desarrollo de una economía circular, en la que los recursos se reutilizan y se aprovechan al máximo, creando nuevas oportunidades de empleo en la recolección, procesamiento y venta de materiales reciclados, en muchos casos, estas actividades benefician a comunidades vulnerables que encuentran en el reciclaje una fuente de ingresos, promoviendo inclusión económica y ayudando a reducir la pobreza en áreas de escasos recursos [108]. Es así, como el reciclaje de plástico también promueve la conciencia ambiental y fomenta una cultura de sostenibilidad en la sociedad, motivando a los ciudadanos a participar en prácticas de reciclaje que favorecen tanto al medio ambiente como a la comunidad.

Desde una perspectiva económica, el uso de plástico reciclado puede reducir los costos de producción, ya que los materiales reciclados suelen ser menos costosos que los materiales vírgenes derivados del petróleo, lo que permite a las empresas mejorar su competitividad en el mercado, respondiendo a la creciente demanda de productos sostenibles [107]. Adicionalmente, los gobiernos incentivan prácticas de reciclaje mediante programas de subsidios y descuentos fiscales, lo que representa un beneficio económico directo para las empresas que adoptan un enfoque sostenible. A nivel local, el reciclaje crea empleos y fortalece la cadena de suministro de plásticos reciclados, mientras que en el ámbito macroeconómico ayuda a reducir la dependencia de recursos no renovables, como el petróleo, generando estabilidad financiera y resiliencia en el mercado [109].

IV. GLOSARIO

Polímeros sintéticos: son sustancias químicas sintéticas, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono. Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización. Existen varios tipos de polímeros plásticos, algunos de los más comunes incluyen el polietileno, el PVC (cloruro de polivinilo) y el poliestireno. [110]

Sostenibilidad: Se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer las suyas, garantizando un equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente, el bienestar social y la seguridad. Este equilibrio implica mantener un desarrollo económico que no agote los recursos naturales ni cause daño ambiental, promover una sociedad justa que ofrezca igualdad de oportunidades para todos, y garantizar un entorno seguro y saludable [111]

Sistema de producción: Se refiere a la organización y planificación de los diversos componentes que intervienen en la creación de un sistema de producción productivo y exitoso. Este proceso implica el desarrollo y perfeccionamiento de flujos de trabajo y procesos dentro de una empresa para producir bienes y servicios de la forma más eficiente posible. El diseño de sistemas de producción se centra en la elección correcta de maquinaria, herramientas y equipos, así como en la asignación eficiente de los recursos disponibles. También se consideran aspectos como la ergonomía y la seguridad laboral para garantizar un entorno de trabajo adecuado. [112]

Reciclaje: Es un proceso eco-amigable que consiste en transformar desechos o materiales inservibles en nuevos productos o materias primas para su reutilización. Este proceso implica recolección, clasificación y procesamiento de los residuos, permitiendo reintroducirlos en el ciclo de vida sin necesidad de recurrir a nuevos recursos naturales. [113]

PET: Conocido también como Tereftalato de Polietileno, es un tipo de polímero termoplástico que se obtiene a través de un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Este material se caracteriza por ser resistente, ligero y transparente, y es ampliamente utilizado en la fabricación de envases y botellas para alimentos y bebidas debido a su excelente barrera contra el oxígeno y el dióxido de carbono. [114]

Economía circular: modelo económico y productivo que se caracteriza por la sostenibilidad y el ahorro de recursos y fuentes de energía. En este modelo, los bienes se producen, se consumen, se reciclan, se producen y se vuelven a consumir, entrando en un ciclo de vida circular. Este concepto busca mantener el valor de los productos, los materiales y los recursos en la economía durante el mayor tiempo posible, y reducir al mínimo la generación de residuos. [115]

V. REFERENCIAS

- [1] “Di basta a Los Plásticos,” Greenpeace Colombia, <https://www.greenpeace.org/colombia/tag/plasticos/>
- [2] “¿Qué Tipo de Plástico son las tapas de refresco?,” Club Mitsubishi ASX, <https://www.clubmitsubishiasx.com/faq/que-tipo-de-plastico-son-las-tapas-de-refresco>
- [3] P. G. C. Nayanathara Thathsarani Pilapitiya and A. S. Ratnayake, “The World of Plastic Waste: A Review,” *Cleaner Materials*, vol. 11, p. 100220, Mar. 2024. doi:10.1016/j.clema.2024.100220

- [4] “La Gran Mancha de Basura del Pacífico,” National geographic, <https://education.nationalgeographic.org/resource/la-gran-mancha-de-basura-del-pacifico/>
- [5] “Los desechos: Un Análisis Actualizado del Futuro de la Gestión de los desechos Sólidos,” World Bank, <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management#:~:text=%E2%80%9CLa%20gesti%C3%B3n%20inadecuada%20de%20los,desperdicios%2C%20y%20afectando%20el%20desarrollo>
- [6] INFOBAE. (2022, agosto 31). Seis de cada diez millennials peruanos prefieren comprar productos en empaques ecológicos. infobae. <https://www.infobae.com/america/peru/2022/08/31/seis-de-cada-diez-millennials-peruanos-prefieren-comprar-productos-en-empaques-ecologicos/>
- [7] “Datos y cifras | naciones unidas,” United Nations, <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures>
- [8] Congreso de Colombia. (8, jul. 2022). Ley 2232, Por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones. Disponible en: https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/ley_2232_2022.htm#:~:text=Ministerio%20de%20Relaciones%20Exteriores%20%2D%20Normograma,2232%20de%202022%20Congreso%20Nacional%5D&text=Por%20la%20cu al. %20se%20establecen,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones.
- [9] S. López, Tecnología textil antimicrobial, <https://www.lafayettesports.com.co/noticias/confeccion-deportiva/tecnologia-textil-antimicrobial/>
- [10] “Elementos de protección personal para motociclistas en Colombia,” RTVC, <https://www.canalinstitucional.tv/especial/elementos-proteccion-personal-motociclistas-colombia>
- [11] N. Galvis, “CARACTERIZACIÓN DEL POLIPROPILENO RECICLADO DISPONIBLE A PARTIR DE TAPAS, PARA REINCORPORARLO EN PROCESOS PRODUCTIVOS, MEZCLADO CON POLIPROPILENO VIRGEN,” Repositorio de la Universidad EAFIT, <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/0a7e191b-7e69-4897-b18b-008189ad2360/content>.
- [12] N. Bravo and S. V. Escobar, “EL DEPORTE COMO MEDIO DE INCLUSIÓN EN CONDICIONES DE VULNERABILIDAD,” UNIVERSIDAD DEL VALLE , <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/a3d65729-e3aa-4093-b33f-87a3b423b63e/content>
- [13] “Las motocicletas en Colombia:,” ANDI, <https://www.andi.com.co/Uploads/LasMotocicletasEnColombia.pdf>
- [14] “Cámara y comercio ,” Compite 360, <https://www.compite360.com>
- [15] “Marcas de accesorios especializados para motocicletas También Le Apuestan Al Auge,” Diario La República, <https://www.larepublica.co/especiales/motolombia/marcas-de-accesorios-especializados-tambien-le-apuestan-al-auge-3531082>
- [16] “Chaquetas Para Moto Con Protección,” Auteco Mobility, <https://www.autecomobility.com/accesorios-para-motociclista/chaquetas-para-moto/chaquetas-para-moto-con-proteccion>
- [17] “Rodilleras y Coderas Para Motociclista,” Cascoloco, <https://cascoloco.com/346-rodilleras-motociclismo>
- [18] “Tienda Deportiva , Ropa Deportiva y accesorios.,” Decathlon Colombia, https://www.decathlon.com.co/?utm_source=Google&utm_medium=paid_searchCOT-Performance-ct-search-ts-Prospecting-f-conversion-o-Compra-zz-

Marca&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAxaCvBhBaEiwAvsLmWCKCQVNkJmcTyOIEsJ_BM2hf-EVYVu0BaGuYkkYd_ivZivWSNZ8tjBoCJtcQAvD_BwE

- [19] Balance oficial de Siniestralidad vial 2021 | ANSV, <https://ansv.gov.co/es/prensa-comunicados/6615>
- [20] “Regulación de Uso de reflectivo en Colombia y su importancia,” Smartcross, https://smartcross.com.co/2022/01/18/regulacion_de_uso_de_reflectivo_en_colombia/
- [21] “Estadísticas de las Lesiones Deportivas,” Stanford Medicine Childrens Health, <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=estadist-las-lesiones-deportivas-90-P04953>.
- [22] “Norma Técnica NTC Colombiana 4533,” Icontec, https://members.wto.org/crnattachments/2018/TBT/COL/18_2768_00_s.pdf
- [23] Dato suministrado por el profesor Juan Camilo Paz, a partir de trabajos elaborados en las empresas Fundamentz y Polyser.
- [24] “Descubre Nuestro proceso de reciclaje” (2024) TerraCycle. [En línea]. Disponible: https://www.terracycle.com/es-ES/about-terracycle/our_recycling_process
- [25] *Patagonia e Eastman Se Alian Para Dar una segunda vida a los residuos textiles* (2024) Modaes. [En línea]. Disponible: <https://www.modaes.com/equipamiento/patagonia-e-eastman-se-alian-para-dar-una-segunda-vida-a-los-residuos-textiles>
- [26] S. Tirlangi et al., “Influence on the mechanical properties of virgin recycled polypropylene composites with different types of reinforcing loads,” *Materials Today: Proceedings*, Aug. 2023. doi:10.1016/j.matpr.2023.07.235
- [27] “Global Motorcycle Market Size Worth \$233.51 Billion by 2031”, Allied Market Research. [En línea]. Disponible: <https://www.alliedmarketresearch.com/press-release/motorcycle-market.html>
- [28] “Sports Global Market Report 2024”, Bus. Res. Company, febrero de 2024. [En línea]. Disponible: [https://www.researchandmarkets.com/reports/5939106/sports-global-market-report?utm_source=GNOM&utm_medium=PressRelease&utm_code=3gqkj8&utm_campaign=1566960++Global+Sports+Market+Opportunities+and+Strategies+Report+2021:+Sports+Market+Forecast+to+Reach+\\$599.9+billion+by+2025+as+COVID-19+Lockdowns+Ease&utm_exec=cari18prd](https://www.researchandmarkets.com/reports/5939106/sports-global-market-report?utm_source=GNOM&utm_medium=PressRelease&utm_code=3gqkj8&utm_campaign=1566960++Global+Sports+Market+Opportunities+and+Strategies+Report+2021:+Sports+Market+Forecast+to+Reach+$599.9+billion+by+2025+as+COVID-19+Lockdowns+Ease&utm_exec=cari18prd)
- [29] “Colombia aspira a que en 2030 el 100 % de los plásticos de un solo uso del mercado sean reutilizables o compostables - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [En línea]. Disponible: <https://www.minambiente.gov.co/colombia-aspira-a-que-en-2030-el-100-de-los-plasticos-de-un-solo-uso-del-mercado-sean-reutilizables-o-compostables/#:~:text=Bogotá%20D.%20C.,%2016%20de%20junio%20de%202021%20-MADS-.&text=Este%20cálculo%20se%20hizo%20en,vertederos%20y%20el%20medio%20ambiente.>
- [30] Alcaldía de Cali, “COMO ES UN BUEN CASCO PROTECTOR PARA MOTO?”, en *La norma técnica colombiana*. 2007,
- [31] “Espinillera Ultimate”. Ho Soccer Shop. [En línea]. Disponible: https://hosoccershop.com/es/espinilleras-miravia/espinillera-ultimate.html#/169-talla_espinillera-s
- [32] RODILLERAS/CODERAS SCOYCO K26 NEGRO. [Imagen]. Disponible: <https://www.fullmoto.com/rodilleras-coderas-scoyco-k26-negro>
- [33] “Kit Rodilleras y Coderas Prox Twpo PVC”. Moto Store. [En línea]. Disponible: <https://motostorebogota.com/product/kit-rodilleras-y-coderas-prox-pvc/>
- [34] “Casco SK1 Verde Agua”. GW Bicycles. <https://gwbicycles.com/products/casco-sk1-verde->

agua?variant=43279914729730¤cy=COP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&utm_gad_source=1&utm_gclid=CjwKCAjwkuqvBhAQEiwA65XxQJbmToljtykq_VyOV7H67xLb4zcE0WT8lhcPpkRQsZE2N7qJAKlOOxoCtGcQAvD_BwE

- [35] “Muñequeras | Protección para patinaje profesional Canariam”. Canariam. Accedido el 20 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://canariam.com/inicio/1011-munquera>
- [36] Amazon. (2024). Cycling Skiing Kneepad-oller Skating Knee Pad Protection Tool A Pair of PROPRO Black Plastic Shell. <https://www.amazon.com/-/es/Ciclismo-Rodilleras-Rodillera-Herramienta-Protecci%C3%B3n/dp/B08CTZKT3H>
- [37] “Canillera FXONE Spider Plus”. Faby Sport. [En línea]. Disponible: <https://www.fabysport.com/producto/canillera-fxone-spider-plus/>
- [38] “Nike Mercurial Lite”. Nike Colombia. [En línea]. Disponible: <https://www.nike.com.co/nike-mercurial-lite-dn3611-013-sp24/p>
- [39] <https://www.fullmoto.com/piloto/accesorios-piloto/rodilleras> “RODILLERAS/CODERAS SCOYCO K11-2”. FullMoto.com. [En línea]. Disponible: <https://www.fullmoto.com/rodilleras-coderas-scoyco-k11-2>
- [40] “Kit de Protección Canariam C2 Negro”. Skatestar. [En línea]. Disponible: <https://www.skatestar.com.co/product-page/kit-de-proteccion-canariam-c2-negro>
- [41] “Rodilleras - Coderas para patinaje - Decathlon”. Decathlon Colombia. [En línea]. Disponible: <https://www.decathlon.com.co/9296-rodilleras-coderas>
- [42] “Kit Protección Niños Niñas Ciclismo Casco Rodilleras Coderas Rosado”. exito.com. [En línea]. Disponible: <https://www.exito.com/kit-proteccion-ninos-ninas-ciclismo-casco-rodilleras-coderas-rosado-102007431-mp/p>
- [43] “XJD Kids Bike Helmet,Multi-Sport Protective Gear Set for 3-5-8-14 Years Boys Girls with Knee and Elbow Pads Wrist Guards fit Roller Skates,Cycling,Skateboarding,Skating Scooter”. Amazon.com. [En línea]. Disponible: <https://lc.cx/4RTRhf>
- [44] N. Galvis Gutierrez , “Caracterización del polipropileno reciclado disponible a partir de tapas, para reincorporarlo en procesos productivos, mezclado con polipropileno virgen ,” Universidad EAFIT, <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/0a7e191b-7e69-4897-b18b-008189ad2360/content>.
- [45] K. L. Campos Barboza, F. F. Gomez Montalban, M. A. Montero Nuñez, F. E. Pantoja Guillen, and J. A. Pasco Soto, “Diseño del Proceso de Producción de Ladrillos basados en Plástico Reciclado,” DSpace Repository, <https://pirhua.udep.edu.pe/items/93de85da-da4a-4ab9-bfdc-fb520fa5f54d>
- [46] “Desarrollo de un sistema de inyección de plásticos de dos etapas para el aprovechamiento de polietileno reciclado ,” De la investigación formativa a la investigación formal Investigación para el Desarrollo Sostenible, https://www.researchgate.net/profile/Cristian-Lasso-Quilindo-2/publication/378936661_Implementacion_del_modelo_de_periodizacion_contemporanea_ATR_en_deportistas_de_clase_T1_-_T2_de_la_Comision_Departamental_de_Paracycling_del_Cauca/links/65f2156bc05fd2688007a09d/Implementacion-del-modelo-de-periodizacion-contemporanea-ATR-en-deportistas-de-clase-T1-T2-de-la-Comision-Departamental-de-Paracycling-del-Cauca.pdf#page=35.
- [47] A. Bortoletto, E. Bovo, M. Sorgato, and G. Lucchetta, “Enhancing properties and manufacturability of post-consumer recycled polypropylene via gas counter-pressure injection molding,” Sustainable Materials and Technologies, Mar. 2024. doi:10.1016/j.susmat.2024.e00897

- [48] N. Pulgarín Pérez, A. F. Forero Ramirez, and J. G. Gómez Vélez, “Propuesta de Caracterización de los posibles proveedores de una empresa de reciclaje. Estudio de Caso: Todo reciclable.” Repositorio institucional UNIMINUTO: Home, <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/5427>
- [49] C. A. Hoyos Castellanos, F. Treviño Montemayor, J.J. Vázquez magaña, M. A. Jaime Parra, A. González Peña, “Elaboración de blocks de mampostería usando plástico reciclado para sustituir agregados pétreos.” Realidad Global, Vol 8, No 1, 2019. <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=4cb2b942-f2f9-4af6-978b-aea0cba41c2d%40redis>
- [50] D. Abellán López, M. Sánchez Lozano, “Nuevo sistema de protección de motociclistas fabricado en caucho reciclado”, Universidad Miguel Hernández de Elche, 2015
<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=d4d43bc1-092b-400f-ba95-56503be7c065%40redis>
- [51] C. Valderrama Ulloa, F. Parra, C. R. Marín Uribe, G. Rodríguez, Grau, “Solerillas de hormigón y plástico reciclado para la conformación de jardineras: hacia un producto más sustentable”, Información Tecnológica, Vol 32(2), 2021
<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=1b505a0a-765b-4d72-a728-daa40d9c2831%40redis>
- [52] H. A. Boa Vista, F. Y. Shibaó, M. R. dos Santos, “Produto Sustentável: equipamento de proteção individual fabricado com plástico verde” Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS, 2015
<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=574602cb-5a14-4b5c-8565-829b7b691d9d%40redis>
- [53] B. A. de Sá Teles, I. L. Clímaco Cunha, M. L. da Silva Neto, H. Wiebeck, T. Sanches Valera, S. Silverina de Souza, A. F. de Oliveira Schmitt, V. Oliveira, L. Kulay, “Effect of Virgin PP Substitution with Recycled Plastic Caps in the Manufacture of a Product for the Telephony Sector”, Recycling (MDPI AG), Vol 8, 2023
<https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=7&sid=217e4022-06c3-443f-8a68-481ccc2ef036%40redis&bdata=JkF1dGhUeXB1PXNzbyZsYW5nPWVzJnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRI#AN=164703744&db=tnh>
- [54] “Ministerio de Relaciones exteriores - normograma [ley 2232 de 2022 congreso nacional],” EL CONGRESO DE COLOMBIA, https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/ley_2232_2022.htm
- [55] “ODS 12.8: Promover La Comprensión Universal de los Estilos de Vida Sostenibles,” ICCROM, <https://ocm.iccrom.org/es/sdgs/ods-12-produccion-y-consumo-responsables/ods-128-promover-la-comprension-universal-de-los>
- [56] “ODS 4.7: Educación para el Desarrollo Sostenible y la ciudadanía global,” ICCROM, <https://ocm.iccrom.org/es/sdgs/ods-4-educacion-de-calidad/ods-47-educacion-para-el-desarrollo-sostenible-y-la-ciudadania>
- [57] Decreto 1625 de 2016, <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30030361/>
- [58] Ley-1562-DE-2012.PDF, <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley-1562-de-2012.pdf>
- [59] R. Toro, “¿Qué es y para qué sirve la norma ISO 14001?,” Nueva ISO 14001, <https://www.nueva-iso-14001.com/2018/04/norma-iso-14001-que-es/>
- [60] “ISO 45001 norma Internacional ,” Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo., <https://ergosourcing.com.co/wp-content/uploads/2018/05/iso-45001-norma-Internacional.pdf>
- [61] Prime. (2022, mayo 19). Descubre el proceso de moldeo por inyección de plástico. Primebiopolymers. <https://primebiopol.com/descubre-el-proceso-de-moldeo-por-inyeccion-de-plastico/>

- [62] Castro, Á. A. (2023, marzo 17). Moldeo por soplado: guía completa y preguntas frecuentes. Plastics Technology México. <https://tinyurl.com/yuj9x88f>
- [63] Moldeo por compresión de plástico. (s/f). <https://www.sacmi.it/>. De <https://www.sacmi.it/es-es/Closures-preforms-containers/Moldeo-por-compresion>
- [64] J. Sanetuntikul, K. Ketpang, P. Naknaen, B. Narupai, and N. Petchwattana, “A circular economy use of waste metalized plastic film as a reinforcing filler in recycled polypropylene packaging for injection molding applications,” *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 17, p. 100683, Dec. 2023. doi:10.1016/j.clet.2023.100683
- [65] S. Tirlangi *et al.*, “Influence on the mechanical properties of virgin recycled polypropylene composites with different types of reinforcing loads,” *Materials Today: Proceedings*, Aug. 2023. doi:10.1016/j.matpr.2023.07.235
- [66] “8 textiles sostenibles que rompen barreras - tejidos sostenibles - luxiders,” Luxiders Magazine - Sustainable Fashion - Eco Design - Healthy Lifestyle, <https://luxiders.com/es/tejidos-sostenibles/>
- [67] “Línea de Productos Eco de la Marca Velcro - Con material reciclado,” International Velcro, <https://www.velcro.es/empresas/productos/linea-de-productos-eco/>
- [68] “Composición interior de los Cascos de Moto AGV,” Dainese Valencia, <https://www.d-storevalencia.com/blog/composicion-de-los-cascos-agv-n8>
- [69] “Tipos de Inyectoras de Plástico,” Aeromaquinados, <https://aeromaquinados.com/tipos-de-inyectoras-de-plastico/>
- [70] “Systec - Sumitomo Shi Demag Spain,” Sumitomo (SHI) Demag, <https://spain.sumitomo-shi-demag.eu/products/systec>
- [71] “Zhafir Zeres Series III (ZEIII),” Haitian México, <https://www.haitianmexico.com/zhafir-zeres/>
- [72] “Serie FNX,” Nissei México, <https://www.nisseimx.com/serie-fnx-2/>
- [73] Resolución 0312 de 2019, <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019-+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf>
- [74] “Resolución 2400 - 1979,” Inicio, <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2400-1979>
- [75] “Qué es el SKU de un producto y qué relevancia tiene en la gestión de almacenes”. SAP España News Center. [En línea]. Disponible: <https://news.sap.com/spain/2022/11/que-es-el-sku-de-un-producto-y-que-relevancia-tiene-en-la-gestion-de-almacenes/>
- [76] “PE HD Inyección | Polietileno Alta Densidad Inyección - Plástico reciclado”. Plásticos Alser - Infinity Recycling. [En línea]. Disponible: <https://www.plasticosalser.com/es/productos/pe-hd-inyeccion-alta-densidad/>
- [77] “Inyección de Polipropileno (PP) - SUMIPARTS”. SUMIPARTS. Accedido el 17 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://sumiparts.com/servicios-de/inyeccion-de-polipropileno-pp/>
- [78] “Lafayette - Fábrica de telas y textiles - Inspiración que transforma”. Lafayette. [En línea]. Disponible: <https://lafayette.com/>
- [79] “Fabricato | Telas | Textiles | Telas para Uniformes”. e-fabricato. [En línea]. Disponible: <https://www.fabricato.com/>
- [80] “Stretch House, Inc.” Stretch House, Inc. [En línea]. Disponible: https://stretchhouse.com/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwae1BhC_ARIsAK4Jfrx-Z3_76ps1P__7Wd0lUnTtEcDW0ZxBd6Srkbdfn83y-Ma8HLguqJcaAsHcEALw_wcB
- [81] “Evacol - La comodidad está de moda”. Evacol - La comodidad está de moda. [En línea]. Disponible: <http://www.evacol.com/>
- [82] “Find quality Manufacturers, Suppliers, Exporters, Importers, Buyers, Wholesalers, Products and Trade Leads from our

award-winning International Trade Site. Import & Export on alibaba.com”. Alibaba. [En línea]. Disponible: <https://www.alibaba.com/>

- [83] “Cajas de Carton Corrugado Regular”. Bolsas y Empaques Colombia. Accedido el 17 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.bolsasyempaquescolombia.com/products/cajas-de-carton-corrugado-regular?variant=48123258831158>
- [84] “CAJA DE CARTÓN 50x50x50 (cm) | nova-empaques”. nova-empaques. [En línea]. Disponible: <https://www.novaempaques.com/product-page/caja-de-cartón-grande>
- [85] “Pegante PL285 uso profesional - 1 galón”. Home Center. [En línea]. Disponible: https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/60576/pegante-pl285-uso-profesional-1-galon/60576/?kid=goosho_1161562&shop=googleShopping&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwtsy1BhD7ARIsAHOi4xa_yUeBcoc6RDijC_DY7LsAj9DhhRI6o_DuhlhSyieEjGbNgbXqpGgaAp6DEALw_wcB
- [86] “Pegante Industrial En Galón A.X.W | Ferretería Levallejo AZ”. Ferretería Levallejo AZ. [En línea]. Disponible: <https://ferreteriaonlinelevallejoaz.com/pegante-industrial-en-galon-a-x-w/>
- [87] “Velcro x 2 metros”. Mil Herrajes Colombia. [En línea]. Disponible: <https://milherrajes.co/products/velcro-x-2-metros?variant=44797638934745>
- [88] “Hilo Encerado Negro”. Tienda & Taller Jhovi’s scrap. [En línea]. Disponible: <https://jhoviscrap.com.co/en/products/hilo-encerado-negro>
- [89] “Bill of Materials (BOM): qué es y cómo hacerlo para tu producto”. ESDESIGN. [En línea]. Disponible: <https://www.esdesignbarcelona.com/actualidad/disenio-producto/bill-materials>
- [90] JUKI | Mind & Technology. [En línea]. Disponible: https://www.juki.co.jp/industrial_j/download_j/manual_j/ddl8700/menu/ddl8700/pdf/instruction_es.pdf
- [91] “Juego de 3 pinceles de pegamento de madera para muebles, supercera, pincel de gis para proyectos pequeños”. Amazon.com.mx. [En línea]. Disponible: <https://www.amazon.com.mx/pinceles-pegamento-supercera-proyectos-pequenos/dp/B07GWMC2KK?th=1>
- [92] MTDCNC. *El Ing. Guadalupe nos habla sobre máquinas de inyección de plástico YIZUMI.* (7 de julio de 2022). [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=Hr22CKUwy2g>
- [93] “2022 exhibit: ENGEL e-victory 120 - ENGEL”. ENGEL. [En línea]. Disponible: <https://www.engelglobal.com/en/page/K2022-e-victory120>
- [94] “Industrial Cutter Oscillating Knife Cutting Machine Textile/cloth” [En línea]. Disponible: https://www.alibaba.com/product-detail/AMOR-CNC-Garment-Industrial-Cutter-Machine_1601123895568.html
- [95] “TEZ1625-CCD digital vibrating knife cutting machine with big CCD edge cutting 1625 2030”. <https://www.tekaicnc.com/>. [En línea]. Disponible: <https://www.tekaicnc.com/es/tez1625-ccd-foam-cutting-cnc-router-product/>
- [96] “Estrategias de inventario que retienen a los clientes y los dejan satisfechos -”. Moldstock. [En línea]. Disponible: <https://moldstock.com/estrategias-de-inventario-que-retienen-a-los-clientes-y-los-dejan-satisfechos/#:~:text=¿Qué%20son%20las%20estrategias%20de,intención%20de%20trabajar%20sobre%20el.>
- [97] “Flujo de trabajo de producción para almacenamiento (MTS) | MRPeasy Blogs”. Blog para fabricantes y distribuidores. [En línea]. Disponible: https://www.mrpeasy.com/blog/es/produccion-para-almacenamiento-#Ventajas_y_desventajas_de_la_produccion_para_almacenamiento

- [98] “Sistemas de producción: sus 4 tipos principales”. OBS Business School. [En línea]. Disponible: <https://www.obsbusiness.school/blog/sistemas-de-produccion-sus-4-tipos-principales>
- [99] Perossa, M. L. (s.f.). Costo de capital, una aproximación metodológica. Técnica de la contabilidad y de la administración. https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/afe_2/material_de_estudio/material/COSTO%20DE%20CAPITAL.pdf
- [100] Country Default Spreads and Risk Premiums. (2024, 5 de enero). Stern School of Business, New York University. https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html
- [101] “Costos de referencia por tonelada para un tractocamión”. Ministerio de transporte. [En línea]. Disponible: <https://mintransporte.gov.co/descargar.php?id=1143>
- [102] *Tipos*. (2020). Centro Virtual de Diseño y Desarrollo - INA-PIDTE. https://www.ina-pidte.ac.cr/pluginfile.php/10931/mod_resource/content/1/R4/tipos.html
- [103] *Apartamentos, Casas y Otros Inmuebles en Venta o Arriendo en Colombia – Metrocuadrado*. (s.f.). metrocuadrado.com. <https://www.metrocuadrado.com>
- [104] *Blog (2023) Como calcular El valor de salvamento de una maquina - Doncomo* ▷ , DonComo. Available at: <https://doncomo.com/como-calcular-el-valor-de-salvamento-de-una-maquina/?form=MG0AV3> (Accessed: 12 November 2024).
- [105] *Depreciación de Equipo de Transporte: Cómo Calcularlo (no date) Simpliroute*. Available at: <https://simpliroute.com/es/blog/depreciacion-de-equipo-de-transporte> (Accessed: 12 November 2024).
- [106] Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*. Ellen MacArthur Foundation. Recuperado de: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>
- [107] Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). *Production, use, and fate of all plastics ever made*. Science Advances, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- [108] Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). *Plastics recycling: challenges and opportunities*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526), 2115-2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>
- [109] Leal Filho, W., et al. (2019). *An assessment of the causes and consequences of plastic pollution in the environment*. Environmental Pollution, 248, 113-122. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.058>
- [110] M. González, “Propiedades Químicas y Físicas de Polímeros,” E.T.S.I.A. Universidad Politécnica de Madrid, https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9641/CC_32_art_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [111] E. T. Riva de neyra, “Introducción al concepto de sostenibilidad,” UNAM, <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/693ee8e8-f02c-43c2-8222-498e1e8b8814/ConceptoSostenibilidad/index.html>
- [112] “¿Qué es el diseño de sistemas de producción?,” Ingeniería Ilustrada, <https://ingenieriailustrada.com/que-es-el-diseño-de-sistemas-de-producción/>
- [113] “El reciclaje,” EPA, <https://espanol.epa.gov/espanol/el-reciclaje#:~:text=El%20reciclaje%20torna%20los%20materiales,ambiental%20y%20de%20la%20sociedad.>
- [114] V. Lizcano and D. Guerrero, “Análisis del Tereftalato de Polietileno (plástico pet),” UNIVERSIDAD DE LA

COSTA (UNICOSTA)., [https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/8472/Análisis del tereftalato de polietileno \(plástico PET\) en tuberías hidráulicas domésticas bajo diversos régimen de flujo.pdf?sequence=1&isAllowed](https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/8472/Análisis%20del%20tereftalato%20de%20polietileno%20(plástico%20PET)%20en%20tuberías%20hidráulicas%20domésticas%20bajo%20diversos%20régimen%20de%20flujo.pdf?sequence=1&isAllowed)

- [115] A. Espinoza H, “Economía Circular: Una Aproximación a su Origen, evolución e importancia como modelo de desarrollo sostenible,” Revista de Economía Institucional, http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-59962023000200109

VI. ANEXOS

Tabla XLIX. Anexos

No. De Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o de terceros)	Tipo de archivo (HTML, PDF, Word, Excel, etc.)
1	Anexo 1. Acta de reuniones PD1	Propio	PDF
2	Anexo 2. CompiteVentasEP	Propio	Excel
3	Anexo 3. Rev. de literatura	Propio	Excel
4	Anexo 4. Casa de la calidad	Propio	Excel
5	Anexo 5. PdT	Propio	PDF
6	Anexo 6. CalculosPD2	Propio	Excel