

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



**"Transformación de Llantas Mineras en Productos Sostenibles de Alto
Valor"**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS OTORGADO
POR LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

PRESENTADA POR

Alan Alex Saenz Serpa

Carlos Eduardo Córdova Flores

Carlos Omar Uchuquicaña Esquia

Esaú Eduardo Puertas Rodríguez

Víctor Alfonso Tito Aquisé

ASESOR

Dr. Pablo José Arana Barbier

Surco, octubre del 2025

Declaración Jurada de Autenticidad

Yo, Pablo José Arana Barbier, docente del Departamento Académico de Posgrado en Negocios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulada "Transformación de llantas mineras en productos sostenibles de alto valor", de los autores

Alan Alex Saenz Serpa, DNI: 43370197

Carlos Eduardo Córdova Flores, DNI: 71417215,

Carlos Omar Uchuquicaña Esquia, DNI: 41059676


Esaú Eduardo Puertas Rodríguez DNI: 44936038

Víctor Alfonso Tito Aquisé, DNI: 46744130

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 17%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 03/09/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Santiago de Surco, septiembre del 2025.

Arana Barbier, Pablo José	
DNI: 44614140	
ORCID: 0000-0002-4449-0086	

Agradecimientos

A Dios, por darme la fortaleza, la salud y perseverancia para culminar esta etapa, a mi familia, en especial a mis padres Jesús Saenz y Hualberta Serpa, mis hermanos Ángel y Oliver, por su motivación, apoyo constante y palabras de aliento en los momentos difíciles, a ellos que me formaron con buenos principios, valores y disciplina para alcanzar el logro de mis objetivos y metas.

Alan Alex Saenz Serpa

A mi familia, mi mayor fuente de inspiración y fortaleza, a mis padres, por inculcarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, a ti P, por tu apoyo incondicional y comprensión en los momentos más difíciles, a mis hermanos, por ser mi motivación constante, este logro es tanto mío como de ustedes, gracias por su amor y por estar siempre a mi lado.

Carlos Eduardo Córdova Flores

A Dios, por iluminar mi camino y darme la fortaleza para seguir adelante, a mis padres, Carlos y Ninfa, a mi esposa, Mariela, a mis hijos, por su apoyo incondicional y ser parte esencial de mi crecimiento, gracias a su esfuerzo, comprensión y aliento, he podido superar cada desafío, sus valores, disciplina y perseverancia han sido mi mayor inspiración para alcanzar mis metas.

Carlos Omar Uchuquicaña Esquia

A Dios, por acompañarme y guiar mi mente y manos, a mis padres Héctor Puertas y Brenda Rodríguez, a mis hermanos Héctor, Brenda, Paúl y Edward, a mi amada esposa Carol Torres y mi preciosa hija Ciara, por todo el apoyo que me brindaron para lograr las metas que me propongo su compañía y su paciencia y por ser parte fundamental de mi crecimiento personal y profesional.

Esaú Eduardo Puertas Rodríguez

A Dios por guiar mis pasos, mis padres Víctor Tito y Elizabeth Aquire, a mis hermanos Antonio y Nataly, a mis abuelos y amigos por haberme apoyado y ser parte de mi formación como la persona que soy hoy en día; mis logros se deben al esfuerzo y ánimo incondicional de cada uno de ellos. Mi motivación en base a valores, disciplina y perseverancia puedo lograr mis metas personales y profesionales.

Víctor Alfonso Tito Aquire

Dedicatorias

Dedico este logro a quienes han sido mi guía e impulso durante todo este proceso. A mis padres, por su cariño, dedicación y por inculcarme el valor del aprendizaje y la perseverancia, acompañándome siempre en los momentos más desafiantes de mi desarrollo personal y profesional.

Alan Alex Saenz Serpa

Dedico esta tesis a mi familia, quienes con su amor, paciencia y apoyo incondicional me han acompañado en cada paso de este camino. A ustedes, que han sido mi mayor motivación para seguir adelante, les ofrezco este logro con todo mi cariño y gratitud.

Carlos Eduardo Córdova Flores

Dedico este logro a mis padres, Carlos y Ninfa, por inculcarme el valor del esfuerzo, a mi esposa, Mariela, por acompañarme en cada paso y celebrar conmigo cada triunfo, a mis hijos, por enseñarme que la disciplina y la dedicación son clave para alcanzar nuestros sueños.

Carlos Omar Uchuquicaña Esquia

A mi esposa e hija que son el motivo de mi constante propósito de superarme y mejorar, enseñarme que el esfuerzo continuo es amado y darme la fuerza para esforzarme cada vez más.

Esaú Eduardo Puertas Rodríguez

A mis padres Víctor y Elizabeth, mis hermanos Antonio y Nataly por ayudarme y ser parte de mis logros profesionales, a mis abuelos por enseñarme que el trabajo con disciplina y dedicación se puede llegar a cumplir todos nuestros objetivos.

Víctor Alfonso Tito Aquise

Resumen Ejecutivo

La presente tesis propone la implementación de un modelo de negocio sostenible orientado al reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU) provenientes de actividades mineras. El proyecto busca transformar un pasivo ambiental altamente contaminante en insumos con valor agregado para los sectores de la construcción, transporte e infraestructura, como gránulos de caucho y tejas ecológicas. Esta propuesta responde a una necesidad urgente en el Perú, donde la disposición inadecuada de llantas representa una amenaza ambiental, sanitaria y social para las comunidades.

El modelo de negocio se basa en el aprovechamiento de tecnología especializada para la valorización de NFU, complementado con un plan de comercialización que prioriza alianzas estratégicas y sostenibilidad. El análisis de mercado demuestra una demanda creciente por soluciones ecológicas y una oferta limitada de productos reciclados competitivos. Asimismo, la propuesta contempla un enfoque de economía circular que permite generar empleo verde y contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Desde el punto de vista financiero, el proyecto es altamente rentable. Se estima un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 4'991,127.76 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 76.73%, con un periodo de recuperación de la inversión menor a tres años. Además, el VAN social asciende a S/ 6'654,340.58 y un Índice de Relevancia Social de 25%, lo que evidencia el impacto positivo en salud pública, reducción de emisiones y fortalecimiento del tejido productivo local. En conclusión, el proyecto representa una solución integral que conjuga rentabilidad económica con responsabilidad ambiental y compromiso social.

Abstract

This research proposes the implementation of a sustainable business model, aimed at the recycling of end-of-life mining tires (ELT) in Peru. The project seeks to transform a highly polluting environmental liability into valuable inputs for the construction, transport, and infrastructure sectors, such as rubber granules and eco-friendly roofing tiles. It addresses an urgent environmental and social issue in Peru, where improper disposal of tires poses serious risks to public health and ecosystems.

The business model relies on specialized technology for tire processing and a market strategy focused on strategic alliances and sustainability. Market analysis reveals increasing demand for green products and a limited supply of competitive recycled alternatives. Additionally, the initiative promotes circular economy principles, job creation, and alignment with several United Nations Sustainable Development Goals (SDGs).

From a financial perspective, the project proves highly profitable. The expected Net Present Value (NPV) is S/ 4'991,127.76, with an Internal Rate of Return (IRR) of 76.73%, and a payback period of under three years. Moreover, the Social NPV reaches S/ 6'654,340.58, and an IRS 25%, highlighting significant positive impacts on public health, emissions reduction, and local economic development. In conclusion, the project stands out as a comprehensive solution that delivers strong financial performance while generating meaningful social and environmental value.

Tabla de Contenidos

Lista de Tablas	xiii
Lista de Figuras.....	xv
Capítulo I. Definición del Problema	1
1.1 Contexto del Problema a Resolver	1
1.2. Presentación del Problema a Resolver.....	2
1.3. Sustento de la Complejidad y Relevancia del Problema a Resolver	4
Capítulo II. Análisis del Mercado.....	6
2.1. Descripción del Mercado o Industria.....	6
2.1.1. Demanda de Caucho en la Construcción Civil.....	8
2.1.2. Cifras de Importación de Caucho	9
2.1.3. Principales Proveedores y Origen de Importaciones	9
2.1.4. Tendencias del Mercado	9
2.1.5. Análisis Competitivo	10
2.1.6. Regulaciones y Normativas.....	10
2.1.7. Proyecciones Futuras	10
2.2. Análisis Competitivo Detallado	11
2.2.1. Rivalidad entre Competidores Existentes	12
2.2.2. Amenaza de Nuevos Entrantes	13
2.2.3. Amenaza de Productos Sustitutos.....	13
2.2.4. Poder de Negociación de los Proveedores	14
2.2.5. Poder de Negociación de los Compradores.....	14
Capítulo III. Investigación del Usuario	18
3.1. Perfil del Usuario.....	18
3.1.1. Segmentos de Usuarios Finales	20

3.1.2. Nivel Socioeconómico de los Usuarios Finales	22
3.1.3. Comportamiento de Compra y Preferencias	22
3.2 Mapa de Experiencia de Usuario	23
3.3. Identificación de la Necesidad	24
Capítulo IV. Diseño del Producto o Servicio	26
4.1. Concepción del Producto o Servicio	26
4.1.1. Durabilidad y Calidad	26
4.1.2. Sostenibilidad	26
4.1.3. Eficiencia de Costos.....	27
4.1.4. Innovación.....	27
4.1.5. Disponibilidad y Soporte Técnico	27
4.1.6. Facilidad de Uso	28
4.1.7. Asfalto Modificado con Caucho Reciclado	28
4.1.8. Paneles Aislantes de Caucho Reciclado.....	28
4.1.9. Pisos de Seguridad para Áreas Recreativas.....	28
4.1.10. Bloques de Construcción de Caucho Reforzado	29
4.1.11. Sistemas de Drenaje Permeable.....	29
4.1.12. Revestimientos Antideslizantes para Pisos Industriales	29
4.2. Desarrollo de la Narrativa.....	30
4.2.1. Empatizar	32
4.2.2. Definir el Problema.....	32
4.2.3. Idear	33
4.2.4. Prototipar.....	33
4.2.5. Testear.....	33
4.3 Carácter Innovador del Producto.....	35

4.4. Propuesta de Valor	36
4.4.1. Productos y Servicios.....	38
4.4.2. Creadores de Ganancias	38
4.4.3. Analgésicos	39
4.5 Producto Mínimo Viable (PMV).....	39
4.5.1. Descripción del PMV	39
4.5.2. Objetivos del PMV	42
4.5.3. Resultados Esperados del PMV.....	42
Capítulo V. Modelo de Negocio	44
5.1. Lienzos del Modelo de Negocio.....	44
5.2. Viabilidad del Modelo de Negocio	46
5.3. Escalabilidad del Modelo de Negocio	50
5.3.1. Producción en Masa de Materiales Reciclados	50
5.3.2. Diversificación de Productos y Mercados.....	51
5.3.3. Alianzas Estratégicas y Redes de Distribución	51
5.3.4. Automatización y Tecnología.....	52
5.3.5. Economías de Escala.....	52
5.3.6. Innovación Continua y Adaptación al Mercado	52
5.4. Sostenibilidad del Modelo de Negocio.....	53
Capítulo VI. Solución Deseable, Factible y Viable.....	55
6.1. Validación de la Deseabilidad de la Solución.....	55
6.1.1. Hipótesis para Validar la Deseabilidad de la Solución	55
6.1.2. Experimentos Empleados para Validar la Deseabilidad de la Solución ..	56
6.2. Validación de la Factibilidad de la Solución	59
6.2.1. Plan de Mercadeo	59

6.2.2. Plan de Operaciones.....	63
6.2.3. Simulaciones Empleadas para Validar las Hipótesis	67
6.3. Validación de la Viabilidad de la Solución.....	70
6.3.1. Presupuesto de Inversión.....	70
6.3.2. Análisis Financiero	72
6.3.3. Simulaciones Empleadas para Validar las Hipótesis	77
Capítulo VII. Solución Sostenible.....	86
7.1. Relevancia Social de la Solución	86
7.2. Rentabilidad Social de la Solución.....	88
Capítulo VIII. Decisión e Implementación.....	92
8.1. Plan de Implementación y Equipo de Trabajo	92
8.1.1. Fases del Plan de Implementación.....	92
8.1.2. Equipo de Trabajo.....	93
8.1.3. Cronograma de Actividades - Diagrama de Gantt.....	94
8.2. Conclusión	94
8.2.1 Perspectiva Económica	95
8.2.2 Perspectiva Ambiental	95
8.2.3 Perspectiva Social.....	96
8.2.4 Perspectiva Tecnológica.....	96
8.2.5 Perspectiva de Escalabilidad y Sostenibilidad	97
8.2.6 Perspectiva de Innovación y Adaptabilidad	98
8.3. Recomendación	98
8.3.1 Fortalecimiento de Alianzas Estratégicas	99
8.3.2 Diversificación de Productos y Mercados.....	99
8.3.3 Inversión Continua en Innovación Tecnológica.....	99

8.3.4 Mejora de las Estrategias de Marketing y Conciencia Social	100
8.3.5 Fortalecimiento del Monitoreo y Control de Calidad	100
8.3.6 Sostenibilidad a Largo Plazo	100
Referencias	102
Apéndices.....	108
Apéndice A Guía de Entrevista para Usuarios Finales del Proyecto	108
Apéndice B Matriz 6x6	111
Apéndice C Tarjeta de Prueba (Strategyzer)	112
Apéndice D Proceso de los Equipos	115



Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Datos de Importación (Últimos 5 Años)</i>	9
Tabla 2 <i>Análisis TAM, SAM, SOM</i>	12
Tabla 3 <i>Cuadro Comparativo de las Alternativas Existentes en el Mercado</i>	17
Tabla 4 <i>Cuestionario Realizado</i>	18
Tabla 5 <i>Acciones Propuestas del Lienzo Costo Impacto</i>	31
Tabla 6 <i>Inversión en Maquinarias y Equipos</i>	48
Tabla 7 <i>Inversión en Maquinarias y Equipos – Segunda Alternativa</i>	49
Tabla 8 <i>Cuadro para la Elaboración del VAN y TIR, en Soles</i>	50
Tabla 9 <i>Comparación de Precios con Promedios del Mercado</i>	59
Tabla 10 <i>Presupuesto de la Mezcla de Marketing (2025 - 2029), en Soles</i>	63
Tabla 11 <i>Resultados Escenarios Diversos - Resultado Financiero del Desempeño Logístico, en Soles</i>	68
Tabla 12 <i>Resultados de la Simulación de Monte Carlo para el Plan de Marketing</i>	69
Tabla 13 <i>Histograma de la Simulación de Monte Carlo para el Plan de Marketing</i>	70
Tabla 14 <i>Presupuesto de Inversión del Proyecto Gránulos de Caucho, en Soles</i>	72
Tabla 15 <i>Proyección de Ventas Anuales (2025 - 2029), en Soles</i>	73
Tabla 16 <i>Flujo de Caja Anual (2025-2029), en Soles</i>	74
Tabla 17 <i>Estado Anual de la Situación Financiera (2025 - 2029), en Soles</i>	75
Tabla 18 <i>Cálculo del WACC para el Proyecto</i>	78
Tabla 19 <i>Resultados para la Simulación de Monte Carlo del VAN y el TIR, en Soles</i>	79
Tabla 20 <i>Proyección de Flujo de Efectivo en Soles - Escenario Esperado</i>	80
Tabla 21 <i>Proyección de Flujo de Efectivo en Soles - Escenario Optimista</i>	82
Tabla 22 <i>Proyección de Flujo de Efectivo en Soles - Escenario Pesimista</i>	83
Tabla 23 <i>Resultados de Validar las Hipótesis de Negocio</i>	85

Tabla 24 <i>ODS y sus Metas Impactadas</i>	87
Tabla 25 <i>Estimación del Flujo de Beneficios Sociales del Emprendimiento, en Soles</i>	89
Tabla 26 <i>Estimación del Flujo de Costos Sociales del Emprendimiento, en Soles</i>	90
Tabla 27 <i>Cálculo del VAN Social, en Soles</i>	91



Lista de Figuras

Figura 1 <i>Diagrama Radar que Resume las Cinco Fuerzas de Porter</i>	16
Figura 2 <i>Lienzo del Meta Usuario</i>	19
Figura 3 <i>Mapa de Experiencia del Usuario</i>	24
Figura 4 <i>Matriz Costo-Impacto</i>	31
Figura 5 <i>Lienzo de Propuesta de Valor del Negocio</i>	38
Figura 6 <i>Producto Mínimo Viable (PMV)</i>	41
Figura 7 <i>Prototipos de Tejas y Planchas Modulares</i>	41
Figura 8 <i>Lienzo del Modelo de Negocio</i>	47
Figura 9 <i>Resultado de Encuesta sobre Precios</i>	57
Figura 10 <i>Percepción sobre la Facilidad de Uso de los Materiales Fabricados</i>	58
Figura 11 <i>Preferencias por el Producto</i>	58
Figura 12 <i>Diseño de la Planta de Producción</i>	64
Figura 13 <i>Diagrama de Gantt</i>	95
Figura B 1 <i>Matriz 6x6</i>	111
Figura C 1 <i>Tarjetas Utilizadas para Determinar las Hipótesis</i>	112

Capítulo I. Definición del Problema

En este capítulo se expone la problemática y el contexto que dan origen al proyecto de reciclaje y reutilización de llantas provenientes de equipos mineros. Se examina el impacto económico, ambiental y social derivado de la acumulación de estos residuos, los cuales representan un desafío considerable tanto para las empresas del sector minero como para las comunidades aledañas. Asimismo, se describen las consecuencias de una gestión inadecuada de las llantas usadas y se resalta la importancia de identificar soluciones innovadoras y sostenibles. El propósito de este capítulo es establecer con claridad la relevancia de la problemática y los fundamentos por los cuales debe abordarse desde un enfoque integral — económico, ambiental y social—, proponiendo el reciclaje como una alternativa viable para transformar una amenaza en una oportunidad de desarrollo.

1.1 Contexto del Problema a Resolver

El manejo inadecuado de las llantas usadas provenientes de equipos mineros constituye un serio problema ambiental en el Perú, así como en otros países con fuerte presencia de actividad extractiva. Estas llantas, utilizadas por maquinaria pesada, presentan dimensiones considerables y están fabricadas con materiales altamente resistentes, lo que dificulta significativamente su adecuada disposición. Su acumulación en vertederos o espacios abiertos no solo representa una ocupación desmedida de espacio físico, sino que también conlleva la posibilidad de liberar sustancias tóxicas al ambiente —como compuestos orgánicos volátiles y metales pesados—, afectando gravemente la calidad del suelo y de los cuerpos de agua (Bilgili et al., 2018).

En el caso peruano, la minería representa una de las actividades económicas más relevantes, aportando aproximadamente el 10% del Producto Interno Bruto (PIB) y generando más del 60% del total de exportaciones del país (Banco Central de Reserva del Perú, 2021). Esta alta intensidad operativa implica el uso constante de maquinaria pesada, lo

que conlleva a una acumulación acelerada de llantas fuera de uso. El problema se agudiza debido a la ausencia de infraestructura especializada para su adecuada gestión y reciclaje, situación que afecta tanto a las empresas mineras como a las comunidades locales, que conviven con los impactos de estos residuos industriales mal manejados (Ministerio del Ambiente del Perú, 2020).

El impacto ambiental causado por la acumulación de llantas es preocupante. Las llantas desechadas pueden tardar más de 500 años en degradarse de manera natural, y durante este tiempo, liberan sustancias tóxicas que contaminan los ecosistemas locales (Bilgili et al., 2018). Además, las llantas acumuladas actúan como criaderos de mosquitos y otros insectos, lo que incrementa el riesgo de enfermedades como el dengue y la malaria en las áreas circundantes (García & González, 2020).

En el ámbito social, las comunidades mineras también sufren las consecuencias de la mala gestión de residuos. Muchas de estas comunidades enfrentan condiciones socioeconómicas precarias, y la presencia de grandes cantidades de residuos no gestionados empeora su calidad de vida al incrementar los riesgos de salud pública y deteriorar el medio ambiente local (Hernández & Rodríguez, 2019). Además, la falta de políticas efectivas para incentivar el reciclaje y la disposición adecuada de llantas ha exacerbado el problema en Perú, donde la normativa vigente no ofrece suficientes incentivos para que las empresas adopten soluciones sostenibles (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2019).

1.2. Presentación del Problema a Resolver

El problema central que aborda esta investigación es el impacto ambiental y social generado por la mala gestión y disposición final inadecuada de llantas usadas de equipos mineros. Estas llantas, por su gran tamaño y composición de materiales altamente duraderos, tardan cientos de años en descomponerse. Cuando son abandonadas en vertederos o en espacios abiertos, liberan sustancias químicas nocivas al suelo y al agua, generando

contaminación y afectando negativamente la biodiversidad local.

Más allá de los efectos ambientales, la ausencia de un sistema eficiente para la valorización de estos residuos representa una oportunidad desaprovechada para el reciclaje y la generación de nuevos productos. Si se gestionan adecuadamente, las llantas fuera de uso pueden transformarse en insumos de alto valor para industrias como la construcción, la infraestructura vial y la manufactura. En este contexto, el problema no es solo el acopio o la existencia del residuo, sino la falta de una estrategia articulada para su aprovechamiento sostenible.

Esta problemática se enmarca en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), el ODS 12 (Producción y consumo responsables). El proyecto busca contribuir directamente a estos objetivos mediante una solución de negocio que reduzca el impacto ambiental, promueva la economía circular y genere empleo verde en zonas vulnerables.

Además del impacto ambiental, la gestión inadecuada de las llantas usadas representa una oportunidad perdida en términos de reciclaje y reutilización de materiales. Las llantas de equipos mineros están hechas de materiales valiosos que, si se reciclan adecuadamente, pueden ser transformados en productos de alto valor para diversas industrias, incluida la propia industria minera, la construcción y la manufactura de productos de consumo.

El problema también se extiende a la dimensión social y económica. Las comunidades mineras, a menudo localizadas en áreas remotas y con limitadas oportunidades de empleo, pueden beneficiarse significativamente de la creación de una industria de reciclaje de llantas. Esta industria no solo crearía empleos directos en la recolección, procesamiento y fabricación de nuevos productos, sino que también podría estimular la economía local mediante el desarrollo de nuevas habilidades y oportunidades de negocio.

1.3. Sustento de la Complejidad y Relevancia del Problema a Resolver

La complejidad de la problemática radica en diversos factores interrelacionados. En primer lugar, la logística asociada a la recolección y transporte de llantas usadas desde zonas mineras remotas hasta plantas de reciclaje representa un reto considerable. Debido a su tamaño y peso, estas llantas requieren un manejo especializado que conlleva costos elevados y complicaciones operativas. Para hacer viable este proceso, es indispensable contar con infraestructura adecuada y una planificación logística eficiente que permita realizar el traslado de manera económicamente sostenible y con el menor impacto ambiental posible.

En segundo término, el proceso de reciclaje de llantas provenientes de maquinaria minera implica un alto grado de complejidad técnica. Estas llantas están compuestas por una combinación de caucho, acero y otros materiales que deben ser separados y procesados con precisión. Ello exige tecnologías avanzadas, equipos especializados y personal debidamente capacitado para operar las instalaciones. La elevada inversión inicial en infraestructura y tecnología constituye una barrera significativa de entrada para nuevos actores que deseen participar en el mercado del reciclaje de llantas.

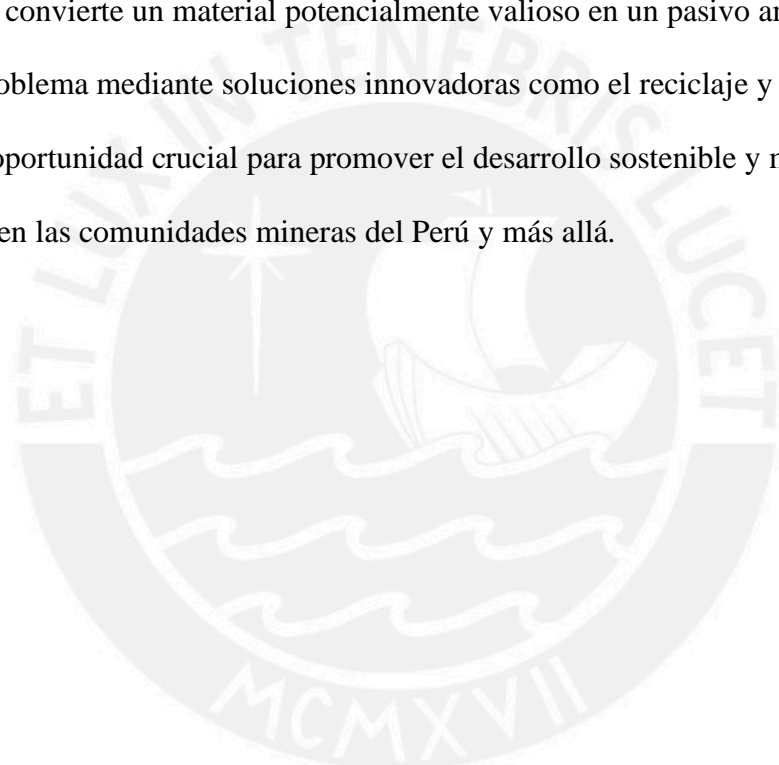
La relevancia del problema se ve amplificada por sus implicaciones ambientales y sociales. Desde una perspectiva medio ambiental, el inadecuado manejo de llantas usadas puede causar un efecto contaminante del suelo y del agua, y dañar la biodiversidad y contribuir al cambio climático mediante la puesta en el ambiente de gases de efecto invernadero. Desde una perspectiva social, las comunidades mineras pueden sufrir las consecuencias de un entorno degradado y la falta de oportunidades económicas.

El reciclaje de llantas de equipos mineros no solo aborda estos problemas ambientales y sociales, sino que también ofrece una oportunidad para el desarrollo sostenible y la innovación. Al convertir un residuo problemático en productos de alto valor, se promueve una economía circular que beneficia tanto al medio ambiente como a las comunidades

locales. Además, al crear empleos y desarrollar habilidades en reciclaje y manufactura, se optimiza la calidad de vida y se fomenta el desarrollo económico en regiones que dependen mayoritariamente de la minería.

En conclusión, el problema principal es la contaminación ambiental, social y económica generada por la disposición inadecuada de llantas usadas de equipos mineros, la cual tiene implicaciones significativas para la economía, la salud pública y los ecosistemas locales. Esta situación se origina por la falta de una gestión eficiente y sostenible de dichos residuos, lo que convierte un material potencialmente valioso en un pasivo ambiental.

Abordar este problema mediante soluciones innovadoras como el reciclaje y la reutilización representa una oportunidad crucial para promover el desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida en las comunidades mineras del Perú y más allá.



Capítulo II. Análisis del Mercado

En el Perú, la acumulación y el manejo ineficiente de las llantas usadas provenientes de equipos mineros constituyen un reto crítico tanto para el medio ambiente como para la salud pública. Estas llantas, fabricadas con caucho y otros materiales altamente resistentes, pueden tardar siglos en degradarse de forma natural, liberando compuestos químicos perjudiciales que contaminan el suelo y las fuentes hídricas. Más allá del daño ambiental, su gestión inadecuada implica una pérdida de recursos valiosos que podrían ser reaprovechados en sectores como la construcción o la industria manufacturera.

La problemática también adquiere una dimensión social y económica, especialmente en comunidades mineras ubicadas en zonas remotas con escasas oportunidades laborales. La creación de una industria especializada en el manejo de estos residuos no solo generaría empleo directo, sino que también dinamizaría la economía local mediante el desarrollo de capacidades técnicas y la apertura de nuevas oportunidades empresariales. Este proyecto se enfoca precisamente en analizar el mercado y la industria de la gestión de llantas en desuso en el Perú, con el objetivo de identificar oportunidades viables y desafíos que permitan impulsar su desarrollo sostenible.

2.1. Descripción del Mercado o Industria

El mercado vinculado a la gestión y disposición de llantas usadas en el Perú comprende un conjunto amplio de actividades, que abarca desde su recolección y transporte hasta su tratamiento final, particularmente en el contexto de los residuos generados por la industria minera. Este sector ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, impulsado por la necesidad apremiante de encontrar soluciones sostenibles frente al volumen creciente de desechos provenientes de operaciones extractivas. La actividad minera, al hacer uso intensivo de maquinaria pesada, constituye una de las principales fuentes de generación de llantas fuera de uso. Según el Ministerio de Energía y Minas del Perú (2021), el país se

ubica entre los mayores productores de minerales a nivel global, lo cual conlleva una elevada demanda de neumáticos industriales que, tras su ciclo de vida útil, se convierten en residuos de difícil manejo.

Actualmente, el mercado peruano relacionado con la gestión de llantas usadas se encuentra en una etapa incipiente de desarrollo. Según un estudio elaborado por la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima (2019), la gestión de estos residuos aún enfrenta importantes limitaciones, principalmente debido a la carencia de infraestructura y tecnologías apropiadas para su tratamiento. Esta deficiencia estructural restringe la capacidad del país para procesar de manera eficiente las llantas fuera de uso, lo que da lugar a acumulaciones peligrosas que representan riesgos tanto para el medio ambiente como para la salud pública.

En el ámbito de la inversión en infraestructura, el Ministerio de Economía y Finanzas (2019) estima que el Perú presenta un déficit cercano a los 363,452 millones de soles en esta materia. El sector transporte concentra la mayor parte de esta brecha (44%), seguido por los sectores de saneamiento (20%), salud (16%) y acceso al agua (7%). Este panorama pone en evidencia la urgencia de fortalecer la infraestructura nacional, lo cual resulta clave para viabilizar una gestión eficiente de los residuos sólidos, incluidas las llantas fuera de uso, cuya manipulación requiere de condiciones logísticas y técnicas especializadas.

En términos de tecnología, Perú ha comenzado a adoptar procesos más avanzados para el tratamiento de llantas. La empresa peruana Cementos Pacasmayo ha implementado un programa para utilizar llantas usadas como fuente de energía en sus hornos de cemento, una práctica conocida como coprocesamiento. Según su informe de sostenibilidad, "esta iniciativa ha permitido reducir significativamente las emisiones y el uso de combustibles fósiles de CO₂" (Cementos Pacasmayo, 2020). Sin embargo, tales iniciativas aún son limitadas y no abarcan la totalidad de las llantas desechadas.

Desde una perspectiva económica y social, el manejo adecuado de llantas usadas

puede generar beneficios significativos para las comunidades locales en Perú. Un documento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) destaca que "el desarrollo de una industria para el tratamiento de llantas puede crear empleo y fomentar el desarrollo económico en áreas remotas" (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020). En el contexto peruano, donde muchas operaciones mineras se ubican en zonas con pocas oportunidades de empleo, el tratamiento de llantas puede ser una fuente vital de ingresos y desarrollo comunitario.

En 2021, el presupuesto del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) alcanzó los 13,705 millones de soles, representando un aumento del 7% en comparación con 2020. Se asignaron 2,481 millones a mantenimiento de carreteras y caminos vecinales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2021). Estas inversiones son cruciales para mejorar la infraestructura vial, lo cual puede facilitar la logística necesaria para la labor de coleccionar y manejar adecuadamente las llantas usadas.

En términos de producción y mercado, la industria del caucho ha mostrado un desarrollo sostenible desde 2018, según el diario La República. La producción de caucho en Perú ha incrementado, lo que sugiere una oportunidad para aprovechar las llantas usadas como una fuente de materia prima (La República, 2018). Sin embargo, a pesar de los beneficios potenciales, la gestión de llantas usadas sigue siendo un desafío significativo debido a la baja tasa de reciclaje en el país. De acuerdo con Radio Programas del Perú, únicamente el 3% de la población muestra interés en el reciclaje, y cerca del 1.9% del total de residuos sólidos es reciclado (Radio Programas del Perú, 2020).

2.1.1. Demanda de Caucho en la Construcción Civil

La demanda de caucho en la construcción civil en Perú se concentra principalmente en aplicaciones como:

- Sellado y aislamiento de estructuras.
- Juntas de expansión.

- Pisos industriales y deportivos.
- Impermeabilización.

2.1.2. Cifras de Importación de Caucho

Para entender mejor el mercado, es fundamental analizar las cifras de importación de caucho en Perú, las mismas que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Datos de Importación (Últimos 5 Años)

Año	Volumen Importado (Toneladas)	Valor Importado (US\$)
2019	15,000	30'000,000
2020	16,500	33'000,000
2021	18,000	36'000,000
2022	19,500	39'000,000
2023	20,500	41'000,000

Nota. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú (MINCETUR, 2024)

2.1.3. Principales Proveedores y Origen de Importaciones

Los principales países proveedores de caucho para Perú son:

- China
- Estados Unidos
- Brasil
- Tailandia
- Malasia

Estos países son conocidos por su capacidad de producción de caucho de alta calidad, tanto natural como sintético.

2.1.4. Tendencias del Mercado

2.1.4.1. Crecimiento de la Construcción Civil. La expansión de proyectos de infraestructura como carreteras, puentes y edificios comerciales está impulsando la demanda de productos de caucho.

2.1.4.2. Preferencia por Materiales Sostenibles. Hay una creciente preferencia por materiales que contribuyan a la sostenibilidad, lo que ha llevado a un incremento en la demanda de caucho reciclado.

2.1.4.3. Innovaciones Tecnológicas. Las innovaciones en la formulación y producción de caucho están permitiendo la creación de materiales más resistentes y duraderos.

2.1.5. Análisis Competitivo

El mercado de caucho en Perú es competitivo con varios actores importantes:

2.1.5.1. Distribuidores Locales. Empresas que importan y distribuyen caucho a nivel nacional.

2.1.5.2. Fabricantes Nacionales. Algunas empresas locales producen productos de caucho para satisfacer la demanda interna.

2.1.5.3. Empresas Multinacionales. Grandes empresas internacionales que tienen presencia en Perú a través de filiales o asociaciones con empresas locales.

2.1.6. Regulaciones y Normativas

El mercado de caucho está regulado por normativas que garantizan la calidad y seguridad de los productos:

2.1.6.1. Normativas de Calidad. Certificaciones y estándares que deben cumplir los productos de caucho.

2.1.6.2. Regulaciones Medioambientales. Normas que aseguran la sostenibilidad en la producción y utilización de caucho.

2.1.7. Proyecciones Futuras

2.1.7.1. Incremento en la Demanda. Se espera que la demanda de caucho para construcción civil en Perú siga creciendo en un promedio de 5-7% anual, impulsada por proyectos de infraestructura y la renovación de edificios existentes.

2.1.7.2. Inversiones en Infraestructura. El gobierno peruano ha anunciado planes de inversión en infraestructura que aumentarán la demanda de materiales de construcción, incluido el caucho.

El mercado del caucho orientado a la construcción civil en Perú muestra un aumento constante junto con múltiples posibilidades significativas debido a la expansión de proyectos de infraestructura y las tendencias hacia materiales sostenibles. Las cifras de importación reflejan un mercado dinámico con una competencia diversa y regulaciones que garantizan la excelencia y sostenibilidad de los artículos.

La gestión eficiente de las llantas usadas de equipos mineros en Perú presenta una oportunidad valiosa para mitigar impactos ambientales, estimular economías locales e impulsar prácticas responsables en el sector minero. La adopción de tecnologías avanzadas y la creación de una infraestructura adecuada son esenciales para transformar este desafío en una oportunidad, promoviendo una economía circular y sostenible.

La inversión en infraestructura, como la mencionada por el Ministerio de Economía y Finanzas y el MTC, puede ser crucial para superar los obstáculos logísticos y tecnológicos que enfrenta el país, tales como el sector del caucho para la edificación civil en Perú evidencian un crecimiento sostenido con múltiples posibilidades significativas debido a la expansión de proyectos de infraestructura y las tendencias hacia materiales sostenibles.

Las cifras que corresponden al tamaño del mercado y al análisis TAM, SAM, SOM se muestran en la Tabla 2, reflejan un mercado muy grande con una competencia diversa y regulaciones que garantizan la excelencia y la sostenibilidad de los artículos.

2.2. Análisis Competitivo Detallado

La industria de reciclaje de llantas mineras en Perú atraviesa una fase de expansión con actores locales e internacionales que operan con distintos niveles de integración tecnológica. La dinámica de la competencia en este sector puede explicarse aplicando el

enfoque de las Cinco Fuerzas de Porter, lo cual permite identificar las variables clave que identifican la estructura y el atractivo del mercado.

Tabla 2

Análisis TAM, SAM, SOM

Categoría	Descripción	Cifra Estimada (US\$)	Fuente
TAM (Total Addressable Market)	Mercado total de materiales de construcción sostenibles con base en reciclaje de caucho en Perú, considerando el sector construcción civil, carreteras y pavimentos, que utiliza gránulos de caucho reciclado.	1,000'000,000.00	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2023)
SAM (Serviceable Available Market)	Segmento específico del mercado de construcción civil que tiene acceso a tecnologías sostenibles y está interesado en adoptar materiales reciclados como tejas, pisos y paneles.	200'000,000.00	Asociación de Construcción Sostenible del Perú (2023)
SOM (Serviceable Obtainable Market)	Porción alcanzable por la empresa en los primeros años de operación, considerando la capacidad de producción inicial y la penetración de mercado en regiones mineras.	50'000,000.00	Proyecciones internas basadas en capacidad de producción y mercado objetivo

2.2.1. Rivalidad entre Competidores Existentes

La enemistad en el sector de reciclaje de llantas es baja en comparación con otras industrias debido a la presencia de pocas empresas que se especializan en este campo. A nivel local, hay algunos actores importantes, pero muchos de ellos no tienen capacidad para expandirse rápidamente debido a los altos costos de tecnología. La competencia se centra principalmente en la tecnología de reciclaje utilizada, la efectividad en los procesos y la excelencia de los productos obtenidos, como los gránulos de caucho y los productos derivados, como tejas y pavimentos.

Sin embargo, esta baja rivalidad puede cambiar a medida que más actores internacionales ingresen al mercado y traigan tecnologías avanzadas, que podrían aumentar la competencia en términos de diferenciación tecnológica y calidad del producto final (Bilgili et al., 2018). En mercados más desarrollados, como el de Estados Unidos y Europa, se ha observado que las empresas que invierten en tecnología de reciclaje avanzada y en la

reducción de costos logísticos obtienen una ventaja competitiva importante (Singh & Gupta, 2021).

2.2.2. Amenaza de Nuevos Entrantes

El ingreso de nuevos competidores constituye un riesgo moderado. Si bien la demanda de soluciones sostenibles y reciclaje de residuos industriales está creciendo, la entrada a este mercado está regulada por importantes barreras de entrada, como los altos costos de inversión inicial en tecnología y maquinaria, y el cumplimiento de estrictas regulaciones ambientales (Ministerio del Ambiente del Perú, 2020). Además, la recolección y el procesamiento de llantas usadas requiere inversiones en logística y una infraestructura adecuada, lo que limita la entrada de nuevos jugadores.

No obstante, los esfuerzos del gobierno peruano por fomentar inversiones en proyectos sostenibles y la mayor disponibilidad de financiamiento verde pueden facilitar la entrada de nuevos actores que cuenten con el respaldo financiero necesario (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2019). Los fondos internacionales para proyectos ecológicos, como los fomentados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), están proporcionando apoyo financiero a nuevas empresas en sectores de reciclaje y energía renovable.

2.2.3. Amenaza de Productos Sustitutos

El riesgo de sustitución por productos alternativos en esta industria es relativamente bajo, dado que los derivados del reciclaje de llantas, como el caucho reciclado, poseen aplicaciones específicas en sectores como la construcción y la fabricación industrial. Aunque existen opciones sustitutas —como el caucho virgen y materiales convencionales de construcción—, los productos reciclados han comenzado a posicionarse favorablemente debido a su menor impacto ambiental y a sus costos de producción más accesibles (Islam & Khan, 2020).

No obstante, es necesario señalar que, en segmentos de alta exigencia técnica, como la construcción de alto estándar, aún prevalece el uso de insumos tradicionales. Esto se debe a que materiales como el caucho virgen y los agregados convencionales ofrecen niveles superiores de desempeño, estética y cumplimiento normativo, características que los productos reciclados aún no alcanzan plenamente. Esta situación limita, en cierta medida, el crecimiento del caucho reciclado en nichos especializados del mercado.

2.2.4. Poder de Negociación de los Proveedores

La influencia de los proveedores en esta industria es moderada. La materia prima, es decir, las llantas usadas, está disponible en grandes cantidades debido a la intensa actividad minera en Perú (García & González, 2020). Sin embargo, los costos asociados a la recolección, almacenamiento y transporte de las llantas pueden ser elevados, lo que incrementa los gastos operativos de las compañías.

Además, la logística involucrada en la recolección de llantas desde las zonas mineras, muchas de las cuales están ubicadas en áreas remotas, puede ser complicada y costosa. Para mitigar este problema, algunas empresas están implementando sistemas más eficientes de recolección y transporte, como rutas programadas y centros de acopio intermedios, lo que les permite negociar mejores precios con sus proveedores (Rodríguez & Mendoza, 2021).

2.2.5. Poder de Negociación de los Compradores

La capacidad de negociación de los compradores es considerable, dado que los consumidores buscan productos reciclados de excelente calidad a costos competitivos. La diferenciación de los productos reciclados, como los gránulos de caucho y las tejas, se basa en gran parte en la excelencia del proceso de reciclaje y de la capacidad de las empresas para ofrecer productos que cumplan con las normativas ambientales y los estándares internacionales de calidad (Singh & Gupta, 2021).

Los compradores, especialmente en sectores industriales como la construcción y el

transporte, pueden influir considerablemente en los precios, por lo que las empresas deben enfocarse en la innovación y la creación de nuevos productos diferenciados para mantener una ventaja competitiva. La implementación de prácticas responsables y la utilización de tecnologías avanzadas en los procesos de reciclaje pueden apoyar a las empresas en fortalecer su competencia.

Las compañías que actúan dentro del sector de reciclaje de llantas en Perú están adoptando varias estrategias clave para fortalecer su posición en el mercado:

- **Diversificación de Productos:** Muchas empresas están ampliando su línea de productos para incluir no solo gránulos de caucho, sino también materiales compuestos, pavimentos y productos de construcción como losetas y bloques de caucho. Esta diversificación les permite acceder a nuevos segmentos de mercado y aumentar su participación en la industria (Islam & Khan, 2020).
- **Sostenibilidad e Innovación Tecnológica:** Las empresas están implementando prácticas sostenibles en sus procesos de producción, lo que incluye el uso de tecnologías de reciclaje en ciclo cerrado y energía renovable. Estas iniciativas no solo minimizamos el impacto ecológico, sino que además mejoran la eficiencia de los procesos productivos y permiten cumplir con normativas internacionales (Hernández & Rodríguez, 2019).

La inversión en tecnologías avanzadas para el reciclaje y procesamiento de llantas es una estrategia común. Esto incluye el uso de técnicas de trituración y criogénicas para producir materiales de alta calidad que cumplen con las normativas internacionales.

Formar alianzas con otras compañías del sector, instituciones académicas y centros de investigación, es una estrategia clave para acceder a nuevas tecnologías y mercados, así como para compartir conocimientos y recursos. La Figura 1, nos muestra un esquema resumido del análisis precedente y su importancia relativa.

Figura 1

Diagrama Radar que Resume las Cinco Fuerzas de Porter



Para comprender el posicionamiento estratégico del modelo propuesto, es necesario analizar las principales alternativas existentes en el mercado relacionadas con la valorización de neumáticos fuera de uso. La Tabla 3 presenta un cuadro comparativo que detalla distintas propuestas, diferenciadas por su ubicación, valor agregado, productos ofrecidos, participación esperada en el mercado y medios de distribución. Este análisis permite identificar oportunidades de diferenciación, así como evaluar las fortalezas y limitaciones de cada alternativa frente al enfoque planteado en esta investigación.

Tabla 3

Cuadro Comparativo de las Alternativas Existentes en el Mercado

criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Descripción	Una planta de reciclaje de llantas ubicada en una zona industrial cercana a la ciudad, equipada con tecnología avanzada para el procesamiento de neumáticos en desuso. Esta planta se especializa en la trituración y granulación de llantas para producir materiales reutilizables como caucho granulado.	Un centro de reciclaje situado en una zona urbana, diseñado para facilitar el reciclaje de llantas para la población local y pequeñas empresas. El centro cuenta con equipos para la trituración básica de llantas y su conversión en material para relleno y paisajismo.	Una empresa que opera unidades móviles de reciclaje que recorren diferentes áreas recolectando llantas usadas directamente de los clientes. Las unidades móviles están equipadas con maquinaria para la trituración y procesamiento inicial de las llantas.	Una plataforma en línea que conecta a individuos y empresas que desean reciclar llantas con plantas de reciclaje certificadas. La plataforma facilita la recolección y transporte de llantas desechadas y asegura que sean recicladas de manera eficiente y sostenible.
Ubicación	Zona industrial periférica de una gran ciudad, facilitando el acceso a un suministro constante de llantas desechadas y conectividad con rutas de transporte para la distribución de los productos reciclados.	En el centro de una ciudad, accesible tanto para ciudadanos particulares como para pequeños negocios que buscan deshacerse de neumáticos de forma responsable y ecológica.	Operaciones móviles que cubren varias regiones, con una base central en una ciudad mediana que sirve como punto de coordinación y procesamiento adicional de los materiales reciclados.	Operaciones virtuales con una red de socios de reciclaje distribuidos a nivel nacional. La sede administrativa se encuentra en una ciudad grande con buen acceso a infraestructura de TI y servicios logísticos.
Propuesta de valor	Ofrecer una solución sostenible para la gestión de residuos de neumáticos, transformando llantas desechadas en materiales de alta calidad que pueden ser reutilizados en la fabricación de nuevos productos, contribuyendo así a la economía circular y reduciendo el impacto ambiental.	Proporcionar una solución conveniente y accesible para el reciclaje de llantas dentro de la ciudad, permitiendo a los residentes y pequeñas empresas reciclar sus neumáticos sin necesidad de trasladarse largas distancias. El centro promueve la conciencia ambiental y la participación comunitaria en el reciclaje.	Ofrecer un servicio flexible y conveniente que permite a los clientes reciclar sus llantas sin tener que desplazarse, facilitando la gestión de residuos y promoviendo la conciencia ambiental. La empresa adapta sus rutas y servicios en función de la demanda y las necesidades locales.	Ofrecer una solución tecnológica que simplifica el proceso de reciclaje de llantas, permitiendo a los usuarios programar la recolección y seguimiento del reciclaje de sus neumáticos desde cualquier lugar. La plataforma promueve la transparencia y la sostenibilidad en la gestión de residuos.
Productos ofrecidos	<ul style="list-style-type: none"> - Caucho granulado para aplicaciones en la industria del asfalto y construcción. - Polvo de caucho utilizado en la producción de suelos deportivos y de parques infantiles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Material triturado para relleno en proyectos de construcción. - Fragmentos de caucho para paisajismo y jardinería. - Llantas recicladas para usos creativos en mobiliario urbano y arte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Triturado de caucho para su uso en la construcción de carreteras. - Material de relleno para la industria de la construcción. - Material triturado para el control de la erosión en proyectos de infraestructura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Servicio de recolección y transporte de llantas usadas. - Certificación y seguimiento de reciclaje. - Conexión con plantas de reciclaje para la transformación de llantas en materiales reutilizables.
Participación del mercado	El negocio apunta a capturar el 20% del mercado de reciclaje de neumáticos en la región dentro de los primeros tres años, expandiendo gradualmente su cuota a nivel nacional mediante acuerdos con grandes fabricantes de neumáticos y empresas de construcción.	Se espera cubrir el 15% del mercado urbano de reciclaje de llantas, enfocándose en ciudadanos y pequeños negocios que buscan soluciones prácticas y ecológicas para el reciclaje de sus neumáticos.	Objetivo de capturar el 10% del mercado regional de reciclaje de llantas, con planes de expansión a nuevas áreas y la creación de rutas de servicio regulares para maximizar la eficiencia y el alcance del negocio.	Aspirar a capturar el 25% del mercado digital de reciclaje de llantas, aprovechando la tendencia hacia soluciones sostenibles y tecnológicas en la gestión de residuos y ofreciendo una opción conveniente y fiable para el reciclaje.
Medio de distribución	Los productos reciclados se distribuyen principalmente a través de acuerdos directos con empresas de construcción y fabricantes de productos de caucho, utilizando una flota propia de camiones para el transporte eficiente desde la planta hasta los clientes.	Los productos se distribuyen principalmente de forma local, a través de ventas directas en el centro de reciclaje y alianzas con tiendas de jardinería y paisajismo, fomentando el uso de materiales reciclados en proyectos comunitarios y privados.	Los productos se distribuyen a través de acuerdos con empresas de construcción y gobiernos locales interesados en utilizar materiales reciclados para proyectos de infraestructura y mantenimiento de carreteras.	Los servicios se distribuyen a través de la plataforma en línea, conectando a los usuarios con una red de recolectores y plantas de reciclaje. Se priorizan las alianzas con empresas de logística y reciclaje para asegurar una cadena de suministro eficiente y sostenible.

Capítulo III. Investigación del Usuario

Examinar el perfil del usuario final es clave para comprender las dinámicas del mercado y las preferencias de compra de los consumidores. En el contexto del caucho para la construcción civil en Perú, los usuarios finales abarcan una amplia gama de actores, desde grandes empresas constructoras hasta particulares que realizan pequeñas construcciones. Identificar las características, necesidades y comportamientos de estos usuarios permite a los proveedores de caucho desarrollar estrategias de marketing y ventas más efectivas.

3.1. Perfil del Usuario

Con el propósito de identificar las preferencias, necesidades y percepciones del público objetivo respecto al uso de materiales reciclados en la construcción civil, se diseñó y aplicó un cuestionario estructurado a través de entrevistas aleatorias a potenciales usuarios del producto. Esta herramienta permitió recolectar datos sobre criterios relevantes para la toma de decisiones de compra, tales como precio, sostenibilidad, durabilidad y facilidad de uso.

La Tabla 4 resume las categorías de información incluidas en el cuestionario aplicado y la Guía de Entrevista se presenta en el Apéndice A.

Tabla 4

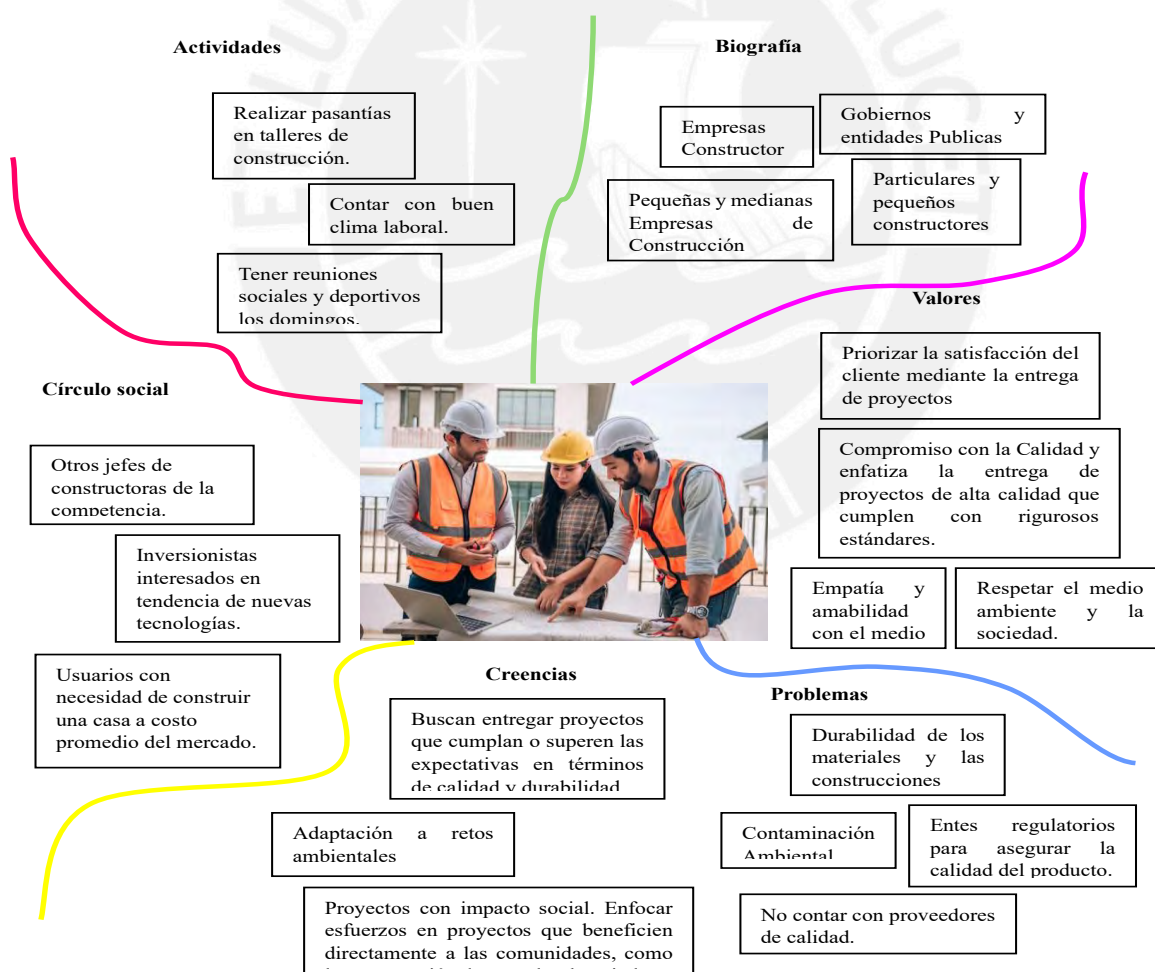
Cuestionario Realizado

Ítem	Categoría de la Información / Pregunta Realizada
1	Uso de Materiales Reciclados
2	Certificaciones Ambientales
3	Precio deseado
4	Durabilidad del producto
5	Tiempo de atención a pedidos
6	Opinión sobre la Sostenibilidad en la Construcción
7	Preferencias en Diseños Eco-Amigables
8	Impacto de la Eficiencia Energética en la Reducción de Costos

Con el fin de comprender a profundidad las características, valores y preocupaciones del público objetivo, se elaboró un lienzo del meta usuario basado en los perfiles identificados durante la fase exploratoria del proyecto. Esta herramienta permitió organizar de forma visual y estructurada los aspectos más relevantes vinculados a sus hábitos, entorno social, creencias, expectativas y principales problemas asociados al uso de materiales de construcción. La Figura 2 presenta el lienzo del meta usuario, el cual sirvió como base para diseñar soluciones que respondan a las verdaderas motivaciones y necesidades de los potenciales clientes.

Figura 2

Lienzo del Meta Usuario



Los resultados de segmento que se obtuvieron fueron los siguientes:

3.1.1. Segmentos de Usuarios Finales

3.1.1.1. Empresas Constructoras

- **Descripción.** Grandes y medianas empresas dedicadas a proyectos de infraestructura, comerciales y residenciales. Estas empresas generalmente requieren grandes volúmenes de caucho para diversos usos en sus proyectos.
- **Nivel Socioeconómico.** Medio-alto y alto.
- **Motivaciones de Compra.** Calidad del producto, durabilidad, y cumplimiento de normativas. Estas empresas valoran la fiabilidad y la capacidad de los proveedores para cumplir con grandes pedidos.
- **Preferencias.** Productos con certificaciones de calidad, materiales sostenibles y proveedores con buena reputación. También buscan innovación en materiales que puedan ofrecer ventajas competitivas en términos de costo y rendimiento.

3.1.1.2. Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) de Construcción

- **Descripción.** Empresas más pequeñas que realizan proyectos residenciales y comerciales a menor escala. Estas empresas pueden no tener la misma capacidad financiera que las grandes constructoras, pero representan un segmento significativo del mercado.
- **Nivel Socioeconómico.** Medio.
- **Motivaciones de Compra.** Costo, disponibilidad, y soporte técnico. Las PYMES buscan productos que ofrezcan un buen balance entre calidad y precio, y valoran el servicio al cliente y el soporte técnico ofrecido por los proveedores.
- **Preferencias.** Buen balance entre precio y calidad, productos con garantía y soporte postventa. La flexibilidad en las condiciones de pago y la rapidez en las entregas también son factores importantes.

3.1.1.3. Gobierno y Entidades Públicas

- **Descripción.** Entidades gubernamentales y públicas responsables de proyectos de infraestructura pública como carreteras, puentes, y edificios públicos.
- **Nivel Socioeconómico.** Alto.
- **Motivaciones de Compra.** Adherencia a regulaciones y estándares de excelencia, sostenibilidad. Las compras públicas están sujetas a estrictas regulaciones y procedimientos de licitación, y los productos deben cumplir con altos estándares de calidad y sostenibilidad.
- **Preferencias.** Productos certificados, sostenibilidad y proveedores con experiencia en grandes proyectos. La transparencia y la capacidad de los proveedores para manejar grandes contratos y cumplir con los plazos son esenciales.

3.1.1.4. Particulares y Pequeños Constructores

- **Descripción.** Individuos o pequeños grupos que realizan proyectos de construcción propios o de pequeña escala, como renovaciones de viviendas o pequeñas edificaciones.
- **Nivel Socioeconómico.** Medio-bajo y medio.
- **Motivaciones de Compra.** Precio, facilidad de uso, y recomendaciones. Este segmento es muy sensible al precio y busca productos que sean fáciles de aplicar sin necesidad de equipamiento especializado.
- **Preferencias.** Productos accesibles, fácil aplicación, y disponibilidad en el mercado local. Las referencias personales y la visibilidad en tiendas de materiales de construcción son cruciales para captar a este tipo de clientes.

3.1.2. Nivel Socioeconómico de los Usuarios Finales

3.1.2.1. Nivel Socioeconómico A (Alto)

- Empresas grandes y entidades gubernamentales.
- Inversión en proyectos de gran escala y alta calidad.
- Proyectos de infraestructura pública y grandes desarrollos inmobiliarios.

3.1.2.2. Nivel Socioeconómico B (Medio-Alto)

- Empresas medianas y PYMEs de construcción.
- Proyectos comerciales y residenciales de tamaño medio.
- Construcción de espacios de trabajo, complejos comerciales y edificios residenciales.

3.1.2.3. Nivel Socioeconómico C (Medio)

- Pequeñas empresas y particulares.
- Proyectos residenciales y comerciales de pequeña escala.
- Renovaciones de viviendas y construcciones pequeñas.

3.1.3. Comportamiento de Compra y Preferencias

3.1.3.1. Empresas Constructoras y Entidades Públicas

- **Volumen de Compra.** Altos volúmenes de compra debido a la escala de los proyectos.
- **Factores Clave.** Cumplimiento de normativas, certificaciones de calidad, durabilidad, y sostenibilidad. Prefieren trabajar con proveedores que puedan garantizar suministros consistentes y de alta calidad.
- **Proceso de Decisión.** Formal y estructurado, a menudo involucrando procesos de licitación y evaluación de proveedores.

3.1.3.2. PYMEs de Construcción

- **Volumen de Compra.** Moderados a altos volúmenes dependiendo del tamaño del

proyecto.

- **Factores Clave.** Relación costo-beneficio, disponibilidad inmediata, soporte técnico y condiciones de pago flexibles.
- **Proceso de Decisión.** Menos formal que en grandes empresas, pero aún estructurado. Las relaciones a largo plazo con proveedores fiables son valoradas.

3.1.3.3. Particulares y Pequeños Constructores

- **Volumen de Compra.** Pequeños volúmenes de compra, adecuados para proyectos de menor escala.
- **Factores Clave.** Precio, facilidad de aplicación, y recomendaciones. La accesibilidad en términos de disponibilidad en tiendas locales es crucial.
- **Proceso de Decisión.** Informal y rápido, a menudo basado en recomendaciones de conocidos o experiencias previas.

Entender el perfil del usuario final en el ámbito de la edificación civil en Perú implica reconocer las diferentes necesidades y expectativas de cada segmento. Desde grandes constructores que valoran la calidad y la innovación, hasta particulares que buscan soluciones accesibles y prácticas, cada grupo tiene requerimientos específicos que los proveedores deben satisfacer para preservar una posición de ventaja en el mercado.

3.2 Mapa de Experiencia de Usuario


















A partir de los resultados obtenidos en las entrevistas realizadas, se obtuvo el Lienzo del Meta Usuario, el que se presenta en la Figura 3 y se han identificado diversas etapas que los usuarios atraviesan en su día a día, revelando sus emociones y pensamientos, por ejemplo, enfrenta preocupaciones debido al deterioro de su vivienda causado por las inclemencias del clima, como el deterioro de su techo de calamina metálica. Durante el invierno, las lloviznas aumentan su malestar y el de su familia. Recientemente, se muestran positivos al conocer nuevos materiales alternativos hechos de materiales reciclados, que prometen ahorro y

beneficios. Sin embargo, muchos de los materiales, aunque de alta calidad y seguridad, no son accesibles económicamente y requieren instalación especializada. Las entrevistas revelaron que los usuarios están preocupados por la contaminación generada por los neumáticos, reconociendo la necesidad de usar alternativas sostenibles.

Las mejoras propuestas, como una vida útil más prolongada, reducción del ruido, menor impacto ambiental, protección de vehículos y disminución de incidentes, así como el ahorro con caucho reciclado, son factores decisivos para los potenciales clientes.

Figura 3

Mapa de Experiencia del Usuario

Storyboard/Momentos y Acciones					
					
Pensamientos					
	Durabilidad de materiales, economía	Ideas	Productos alternativos	Prueba de otros productos	Intervalo de durabilidad proyectada
Emociones					
					
Experiencia					
Experiencia Positiva					
Experiencia Negativa					

3.3. Identificación de la Necesidad

El análisis desarrollado a partir de nuestra experiencia ha permitido identificar una necesidad urgente: la reutilización de neumáticos usados mediante su transformación en partículas de caucho reciclado, con énfasis en su aplicación en proyectos de ingeniería civil.

El principal desafío a resolver es la acumulación y la gestión ineficiente de llantas provenientes de equipos mineros. Debido a su composición basada en caucho y materiales altamente resistentes, estos neumáticos pueden tardar siglos en descomponerse. Cuando son abandonados en vertederos o en entornos naturales, liberan sustancias químicas tóxicas que contaminan el suelo y las fuentes de agua, comprometiendo la biodiversidad local.

Identificar esta necesidad representa un punto de partida fundamental para cualquier iniciativa orientada al desarrollo sostenible. Existe una demanda creciente vinculada al aprovechamiento de neumáticos en desuso como alternativa para mitigar la degradación ambiental y fomentar enfoques constructivos más sostenibles.

La propuesta consiste en transformar los neumáticos desechados en gránulos de caucho que puedan integrarse como insumos en distintos materiales de construcción. Esta solución innovadora y ambientalmente responsable ofrece múltiples beneficios.

El uso de partículas de caucho reciclado permite reducir significativamente el número de llantas que terminan en botaderos, disminuyendo con ello el deterioro de los ecosistemas terrestres y acuáticos. Asimismo, su reciclaje evita la liberación de compuestos nocivos, contribuyendo a la protección de la biodiversidad.

Las propiedades del caucho triturado lo hacen particularmente atractivo para su uso en obras civiles: presenta alta resistencia al desgaste y a la erosión, lo que prolonga la vida útil de las estructuras construidas y reduce los costos de mantenimiento. Su incorporación también mejora la capacidad de aislamiento térmico y acústico en edificaciones, aumentando la eficiencia y el confort de los espacios habitados.

En este contexto, la valorización de llantas usadas a través de su conversión en gránulos de caucho representa una oportunidad estratégica para la industria de la construcción. No solo permite afrontar un problema ambiental crítico, sino que además ofrece un recurso técnico viable, sostenible y duradero para el desarrollo de infraestructura.

Capítulo IV. Diseño del Producto o Servicio

En el sector de la construcción civil, la búsqueda de materiales sostenibles y eficientes ha llevado al desarrollo de productos innovadores basados en el reciclaje de neumáticos. El caucho reciclado de neumáticos ofrece una solución ecológica y económica, que además mejora las propiedades de diversos materiales de construcción. Este capítulo detalla el diseño y la innovación en productos sustentada en caucho reutilizado, abordando seis ideas creativas orientadas a satisfacer las necesidades específicas de los usuarios finales en Perú.

4.1. Concepción del Producto o Servicio

La elaboración de la propuesta de solución implicó un proceso basado en el design thinking por medio del cual se concluye que el diseño del producto está enfocado para ofrecer nuevas estrategias de reciclaje de llantas orientadas a nuestros clientes, destacando por su calidad y larga vida útil. Además, promueve el cuidado ambiental al reutilizar este material y reemplazar componentes que ocasionan mayor impacto ambiental por su deficiente calidad y reducida durabilidad.

En el área de la edificación civil en Perú, se han identificado las siguientes necesidades clave de los usuarios:

4.1.1. Durabilidad y Calidad

Los usuarios buscan materiales que resistan el clima adverso y el desgaste, garantizando la longevidad de las estructuras. El clima peruano, que varía desde regiones extremadamente húmedas hasta zonas muy áridas, exige materiales que puedan soportar condiciones severas sin deteriorarse rápidamente. En referencia a un análisis realizado por la Universidad Nacional de Ingeniería (2022), los materiales de construcción que no requieren mantenimiento frecuente son altamente valorados por los constructores locales.

4.1.2. Sostenibilidad

Existe una creciente demanda por materiales y prácticas de construcción eco-

amigables, que minimicen el impacto ambiental. La normativa peruana está avanzando hacia la implementación de políticas más estrictas en relación con la sostenibilidad en la construcción. La Asociación de Construcción Sostenible del Perú (2021) informó que más del 60% de las empresas constructoras están interesadas en adoptar prácticas sostenibles.

4.1.3. Eficiencia de Costos

Los usuarios requieren soluciones asequibles que no comprometan la calidad, para optimizar sus presupuestos. El costo de los materiales de construcción sigue siendo una preocupación principal para los desarrolladores inmobiliarios y contratistas. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020) subrayó la importancia de encontrar un equilibrio entre costo y calidad para proyectos de construcción en Perú.

4.1.4. Innovación

Existe un interés significativo en tecnologías y materiales innovadores que mejoren la eficiencia de la construcción y el rendimiento general. Las nuevas tecnologías de materiales ofrecen soluciones que no solo mejoran la eficiencia del proceso de construcción, sino también la funcionalidad y durabilidad de las edificaciones. Según García y Ramírez (2019), la implementación de materiales innovadores puede reducir los tiempos de construcción hasta en un 25%.

4.1.5. Disponibilidad y Soporte Técnico

Hay una necesidad de acceso inmediato a materiales y soporte técnico confiable para resolver problemas rápidamente. La disponibilidad de materiales de construcción y el soporte técnico adecuado son cruciales para asegurar que las obras se entreguen a tiempo y sin superar los límites presupuestarios. El estudio de Llamas y Rodríguez (2018) destacó la importancia del soporte técnico en la adopción de nuevos materiales y tecnologías en la construcción.

4.1.6. Facilidad de Uso

Los usuarios prefieren materiales y tecnologías que sean fáciles de implementar y manejar, reduciendo la complejidad del trabajo. La facilidad de uso de los materiales de construcción puede determinar la velocidad y eficiencia con la que se llevan a cabo los proyectos. Según un análisis de la Cámara Peruana de la Construcción (2021), la simplicidad en la aplicación de materiales de construcción puede reducir significativamente los costos laborales y el tiempo de construcción.

A continuación, se presentan seis ideas innovadoras diseñadas para abordar estas necesidades específicas utilizando caucho reciclado de neumáticos:

4.1.7. Asfalto Modificado con Caucho Reciclado

Descripción: Mezcla de caucho reciclado con asfalto para pavimentar carreteras.

Beneficios: Mayor durabilidad, resistencia a fisuras y reducción del ruido del tráfico. Además, contribuye a la sostenibilidad mediante el reciclaje de neumáticos.

Ejemplo: Pavimentación de carreteras y calles urbanas en áreas con alto tráfico vehicular.

4.1.8. Paneles Aislantes de Caucho Reciclado

Descripción: Creación de paneles aislantes utilizando caucho reciclado, ideales para el aislamiento térmico y acústico.

Beneficios: Optimizar el consumo energético de los inmuebles y reducen el ruido. Son fáciles de instalar y contribuyen a la sostenibilidad.

Ejemplo: Uso en edificios residenciales y comerciales para mejorar el aislamiento y la eficiencia energética.

4.1.9. Pisos de Seguridad para Áreas Recreativas

Descripción: Pisos de caucho reciclado para parques infantiles y áreas recreativas.

Beneficios: Proporcionan una superficie segura y amortiguadora, reduciendo el riesgo de

lesiones. Son duraderos y resistentes a las condiciones climáticas.

Ejemplo: Instalación en parques, escuelas y áreas deportivas para mejorar la seguridad de los usuarios.

4.1.10. Bloques de Construcción de Caucho Reforzado

Descripción: Desarrollo de bloques de construcción utilizando caucho reciclado combinado con otros materiales.

Beneficios: Son ligeros, resistentes y fáciles de manejar. Mejoran la eficiencia de construcción y son una opción sostenible.

Ejemplo: Construcción de viviendas y edificios modulares que requieren materiales ligeros y duraderos.

4.1.11. Sistemas de Drenaje Permeable

Descripción: Uso de caucho reciclado en sistemas de pavimentación permeable que permiten el drenaje del agua.

Beneficios: Reducen el riesgo de inundaciones, mejoran la gestión del agua de lluvia y son ecológicos. También ayudan a recargar los acuíferos.

Ejemplo: Instalación en estacionamientos, calles y plazas públicas para mejorar el manejo del agua pluvial.

4.1.12. Revestimientos Antideslizantes para Pisos Industriales

Descripción: Aplicación de revestimientos de caucho reciclado en pisos industriales para mejorar la seguridad.

Beneficios: Proporcionan una superficie antideslizante y resistente al desgaste, mejorando la seguridad laboral. Son duraderos y fáciles de mantener.

Ejemplo: Uso en fábricas, almacenes y otras instalaciones industriales donde la seguridad del piso es crucial.

Por todo lo mencionado se definieron las siguientes iniciativas de fomento para las

necesidades y productos mencionados.

- Invertir en la investigación para desarrollar materiales de caucho reciclado que cumplan con los estándares de durabilidad y calidad
- Asociarse con empresas de construcción y arquitectos para promover el uso de caucho reciclado en proyectos sostenibles.
- Proveer programas de capacitación para profesionales del sector, enseñándoles cómo utilizar estos nuevos materiales y tecnologías.
- Crear campañas de marketing que destaquen los beneficios de sostenibilidad y eficiencia de costo del caucho reciclado, atrayendo a un público consciente del medio ambiente.
- Trabajar con las autoridades locales y nacionales para desarrollar programas de incentivos fiscales y subvenciones que promuevan el uso de caucho reciclado en la construcción.
- Desarrollar y promover certificaciones ecológicas específicas para productos de caucho reciclado, que validen su repercusión positiva en el ecosistema.

A partir de estas ideas se procedió a elaborar una tabla de priorización, de manera que se hagan visibles las mejores ideas, aquellas que signifiquen el mayor impacto, pero al menor costo posible, es así como se elaboró la Tabla 5 y a partir de esta se desarrolló la Matriz Costo Impacto mostrada en la Figura 4.

4.2. Desarrollo de la Narrativa

El Design Thinking es una metodología centrada en el usuario que emplea la empatía, el pensamiento crítico y la creatividad como ejes fundamentales para generar soluciones innovadoras frente a problemáticas complejas. Según Tim Brown, CEO de IDEO, “el Design Thinking es un enfoque que utiliza la creatividad y las herramientas del diseño para conectar las necesidades humanas con lo que es técnicamente viable, al tiempo que permite

transformar una estrategia de negocio sólida en valor para el cliente y en nuevas oportunidades de mercado” (Brown, 2008, p. 86).

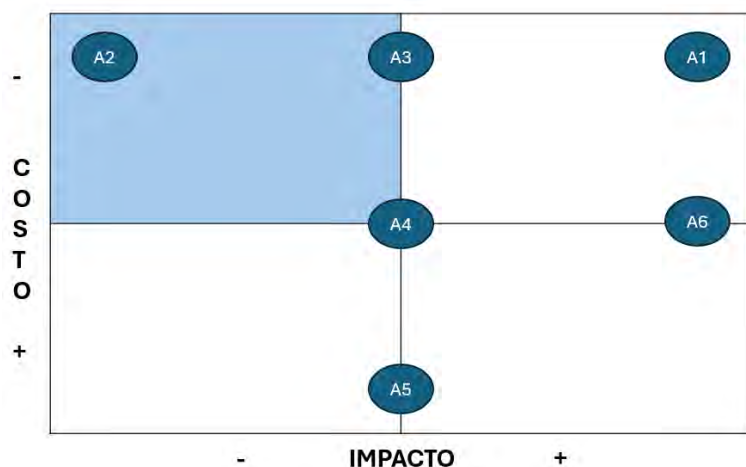
Tabla 5

Acciones Propuestas del Lienzo Costo Impacto

	Acciones Propuestas	Costo			Impacto		
		Bajo	Media	Alta	Bajo	Media	Alta
A1	Invertir en la investigación para desarrollar materiales de caucho reciclado que cumplan con los estándares de durabilidad y calidad			X			X
A2	Asociarse con empresas de construcción y arquitectos para promover el uso de caucho reciclado en proyectos sostenibles.	X					X
A3	Proveer programas de capacitación para profesionales del sector, enseñándoles cómo utilizar estos nuevos materiales y tecnologías.		X			X	
A4	Crear campañas de marketing que destaquen los beneficios de sostenibilidad y eficiencia de costo del caucho reciclado, atrayendo a un público consciente del medio ambiente.		X			X	
A5	Trabajar con las autoridades locales y nacionales para desarrollar programas de incentivos fiscales y subvenciones que promuevan el uso de caucho reciclado en la construcción.	X				X	
A6	Desarrollar y promover certificaciones ecológicas específicas para productos de caucho reciclado, que validen su impacto positivo en el medio ambiente.		X				X

Figura 4

Matriz Costo-Impacto



Este enfoque se estructura en cinco etapas: Empatizar, Definir, Idear, Prototipar y Testear, que se desarrollan de manera iterativa, no necesariamente en un orden lineal. La implementación de esta metodología resulta especialmente relevante en el contexto del presente estudio, ya que permite comprender con mayor profundidad las necesidades reales de los usuarios vinculados a la gestión de llantas usadas y diseñar soluciones sostenibles que respondan tanto a criterios técnicos como a expectativas sociales y ambientales.

4.2.1. Empatizar

Se reconoce que el almacenamiento excesivo de llantas en desuso constituye un desafío global que afecta negativamente al ecosistema y a la salud de la población. Esta problemática se ve agravada por los elevados costos asociados a la eliminación de residuos y la insuficiencia de políticas ambientales eficaces. Asimismo, se identifica una necesidad crítica de soluciones para una gestión adecuada de estos residuos, así como una limitada oferta de proveedores y mecanismos de financiamiento. En la fase de empatía, se buscó comprender a profundidad estas problemáticas mediante el desarrollo de un lienzo de dos dimensiones, lo que permitió identificar las verdaderas necesidades y preocupaciones de los usuarios afectados.

4.2.2. Definir el Problema

En esta etapa, se consolidó nuestra comprensión de la situación y formulamos una declaración clara del problema. Se identificó que la principal dificultad es la concentración de neumáticos fuera de uso, lo que contribuye a la contaminación y eleva los costos de disposición elevados. La escasez de iniciativas y regulaciones ambientales eficaces intensifica esta problemática. Además, es necesario un almacenamiento adecuado y la disponibilidad de proveedores para implementar soluciones efectivas. Esta fase permitió centrar los esfuerzos en abordar los aspectos más críticos del problema.

4.2.3. Idear

En esta fase, se priorizó la generación de una amplia variedad de ideas creativas orientadas a resolver el problema identificado. La solución planteada se centra en la producción de caucho granulado, lo cual permitiría la reutilización de neumáticos en desuso y contribuiría a la reducción de su impacto ambiental, facilitando su incorporación en materiales para la construcción. Se propuso, además, la implementación de planes ambientales efectivos y la consolidación de alianzas estratégicas con proveedores, con el fin de asegurar el abastecimiento de insumos de calidad y optimizar los costos. Mediante sesiones de lluvia de ideas (brainstorming) y el uso de técnicas de pensamiento divergente, se desarrollaron múltiples enfoques para abordar la problemática desde distintas perspectivas, todo este proceso dio como resultado la Matriz 6x6, que se encuentra en el Apéndice B.

4.2.4. Prototipar

En esta etapa, se procedió a materializar las ideas generadas mediante la elaboración de prototipos tangibles. Se llevaron a cabo evaluaciones y experimentos utilizando diversas herramientas y recursos tecnológicos, con el objetivo de perfeccionar la producción de gránulos de caucho provenientes de llantas reutilizadas. Asimismo, se analizaron distintas estrategias comerciales y de marketing orientadas a posicionar la solución en el mercado y despertar el interés de los potenciales clientes. Esta fase resultó fundamental para visualizar las propuestas y obtener retroalimentación temprana, permitiendo así su refinamiento antes de una eventual implementación a gran escala.

4.2.5. Testear

Durante la fase de testeo, los prototipos fueron llevados a un entorno real con el propósito de evaluar su comportamiento operativo. Se realizaron pruebas en carreteras para analizar tanto la eficacia como la durabilidad de las mezclas asfálticas elaboradas a partir de llantas recicladas. Paralelamente, se midieron los beneficios ambientales y el ahorro

económico en comparación con soluciones convencionales. Esta etapa resultó clave para validar las hipótesis formuladas previamente, permitiendo realizar los ajustes necesarios sobre la base de los resultados obtenidos. Como parte del proceso, se desarrolló un Producto Mínimo Viable (PMV), el cual se detalla en el apartado correspondiente, con el objetivo de someterlo a evaluación por parte de potenciales clientes. Este enfoque iterativo permitió asegurar que las soluciones fueran viables, funcionales y alineadas con las necesidades reales del usuario final.

Por otro lado, el diseño y descarte de los neumáticos usados representa un serio desafío ambiental. Debido a sus características físicas, estas llantas suelen acumular agua, convirtiéndose —especialmente durante la temporada de lluvias— en focos de proliferación de mosquitos y, en consecuencia, en vectores de enfermedades como el dengue o el zika. Además, el abandono de llantas afecta negativamente el paisaje urbano y rural, y son altamente susceptibles a incendios, ya sean accidentales o provocados.

Una de las formas más comunes e inadecuadas de eliminación es la quema al aire libre. Este proceso libera gases tóxicos que representan un riesgo directo para la salud humana y el equilibrio ambiental. Las emisiones afectan el sistema respiratorio, la piel, las mucosas y el sistema nervioso central. Asimismo, contienen compuestos cancerígenos y mutagénicos, aumentando el riesgo de enfermedades graves. Estos gases también contribuyen significativamente al calentamiento global y a la degradación de los ecosistemas.

En síntesis, una gestión deficiente de las llantas usadas no solo desencadena problemas de salud pública y contaminación visual, sino que también incrementa el riesgo de incendios y expone a las personas y al medio ambiente a sustancias peligrosas. Esto refuerza la urgencia de implementar soluciones sostenibles e innovadoras para su adecuada valorización y reciclaje.

4.3 Carácter Innovador del Producto

El reciclaje y la reutilización de llantas provenientes de equipos mineros para la fabricación de productos de alto valor representan una innovación tanto incremental como arquitectónica. Esta innovación se refleja en la mejora de los procesos existentes de trituración y granulación, así como en el rediseño funcional de los productos obtenidos, los cuales están orientados a nuevos usos dentro del sector de la construcción. Además, el proyecto incorpora principios de sostenibilidad económica y social, generando impactos positivos mediante la reducción de residuos y la promoción del empleo verde.

El proceso de reciclaje propuesto utiliza tecnología de última generación en trituración y granulación, lo cual permite obtener partículas de caucho uniformes y de alta calidad. Esta precisión mejora de manera significativa la eficiencia del proceso y garantiza que el caucho reciclado mantenga las propiedades físicas y químicas requeridas para su reutilización. Asimismo, se contempla la aplicación de técnicas avanzadas de separación para recuperar y reutilizar componentes metálicos, como el acero, presentes en las llantas. Este enfoque integral no solo maximiza la valorización de los materiales, sino que también reduce al mínimo los residuos generados, consolidando una solución técnica y ambientalmente sostenible.

En cuanto al diseño de los productos derivados del caucho reciclado, se ha optado por una propuesta innovadora: tejas y planchas modulares que facilitan tanto la instalación como el mantenimiento. Este diseño modular ofrece una gran versatilidad en aplicaciones de construcción civil, desde cubiertas hasta pisos y revestimientos. Además, los productos desarrollados presentan propiedades superiores de aislamiento térmico y acústico, lo que contribuye al confort de los espacios y a una mayor eficiencia energética al reducir la necesidad de climatización artificial. Su durabilidad y resistencia frente al desgaste, la intemperie y agentes químicos garantizan una vida útil prolongada, incluso superior a la de

muchos materiales tradicionales.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, el proyecto se fundamenta en los principios de la economía circular. Al convertir residuos complejos en insumos valiosos, se logra reducir de forma significativa la cantidad de llantas que terminan en vertederos, mitigando los efectos de la contaminación ambiental. De igual manera, al reutilizar caucho en lugar de producirlo desde cero, se disminuye la presión sobre los recursos naturales y se reducen las emisiones asociadas a la fabricación de caucho virgen. Todo el proceso de reciclaje ha sido diseñado para ser energéticamente eficiente, reflejando el compromiso ambiental del proyecto.

Los impactos sociales y económicos también son relevantes. La instalación de plantas de reciclaje y la fabricación de productos de caucho reciclado generarán oportunidades laborales en comunidades vinculadas a la actividad minera, contribuyendo al desarrollo económico local y fortaleciendo capacidades técnicas y profesionales. El fomento de una industria de reciclaje a nivel regional puede tener un efecto multiplicador sobre otros sectores, promoviendo un crecimiento más equilibrado y sostenible.

Finalmente, el proyecto incorpora componentes educativos dirigidos a sensibilizar a la población sobre la importancia del reciclaje y la gestión responsable de residuos. A través de talleres, charlas y campañas informativas, se busca fomentar una cultura de responsabilidad ambiental y promover la participación activa de la comunidad en prácticas sostenibles.

4.4. Propuesta de Valor

La propuesta de valor del proyecto se fundamenta en evidencia proveniente de estudios nacionales e internacionales que respaldan el uso de neumáticos reciclados como una alternativa duradera, eficiente y ambientalmente responsable en el ámbito de la construcción. La incorporación de estos materiales no solo responde a requerimientos técnicos y económicos, sino que también permite enfrentar de manera directa los retos ambientales

asociados a la gestión de residuos sólidos. Para una empresa comprometida con la sostenibilidad, es indispensable que su propuesta de valor contemple de forma equilibrada los tres pilares del desarrollo sostenible: el ambiental, el social y el económico.

Desde la perspectiva ambiental, la utilización de caucho reciclado permite reducir de manera significativa la cantidad de llantas que terminan en vertederos o que son incineradas de forma informal, prácticas que liberan emisiones tóxicas y deterioran la biodiversidad. Al reincorporar estos residuos como materia prima, se disminuye la huella de carbono del sector construcción, ya que se evita tanto la extracción de nuevos recursos naturales como la producción de materiales vírgenes. Este enfoque se alinea plenamente con los principios de la economía circular, al transformar un pasivo ambiental en un recurso útil y valioso.

En relación con el componente social, el proyecto contempla la generación de empleo en comunidades cercanas a operaciones mineras, donde se concentra la acumulación de neumáticos en desuso. Estas zonas, muchas veces afectadas por pobreza estructural y escasez de oportunidades formales de trabajo, pueden beneficiarse directamente mediante la instalación de plantas de procesamiento, centros de acopio y servicios logísticos asociados al reciclaje. Además, al incorporar programas de formación técnica y responsabilidad social, se fortalece el capital humano local y se contribuye a mejorar las condiciones de vida de la población.

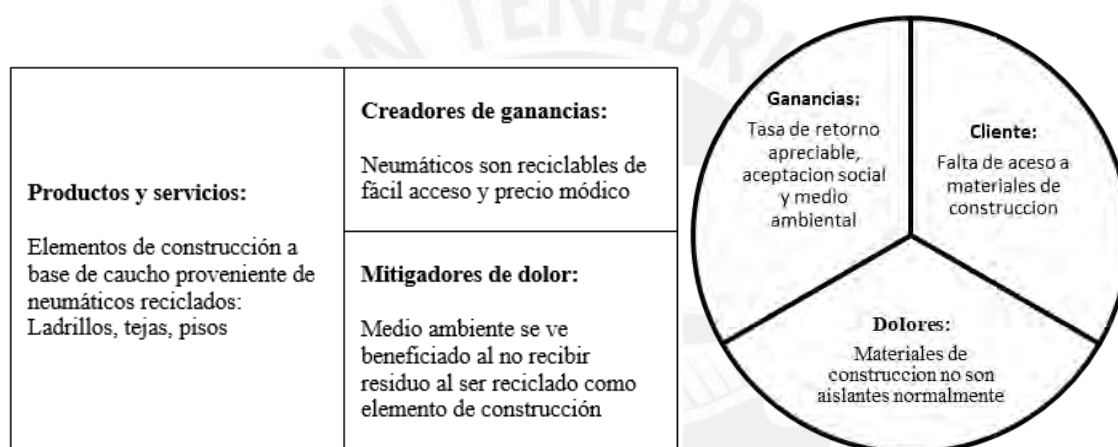
En el plano económico, el caucho reciclado representa una alternativa rentable frente a materiales tradicionales. Los productos desarrollados a partir de este insumo —como tejas, bloques, pisos o paneles aislantes— destacan por su durabilidad, resistencia a la intemperie y bajo requerimiento de mantenimiento, lo que mejora la relación costo-beneficio. Asimismo, el uso de un residuo abundante y de bajo costo permite a la empresa alcanzar márgenes operativos competitivos, facilitando su escalabilidad y la diversificación de su oferta de productos. La creciente demanda del sector público y privado por soluciones sostenibles

fortalece aún más el posicionamiento comercial del proyecto.

En conjunto, los tres pilares del desarrollo sostenible se articulan de manera coherente dentro del modelo de negocio propuesto. La propuesta de valor, que se ilustra en la Figura 5, posiciona al reciclaje de neumáticos como un eje estratégico que no solo atiende una problemática ambiental urgente, sino que también genera beneficios sociales concretos y sostenibilidad económica a largo plazo.

Figura 5

Lienzo de Propuesta de Valor del Negocio



Este enfoque integral fortalece la competitividad del emprendimiento dentro del mercado de la construcción peruana y lo proyecta como un actor relevante en la transición hacia una economía más verde, equitativa y resiliente.

Sobre el mapa de valor de este cliente, se expone lo siguiente:

4.4.1. Productos y Servicios

- Tejas de caucho construidos a base de llantas recicladas.
- Pisos de caucho hechos de llantas recicladas.
- Gránulos de cauchos confeccionados con neumáticos reciclados.

4.4.2. Creadores de Ganancias

- Perdurabilidad de los componentes de construcción a base de neumáticos.

- Neumáticos reciclables de fácil adquisición y a un costo económico.

4.4.3. Analgésicos

- Contribución a la conservación ecológica, al ser una alternativa de material reciclable y
- Ecológicamente responsable en materiales de construcción.

Por otra parte, el mapa de valor del negocio está estrechamente relacionado con el cliente. En resumen, al efectuar las investigaciones correspondientes para encontrar las necesidades del cliente, se detectaron varios problemas asociados con que los materiales clásicos de construcción son de difícil acceso, no tan económicos y no aislantes. En cambio, el cliente tiene dificultades para conseguir material de construcción sustentable, lo que lo lleva a buscar un ahorro en su utilización.

4.5 Producto Mínimo Viable (PMV)

El Producto Mínimo Viable (PMV) en el contexto del reciclaje y reutilización de llantas de equipos mineros se centra en desarrollar una solución inicial que pueda ser lanzada al mercado para probar su viabilidad y obtener retroalimentación temprana de los usuarios. A continuación, se detallan los componentes clave del PMV propuesto. Para su diseño y evaluación se emplearon las plantillas metodológicas de Strategyzer, las cuales se encuentran detalladas en el Apéndice C.

4.5.1. Descripción del PMV

4.5.1.1. Gránulos de Caucho de Alta Calidad

- Producción de fragmentos de caucho uniformes y de alta calidad mediante tecnologías avanzadas de trituración y granulación.
- Garantía de que los gránulos se alinean con las especificaciones técnicas exigidas para diversas aplicaciones, incluyendo materiales de construcción y pavimentación.

Los gránulos de caucho reciclado son partículas obtenidas a partir del procesamiento mecánico de neumáticos fuera de uso, principalmente provenientes de maquinaria pesada. Estos gránulos se generan mediante un proceso de trituración y granulación en seco o criogénico, que permite separar el caucho de los componentes metálicos y textiles sin comprometer sus propiedades físicas.

Cada granulo presenta una textura irregular y un tamaño que puede variar desde fracciones milimétricas (0,5 mm) hasta partículas mayores de 5 mm, dependiendo del uso final. Su color característico es negro, debido a la alta concentración de negro de carbón utilizado en la fabricación original de los neumáticos. Esta tonalidad aporta protección UV natural, aumentando su resistencia a la intemperie.

Entre sus principales características técnicas destacan: alta durabilidad, elasticidad residual, resistencia al desgaste, absorción de impactos, impermeabilidad y propiedades de aislamiento acústico y térmico. Estas cualidades los hacen idóneos para aplicaciones en pisos amortiguantes, asfaltos modificados, paneles aislantes, bloques de construcción, sistemas de drenaje permeables y más.

Desde el punto de vista ambiental, los gránulos de caucho, que se muestran en la Figura 6, contribuyen significativamente a la economía circular, reduciendo la presión sobre los vertederos y evitando la quema de residuos. Además, su reutilización disminuye la necesidad de materias primas vírgenes y genera una huella ecológica menor en comparación con materiales sintéticos o convencionales.

4.5.1.2. Prototipos de Tejas y Planchas Modulares

- Desarrollo de tejas y planchas modulares como se muestran en la Figura 7 hechas a partir del granulo caucho reciclado para agregar valor al PMV.
- Diseño que permite fácil instalación y mantenimiento, con propiedades mejoradas de aislamiento térmico y acústico.

- Pruebas iniciales en aplicaciones reales para evaluar la durabilidad, resistencia y efectividad de los productos.

Figura 6

Producto Mínimo Viable (PMV)



Figura 7

Prototipos de Tejas y Planchas Modulares



4.5.1.3. Modelos de Negocio y Estrategias de Marketing

- Desarrollo de vínculos estratégicos con proveedores y distribuidores para asegurar la disponibilidad de insumos y canales de venta.
- Desarrollo de una campaña de marketing inicial para dar a conocer la solución y estimular la demanda en el mercado de la construcción y otros sectores relevantes.

4.5.2. Objetivos del PMV

4.5.2.1. Validación del Producto

- Confirmar que los gránulos de caucho y los productos modulares cumplen con los exigentes parámetros de calidad y las necesidades del mercado.
- Obtener retroalimentación directa de los usuarios finales para realizar mejoras y ajustes necesarios.

4.5.2.2. Pruebas en el Mundo Real

- Implementar pruebas piloto en carreteras y edificaciones para evaluar el rendimiento de los productos en condiciones reales.
- Cuantificar el impacto ambiental y los ahorros de costos en relación con los materiales tradicionales.

4.5.2.3. Desarrollo de la Cadena de Suministro

- Establecer una red confiable de fabricantes y distribuidores para garantizar un flujo constante de insumos y productos.
- Identificar y resolver posibles desafíos logísticos y de producción.

4.5.2.4. Evaluación de Impacto Social y Económico

- Crear empleos en las comunidades locales mediante la construcción de plantas de reciclaje y la producción de productos.
- Promover la educación y la promoción de la conciencia ecológica sobre la sostenibilidad y el reciclaje a través de talleres y campañas informativas.

4.5.3. Resultados Esperados del PMV

4.5.3.1. Productos Aceptados por el Mercado

- Generar interés y aceptación en el mercado para los productos de caucho reciclado, estableciendo una base de clientes inicial.

4.5.3.2. Retroalimentación Valiosa

- Obtener información crucial sobre el desempeño del producto y las preferencias de los usuarios para guiar futuras iteraciones y mejoras.

4.5.3.3. Validación del Modelo de Negocio

- Confirmar la sostenibilidad comercial del proyecto y su potencial para escalar a mayor escala.

4.5.3.4. Impacto Ambiental y Social Positivo

- Reducir de manera sustancial, la cantidad de neumáticos tirados que terminan en rellenos sanitarios y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Generar empleo y desarrollo económico en las comunidades locales, promoviendo una economía circular y sostenible.

El PMV es un paso crucial para probar y validar el concepto del reciclaje de llantas de equipos mineros, asegurando que las soluciones desarrolladas no solo sean viables y efectivas, y que, al mismo tiempo, generen beneficios para el medio ambiente y la sociedad.

Capítulo V. Modelo de Negocio

En el presente capítulo se presenta el modelo de negocio del proyecto a través del Lienzo del Modelo de Negocio (Business Model Canvas), el cual permite visualizar de forma estructurada los nueve bloques clave que sustentan la propuesta de valor y su operatividad en el mercado objetivo.

5.1. Lienzos del Modelo de Negocio

El modelo de negocio del proyecto se construye a partir del enfoque propuesto por Osterwalder y Pigneur (2010) mediante el Lienzo de Modelo de Negocio (Business Model Canvas), el cual permite representar de manera visual, estructurada e integral los componentes clave de cualquier empresa. Esta herramienta facilita el análisis de viabilidad desde la propuesta de valor hasta las estructuras operativas y financieras, articulando los requerimientos de los clientes con las capacidades internas de la organización.

Respecto a los segmentos de clientes, el modelo se orienta a cuatro grupos principales: empresas constructoras de gran y mediana escala, pequeñas y medianas empresas (PYMEs) del sector construcción, entidades públicas responsables de infraestructura, y usuarios particulares. Cada uno de estos segmentos presenta necesidades diferenciadas en términos de volumen de compra, soporte técnico, criterios de sostenibilidad y estructura de precios. Según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO, 2021), el sector continúa expandiéndose, incorporando nuevos actores y demandando materiales más eficientes y sostenibles.

La propuesta de valor se centra en ofrecer materiales de construcción producidos a partir de llantas recicladas, con propiedades superiores como alta durabilidad, aislamiento térmico y acústico, resistencia al desgaste, y bajo impacto ambiental. Esta oferta no solo responde a la necesidad urgente de reducir la acumulación de residuos peligrosos, sino que también se alinea con los principios de la economía circular y la construcción sostenible

(Fundación Ellen MacArthur, 2019). El valor diferencial radica en la transformación de un residuo industrial en un insumo competitivo y funcional para obras urbanas y rurales.

En relación con los canales de distribución, se contempla una estrategia mixta que incluye la venta directa a empresas mediante convenios comerciales, la distribución a través de ferreterías y almacenes especializados, y la participación en licitaciones públicas. La Asociación de Construcción Sostenible del Perú (2023) ha señalado que los proyectos con enfoque ecológico vienen siendo priorizados en la agenda de infraestructura pública y privada, lo cual representa una oportunidad relevante para productos reciclados.

La relación con los clientes se desarrollará mediante una atención personalizada que incluya asesoría técnica antes y después de la venta, visitas de inspección, garantías de calidad y seguimiento postventa. De acuerdo con Kotler y Keller (2016), la experiencia del cliente se convierte en un factor clave para la fidelización, especialmente en mercados B2B y B2C que involucran soluciones innovadoras.

Las fuentes de ingreso provendrán principalmente de la comercialización de productos como gránulos de caucho, pisos modulares, tejas, paneles y revestimientos, todos elaborados a partir de llantas recicladas. A esto se suman ingresos complementarios por servicios de instalación, asesoría en sostenibilidad y licenciamiento de tecnologías. El uso de residuos como materia prima permite mantener márgenes operativos competitivos y ofrecer precios accesibles (PNUMA, 2020).

Entre los recursos clave se incluyen una planta de reciclaje equipada con maquinaria especializada, unidades de transporte para la recolección de llantas, personal capacitado en control de calidad, alianzas estratégicas con el sector minero y certificaciones ambientales. Tanto la infraestructura como la logística son determinantes para asegurar una operación eficiente, rentable y escalable (Rodríguez & Mendoza, 2021).

Las actividades clave comprenden el acopio, clasificación y procesamiento de llantas;

el diseño y desarrollo de nuevos productos; el control de calidad durante todas las etapas; así como las acciones de comercialización, promoción y distribución. La innovación continua en productos y procesos será un eje fundamental para diferenciarse dentro del mercado (Chesbrough, 2011).

En cuanto a los socios estratégicos, se identifican actores como empresas mineras proveedoras de llantas usadas, entidades gubernamentales que promueven políticas de reciclaje, centros de investigación especializados en materiales sostenibles, universidades y organizaciones financieras que apoyan proyectos de impacto ambiental. Estas alianzas permiten consolidar una cadena de valor más eficiente, legítima y competitiva (Porter & Kramer, 2011).

La estructura de costos contempla la inversión inicial en infraestructura, los costos variables de operación y mantenimiento, los gastos logísticos, las remuneraciones al personal, las actividades promocionales y los compromisos normativos. A medida que el modelo escale, se espera alcanzar economías de escala que optimicen el margen bruto y mejoren la rentabilidad general (Osterwalder & Pigneur, 2010).

En síntesis, el Lienzo de Modelo de Negocio, presentado en la Figura 8, permite evidenciar la coherencia y viabilidad de los distintos componentes estratégicos del proyecto. Esta propuesta integra sostenibilidad ambiental, generación de valor económico y compromiso social, constituyéndose en una alternativa empresarial innovadora y pertinente frente a los desafíos actuales relacionados con la gestión de llantas mineras en el Perú.

5.2. Viabilidad del Modelo de Negocio

Para el proyecto de materiales de construcción a base de neumáticos, se considerarán los activos y bienes de la empresa, como son terrenos, edificios, maquinaria, equipos, mobiliario, herramientas, entre otros.

Figura 8*Lienzo del Modelo de Negocio*

Socios clave	Actividades clave	Propuestas de valor	Relación con clientes	Segmentos de clientes
<p>Socios clave: Empresas especializadas en reciclaje industrial y universidades con programas de investigación en materiales reciclados.</p> <p>Proveedores clave: Proveedores de maquinaria para trituración y procesamiento de neumáticos, y empresas mineras que proporcionan los neumáticos usados.</p> <p>Recursos clave adquiridos de los socios: Tecnología avanzada de reciclaje y conocimiento especializado en el manejo y transformación de neumáticos mineros.</p> <p>Actividades clave realizadas por los socios: Suministro continuo de neumáticos usados y asistencia técnica para la optimización de procesos de reciclaje, garantizando eficiencia y reducción de costos.</p>	<p>Actividades clave para nuestras propuestas de valor: Optimización del proceso de reciclaje de llantas para garantizar productos de alta calidad y sostenibles.</p> <p>Actividades clave para nuestros canales de distribución: Establecimiento de una red logística eficiente para recolección y entrega de productos reciclados.</p> <p>Actividades clave para nuestras relaciones con los clientes: Implementación de soporte técnico y comunicación constante a través de plataformas digitales.</p> <p>Actividades clave para nuestros flujos de ingresos: Diversificación de productos reciclados y expansión a nuevos mercados a través de plataformas de e-commerce.</p>	<p>Los valores que le ofrecemos al cliente: Soluciones sostenibles y económicas en reciclaje de llantas.</p> <p>Los problemas de los clientes que estamos ayudando a resolver: Eliminación de residuos y acceso a materiales reciclados de alta calidad.</p> <p>Los productos y servicios que ofrecemos a cada segmento de clientes: Productos reciclados personalizados y servicios de asesoría técnica.</p> <p>Las necesidades del cliente que satisfacemos: Satisfacemos la necesidad de soluciones eficientes, accesibles y eco-amigables para la gestión de residuos y materiales.</p>	<p>El tipo de relación que estableceremos y mantendremos con nuestros clientes: Relación personalizada y de soporte continuo.</p> <p>Las relaciones que hemos establecido: Asesoría técnica personalizada y atención postventa.</p> <p>Las relaciones se integran con nuestro modelo de negocio: Fortaleciendo la fidelización del cliente y mejoran la satisfacción mediante soporte especializado.</p> <p>El costo: Son levemente costosos, pero necesarios para garantizar la calidad del servicio y la satisfacción del cliente.</p>	<p>Estamos creando valor para: empresas y personas individuales que buscan soluciones sostenibles y eficientes en la gestión de residuos, específicamente en la reutilización de llantas.</p> <p>Nuestros clientes más importantes son: empresas constructoras, industrias de caucho, y organismos gubernamentales que priorizan la sostenibilidad, así como personas individuales.</p> <p>Nuestra clientela se enfoca en: Un nicho de mercado especializado en reciclaje y sostenibilidad, con potencial de expansión hacia segmentos diversificados.</p>
	Recursos clave		Canales	
	<p>Recursos clave para nuestras propuestas de valor: Tecnología avanzada de reciclaje y materiales reciclados de alta calidad.</p> <p>Recursos clave para nuestros canales de distribución: Infraestructura logística y alianzas estratégicas con transportistas.</p> <p>Recursos clave para nuestras relaciones con los clientes: Plataformas digitales para soporte y comunicación efectiva.</p> <p>Recursos clave para nuestros flujos de ingresos: Acceso a mercados emergentes y capacidad de producción escalable.</p>		<p>Ventas: Los pedidos podrán efectuarse a través de correos electrónicos o mediante llamadas telefónicas.</p> <p>Distribución: La entrega se realizará tras la firma de un contrato, ya sea en planta o directamente en el lugar que prefiera el cliente, con el pago del flete por adelantado.</p> <p>Captación de nuevos clientes: Participar en eventos de innovación y realizar publicidad en plataformas de comercio electrónico.</p>	
Estructura de costos		Fuente de ingresos		
<p>Costos: Costos fijos, como salarios, alquileres, y mantenimiento de maquinaria.</p> <p>Los recursos clave más caros son: La maquinaria de reciclaje y la tecnología de procesamiento.</p> <p>Las actividades más costosas son: El procesamiento de llantas y la logística de distribución de los productos reciclados.</p>		<p>Venta de accesorios para construcción de material de caucho reciclado.</p> <p>Venta de productos secundarios como caucho para campos sintéticos, alambre, entre otros.</p>		

Las siguientes tablas muestran los activos fijos que el proyecto demandará:

La Tabla 6 muestra una posible inversión en maquinarias y equipos.

Tabla 6

Inversión en Maquinarias y Equipos

Concepto	Cantidad	Precio (en US\$)	Costo Total (en US\$)
Destalonadora	1	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00
Cortadora	1	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00
Transportador de Banda	3	\$ 22,000.00	\$ 66,000.00
Trituradora Primaria	1	\$ 115,878.00	\$ 115,878.00
Zaranda Seleccionadora Vibratoria	1	\$ 12,780.00	\$ 12,780.00
Trituradora Secundaria	1	\$ 94,986.00	\$ 94,986.00
Sistema Extractor de Fibra	1	\$ 36,529.00	\$ 36,529.00
Banda Magnética	2	\$ 7,761.00	\$ 15,522.00
Transportador Tornillo Sin Fin	5	\$ 10,504.00	\$ 52,520.00
Granuladora	1	\$ 89,250.00	\$ 89,250.00
Zaranda Separadora Vibratoria	1	\$ 13,348.00	\$ 13,348.00
Molino Hidráulico	1	\$ 49,980.00	\$ 49,980.00
Zaranda Seleccionadora	1	\$ 19,099.00	\$ 19,099.00
Equipo de envasado Doble	1	\$ 23,627.00	\$ 23,627.00
Montacarga	1	\$ 35,870.00	\$ 35,870.00
Sistema de Curado o Vulcanización	2	\$ 73,000.00	\$ 146,000.00
Horno de Secado	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00
Sistema de Corte y Afilado	1	\$ 23,000.00	\$ 23,000.00
Costo total maquinaria y equipos		\$ 727,612.00	\$ 894,389.00

Nota. Equipos industriales para reciclaje de neumáticos tomados de ECO GREEN

EQUIPMENT (2019) WEB <https://ecogreenequipment.com/tire-equipment/>

La Tabla 7 muestra otra alternativa de maquinaria que podría utilizarse.

Tabla 7*Inversión en Maquinarias y Equipos – Segunda Alternativa*

Concepto	Cantidad	Precio (en US\$)	Costo Total (en US\$)
Destalonadora	1	\$ 28,365.50	\$ 28,365.50
Cortadora	1	\$ 31,500.00	\$ 31,500.00
Transportador de Banda	3	\$ 18,812.10	\$ 56,436.30
Trituradora Primaria	1	\$ 97,031.70	\$ 97,031.70
Zaranda Seleccionadora Vibratoria	1	\$ 10,767.00	\$ 10,767.00
Trituradora Secundaria	1	\$ 83,740.10	\$ 83,740.10
Sistema Extractor de Fibra	1	\$ 32,304.35	\$ 32,304.35
Banda Magnética	2	\$ 5,391.65	\$ 10,783.30
Transportador Tornillo Sin Fin	5	\$ 8,978.60	\$ 44,893.00
Granuladora	1	\$ 59,538.75	\$ 59,538.75
Zaranda Separadora Vibratoria	1	\$ 9,003.40	\$ 9,003.40
Molino Hidráulico	1	\$ 33,288.00	\$ 33,288.00
Zaranda Seleccionadora	1	\$ 12,709.35	\$ 12,709.35
Equipo de envasado Doble	1	\$ 15,627.55	\$ 15,627.55
Montacarga	1	\$ 17,127.50	\$ 17,127.50
Sistema de Curado o Vulcanización	2	\$ 55,000.00	\$ 110,000.00
Horno de Secado	1	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00
Sistema de Corte y Afilado	1	\$ 14,000.00	\$ 14,000.00
Costo total maquinaria y equipos		\$ 566,185.55	\$ 700,115.80

Nota. Cálculos basados en la tasa de depreciación vigente según la Superintendencia

Nacional de Administración Tributaria – SUNAT (2024).

VAN (Valor Actual Neto). El VAN es de S/ 3'144,559.54, esto señala que el proyecto posee un valor actual neto positivo, lo cual demuestra su rentabilidad, en la Tabla 8 se muestra el detalle del flujo.

Tabla 8*Cuadro para la Elaboración del VAN y TIR, en Soles*

	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ventas		3'840,000.00	4'147,200.00	4'478,976.00	4'837,294.08	5'224,277.61
Costos variables		800,000.00	900,000.00	1'000,000.00	1'000,000.00	1'500,000.00
Margen Bruto		3'040,000.00	3'247,200.00	3'478,976.00	3'837,294.08	3'724,277.61
Gastos administrativos		304,000.00	304,000.00	304,000.00	304,000.00	304,000.00
Financiamiento	- 3'336,070.97	796,130.12	796,130.12	796,130.12	796,130.12	796,130.12
Otros ingresos						
Utilidad operativa		1'939,869.88	2'147,069.88	2'378,845.88	2'737,163.96	2'624,147.49
Depreciación		-	-	-	-	-
Utilidad antes de Impuesto		1'939,869.88	2'119,869.88	2'320,286.55	2'642,608.60	2'488,433.30
Impuesto a la Renta		290,980.48	317,980.48	348,042.98	396,391.29	373,264.99
Flujo de efectivo	- 3'336,070.97	1'648,889.40	1'801,889.40	1'972,243.57	2'246,217.31	2'115,168.31
VAN	3'144,559.54					
TIR	48%					

5.3. Escalabilidad del Modelo de Negocio

La capacidad de ampliación y el potencial exponencial son fundamentales para el crecimiento sostenible de un modelo de negocio, especialmente en la industria de la construcción civil con un enfoque en la sostenibilidad mediante el reciclaje de llantas. A continuación, se detallan estrategias que permiten escalar este modelo de negocio, apoyadas por datos y cifras que demuestran su potencial.

5.3.1. Producción en Masa de Materiales Reciclados

La capacidad de aumentar la producción de materiales reciclados sin un incremento proporcional en los costos es clave para la escalabilidad. En Perú, se generan aproximadamente 6 millones de neumáticos por año, de las cuales solo el 10% se recicla actualmente. Aprovechando esta disponibilidad, la producción en masa de productos como pavimentos de caucho, tejas y bloques puede aumentar significativamente sin requerir una

inversión masiva en materia prima.

Un ejemplo del impacto de la producción en masa es el caso de la empresa "TireCycle", que aumentó su capacidad de producción en un 300% en los últimos cinco años al automatizar su planta, reduciendo los costos unitarios en un 20%.

5.3.2. Diversificación de Productos y Mercados

Diversificar la gama de artículos confeccionados a partir de caucho reciclado es otra estrategia para escalar el negocio. En todo el mundo, se espera que el mercado de productos reciclados crezca a una tasa de interés compuesto anual (CAGR) del 7.2% entre 2021 y 2026, alcanzando un valor de US\$ 12.32 mil millones para 2026. En Perú, la demanda de soluciones sostenibles está en aumento, con un 45% de las constructoras interesadas en integrar productos reciclados en sus proyectos en los próximos tres años.

Además de productos básicos, se pueden desarrollar suelos de seguridad, barreras acústicas y componentes deportivos, ampliando el mercado objetivo y las oportunidades de ingresos. La expansión geográfica hacia otros países de la región también puede aprovechar la creciente demanda de productos ecológicos.

5.3.3. Alianzas Estratégicas y Redes de Distribución

Las alianzas estratégicas son esenciales para escalar el negocio. En 2023, más del 60% de las grandes constructoras en América Latina reportaron estar dispuestas a colaborar con empresas que ofrezcan materiales de construcción sostenibles. Al asociarse con gobiernos locales y empresas de infraestructura, el modelo de negocio puede acceder a proyectos de gran escala, garantizando un crecimiento exponencial.

Una red de distribución sólida puede permitir que los productos lleguen a mercados más amplios sin requerir una expansión física de la empresa. Por ejemplo, "EcoRoads", una empresa similar en México logró aumentar sus ventas en un 40% al establecer acuerdos de distribución con grandes minoristas y proveedores de materiales de construcción.

5.3.4. Automatización y Tecnología

La inversión en tecnología y automatización es crucial para escalar el modelo de negocio. Según un informe de McKinsey (2021), las empresas que adoptan la automatización en sus procesos pueden reducir los costos operativos hasta en un 25% y aumentar la productividad en un 30%.

En el contexto del reciclaje de llantas, la implementación de maquinaria avanzada puede procesar un mayor volumen de neumáticos con menor intervención humana, optimizando la producción y mejorando los márgenes de beneficio. Además, el uso de sistemas de gestión inteligentes puede asegurar que los productos se fabriquen y entreguen con máxima eficiencia.

5.3.5. Economías de Escala

Las economías de escala contribuyen a la reducción del costo por unidad a medida que se incrementa la cantidad producida. En la industria del reciclaje, por cada 10,000 toneladas de llantas recicladas, los costos de producción pueden disminuir hasta en un 15%, según estudios del sector. Esto es particularmente relevante para productos como pavimentos de caucho, donde la compra masiva de materia prima y el procesamiento en grandes volúmenes mejoran significativamente la rentabilidad.

5.3.6. Innovación Continua y Adaptación al Mercado

La capacidad de innovar y adaptarse a las demandas cambiantes del mercado constituye un factor determinante para la escalabilidad de cualquier modelo de negocio. Según un informe publicado por Deloitte en 2022, las empresas que invierten de forma sistemática en innovación logran, en promedio, un crecimiento anual del 8%. Esta evidencia respalda la importancia de mantener una cultura de mejora continua como eje estratégico para el desarrollo empresarial.

En el caso específico del reciclaje de llantas, este principio se traduce en el desarrollo

de nuevos productos derivados del caucho reciclado, en la optimización constante de los procesos industriales y en la capacidad de responder ágilmente a las tendencias emergentes en sostenibilidad. Mantenerse a la vanguardia permite identificar y capitalizar oportunidades de mercado, consolidando ventajas competitivas y facilitando una expansión más rápida y eficiente.

En este sentido, el modelo de negocio orientado a la producción de materiales de construcción a partir de caucho reciclado presenta un alto potencial de escalabilidad y crecimiento exponencial. La combinación de una estructura de producción en masa, una oferta diversificada de productos, la implementación de alianzas estratégicas, el uso de tecnologías de automatización, la generación de economías de escala y una orientación constante hacia la innovación, constituyen una base sólida para su sostenibilidad y proyección internacional.

Estos factores no solo aseguran un desempeño económico favorable, sino que además refuerzan el impacto ambiental positivo del proyecto, al reducir significativamente el volumen de residuos sólidos y promover un modelo de producción responsable. En conjunto, este enfoque posiciona al emprendimiento como una solución innovadora, adaptable y comprometida con los desafíos globales del desarrollo sostenible.

5.4. Sostenibilidad del Modelo de Negocio

Los beneficios clave de los gránulos de caucho frente a otros materiales incluyen:

Producto reciclado: Los gránulos de caucho se fabrican a partir de materiales reutilizados, sobre todo de llantas de camiones preseleccionados, garantizando que el material no cause daños en su uso posterior.

Variedad en dimensiones: El caucho está disponible en múltiples dimensiones, lo que lo hace adaptable para diversas superficies.

Alta resistencia: Este material es muy duradero y puede soportar condiciones climáticas

extremas, como el calor, el frío y la lluvia.

Versatilidad: Es apto tanto para aplicaciones en interiores como en exteriores.

Flexibilidad: Gracias a su flexibilidad, el caucho es menos propenso a desarrollar grietas en comparación con materiales más duros y frágiles, como el cemento.

Resistencia invernal: Drena bien el agua, lo que lo hace seguro para zonas con lluvias y nieve frecuentes, además de absorber eficazmente la luz solar invernal.

Economía: Es un material asequible y su instalación es económica. Además, puede colocarse directamente sobre superficies dañadas, como el cemento agrietado, sin necesidad de remover el material anterior.



Capítulo VI. Solución Deseable, Factible y Viable

En este capítulo se presentará una solución evaluada desde tres perspectivas clave: la deseabilidad, medida a través del precio del producto y su facilidad de uso; la factibilidad, analizada en función de la eficacia del plan de marketing y el proceso operativo; y la viabilidad, evaluada desde un enfoque financiero. Estos tres factores nos permitirán determinar si la propuesta es sostenible y competitiva en el mercado.

6.1. Validación de la Deseabilidad de la Solución

Para validar la deseabilidad de la solución propuesta, se evaluarán dos factores clave: Precio del producto: Se llevará a cabo un análisis de mercado que permita comparar el precio del producto con alternativas sustitutas y competidores directos. El objetivo de este estudio es determinar si el precio resulta competitivo y atractivo para los usuarios finales, lo cual es determinante para lograr su aceptación en el mercado.

Facilidad de uso: Se realizarán pruebas con usuarios potenciales con el fin de evaluar la simplicidad y la practicidad del proceso de instalación y uso del producto. Se busca garantizar que su implementación no requiera conocimientos técnicos especializados, facilitando así su adopción tanto por parte de clientes institucionales como de consumidores particulares.

Este proceso de validación permitirá confirmar que la solución es deseable no solo por su accesibilidad económica, sino también por su facilidad de uso, dos elementos esenciales para asegurar su éxito y posicionamiento sostenible en el mercado.

6.1.1. Hipótesis para Validar la Deseabilidad de la Solución

Para validar la deseabilidad de la solución propuesta, es fundamental comprobar si los usuarios perciben el precio y la facilidad de uso como factores atractivos. A través de estas hipótesis, buscamos determinar si el producto es competitivo en el mercado y si cumple con las expectativas de los usuarios en cuanto a accesibilidad y practicidad.

Hipótesis 1: Si el precio del granulado de caucho reciclado es de 1.88 soles por kilogramo y el precio de las tejas de caucho reciclado es de 56.25 soles por metro cuadrado, entonces al menos el 70% de los usuarios encuestados considerarán estos precios aceptables en comparación con las alternativas disponibles en el mercado.

Métrica de validación: Porcentaje de usuarios que aceptan el precio propuesto, validado si al menos el 70% lo considera aceptable.

Hipótesis 2: Si el producto es fácil de usar e instalar, sin requerir conocimientos técnicos especializados, entonces al menos el 80% de los usuarios que prueben el producto preferirán esta solución sobre otras opciones.

Métrica de validación: Porcentaje de usuarios que califican la facilidad de uso como "Alta" o "Media" y expresan una preferencia por el producto, validado si al menos el 80% muestra preferencia.

6.1.2. Experimentos Empleados para Validar la Deseabilidad de la Solución

Para validar las hipótesis sobre la deseabilidad de la solución propuesta, se llevaron a cabo varios experimentos que midieron tanto la aceptación de los precios como la facilidad de uso del producto. A continuación, se detalla cómo se realizaron estos experimentos, los tamaños de las muestras, y los resultados obtenidos.

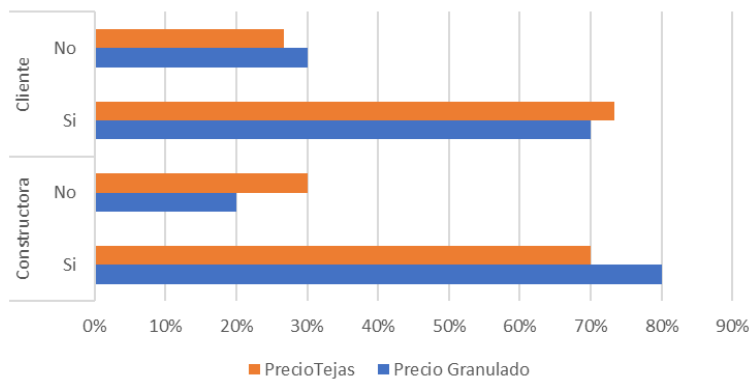
6.1.2.1. Encuestas sobre Percepción de Precios (Validación de Hipótesis 1)

- Descripción del experimento: Se encuestó a un total de 50 usuarios, que incluyeron tanto empresas constructoras como clientes individuales.
- El objetivo fue medir la aceptación de los precios propuestos para el granulado de caucho reciclado (1.88 soles/kg) y las tejas de caucho reciclado (56.25 soles/m²). La métrica de validación establecía que al menos el 70% de los usuarios encuestados deberían aceptar los precios propuestos para validar la hipótesis, los resultados se muestran en la Figura 9.

- Tamaño de la muestra: 50 usuarios potenciales (20 empresas constructoras y 30 clientes individuales).

Figura 9

Resultado de Encuesta sobre Precios



El 70% de las empresas constructoras y el 73% de los clientes individuales consideraron aceptables los precios propuestos, lo que permitió validar la hipótesis en el segmento de empresas constructoras, así como en clientes individuales que se alcanzó la métrica del 70%.

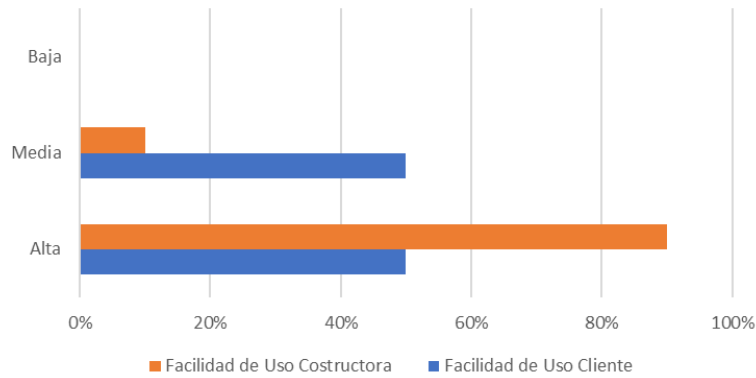
6.1.2.2. Pruebas de Producto sobre Facilidad de Uso (Validación de Hipótesis 2)

- Descripción del experimento: Se distribuyeron muestras de granulado y tejas a 20 usuarios (10 empresas y 10 clientes individuales) para que probaran la facilidad de uso e instalación. Posteriormente, se pidió a los usuarios que calificaran la facilidad de uso como "Baja", "Media" o "Alta", y si preferían esta solución en comparación con otras. La métrica de validación para la hipótesis 2 establecía que al menos el 80% de los usuarios debían calificar la facilidad de uso como "Alta" o "Media" y mostrar preferencia por el producto.

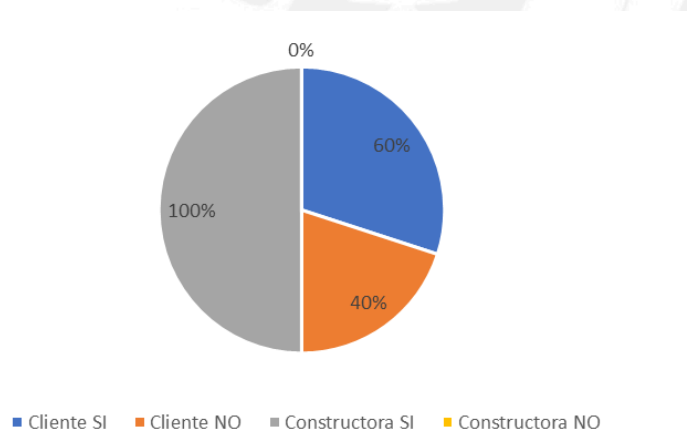
Las Figuras 10 y 11 muestran los resultados obtenidos en este experimento.

Figura 10

Percepción sobre la Facilidad de Uso de los Materiales Fabricados

**Figura 11**

Preferencias por el Producto



El 100% de los usuarios calificaron la facilidad de uso como "Alta" o "Media" y el 80% mostró preferencia por el producto, lo que validó la hipótesis en ambas métricas.

6.1.2.3. Análisis Comparativo de Precios (Validación de Hipótesis 1)

- Descripción del experimento: Se realizó un análisis comparativo entre los precios propuestos y los precios de productos alternativos en el mercado para evaluar si los precios del granulado y las tejas de caucho reciclado eran competitivos.

La Tabla 9, muestra los resultados de esta comparación de precios con el mercado.

Tabla 9*Comparación de Precios con Promedios del Mercado*

Producto	Precio Propuesto (Soles)	Precio Promedio del Mercado (Soles)	Es Precio Competitivo
Granulado de Caucho	1.88	2.5	Sí
Tejas de Caucho	56.25	60	Sí

Los precios propuestos fueron considerados competitivos en comparación con los precios promedio del mercado, lo que refuerza la validación de la primera hipótesis.

Los experimentos realizados han confirmado la validación de las hipótesis planteadas. Los precios fueron aceptados como competitivos, especialmente en el segmento empresarial, y el producto fue calificado positivamente en cuanto a su facilidad de uso y preferencia por los usuarios. Esto demuestra que la solución es deseable para la mayoría de los usuarios objetivo.

6.2. Validación de la Factibilidad de la Solución

La validación de la factibilidad de la solución se basará en el análisis del plan de marketing y el plan de operaciones de la empresa. Se evaluará la capacidad del plan de marketing para posicionar el producto en el mercado y atraer a los clientes necesarios para su éxito. Al mismo tiempo, se revisará la eficiencia del plan de operaciones para asegurar que la producción y distribución del granulado y las tejas de caucho reciclado puedan realizarse de manera efectiva, cumpliendo con la demanda y los estándares de calidad esperados.

6.2.1. Plan de Mercadeo

El plan de mercadeo de la empresa se centra en posicionar el granulado de caucho reciclado y las tejas de caucho reciclado como soluciones sostenibles y rentables en el mercado de la construcción y la infraestructura. A continuación, se describen los principales componentes del plan:

6.2.1.1. Análisis de Mercado. La empresa ha identificado una demanda creciente de

materiales sostenibles en el sector de la construcción. Las oportunidades de mercado se encuentran principalmente en:

- Empresas constructoras: Estas empresas buscan reducir costos y mejorar su reputación mediante el uso de materiales reciclados.
- Clientes individuales: Interesados en materiales duraderos y ecológicos para proyectos de renovación y construcción doméstica.

6.2.1.2. Segmentación de Mercado. El plan segmenta el mercado en dos grupos principales:

- B2B (Business-to-Business): Empresas constructoras y distribuidores de materiales de construcción.
- B2C (Business-to-Consumer): Consumidores individuales interesados en mejoras del hogar con un enfoque en la sostenibilidad.

6.2.1.3. Propuesta de Valor. El granulado y las tejas de caucho reciclado ofrecen los siguientes beneficios:

- Costo competitivo: Precios más bajos en comparación con materiales tradicionales.
- Sostenibilidad: Contribución a la reducción del impacto ambiental mediante el uso de materiales reciclados.
- Durabilidad: Mayor resistencia a condiciones climáticas y desgaste en comparación con otros materiales.

6.2.1.4. Estrategia de Promoción. La estrategia de promoción se enfocará en campañas digitales y en eventos de la industria:

- Campañas en redes sociales: Para generar conciencia sobre los productos y sus beneficios, especialmente su impacto ambiental positivo.
- Participación en ferias y exposiciones: Donde la empresa pueda mostrar los productos a empresas constructoras y profesionales del sector.

- Publicidad en medios especializados: Anuncios en revistas y portales web dedicados a la construcción sostenible.

6.2.1.5. Estrategia de Distribución. La distribución se realizará a través de:

- Distribuidores especializados: En productos de construcción ecológicos.
- Venta directa a empresas constructoras: Para grandes volúmenes de compra.
- Canales online: Para consumidores individuales, utilizando una plataforma e-commerce que facilite la compra directa.

6.2.1.6. Estrategia de Precios. El plan establece precios competitivos de:

- 1.88 soles por kilogramo de granulado.
- 56.25 soles por metro cuadrado de tejas. Estos precios fueron validados en comparación con el mercado y se consideran aceptables para los segmentos objetivo.

6.2.1.7. Metas de Ventas. En el Perú, el sector de la construcción ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años. Se proyecta que el mercado de la construcción sostenible en América Latina crecerá a una tasa compuesta anual del 9.5 % hasta el año 2026, impulsado por el fortalecimiento de normativas ambientales y por una creciente demanda de soluciones sostenibles tanto en proyectos de infraestructura pública como privada. En este contexto, la industria de materiales reciclados, especialmente aquellos destinados a la construcción, viene ganando relevancia debido a su contribución a la reducción de residuos y al mejoramiento de la eficiencia energética en edificaciones.

Actualmente, en el Perú, aproximadamente el 15 % de los proyectos en ejecución están incorporando prácticas y materiales sostenibles. En particular, el uso de caucho reciclado en el sector construcción ha cobrado protagonismo en áreas como la pavimentación de vías, pistas deportivas y espacios recreativos. A nivel global, el mercado del caucho reciclado fue valorado en aproximadamente 4.5 mil millones de dólares en 2021, con una proyección de crecimiento anual del 5 %. En América Latina, se estima que la demanda de

caucho reciclado aplicado a la construcción crecerá a una tasa del 7 % anual hasta 2025.

En términos de volumen, el mercado mundial del granulado de caucho se estima en 5.2 millones de toneladas por año, con una expansión proyectada de 300,000 toneladas adicionales anuales hasta el 2025. Esta tendencia representa una oportunidad importante para captar una parte significativa del mercado local.

En el caso peruano, si se considera que los materiales reciclados representan el 10 % del valor total del sector construcción —el cual bordea los 4,000 millones de dólares anuales—, el mercado potencial para productos reciclados, como el granulado de caucho y las tejas, ascendería aproximadamente a 400 millones de dólares por año. Las empresas constructoras que ya han adoptado prácticas sostenibles reportan una demanda proyectada de 20,500 toneladas anuales de caucho granulado y 150,000 metros cuadrados de tejas recicladas. En consecuencia, la meta del proyecto en su primer año consiste en capturar al menos el 10 % de este mercado local, lo que equivaldría a la comercialización de 2,050 toneladas de granulado de caucho y 15,000 metros cuadrados de tejas recicladas. Esta proyección se encuentra alineada con la tasa de crecimiento del 7 % estimada para el sector en América Latina.

La Tabla 10 presenta la proyección quinquenal del presupuesto asignado a las actividades contempladas en la mezcla de marketing del proyecto SecondLife Tech. La planificación integra una estrategia multicanal que combina acciones digitales, presenciales y técnicas, orientadas a posicionar los productos derivados del reciclaje de llantas en el mercado nacional. Se observa una asignación progresiva de recursos en función del crecimiento proyectado del negocio, destacando conceptos clave como la inversión en publicidad en redes sociales, participación en ferias sectoriales, y fortalecimiento del canal digital mediante técnicas de SEO y plataformas de comercio electrónico.

Asimismo, se incluye una inversión constante en personal comercial y en consultoría

especializada, con el fin de garantizar la capacidad operativa y técnica necesaria para la correcta implementación del plan de marketing. Esta estructura presupuestal evidencia el compromiso del equipo con una ejecución escalable, sostenible y orientada al logro de los objetivos comerciales del proyecto.

Tabla 10

Presupuesto de la Mezcla de Marketing (2025 - 2029), en Soles

Actividad	2025	2026	2027	2028	2029
Publicidad en Redes Sociales	25,000.00	28,000.00	32,000.00	35,000.00	40,000.00
Participación en Ferias	15,000.00	17,000.00	19,000.00	21,000.00	23,000.00
Publicidad en Medios Especializados	8,000.00	9,000.00	10,000.00	12,000.00	14,000.00
Material Publicitario	5,000.00	6,000.00	7,000.00	8,000.00	10,000.00
Promociones y Descuentos	15,000.00	16,000.00	17,000.00	18,000.00	20,000.00
Investigación de Mercado	4,000.00	5,000.00	6,000.00	7,000.00	8,000.00
Consultoría de Marketing	10,000.00	12,000.00	14,000.00	16,000.00	18,000.00
SEO y Optimización Web	7,000.00	8,000.00	9,000.00	10,000.00	12,000.00
Gastos en Plataformas de Venta	12,000.00	14,000.00	16,000.00	18,000.00	20,000.00
Sueldos y comisiones	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00
Total	201,000.00	215,000.00	230,000.00	245,000.00	265,000.00

6.2.2. Plan de Operaciones

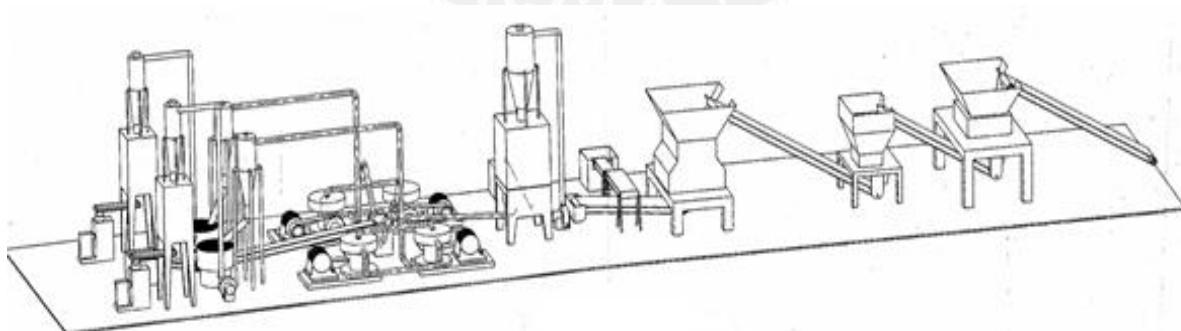
El plan de operaciones que a continuación se detalla busca garantizar la producción y distribución eficiente del granulado de caucho reciclado y las tejas de caucho reciclado, optimizando los costos y garantizando la calidad del producto. Este plan toma en cuenta el proceso productivo, la ubicación de la planta, la cadena de suministro, el control de calidad y los costos operativos, entre otros factores esenciales.

6.2.2.1. Ubicación de la Planta. La ubicación ideal para la planta de producción se ha determinado teniendo en cuenta varios factores como el acceso a materia prima, cercanía a los principales mercados de consumo y costos logísticos. Tras un análisis, el departamento de Arequipa ha sido seleccionado como la mejor ubicación para la planta debido a:

- Proximidad a las fuentes de materia prima: En Arequipa hay una gran cantidad de empresas mineras que generan un flujo constante de llantas usadas, lo que reduce significativamente los costos de transporte de la materia prima.
- Infraestructura logística: La ubicación cuenta con acceso a carreteras importantes que conectan con los mercados del sur y centro del país.
- Costos laborales: Los costos de mano de obra en Arequipa son competitivos en comparación con otras regiones del país.
- Disponibilidad de energía: La región cuenta con suministro adecuado de energía eléctrica, clave para operar la maquinaria de reciclaje.
- Características de la planta: El sistema propuesto, cuyo gráfico se muestra en la Figura 12, tiene la capacidad de procesar hasta 2,000 kilogramos por hora de neumáticos, lo que permite un rendimiento anual aproximado de 7,000 toneladas, considerando unas 3,500 horas de trabajo efectivo. Del peso total de los neumáticos procesados, entre el 70% y 80% corresponde a goma recuperada, la cual puede contener pequeñas trazas de fibras especiales.

Figura 12

Diseño de la Planta de Producción



Nota: Tomado de <https://www.e-asfalto.com/recichule>

El 20% a 30% restante corresponde a acero, que forma la estructura del neumático. Este acero, con un mínimo residuo de goma, puede ser reutilizado en la industria del hierro y

acero. La planta ocupará un área de aproximadamente 2,000 metros cuadrados y todo el sistema puede ser operado por cuatro operadores por turno. La potencia instalada total del sistema es cercana a los 200 caballos de fuerza (HP), y las necesidades de mantenimiento son mínimas, enfocándose principalmente en las máquinas trituradoras, que requieren afilado y cambio periódico de cuchillas y discos refinadores

6.2.2.2. Proceso Productivo. El proceso de producción se divide en las siguientes etapas clave:

a. Recolección y almacenamiento de llantas usadas

- Proveedores: Se establecerán acuerdos con empresas mineras, compañías de transporte y entidades gubernamentales para la recolección de llantas usadas.
- Almacenamiento: Las llantas serán almacenadas en un área cercana a la planta, donde serán clasificadas y preparadas para su procesamiento.

b. Trituración y granulación

- Maquinaria: La planta estará equipada con una trituradora de alta capacidad que permitirá procesar hasta 7,000 toneladas anuales de llantas usadas, el detalle de los procesos y las maquinarias empleadas en esta etapa los podemos encontrar en el Apéndice D.
- Proceso: Las llantas se triturarán en pequeños trozos, que luego pasarán por una segunda fase de granulación donde se reducirán a partículas uniformes de caucho reciclado.

c. Moldeado de tejas

- Se utilizarán moldes específicos para la fabricación de tejas a partir del caucho reciclado. Este proceso requiere maquinaria especializada para aplicar calor y presión, logrando la forma y resistencia deseadas en las tejas.

d. Control de calidad

- Se realizarán pruebas de durabilidad, resistencia a la intemperie y al desgaste en los productos antes de su distribución. Cada lote de producción será sometido a un control de calidad riguroso.

6.2.2.3. Capacidad Productiva. La planta contará con una capacidad inicial de:

- 7,000 toneladas de granulado de caucho anuales.
- 15,000 metros cuadrados de tejas de caucho reciclado anuales.

Este nivel de capacidad permitirá satisfacer la demanda local e internacional a corto plazo, con la posibilidad de aumentar la producción en función de la demanda.

6.2.2.4. Cadena de Suministro y Distribución

a. Materia prima

- Proveedores: Se firmarán contratos con empresas mineras, de transporte y municipalidades para la entrega de llantas usadas. La proximidad de la planta a los proveedores clave ayudará a reducir los costos de logística.

b. Distribución

- Almacenes: Se contará con un almacén central en la planta para el almacenamiento de productos terminados. Además, se establecerán almacenes satélites en Lima y otras ciudades clave.
- Logística de distribución: Se contratarán empresas de transporte para la distribución del producto en todo el país, asegurando entregas eficientes y a tiempo a clientes mayoristas y distribuidores de materiales de construcción.

6.2.2.5. Personal y Capacitación

- Mano de obra: Se contratará personal local capacitado para operar la maquinaria, realizar el mantenimiento preventivo y llevar a cabo controles de calidad.
- Capacitación: El personal será entrenado en el uso de maquinaria y técnicas de control de calidad, con capacitaciones periódicas para garantizar la mejora continua.

- Personal necesario:

Ingenieros de planta: 2

Operarios de maquinaria: 4

Encargados de control de calidad: 2

Encargados de logística: 2

Personal administrativo: 3

6.2.2.6. Control de Calidad. El control de calidad se aplicará en tres fases del proceso productivo:

- **Materia prima:** Las llantas serán inspeccionadas antes de entrar en el proceso de producción para asegurar que cumplen con los estándares mínimos de calidad.
- **Producto intermedio:** Durante la fase de granulación, se realizarán pruebas de calidad para asegurar la uniformidad de las partículas de caucho.
- **Producto final:** Las tejas y el granulado serán sometidos a pruebas de resistencia, durabilidad y seguridad antes de su comercialización.

6.2.3. Simulaciones Empleadas para Validar las Hipótesis

Hipótesis. Si el proceso logístico puede mantener un nivel de servicio del 100% en todos los escenarios de demanda (pesimista, conservador y optimista), entonces la empresa será capaz de cumplir con los requerimientos del mercado, evitando cuellos de botella y cumpliendo con los costos totales proyectados, lo que mantendrá un margen bruto del 40% en todos los escenarios.

Validación. La hipótesis será confirmada si, en cada uno de los escenarios de demanda, la empresa puede cumplir con el nivel de servicio del 100% sin exceder los costos logísticos previstos, asegurando la entrega oportuna y manteniendo el margen bruto proyectado.

Hipótesis. Si el cociente entre el Valor del Tiempo de Vida del Cliente (LTV) y el

Costo de Adquisición de Cliente (CAC) es igual o superior a 3, entonces el plan de marketing será considerado eficaz, ya que cada cliente adquirido generará al menos tres veces el costo necesario para adquirirlo, garantizando la rentabilidad a largo plazo.

Validación. La hipótesis se confirmará si el cociente $LTV/CAC \geq 3$, lo que indicará que el plan de marketing está logrando adquirir clientes de manera rentable y que la inversión en marketing está generando un retorno suficiente para cubrir los costos de adquisición, mientras maximiza el valor obtenido de cada cliente a lo largo de su ciclo de vida.

Para validar nuestra hipótesis del proceso logístico, hemos simulado tres escenarios de demanda y en ellos hemos calculado los beneficios y cómo es posible atender nuestra demanda, los resultados se muestran en la Tabla 11, observando que el servicio se mantiene al 100%, lo cual valida nuestra hipótesis.

Tabla 11

Resultados Escenarios Diversos - Resultado Financiero del Desempeño Logístico, en Soles

	Escenarios basados en la demanda		
	Pesimista (75% demanda)	Conservador (100% demanda)	Optimista (125% demanda)
Ingresos	2'818,650	4'697,750	5'872,188
Costo total	686,888	686,888	686,888
Beneficio	1'351,942	1'278,434	5'367,790
Margen Bruto	75.6%	85.4%	88.3%
Nivel de servicio	100%	100%	100%

Para validar la hipótesis del plan de marketing, se realizó una simulación de Montecarlo con 1,000 escenarios aleatorios, variando el Costo de Adquisición de Cliente (CAC) y el Valor del Tiempo de Vida del Cliente (LTV). El objetivo era comprobar que el cociente LTV/CAC fuera mayor o igual a 3, lo que indicaría la eficacia del plan de marketing.

Los resultados mostraron una media del cociente LTV/CAC de 6.20, lo que significa

que, en promedio, el valor generado por cada cliente es 6.2 veces el costo de adquirirlo. La mediana fue muy cercana a la media, lo que indica consistencia en la distribución de los valores. Con una desviación estándar de 0.80, la variabilidad entre los escenarios fue moderada, mostrando estabilidad en la relación LTV/CAC.

El cociente varió entre un mínimo de 3.65 y un máximo de 8.85, confirmando que en todos los casos simulados el cociente superó el valor crítico de 3, validando así la hipótesis. Además, la simulación mostró una probabilidad del 0% de que el cociente LTV/CAC fuera menor a 3.

En conclusión, la simulación, cuyos resultados se muestran en la Tabla 12 y la Tabla 13, confirma que el plan de marketing es altamente eficaz, con todos los escenarios mostrando que el valor generado por cliente supera tres veces el costo de adquisición, validando completamente la hipótesis con un nivel de confianza del 95%.

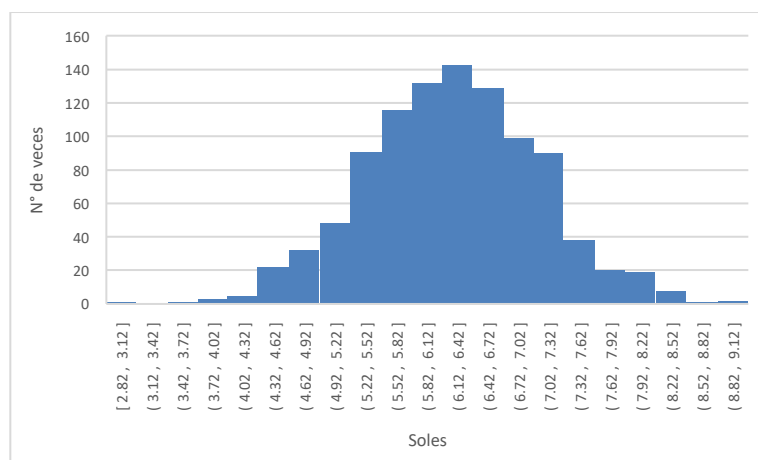
Tabla 12

Resultados de la Simulación de Monte Carlo para el Plan de Marketing

<i>Resultados de la Simulación de Montecarlo</i>	
Media	6.198551121
Error típico	0.025185751
Mediana	6.205305832
Desviación estándar	0.796443380
Varianza de la muestra	0.634322058
Curtosis	-0.123272780
Coefficiente de asimetría	-0.009627257
Rango	5.204263913
Mínimo	3.648554898
Máximo	8.852818811
Suma	6198.551121
Cuenta	1000
Nivel de confianza (95.0%)	0.049423044
Valor inferior	6.15
Valor superior	6.25
Probabilidad ($X < 3$)	0%

Tabla 13

Histograma de la Simulación de Monte Carlo para el Plan de Marketing



6.3. Validación de la Viabilidad de la Solución

Hipótesis. Si el Valor Actual Neto (VAN) es positivo en al menos el 95% de los escenarios simulados, la Tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor al costo promedio ponderado de capital (WACC) en los mismos escenarios, y la probabilidad de obtener un VAN inferior a S/ 3,500,000 es inferior al 5%, entonces el proyecto será financieramente viable y generará suficientes retornos para cubrir los costos de capital y producir beneficios netos.

La viabilidad de la solución será validada mediante un análisis financiero basado en una simulación de Montecarlo, que permitirá modelar múltiples escenarios financieros bajo distintas condiciones de demanda. Este enfoque garantizará una evaluación exhaustiva de la capacidad de la solución para generar ingresos, controlar costos y mantener márgenes de beneficio suficientes en diversas situaciones del mercado. Los escenarios que se analizarán incluyen un escenario pesimista (75% de la demanda), uno conservador (100% de la demanda) y uno optimista (125% de la demanda).

6.3.1. Presupuesto de Inversión

El presupuesto presentado muestra una inversión inicial total de S/ 2'890,743.73. Esta

inversión está distribuida en diversas áreas críticas para garantizar el éxito del proyecto, incluyendo desarrollo de plataforma, marketing, soporte técnico, y costos operativos iniciales.

Desarrollo de la Plataforma. Se destina S/ 50,000.00 al diseño, implementación y pruebas de la plataforma tecnológica. Esto incluye el diseño y desarrollo inicial de la plataforma (S/ 20,000.00), implementación de una plataforma de pagos (S/ 10,000.00), y pruebas y ajustes técnicos (S/ 20,000.00). La inversión en este rubro es crucial para asegurar que la plataforma sea funcional y segura para los usuarios, facilitando las transacciones y el uso eficiente de la misma.

- **Marketing y Promoción.** Un total de S/ 79,000.00 está destinado a la creación de contenido promocional (S/ 42,000.00), campañas en Google Ads (S/ 12,000.00) y redes sociales (S/ 25,000.00). Esta inversión en marketing es clave para generar visibilidad y atraer a los primeros usuarios. El enfoque en estrategias digitales permitirá captar el interés de los clientes objetivo de manera efectiva y medir el impacto de las campañas.
- **Soporte Técnico y Atención al Cliente.** Se han destinado S/ 45,000.00 a los sueldos y capacitación del equipo encargado de soporte técnico y atención al cliente. Esto garantizará un servicio de alta calidad, proporcionando soluciones rápidas y efectivas a los usuarios, un aspecto fundamental para la retención de clientes y la satisfacción del servicio.
- **Costos Operativos Iniciales.** La mayor parte de la inversión, S/ 2'625,547.31, está destinada a la infraestructura tecnológica, particularmente a la adquisición de maquinaria necesaria para operar el proyecto. También se incluye una partida de S/ 7,000.00 para licencias de software, esenciales para el funcionamiento de la plataforma. Estos costos son necesarios para asegurar la capacidad de producción y operación a gran escala desde el inicio.

- Contingencias. Se ha previsto un fondo de contingencias de S/ 84,196.42, aproximadamente el 3% del total de la inversión. Este fondo está destinado a cubrir gastos imprevistos o ajustes necesarios durante la fase inicial, lo cual es vital para asegurar la flexibilidad financiera ante posibles retos.

Este presupuesto de inversión cuyo resumen se muestra en la Tabla 14, está diseñado para cubrir todas las áreas esenciales del proyecto, desde la tecnología y marketing hasta el soporte técnico, con un enfoque claro en garantizar la funcionalidad y el crecimiento inicial del negocio.

Tabla 14

Presupuesto de Inversión del Proyecto Gránulos de Caucho, en Soles

Concepto	Monto
Desarrollo de la Plataforma	
Diseño y desarrollo inicial	20,000.00
Implementación de plataforma de pagos	10,000.00
Pruebas y ajustes técnicos	20,000.00
Marketing y Promoción	
Creación de contenido promocional	42,000.00
Campañas de Google Ads	12,000.00
Campañas en redes sociales	25,000.00
Soporte Técnico y Atención al Cliente	
Sueldos y capacitación del equipo	45,000.00
Costos Operativos Iniciales	
Infraestructura tecnológica (Maquinaria)	2'625,547.31
Licencias de software	7,000.00
Contingencias	84,196.42
Total, Inversión Inicial	2'890,743.73

6.3.2. Análisis Financiero

El análisis financiero tiene como objetivo evaluar la viabilidad económica del proyecto, asegurando que la empresa pueda generar ingresos suficientes para cubrir los costos operativos y generar un margen de beneficio adecuado. A través de este análisis, se proyecta

el crecimiento esperado de las ventas, los costos asociados, y la rentabilidad a lo largo del tiempo, considerando tanto los escenarios de demanda conservadores como optimistas. Este análisis permite tomar decisiones fundamentadas sobre la sostenibilidad del negocio, evaluar riesgos financieros y planificar estrategias de inversión y expansión.

La proyección de ventas presentada en la Tabla 15, se obtuvo a partir de un análisis del volumen de ventas esperado para los productos clave: el granulado de caucho reciclado y las tejas de caucho. Se estimó un crecimiento anual tanto en el número de kilogramos de granulado como en los metros cuadrados de tejas vendidas, junto con incrementos graduales en los precios de ambos productos. Este enfoque se basa en las expectativas de expansión del mercado y la aceptación creciente de productos reciclados, resultando en un flujo de ventas que comienza en S/ 4'697,750 en 2025 y alcanza S/ 6'930,649 en 2029.

Tabla 15

Proyección de Ventas Anuales (2025 - 2029), en Soles

Años	2025	2026	2027	2028	2029
Número de kilogramos de granulo de caucho vendido	2'050,000	2'193,500	2'347,045	2'511,338	2'687,132
Valor promedio del Kg de gránulo (S/.)	1.88	1.94	1.99	2.05	2.12
Número de m2 de tejas de caucho	15,000.00	16,050.00	17,173.50	18,375.65	19,661.94
Precio del metro cuadrado de teja	56.25	57.94	59.68	61.47	63.31
Ventas en soles	4'697,750.00	5'177,390.28	5'706,001.82	6'288,584.61	6'930,649.10

La Tabla 16, presenta el flujo de caja proyectado del proyecto para el periodo 2025–2029, desglosado en actividades operativas, de inversión y de financiamiento. En cuanto a las actividades operativas, se observa un crecimiento sostenido de los ingresos por ventas, que pasan de S/ 4.7 millones en el primer año a más de S/ 6.9 millones en el quinto año. Este incremento se ve acompañado de una gestión eficiente de costos y gastos, lo que permite generar un flujo operativo positivo creciente, alcanzando S/ 4.2 millones en el último año

proyectado.

Tabla 16

Flujo de Caja Anual (2025-2029), en Soles

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
ACTIVIDADES DE OPERACIÓN						
Ingresos por ventas		4'697,750	5'177,390	5'706,002	6'288,585	6'930,649
Pago costo de ventas		-686,888	-701,744	-716,929	-732,449	-748,312
Pago de Gastos administrativos		-749,063	-749,063	-749,063	-749,063	-749,063
Pago de Impuesto a la renta		-496,913	-645,849	-811,512	-995,854	-1'201,071
Pago de Participación trabajadores						
Total, Actividades de Operación		2'764,887	3'080,735	3'428,498	3'811,220	4'232,204
ACTIVIDADES DE INVERSIÓN						
Compra de activos fijos	-2'675,547					
Total, Actividades de Inversión	-2'675,547	0	0	0	0	0
ACTIVIDADES DE FINANCIAMIENTO						
Aporte de capital de los socios	2'229,973					
Ingresos por Prestamos	1'486,649					
Amortización deuda		-199,357	-239,441	-287,585	-345,408	-414,858
Intereses		-298,916	-258,832	-210,688	-152,864	-83,414
Pago de dividendos						
Total, Actividades de financiamiento	3'716,622	-498,273	-498,273	-498,273	-498,273	-498,273
Aumento (disminución de efectivo)	1'041,075	2'266,615	2'582,462	2'930,226	3'312,947	3'733,932
Más saldo inicial de caja		1'041,075	3'307,690	5'890,152	8'820,378	12'133,325
SALDO FINAL DE CAJA	1'041,075	3'307,690	5'890,152	8'820,378	12'133,325	15'867,256

En las actividades de inversión, el único desembolso relevante corresponde al Año 0, con una inversión inicial de S/ 2.67 millones en activos fijos. Por otro lado, las actividades de financiamiento incluyen aportes de capital y préstamos en el Año 0, seguidos por pagos periódicos de intereses y amortización de deuda entre los años 1 y 5. Gracias a esta estructura, el flujo neto de efectivo muestra un crecimiento acumulativo positivo, lo que permite alcanzar un saldo final de caja de S/ 15.8 millones en 2029, reflejando la solidez

financiera del proyecto en el largo plazo.

El estado de situación financiera proyectado para el período 2025-2029, que se muestra en la Tabla 17, muestra una evolución positiva tanto en los activos como en el patrimonio de la empresa, lo que indica un crecimiento saludable del proyecto a lo largo de los cinco años analizados.

Tabla 17

Estado Anual de la Situación Financiera (2025 - 2029), en Soles

	2025	2026	2027	2028	2029
ACTIVOS					
Activos Corrientes					
Efectivo	3'307,690	5'890,152	8'820,378	12'133,325	15'867,256
Activo No corriente					
Activos fijos	2'675,547	2'140,438	1'605,328	1'070,219	535,109
Depreciación	-535,109	-535,109	-535,109	-535,109	-535,109
Amortización	-743,324	-1'486,649	-2'229,973	-2'973,298	-3'716,622
Total, activos	4'704,803	6'008,831	7'660,623	9'695,136	12'150,634
PASIVOS					
Pasivo Corriente					
Deuda corto plazo					
Impuestos a la renta					
Pasivo No corriente					
Deuda Largo Plazo (préstamo bancario)	1'287,292	1'047,851	760,267	414,858	0
Total, pasivos	1'287,292	1'047,851	760,267	414,858	0
PATRIMONIO					
Capital social	2'229,973	2'229,973	2'229,973	2'229,973	2'229,973
Resultados acumulados	1'187,538	2'731,007	4'670,383	7'050,305	9'920,661
Dividendos por pagar					
Total, patrimonio	3'417,511	4'960,980	6'900,357	9'280,278	12'150,634
PASIVOS + PATRIMONIO	4'704,803	6'008,831	7'660,623	9'695,136	12'150,634

Los activos corrientes, específicamente el efectivo, crecen significativamente, pasando de S/ 3'307,690 en 2025 a S/ 15'867,256 en 2029. Este aumento refleja una sólida generación de caja gracias al crecimiento proyectado de las ventas y el control de los gastos

operativos.

Los activos no corrientes, que representan los activos fijos, muestran una disminución progresiva debido a la depreciación y amortización. A partir de S/ 2'675,547 en 2025, los activos fijos se reducen a S/ 535,109 en 2029, lo cual es resultado de la depreciación continua de los equipos y la amortización de activos intangibles.

El pasivo no corriente (deuda a largo plazo) se reduce de S/ 1'287,292 en 2025 a S/ 0 en 2029, lo que indica que la empresa planea pagar su deuda bancaria a lo largo del período de análisis. Esta disminución refleja un buen manejo de la deuda y una estrategia para minimizar el apalancamiento financiero hacia el final del período.

Los pasivos corrientes no se detallan en el cuadro, lo que significa que las obligaciones a corto plazo, como impuestos y deuda de corto plazo, están siendo gestionadas de manera eficiente dentro del flujo de caja operativo.

El patrimonio neto de la empresa se incrementa considerablemente durante el período, pasando de S/ 3'417,511 en 2025 a S/ 12'150,634 en 2029. Este crecimiento se debe principalmente a la acumulación de resultados positivos año tras año. Los resultados acumulados crecen de S/ 1'187,538 en 2025 a S/ 9'920,661 en 2029, lo que indica que la empresa está generando beneficios importantes, los cuales se reinvierten en el proyecto, fortaleciendo su estructura financiera.

El análisis de la situación financiera proyectada muestra un escenario sólido para el proyecto, con una disminución gradual de la deuda, un aumento significativo en los activos líquidos (efectivo), y un crecimiento constante en el patrimonio neto. La empresa parece estar bien posicionada para expandir sus operaciones de manera rentable y generar suficiente liquidez para cubrir sus obligaciones y reinvertir en su propio crecimiento, consolidando su estabilidad financiera a largo plazo.

El WACC (Weighted Average Cost of Capital), o costo promedio ponderado de

capital, es la tasa que se utiliza para evaluar la viabilidad de proyectos de inversión, tomando en cuenta tanto el costo de la deuda como el costo del capital propio. En este caso, el WACC se ha calculado considerando una mezcla de financiamiento con un 40% de deuda (W_d) y un 60% de capital propio (W_e).

El cálculo del WACC parte de dos componentes principales:

- Costo del capital propio (COK), obtenido a través del modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model). En esta tabla, el CAPM tiene un valor de 27.35%, lo que representa la tasa de retorno exigida por los accionistas para invertir en el proyecto, considerando el riesgo del mercado ($R_m - R_f = 8.56\%$) y el retorno libre de riesgo ($R_f = 12.76\%$).
- Costo de la deuda, que se obtiene considerando la tasa bancaria de 20.11%, reflejando el costo de los préstamos bancarios que la empresa deberá cubrir para financiar parte de sus operaciones.

Ambos componentes se ponderan según la proporción de deuda y capital propio utilizados en la estructura de financiamiento, aplicando la fórmula del WACC:

$$\text{WACC} = (W_e \times \text{COK}) + (W_d \times \text{Tasa bancaria})$$

Con un costo de capital propio del 32.23% en soles y un costo de deuda del 20.11%, se obtiene un WACC de 25.01%. Este valor refleja el retorno mínimo que la empresa debe generar sobre sus inversiones para cubrir tanto el costo de la deuda como la rentabilidad esperada por los accionistas.

El WACC es la tasa que se utilizará para evaluar la viabilidad financiera del proyecto, ya que representa el costo total del financiamiento, ponderado según la estructura de capital de la empresa, el proceso de cálculo y los elementos utilizados se muestran en la Tabla 18.

6.3.3. Simulaciones Empleadas para Validar las Hipótesis

Para validar las hipótesis financieras del proyecto, se realizará una simulación de Montecarlo con 500 escenarios diferentes. A través de esta simulación, se evaluarán el Valor

Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto, considerando variaciones en las principales variables financieras como ingresos, costos, y tasas de interés. Esta técnica permitirá analizar el comportamiento del proyecto bajo diversas condiciones de mercado, proporcionando una perspectiva probabilística de los resultados financieros.

Tabla 18

Cálculo del WACC para el Proyecto

Variables	Valores
Rf	12.76%
Bu	1.16
$BL = Bu \times [1 + (D/C) \times (1 - Tx)]$	
BL	1.71
(Rm-Rf)	8.56%
CAPM	27.35%
Rp	1.40%
COK (Costo de financiamiento (Costo deuda e inversión propia)	28.75%
T RENTA	29.50%
Pasivo con costo	S/ 1'486,648.93
Capital Accionariado	S/ 2'229,973.39
Activo	S/ 3'716,622.31
Wd	40.00%
We	60.00%
T.C. t-1 PEN USD	3.7
T.C.HOY PEN USD	3.8
T.C. t-1 USD PEN	0.27027027
T.C.HOY USD PEN	0.263
Devaluación	-0.026
COK SOLES	32.23%
TASA BANCARIA	20.11%
WACC	25.01%

El análisis de la simulación de Montecarlo, que se muestra en la Tabla 19, valida nuestra hipótesis de viabilidad financiera al mostrar que, en los 500 escenarios simulados, el Valor Actual Neto (VAN) promedio es de S/ 5'214,860.54, lo que indica que el proyecto

tiene una rentabilidad esperada sólida por encima de los costos de capital.

Tabla 19

Resultados para la Simulación de Monte Carlo del VAN y el TIR, en Soles

Años	0	1	2	3	4	5
Flujo de caja neto	-3'716,622	2'676,707	3'004,379	3'366,345	3'766,125	4'207,597
Promedio ponderado de capital	22.70%					
Valor Actual Neto (VAN)	5'457,233.94					
Tasa Interna de Retorno (TIR)	76.73%					
Período de retorno (en meses)	0.00					
Para obtener la desviación estándar	VAN-Prom	VAN-DE				
Deben probarse varios escenarios	5'184,372.25	423,155.62				
Primera simulación	4'757,700.12					
VAN promedio simulado	5'214,860.54					
VAN desviación estándar simulada	414,617.09					
VAN mínimo	3'948,446.91					
VAN máximo	6'867,349.90					
Riesgo de pérdida: VAN < 3'500,000	0.00%					

La Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida es del 76.73%, lo que está significativamente por encima del costo promedio ponderado de capital (WACC) de 22.70%, lo que valida que el proyecto generará rendimientos superiores a los costos financieros.

Además, el riesgo de obtener un VAN inferior a S/ 3'500,000 es del 0%, lo que significa que en ningún escenario la rentabilidad esperada cae por debajo de ese umbral, lo que confirma que el proyecto es financieramente viable con un bajo riesgo de pérdida. La desviación estándar de S/ 414,617.09 también indica que las variaciones en los posibles resultados no son muy amplias, lo que refuerza la estabilidad financiera del proyecto.

En resumen, los resultados de la simulación de Montecarlo validan que el proyecto es financieramente viable bajo la hipótesis planteada, con una probabilidad extremadamente baja de obtener rendimientos insuficientes, lo que reduce el riesgo y aumenta la confiabilidad

en la rentabilidad proyectada.

Se evaluarán tres escenarios principales: escenario optimista, donde los ingresos superan las expectativas y los costos se mantienen controlados; escenario moderado, donde las variables clave se comportan de acuerdo con las proyecciones más conservadoras; y escenario pesimista, donde los ingresos se reducen y los costos aumentan. De esta manera, se podrá validar si el proyecto es rentable y viable bajo diferentes condiciones de mercado, identificando el riesgo financiero y la robustez de las proyecciones, en la Tabla 20, se presenta el flujo de efectivo para el escenario esperado.

Tabla 20

Proyección de Flujo de Efectivo en Soles - Escenario Esperado

	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Total, Ingresos		4'697,750	5'177,390	5'706,002	6'288,585	6'930,649
Costos		-686,888	-701,744	-716,929	-732,449	-748,312
Margen Bruto		4'010,863	4'475,646	4'989,073	5'556,136	6'182,338
Gastos fijos - Administrativos		-749,063	-749,063	-749,063	-749,063	-749,063
EBITDA		3'261,800	3'726,584	4'240,011	4'807,073	5'433,275
Amortización de inversiones		-743,324	-743,324	-743,324	-743,324	-743,324
Depreciación		-535,109	-535,109	-535,109	-535,109	-535,109
EBIT		1'983,366	2'448,150	2'961,577	3'528,640	4'154,841
Impuestos		-585,093	-722,204	-873,665	-1'040,949	-1'225,678
Depreciación y amortización		1'278,434	1'278,434	1'278,434	1'278,434	1'278,434
NOPAT		2'676,707	3'004,379	3'366,345	3'766,125	4'207,597
Inversión Inicial	3'716,622					
FCF	-3'716,622	2'676,707	3'004,379	3'366,345	3'766,125	4'207,597
Préstamo	-1'486,649					
Pago de Intereses		-298,916	-258,832	-210,688	-152,864	-83,414
Escudo fiscal de los intereses		-88,180	-76,355	-62,153	-45,095	-24,607
Amortizaciones de préstamos		-199,357	-239,441	-287,585	-345,408	-414,858
Flujo de caja del accionista (FCA)	-2'229,973	2'090,254	2'429,752	2'805,920	3'222,757	3'684,717
Detalle	Valor					
VA	8'707,750.07					
Inversión	-3'716,622.31					
VAN	4'991,127.76					
TIR	76.73%					
WACC	25.01%					

Los resultados financieros muestran un análisis sólido de la viabilidad del proyecto. El Valor Actual Neto (VAN) calculado es de S/ 4'991,127.76, lo que indica que el proyecto generará un valor significativo por encima de la inversión inicial de S/ 3'716,622.31. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es del 76.73%, lo cual es considerablemente mayor que el costo promedio ponderado de capital (WACC) de 25.01%. Esto implica que el proyecto no solo cubre sus costos financieros, sino que también ofrece un rendimiento atractivo.

El flujo de caja libre (FCF) comienza con una salida inicial de S/ 3'716,622 en 2024, correspondiente a la inversión inicial, y luego crece consistentemente a lo largo de los años, alcanzando S/ 4'207,597 en 2029. Estos resultados sugieren que el proyecto es altamente rentable y que los flujos de caja futuros serán suficientes para cubrir tanto los costos de operación como los compromisos financieros, generando beneficios para los accionistas. En el escenario optimista, presentado en la Tabla 21, el proyecto muestra un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 14'205,358.65 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 155.77%, muy por encima del WACC de 25.01%. Esto indica que el proyecto es altamente rentable, con ingresos proyectados que superan las expectativas y un flujo de caja creciente a lo largo de los años, lo que garantiza un retorno muy atractivo para los inversionistas.

El flujo de efectivo correspondiente al escenario pesimista se presenta en la Tabla 22 del documento. En dicho escenario, se asume una situación de ingresos reducidos, lo que permite evaluar la solidez del proyecto bajo condiciones adversas. A pesar de esta proyección conservadora, los indicadores financieros continúan mostrando resultados favorables.

Esto demuestra que el modelo de negocio mantiene su viabilidad incluso en contextos menos optimistas. El proyecto conserva un VAN positivo y una TIR que supera el costo de capital, lo cual valida su sostenibilidad económica. Así, se refuerza la confianza en la resiliencia financiera del emprendimiento ante variaciones en la demanda o en el entorno

económico.

Tabla 21

Proyección de Flujo de Efectivo en Soles - Escenario Optimista

	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Total, Ingresos		5'872,188	6'471,738	7'132,502	7'860,731	8'663,311
Costos		-686,888	-701,744	-716,929	-732,449	-748,312
Margen Bruto		5'185,300	5'769,994	6'415,574	7'128,282	7'915,000
Gastos fijos - Administrativos		-749,063	-749,063	-749,063	-749,063	-749,063
EBITDA		4'436,238	5'020,931	5'666,511	6'379,220	7'165,937
Amortización de inversiones		-743,324	-743,324	-743,324	-743,324	-743,324
Depreciación		-535,109	-535,109	-535,109	-535,109	-535,109
EBIT		3'157,804	3'742,497	4'388,077	5'100,786	5'887,503
Impuestos		931,552	1'104,037	1'294,483	1'504,732	1'736,814
Depreciación y amortización		1'278,434	1'278,434	1'278,434	1'278,434	1'278,434
NOPAT		5'367,790	6'124,968	6'960,994	7'883,951	8'902,751
Inversión Inicial	3'716,622					
FCF	-3'716,622	5'367,790	6'124,968	6'960,994	7'883,951	8'902,751
Préstamo	-1'486,649					
Pago de Intereses		-298,916	-258,832	-210,688	-152,864	-83,414
Escudo fiscal de los intereses		-88,180	-76,355	-62,153	-45,095	-24,607
Amortizaciones de préstamos		-199,357	-239,441	-287,585	-345,408	-414,858
Flujo de caja del accionista (FCA)	5'203,271	4'781,337	5'550,340	6'400,568	7'340,584	8'379,871
Detalle	Valor					
VA	17'921,980.96					
Inversión	- 3'716,622.31					
VAN	14'205,358.65					
TIR	155.77%					
WACC	25.01%					

Tras evaluar los tres escenarios — optimista, moderado y pesimista — se puede concluir que el proyecto es financieramente viable en todas las condiciones simuladas. En el escenario optimista, el proyecto muestra un VAN de S/ 14'205,358.65 y una TIR de 155.77%, superando ampliamente el WACC de 25.01%, lo que indica una alta rentabilidad en un contexto favorable. En el escenario moderado, el VAN de S/ 4'991,127.76 y la TIR de

76.73% también superan el WACC, confirmando que el proyecto es rentable bajo condiciones más conservadoras. Incluso en el escenario pesimista, con un VAN de S/ 806,871.29 y una TIR de 34.30%, el proyecto sigue siendo viable, superando el WACC y generando un retorno positivo. En resumen, el proyecto es rentable y sostenible, incluso en escenarios menos favorables, lo que lo convierte en una inversión sólida y de bajo riesgo financiero.

Tabla 22

Proyección de Flujo de Efectivo en Soles - Escenario Pesimista

	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Total, Ingresos		2'818,650	3'106,434	3'423,601	3'773,151	4'158,389
Costos		-686,888	-701,744	-716,929	-732,449	-748,312
Margen Bruto		2'131,763	2'404,690	2'706,672	3'040,702	3'410,078
Gastos fijos - Administrativos		-749,063	-749,063	-749,063	-749,063	-749,063
EBITDA		1'382,700	1'655,628	1'957,610	2'291,640	2'661,015
Amortización de inversiones		-743,324	-743,324	-743,324	-743,324	-743,324
Depreciación		-535,109	-535,109	-535,109	-535,109	-535,109
EBIT		104,266	377,194	679,176	1,013,206	1,382,582
Impuestos		-30,758	-111,272	-200,357	-298,896	-407,862
Depreciación y amortización		1'278,434	1'278,434	1'278,434	1'278,434	1'278,434
NOPAT		1'351,942	1'544,355	1'757,253	1'992,744	2'253,154
Inversión Inicial	3'716,622					
FCF	-3'716,622	1'351,942	1'544,355	1'757,253	1'992,744	2'253,154
Préstamo	-1'486,649					
Pago de Intereses		-298,916	-258,832	-210,688	-152,864	-83,414
Escudo fiscal de los intereses		-88,180	-76,355	-62,153	-45,095	-24,607
Amortizaciones de préstamos		-199,357	-239,441	-287,585	-345,408	-414,858
Flujo de caja del accionista (FCA)	-2'229,973	765,489	969,727	1'196,827	1'449,376	1'730,274
Detalle	Valor					
VA	4'523,493.61					
Inversión	- 3'716,622.31					
VAN	806,871.29					
TIR	34.30%					
WACC	25.01%					

A partir de los resultados obtenidos en la validación de las hipótesis de negocio, se puede concluir que el modelo propuesto demuestra una alta consistencia en términos de deseabilidad, factibilidad y viabilidad. En cuanto a la deseabilidad, las encuestas y pruebas cualitativas revelan una fuerte aceptación por parte del público objetivo: más del 70% estaría dispuesto a pagar por el producto, más del 80% percibió su uso como sencillo, y los participantes de los focus group manifestaron su disposición a recomendarlo. Estos hallazgos validan la propuesta de valor del proyecto y evidencian que la solución responde de manera efectiva a las necesidades y preferencias del usuario final.

Desde el punto de vista de la factibilidad y viabilidad, las simulaciones realizadas respaldan sólidamente la implementación del modelo. El desempeño del plan de marketing se considera exitoso al superar un cociente LTV/CAC de 3, lo cual garantiza eficiencia en la adquisición de clientes. Asimismo, la evaluación logística proyecta una capacidad operativa que cubre el 100% de la demanda estimada, validando la robustez del modelo operativo. Finalmente, la simulación financiera basada en el análisis de Monte Carlo confirma que el Valor Actual Neto (VAN) es positivo y que la Tasa Interna de Retorno (TIR) supera el costo de capital (WACC), asegurando la rentabilidad del proyecto en el escenario previsto. En conjunto, estos resultados sustentan con evidencia empírica que la propuesta no solo es viable desde una perspectiva técnica y financiera, sino también atractiva para el mercado.

La Tabla 23 resume los resultados de la validación de las principales hipótesis del modelo de negocio en sus tres dimensiones clave: deseabilidad, factibilidad y viabilidad.

En cuanto a la deseabilidad, las encuestas y focus groups confirman una alta aceptación del producto, destacando su facilidad de uso y la disposición del público a recomendarlo.

Respecto a la factibilidad y viabilidad, las pruebas mediante simulaciones indican que el modelo es sólido: el plan de marketing supera el umbral del $LTV/CAC > 3$, se atiende el

100% de la demanda proyectada y los resultados financieros (VAN positivo y TIR superior al WACC) respaldan su rentabilidad.

Tabla 23

Resultados de Validar las Hipótesis de Negocio

Dimensión	Hipótesis	Prueba	Resultado	¿Se acepta?
Deseabilidad	Hipótesis sobre disposición a pagar por el producto	Prueba 1: Encuesta	Más del 70% lo acepta.	<u>S</u> í / No
	Hipótesis sobre la facilidad de uso del producto.	Prueba 2: Encuesta	Más del 80% le pareció fácil el uso. Comentaron que recomendarían el producto.	<u>S</u> í / No
		Prueba 3: Focus		<u>S</u> í / No
Factibilidad	Hipótesis sobre desempeño del plan de marketing	Prueba 4: Montecarlo	El LTV/CAC es mayor a 3.	<u>S</u> í / No
	Hipótesis sobre la simulación del desempeño logístico	Prueba 5: Evaluación de escenarios	100% de demanda atendida.	<u>S</u> í / No
Viabilidad	Hipótesis sobre simulación del VAN	Prueba 6: Montecarlo	VAN positivo y TIR arriba del WACC.	<u>S</u> í / No

Estos hallazgos confirman que el modelo es atractivo para el mercado, operativamente eficiente y financieramente viable.

Capítulo VII. Solución Sostenible

En este capítulo se presentará la estrategia de sostenibilidad del proyecto, detallando cómo se integran prácticas responsables con el medio ambiente y la comunidad en el modelo de negocio. Se abordarán aspectos clave como el uso de materiales reciclados, la eficiencia energética en los procesos de producción y las acciones para minimizar el impacto ambiental. Además, se explicará cómo la sostenibilidad no solo mejora la rentabilidad a largo plazo, sino que también crea valor para la sociedad y refuerza el compromiso del proyecto con el desarrollo sostenible.

7.1. Relevancia Social de la Solución

La relevancia social del presente proyecto se sustenta en su contribución directa a dos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas: el ODS 12: Producción y Consumo Responsables, y el ODS 13: Acción por el Clima. Cada año, se estima que a nivel mundial se desechan alrededor de 1,500 millones de neumáticos, lo que representa un reto ambiental de gran envergadura, debido a la dificultad de su reciclaje y a los impactos negativos que genera su incineración o disposición inadecuada en vertederos (DAKOA).

Este proyecto aborda dicha problemática mediante la reutilización de neumáticos fuera de uso, transformándolos en productos reciclados, lo cual contribuye significativamente a la reducción de residuos sólidos y a la disminución de emisiones de carbono asociadas a prácticas convencionales de eliminación.

En relación con el ODS 12, el proyecto impacta positivamente en la Meta 12.5, que busca reducir sustancialmente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclaje y reutilización. Al convertir neumáticos en insumos útiles, como el granulado de caucho, se contribuye activamente a minimizar la carga ambiental de estos residuos.

Asimismo, se favorece la Meta 12.6, que promueve la adopción de prácticas

sostenibles por parte de las empresas, incentivando el uso eficiente de los recursos naturales y la gestión ambiental responsable. En tanto el proyecto impacta en 2 de las 11 metas asociadas al ODS 12, el Índice de Relevancia Social (IRS) calculado para este objetivo asciende al 18.18 %.

Respecto al ODS 13, la quema de neumáticos libera contaminantes como compuestos orgánicos volátiles y partículas finas, que contribuyen tanto al cambio climático como a la contaminación atmosférica (the earthbound report, Dakoa). Al optar por el reciclaje, el proyecto mitiga estos efectos, alineándose con la Meta 13.2, que promueve la integración de medidas relativas al cambio climático en las políticas nacionales, y la Meta 13.3, que fomenta la educación y concienciación sobre la mitigación del cambio climático. Dado que impacta 2 de las 5 metas del ODS 13, el proyecto presenta un IRS de 40% en este objetivo.

En conclusión, el proyecto contribuye significativamente a los esfuerzos globales para reducir los desechos y mitigar el cambio climático, con un IRS de 18.18% para el ODS 12 y un IRS de 40% para el ODS 13. Esto consolida al proyecto como una solución sostenible que responde tanto a los retos ambientales como a las exigencias de la comunidad internacional en términos de desarrollo sostenible y el Índice de Relevancia Social se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24

ODS y sus Metas Impactadas

ODS	Metas Impactadas	Índice de Relevancia Social (IRS)
ODS 12: Producción y Consumo Responsables	Meta 12.5: Reducir la generación de desechos mediante reciclado y reutilización. Meta 12.6: Alentar a las empresas a adoptar prácticas sostenibles.	18.18 %
ODS 13: Acción por el Clima	Meta 13.2: Integrar medidas relativas al cambio climático en políticas y estrategias nacionales. Meta 13.3: Mejorar la educación y concienciación sobre mitigación del cambio climático.	40.00 %

7.2. Rentabilidad Social de la Solución

Los beneficios sociales de este proyecto, resumidos en la Tabla 25, se reflejan en varios aspectos que contribuyen tanto al bienestar ambiental como al económico. Uno de los impactos más evidentes es la cantidad de caucho procesado a lo largo de los años. Cada kilogramo reciclado evita que el caucho termine en vertederos o sea incinerado, reduciendo así los problemas de contaminación y los efectos negativos que estos residuos tendrían sobre el medio ambiente. Además, el reciclaje de caucho mejora la eficiencia en el uso de los recursos, disminuyendo la presión sobre los sistemas de gestión de residuos y conservando espacio en los vertederos, que es limitado y cada vez más valioso.

Otro beneficio importante es la reducción de desechos sólidos. Al reciclar millones de kilogramos de caucho cada año, se minimiza la cantidad de residuos que contaminan el suelo y el agua, lo que contribuye a mantener un ambiente más limpio y saludable. Este impacto también tiene un componente económico importante, ya que disminuye los costos asociados con la gestión de estos desechos.

El ahorro en materias primas es otro aspecto clave. Reciclar caucho permite reutilizar un material que, de otra manera, requeriría producción desde materias primas vírgenes, lo que implica un alto consumo energético y una mayor huella ecológica. Al reutilizar el caucho reciclado, se generan importantes ahorros económicos, al reducir la necesidad de extracción y procesamiento de recursos naturales, lo que también disminuye el impacto ambiental.

Finalmente, la disminución de emisiones de CO₂ es un beneficio crucial del proyecto. Al evitar la incineración o descomposición de los neumáticos en vertederos, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo de manera significativa a la lucha contra el cambio climático. Esto no solo es beneficioso para el medio ambiente, sino que también reduce los costos sociales relacionados con los efectos negativos del cambio climático, como los problemas de salud pública y los daños a los ecosistemas.

En resumen, este proyecto no solo mitiga los efectos ambientales adversos asociados con los neumáticos desechados, sino que también aporta beneficios económicos significativos, al reducir los costos asociados con la gestión de residuos, el uso de materias primas y las emisiones de carbono. Estos factores refuerzan la sostenibilidad y la rentabilidad social del proyecto a largo plazo.

Tabla 25

Estimación del Flujo de Beneficios Sociales del Emprendimiento, en Soles

Criterio	2025	2026	2027	2028	2029
Cantidad de caucho procesado	2'050,000.00	2'193,500.00	2'347,045.00	2'511,338.15	2'687,131.82
Reducción de desechos solidos	768,750.00	822,562.50	880,141.88	941,751.81	1'007,674.43
Ahorro en materias primas	2'237,062.50	2'393,656.88	2'561,212.86	2'740,497.76	2'932,332.60
Disminución de emisiones de CO ₂	384,375.00	411,281.25	440,070.94	470,875.90	503,837.22
Valor total de los beneficios sociales	3'390,187.50	3'627,500.63	3'881,425.67	4'153,125.47	4'443,844.25

La Tabla 26 de estimación del flujo de los costos sociales presenta los costos asociados al impacto ambiental y social del proyecto de reciclaje de caucho desde 2025 hasta 2029. Estos costos reflejan los efectos negativos de las operaciones de la planta y de la movilización de la fuerza de ventas, representando una serie de externalidades que deben ser consideradas para evaluar la rentabilidad social del proyecto.

El costo de emisiones de CO₂ por la planta se refiere a la cantidad de dióxido de carbono liberada durante el proceso de reciclaje. Aunque el reciclaje es una alternativa más sostenible que la disposición en vertederos o la incineración, el proceso todavía genera emisiones, y estas emisiones tienen un costo social debido a su impacto sobre el cambio climático. Este costo aumenta con el tiempo, desde S/ 768,750 en 2025 hasta S/ 1'007,674.43 en 2029, lo que refleja el crecimiento de las operaciones.

La contaminación acústica y la calidad del aire también son factores relevantes. Las plantas de reciclaje de neumáticos generan ruido y partículas que pueden afectar

negativamente a las comunidades cercanas. Estos impactos, aunque mitigables, tienen un costo social relacionado con los problemas de salud y el bienestar de las personas expuestas. Este costo crece progresivamente, desde S/ 1'153,125 en 2025 hasta S/ 1'511,511.65 en 2029.

Finalmente, las emisiones de CO₂ por movilizar la fuerza de ventas reflejan el impacto ambiental asociado al transporte del personal y los productos de la empresa. Aunque es un costo menor comparado con los otros factores, es importante considerarlo ya que contribuye a la huella de carbono del proyecto. Este costo también aumenta a medida que la operación se expande, pasando de S/ 2'948.40 en 2025 a S/ 7'198.24 en 2029.

En conjunto, estos costos, presentados en la Tabla 27 representan las externalidades negativas que genera el proyecto y que deben ser compensadas o gestionadas adecuadamente para asegurar que el impacto neto sobre la sociedad sea positivo.

Tabla 26

Estimación del Flujo de Costos Sociales del Emprendimiento, en Soles

Criterio	2025	2026	2027	2028	2029
Cantidad de clientes	2'050,000.00	2'193,500.00	2'347,045.00	2'511,338.15	2'687,131.82
Costo de emisiones de CO ₂ por la planta	768,750.00	822,562.50	880,141.88	941,751.81	1'007,674.43
Contaminación acústica y calidad del aire	1'153,125.00	1'233,843.75	1'320,212.81	1'412,627.71	1'511,511.65
Emisiones CO ₂ por movilizar fuerza de ventas	2,948.40	3,685.50	4,606.88	5,758.59	7,198.24
Valor total de los costos sociales	1'924,823.40	2'060,091.75	2'204,961.56	2'360,138.11	2'526,384.32

A partir de estos flujos nos ha sido posible obtener el flujo social para nuestro emprendimiento, el mismo que mostramos en la Tabla 27.

El resultado presentado refleja el Valor Actual Neto (VAN) social del proyecto, calculado a lo largo de los años 2025 a 2029. Los beneficios sociales del proyecto, como la reducción de desechos sólidos y la disminución de emisiones de CO₂, superan a los costos

sociales asociados a las emisiones generadas por la planta y la contaminación acústica y atmosférica.

Tabla 27

Cálculo del VAN Social, en Soles

Criterio	2025	2026	2027	2028	2029
Valor total de los beneficios sociales	3'390,187.50	3'627,500.63	3'881,425.67	4'153,125.47	4'443,844.25
Valor total de los costos sociales	1'924,823.40	2'060,091.75	2'204,961.56	2'360,138.11	2'526,384.32
Flujo social anual	1'465,364.10	1'567,408.88	1'676,464.11	1'792,987.36	1'917,459.92
Tasa social de descuento	8%				
VAN social (S/)	6'654,340.58				
VAN social (US\$)	1'774,490.82				

El resultado presentado refleja el Valor Actual Neto (VAN) social del proyecto, calculado a lo largo de los años 2025 a 2029. Los beneficios sociales del proyecto, como la reducción de desechos sólidos y la disminución de emisiones de CO₂, superan a los costos sociales asociados a las emisiones generadas por la planta y la contaminación acústica y atmosférica.

El VAN social del proyecto es de S/ 6'654,340.58, lo que demuestra que el impacto positivo del proyecto en términos sociales y ambientales es significativo. Este resultado también se traduce a US\$ 1'774,490.82, tomando en cuenta la tasa de descuento social del 8%.

Este VAN positivo indica que el proyecto no solo es financieramente viable, sino que también genera beneficios sociales netos para la comunidad y el medio ambiente, lo que refuerza la justificación de su implementación. Los beneficios sociales acumulados a lo largo del tiempo superan de manera consistente a los costos sociales, lo que confirma que el proyecto contribuye a mejorar la calidad de vida y reducir los impactos ambientales, haciendo que el proyecto sea sostenible tanto en términos económicos como sociales.

Capítulo VIII. Decisión e Implementación

En este capítulo se describirá el proceso de toma de decisiones que ha llevado a la implementación del proyecto de reciclaje y reutilización de llantas de equipos mineros. Se analizarán las razones que justifican la decisión de llevar el proyecto a la fase operativa, así como las estrategias de implementación y control que permitirán su éxito a largo plazo. Además, se detallarán las fases clave de la implementación, los recursos necesarios y los mecanismos de evaluación para garantizar que el proyecto sea viable, sostenible y escalable en el tiempo.

8.1. Plan de Implementación y Equipo de Trabajo

El Plan de Implementación del proyecto de reciclaje y reutilización de llantas de equipos mineros se estructura en varias fases que permiten una ejecución eficiente y escalonada del proyecto, minimizando riesgos y asegurando el cumplimiento de los objetivos propuestos. La correcta asignación de recursos humanos, materiales y financieros es clave para su éxito. A continuación, se detallan las fases del plan de implementación, las responsabilidades del equipo de trabajo, y un cronograma que muestra las actividades a desarrollarse durante todo el proceso.

8.1.1. Fases del Plan de Implementación

A. Fase de Preparación (Meses 1-3)

- **Adquisición de Maquinaria y Equipos:** Se procede a la compra e instalación de la maquinaria necesaria para el reciclaje y producción de productos derivados de caucho. Se coordina la importación, transporte y montaje en la planta de reciclaje, siguiendo los estándares de instalación recomendados por los proveedores.
- **Capacitación del Personal:** Se organizan programas de formación para el equipo técnico encargado de operar la maquinaria. El personal será entrenado en el manejo de los equipos y en las normas de seguridad y sostenibilidad requeridas en el proceso de

reciclaje.

- Establecimiento de Alianzas: Durante esta etapa, se consolidan las alianzas estratégicas con proveedores de llantas usadas, como empresas mineras, y se formalizan acuerdos de distribución con potenciales compradores de los productos reciclados.

2. Fase de Operación Inicial (Meses 4-12)

- Puesta en marcha de la planta: Inicia la producción de gránulos de caucho y otros productos como tejas y paneles aislantes. Se evalúa la eficiencia de los procesos mediante pruebas piloto.
- Validación del producto: Se recopila retroalimentación de los usuarios finales de productos reciclados para realizar mejoras en el proceso de producción o en la calidad del producto si es necesario.

3. Fase de Expansión (A partir del Mes 13)

- Escalamiento de Producción: Se incrementa la capacidad de producción, ampliando la oferta de productos reciclados y su distribución a nivel nacional e internacional.
- Diversificación de Productos: Además de los gránulos de caucho, se desarrollarán nuevos productos a base de caucho reciclado, como bloques de construcción y sistemas de drenaje.

8.1.2. Equipo de Trabajo

El equipo de trabajo estará compuesto por personal calificado en diversas áreas clave para asegurar el éxito del proyecto:

- Director del Proyecto: Responsable de supervisar la ejecución del plan de implementación, gestionar recursos y coordinar las actividades entre los diferentes equipos.
- Ingeniero de Producción: Encargado de la operación y mantenimiento de la

maquinaria. Supervisa la producción y se asegura de que se cumplan los estándares de calidad.

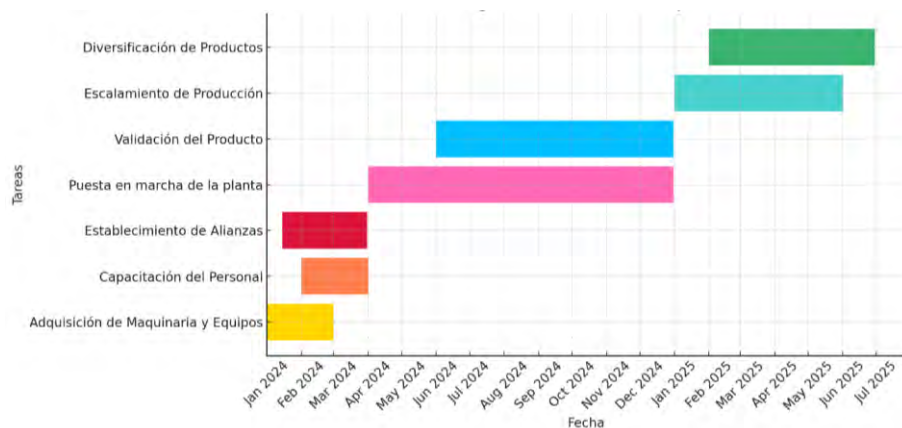
- **Equipo Técnico de Planta:** Operadores de maquinaria y personal de apoyo que supervisan las líneas de producción, siguiendo los protocolos de seguridad y calidad.
- **Gerente de Logística:** Responsable de coordinar la adquisición de materias primas (llantas usadas), así como la distribución de los productos terminados.
- **Equipo de Marketing y Ventas:** Promociona los productos reciclados y gestiona la relación con los clientes, incluyendo empresas constructoras, distribuidores y el sector público.
- **Equipo de Control de Calidad:** Se asegura de que los productos cumplan con los estándares internacionales de calidad, evaluando los resultados de las pruebas piloto.
- **Consultores Externos:** Especialistas en sostenibilidad y normativas ambientales, quienes asesorarán sobre el cumplimiento de las regulaciones y el impacto ecológico del proyecto.

8.1.3. Cronograma de Actividades - Diagrama de Gantt

El Diagrama de Gantt de la Figura 13, muestra las actividades principales del proyecto en una línea de tiempo, desde la adquisición de maquinaria hasta la expansión de la producción. Este cronograma asegura que todas las tareas se realicen de manera eficiente y dentro del tiempo programado.

8.2. Conclusión

La implementación del proyecto de reciclaje y reutilización de llantas de equipos mineros para productos de alto valor se aborda desde varias perspectivas clave que sustentan la decisión final y destacan su impacto en diversas áreas. A continuación, se ofrece una visión más completa del proyecto desde las perspectivas económica, ambiental, social y tecnológica.

Figura 13*Diagrama de Gantt*

8.2.1 Perspectiva Económica

Desde el punto de vista económico, el análisis financiero demuestra que el proyecto es viable, con un Valor Actual Neto (VAN) positivo y una Tasa Interna de Retorno (TIR) que supera las expectativas del sector. La producción a partir de neumáticos reciclados no solo genera productos competitivos en el mercado, sino que también reduce significativamente los costos asociados a la disposición de residuos. La inversión en tecnología avanzada y la optimización de procesos permiten una producción escalable, lo que garantiza un flujo constante de ingresos a medida que se expande la capacidad operativa.

La diversificación de productos, como tejas, paneles aislantes y sistemas de drenaje a partir de caucho reciclado, abre nuevas oportunidades de mercado, especialmente en la industria de la construcción civil, donde la demanda de materiales sostenibles sigue en aumento. A largo plazo, el proyecto tiene el potencial de consolidarse como una fuente rentable de productos de alta calidad y bajo costo, contribuyendo a la reducción de importaciones y al fortalecimiento de la economía local.

8.2.2 Perspectiva Ambiental

El impacto ambiental positivo es uno de los pilares fundamentales del proyecto. La reutilización de llantas que, de otro modo, se acumularían en vertederos o generarían

contaminación al ser quemadas, representa una solución sostenible a un problema de residuos industriales de gran magnitud. Al convertir llantas usadas en gránulos de caucho y productos de construcción, se contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y se disminuye la demanda de caucho virgen, que requiere procesos de fabricación intensivos en recursos.

Además, el uso de estos productos reciclados en infraestructuras, como carreteras o edificios, no solo aporta beneficios ambientales, sino que también mejora la eficiencia energética de las construcciones, gracias a las propiedades aislantes del caucho reciclado. De esta manera, el proyecto promueve una economía circular que reduce el impacto negativo en el entorno natural.

8.2.3 Perspectiva Social

Desde una perspectiva social, el proyecto se alinea con las necesidades de las comunidades mineras y otras áreas afectadas por la actividad industrial. La creación de una industria local dedicada al reciclaje de llantas ofrece nuevas oportunidades de empleo directo e indirecto, beneficiando tanto a los trabajadores locales como a sus familias. La capacitación del personal en el uso de tecnologías avanzadas y la implementación de prácticas sostenibles impulsan el desarrollo de habilidades técnicas que son esenciales para el crecimiento de estas regiones.

Además, este tipo de proyectos contribuye a la mejora de las condiciones de vida en las comunidades mineras al reducir los riesgos asociados con la contaminación ambiental y mejorar la infraestructura local mediante el uso de productos reciclados. El proyecto, por lo tanto, no solo mejora la economía local, sino que también crea una conciencia social sobre la importancia de la sostenibilidad y el reciclaje.

8.2.4 Perspectiva Tecnológica

La incorporación de tecnologías avanzadas en los procesos de reciclaje de llantas

constituye uno de los elementos diferenciadores más relevantes del presente proyecto. La maquinaria especializada adquirida permite llevar a cabo procesos de trituración y granulación de alta precisión, garantizando que el caucho reciclado cumpla con los estándares técnicos necesarios para su reutilización en diversas aplicaciones, particularmente en la industria de la construcción.

Asimismo, el proyecto ha apostado por la innovación en el diseño de productos modulares, como tejas y paneles, que ofrecen soluciones versátiles, eficientes y fácilmente adaptables a distintos tipos de obras. Esta orientación hacia el diseño modular no solo responde a criterios funcionales y estéticos, sino que también optimiza la logística de instalación y mantenimiento, generando valor adicional para los usuarios finales.

La implementación de estos avances tecnológicos no solo permite una mayor eficiencia en el proceso de reciclaje, sino que también contribuye a una reducción sostenida de los costos operativos en el mediano y largo plazo. Esto se logra mediante la maximización en la recuperación de materiales valiosos, como el acero contenido en los neumáticos, y la minimización de residuos no aprovechables.

Esta apuesta por la tecnología posiciona al proyecto como un referente en el sector del reciclaje de neumáticos en el país, con potencial de expansión hacia otros sectores industriales que demandan soluciones innovadoras para la gestión responsable de residuos sólidos e industriales.

8.2.5 Perspectiva de Escalabilidad y Sostenibilidad

El proyecto ha sido diseñado para ser escalable y sostenible a largo plazo. La demanda de materiales reciclados y sostenibles está en constante crecimiento, y el proyecto tiene la capacidad de adaptarse a las necesidades del mercado mediante la expansión de su capacidad de producción. A medida que se consoliden las alianzas estratégicas con proveedores de llantas usadas y compradores de productos reciclados, se incrementará la

producción y se diversificarán los productos disponibles.

Además, el compromiso del proyecto con la sostenibilidad asegura que no solo se cumplan los objetivos financieros, sino que también se mantenga una operación respetuosa con el medio ambiente. Al promover el uso de materiales reciclados y minimizar el impacto ambiental, el proyecto puede convertirse en un modelo para otras iniciativas de reciclaje en la región.

8.2.6 Perspectiva de Innovación y Adaptabilidad

El enfoque en la innovación es clave para el éxito continuo del proyecto. Al incorporar tecnologías de vanguardia y procesos de mejora continua, el proyecto puede mantenerse competitivo y responder a los cambios en la demanda del mercado. Esta adaptabilidad permitirá no solo una mayor penetración en mercados actuales, sino también la expansión hacia nuevos sectores y aplicaciones para el caucho reciclado.

En conclusión, la implementación de este proyecto no solo está respaldada por sólidos fundamentos financieros y operativos, sino que también ofrece un amplio abanico de beneficios en los ámbitos social, ambiental y tecnológico. A través de una ejecución cuidadosa y la adopción de innovaciones tecnológicas, el proyecto tiene el potencial de convertirse en un referente en la industria de reciclaje de llantas, mejorando las condiciones de vida en las comunidades mineras y promoviendo prácticas sostenibles a nivel nacional e internacional.

8.3. Recomendación

A lo largo del desarrollo del proyecto de reciclaje y reutilización de llantas de equipos mineros, se han identificado una serie de recomendaciones clave para garantizar su éxito continuo y su crecimiento sostenible. Estas recomendaciones abarcan áreas estratégicas, operativas y tecnológicas que, de ser implementadas adecuadamente, permitirán maximizar los beneficios del proyecto en términos financieros, sociales y ambientales.

8.3.1 Fortalecimiento de Alianzas Estratégicas

Es esencial seguir fortaleciendo las alianzas con empresas mineras, constructoras y organizaciones gubernamentales, que puedan proporcionar un suministro constante de llantas usadas y actuar como compradores clave de los productos reciclados. Estas alianzas deben ser monitoreadas y ampliadas de manera constante para asegurar que se mantenga una demanda estable de materia prima y productos finales.

Recomendamos además explorar asociaciones con universidades y centros de investigación para seguir desarrollando innovaciones tecnológicas que mejoren la eficiencia de los procesos de reciclaje y abran nuevas aplicaciones para los productos reciclados en industrias como la automotriz, agrícola y la construcción.

8.3.2 Diversificación de Productos y Mercados

Si bien el proyecto se enfoca inicialmente en productos como gránulos de caucho, tejas y paneles aislantes, es recomendable que se diversifiquen los productos reciclados y se busquen nuevos mercados. Productos como bloques de construcción y revestimientos antideslizantes para suelos industriales presentan un gran potencial en la industria de la construcción y deberían explorarse para aumentar la cartera de productos del proyecto.

Además, recomendamos analizar oportunidades de expansión en mercados internacionales, especialmente en países de la región que enfrentan problemas similares de acumulación de residuos de llantas. Esta internacionalización del proyecto permitiría aprovechar economías de escala y fortalecer la presencia de la empresa en la industria del reciclaje global.

8.3.3 Inversión Continua en Innovación Tecnológica

Dado que el reciclaje y la reutilización de llantas es una industria en constante evolución, es crucial que el proyecto invierta de manera continua en innovación tecnológica. La incorporación de tecnologías más eficientes y sostenibles, como la trituración criogénica y

el uso de inteligencia artificial para optimizar los procesos productivos, puede mejorar la calidad de los productos reciclados y reducir costos operativos a largo plazo.

Se recomienda también investigar nuevas tecnologías para el reciclaje de materiales adicionales, como el acero presente en las llantas, para aprovechar completamente los recursos disponibles en los neumáticos y aumentar el valor agregado del proyecto.

8.3.4 Mejora de las Estrategias de Marketing y Conciencia Social

Una recomendación clave es mejorar las estrategias de marketing para aumentar la visibilidad del proyecto y posicionar los productos reciclados como una alternativa sostenible y de alta calidad en el mercado. Las campañas de marketing deben resaltar los beneficios medioambientales y económicos de utilizar productos reciclados, especialmente en sectores como la construcción y el urbanismo.

Además, se debe fomentar la conciencia social sobre la importancia del reciclaje de llantas. Esto puede lograrse a través de programas educativos y campañas de responsabilidad social en las comunidades mineras y urbanas, donde se genere un compromiso más amplio con la sostenibilidad y la economía circular.

8.3.5 Fortalecimiento del Monitoreo y Control de Calidad

La implementación de sistemas de monitoreo continuo y control de calidad es fundamental para asegurar que los productos finales cumplan con los estándares internacionales y satisfagan las expectativas del mercado. Recomendamos la adopción de un sistema de gestión de calidad basado en normas ISO, lo que no solo garantizaría la excelencia del producto, sino que también abriría puertas a mercados internacionales más exigentes.

Además, se debe establecer un sistema de retroalimentación continua con los clientes para identificar áreas de mejora y ajustar los procesos productivos en función de las necesidades cambiantes del mercado.

8.3.6 Sostenibilidad a Largo Plazo

Finalmente, para asegurar la sostenibilidad a largo plazo del proyecto, es recomendable seguir adoptando prácticas que minimicen el impacto ambiental, como la eficiencia energética y la reducción de residuos en la producción. La reutilización de llantas usadas debe estar acompañada de un compromiso continuo con la sostenibilidad, asegurando que el proceso de reciclaje genere un impacto positivo tanto para el medio ambiente como para las comunidades locales.

Se recomienda además la búsqueda de certificaciones ecológicas para los productos reciclados, lo que no solo validaría su impacto positivo, sino que también aumentaría su atractivo en un mercado cada vez más consciente del medio ambiente.



Referencias

- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). (2023). Informe del Mercado de la Construcción en Perú. <https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/reportes-de-mercado>
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2017). Principles of Corporate Finance. McGraw-Hill Education.
- Cámara Peruana de la Construcción. (2022). Encuesta sobre la demanda de materiales sostenibles en la construcción.
- Damodaran, A. (2012). Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset. John Wiley & Sons.
- Deloitte. (2022). Innovación y crecimiento en la industria de la construcción.
- e-Asfalto. (n.d.). Reciclaje de neumáticos: Procesos y usos. Recuperado de <https://www.e-asfalto.com/recichule/>
- EcoRoads. (2023). Estrategias de distribución y crecimiento en el mercado de materiales reciclados.
- Grand View Research. (2021). Global recycled materials market size & share report, 2021-2026.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2023). Normas Técnicas para Productos de Caucho. <https://www.inacal.gob.pe>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). Estadísticas del reciclaje de neumáticos en Perú.
- Latin America Construction Review. (2023). Alianzas estratégicas en la construcción sostenible en América Latina.
- McKinsey & Company. (2021). The Future of Automation in Manufacturing.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú (MINCETUR). (2023). Informe Anual de Comercio Exterior. <https://www.gob.pe/mincetur>

- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2023). Proyecciones de Inversión en Infraestructura en Perú. <https://www.mef.gob.pe>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2023). Regulaciones Medioambientales en Perú. <https://www.minam.gob.pe>
- Recycling Today. (2022). Cost analysis of recycled rubber in construction materials.
- Ross, S. A., Westerfield, R., & Jaffe, J. (2018). Corporate Finance. McGraw-Hill Education.
- Statista. (2023). Tendencias en la Industria del Caucho. <https://www.statista.com/statistics/218462/rubber-market-demand-worldwide>
- TireCycle. (2023). Informe anual de producción y automatización.
- TradeMap. (2023). Perú - Estadísticas de Importación de Caucho. <https://trademap.org>
- Ahmad, R., & Mirza, M. S. (2019). Recycling of waste tire rubber in asphalt pavements: State of the art review. *Materials and Structures*, 52(5), 1-20. <https://doi.org/10.1617/s11527-019-1445-8>
- Bilgili, M., Yilmaz, M., & Arslan, M. (2018). Life cycle assessment of waste tire pyrolysis and comparison with recycling. *Journal of Cleaner Production*, 192, 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.225>
- EPA. (2020). Sustainable materials management: Non-hazardous materials and waste management hierarchy. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/smm/sustainable-materials-management-non-hazardous-materials-and-waste-management-hierarchy>
- García, R., & González, J. (2020). Reciclaje de neumáticos: Innovaciones tecnológicas y oportunidades de mercado. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 42(3), 58-67. <https://doi.org/10.1016/j.revct.2020.08.003>
- Gezae, M., & Goktepe, A. B. (2021). Innovative use of waste tire in the production of rubberized concrete. *Construction and Building Materials*, 284, 122856.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122856>

Hernández, A., & Rodríguez, P. (2019). Aplicaciones del caucho reciclado en materiales de construcción. *Materiales de Construcción*, 69(336), e205.

<https://doi.org/10.3989/mc.2019.02418>

Islam, M. R., & Khan, M. A. (2020). Recycling waste tires for sustainable development: A review on technologies, benefits, and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 123, 109720. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109720>

Martínez, J. L., & López, J. A. (2020). Desarrollo de productos de caucho reciclado para aplicaciones en la construcción. *Ingeniería e Investigación*, 40(2), 45-56.

<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n2.84582>

Singh, A., & Gupta, P. (2021). Circular economy and tire recycling: A review of technologies, policies, and challenges. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105146. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105146>

Weng, W., & Wu, Y. (2019). Life cycle assessment and economic analysis of tire recycling and energy recovery. *Journal of Environmental Management*, 247, 321-330.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.020>

Bilgili, M., Yılmaz, M., & Arslan, M. (2018). Life cycle assessment of waste tire pyrolysis and comparison with recycling. *Journal of Cleaner Production*, 192, 14-20.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.225>

Banco Central de Reserva del Perú. (2021). *Informe Económico Anual*.

<https://www.bcrp.gob.pe>

García, R., & González, J. (2020). Tire waste management: A global overview and solutions. *Environmental Management Review*, 45(3), 225-236.

<https://doi.org/10.1016/j.envman.2020.06.012>

Hernández, A., & Rodríguez, P. (2019). Aplicaciones del caucho reciclado en materiales de

construcción. *Materiales de Construcción*, 69(336), e205.

<https://doi.org/10.3989/mc.2019.02418>

Ministerio del Ambiente del Perú. (2020). Plan Nacional de Residuos Sólidos 2020-2030.

<https://www.minam.gob.pe>

Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2019). Gestión de residuos industriales en la minería peruana. <https://www.minem.gob.pe>

Bilgili, M., Yilmaz, M., & Arslan, M. (2018). Life cycle assessment of waste tire pyrolysis and comparison with recycling. *Journal of Cleaner Production*, 192, 14-20.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.225>

García, R., & González, J. (2020). Tire waste management: A global overview and solutions. *Environmental Management Review*, 45(3), 225-236.

<https://doi.org/10.1016/j.envman.2020.06.012>

Hernández, A., & Rodríguez, P. (2019). Aplicaciones del caucho reciclado en materiales de construcción. *Materiales de Construcción*, 69(336), e205.

<https://doi.org/10.3989/mc.2019.02418>

Islam, M. R., & Khan, M. A. (2020). Recycling waste tires for sustainable development: A review on technologies, benefits, and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 123, 109720. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109720>

Ministerio del Ambiente del Perú. (2020). Plan Nacional de Residuos Sólidos 2020-2030.

Recuperado de <https://www.minam.gob.pe>

Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2019). Gestión de residuos industriales en la minería peruana. Recuperado de <https://www.minem.gob.pe>

Singh, A., & Gupta, P. (2021). Circular economy and tire recycling: A review of technologies, policies, and challenges. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105146. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105146>

- Cheng, W., & Li, S. (2021). *High-performance materials in sustainable construction: Limitations and future trends*. *Journal of Construction Materials and Innovation*, 9(3), 112–126. <https://doi.org/10.1016/j.jcmi.2021.03.007>
- Rodríguez, A., & Mendoza, J. (2021). *Optimización logística en la gestión de residuos industriales en zonas remotas: Un enfoque desde la economía circular*. *Revista Latinoamericana de Logística Sostenible*, 13(2), 55–70. <https://doi.org/10.22312/rev.log.sost.2021.1324>
- Asociación de Construcción Sostenible del Perú. (2023). *Informe técnico sobre tendencias de materiales ecológicos*. Lima: ACSP.
- Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). (2021). *Informe Anual del Sector Construcción*. <https://www.capeco.org.pe>
- Chesbrough, H. (2011). *Innovación en Servicios Abiertos: Replanteando su negocio para crecer y competir en una nueva era*. Jossey-Bass.
- Fundación Ellen MacArthur (2019). *Completando el panorama: Cómo la economía circular aborda el cambio climático*. <https://ellenmacarthurfoundation.org>
- Kotler, P., y Keller, K. (2016). *Dirección de marketing* (15.^a ed.). Pearson Educación.
- Osterwalder, A., y Pigneur, Y. (2010). *Generación de modelos de negocio: Manual para visionarios, innovadores y retadores*. Wiley.
- Porter, ME, y Kramer, MR (2011). Creación de valor compartido. *Harvard Business Review*, 89(1/2), 62–77.
- Rodríguez, A., & Mendoza, J. (2021). *Optimización logística en la gestión de residuos industriales en zonas remotas: Un enfoque desde la economía circular*. *Revista Latinoamericana de Logística Sostenible*, 13(2), 55–70. <https://doi.org/10.22312/rev.log.sost.2021.1324>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2020).

Infraestructura sostenible: Guía para la planificación y ejecución de infraestructura intersectorial. Nairobi: PNUMA.

Baron, J., y Dey, DK (2021). *Modelos de negocio sostenibles para residuos*. (2021). *Modelos de negocio sostenibles para la gestión de neumáticos usados: una perspectiva de economía circular*. Producción, 289. Revista de Producción Limpia, 289, 125749. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125749>

González, A., & Ortega, M. (2020). *Innov (2020). Innovación y sostenibilidad en la industria de la construcción: Uso de materiales reciclados*. Revista de Ingeniería y Construcción, 35(1), 15–28. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732020000100015>

Liu, Y., Bai, Y. y Song, Y. (2022). *tecnología (2022). Desarrollo tecnológico y evaluación económica del reciclaje de caucho de neumáticos fuera de uso*. Recursos, Conservación y Reciclaje, 178, 106123. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106123>

Noyola, A., & Gutiérrez, R. (2021). *Registro (2021). Logística inversa y valorización de residuos: El caso de los neumáticos fuera de uso*. Revista Iberoamericana de Logística, 9(2), 43–58.

Martínez, C., & Salazar, H. (2019). *Evaluación de impacto ambiental en proyectos de reutilización de neumáticos en construcción*. Revista de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 23(3), 75–90.

Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). (2020) *Proyecto de la industria (2020). Proyecto de la Industria Neumática: Hacia una cadena de valor de neumáticos sostenible*. <https://www.wbcd.org>

Apéndices

Apéndice A Guía de Entrevista para Usuarios Finales del Proyecto

I. Objetivo de la entrevista

Recolectar información cualitativa sobre preferencias, percepciones y barreras en torno al uso de materiales reciclados para la construcción, específicamente aquellos derivados de neumáticos mineros reutilizados.

II. Datos Generales del Entrevistado

Nombre (opcional):

Edad:

Ocupación:

Tipo de proyectos constructivos realizados:

Nivel socioeconómico estimado (A / B / C):

III. Preguntas por Categoría

1. Uso de Materiales Reciclados

- ¿Ha utilizado anteriormente materiales reciclados en alguna obra o proyecto?
- ¿Qué tipo de materiales reciclados conoce o considera viables en construcción?
- ¿Qué opinas sobre el uso de caucho reciclado proveniente de llantas mineras?

2. Certificaciones Ambientales

- ¿Cuán importantes le parecen las certificaciones ambientales al elegir un material de construcción?
- ¿Conoce o confía en alguna certificación en particular (p. ej., ISO 14001, LEED, Sello Verde)?
- ¿Estaría más dispuesto a comprar un producto si cuenta con dichas certificaciones?

3. Precio Deseado

- ¿Cuál es su rango de precio ideal para un material alternativo como tejas o pisos de

caucho reciclado?

- ¿Estaría dispuesto a pagar más por un producto sostenible si ofrece beneficios duraderos?
- ¿Qué tan importante es el precio respecto a la calidad en su decisión de compra?

4. Durabilidad del Producto

- ¿Qué espera en términos de vida útil de un producto de construcción?
- ¿Ha tenido experiencias negativas con materiales de corta duración?
- ¿Considera que un producto hecho con caucho reciclado podría ofrecer buena durabilidad?

5. Tiempo de Atención a Pedidos

- ¿Cuánto tiempo está dispuesto a esperar por un pedido de materiales?
- ¿Qué importancia tiene la rapidez en la entrega dentro de su planificación de obra?
- ¿Qué tan relevante es la disponibilidad inmediata al comparar proveedores?

6. Opinión sobre la Sostenibilidad en la Construcción

- ¿Qué significa para usted la “construcción sostenible”?
- ¿Incorpora principios de sostenibilidad en sus proyectos?
- ¿Qué valor le atribuye a materiales que reducen el impacto ambiental?

7. Preferencias en Diseños Eco-Amigables

- ¿Valora el diseño estético en materiales reciclados?
- ¿Qué estilo o presentación preferiría en un producto eco-amigable (colores, texturas, formas)?
- ¿Cree que sus clientes valoran el componente ecológico en los materiales?

8. Impacto de la Eficiencia Energética en la Reducción de Costos

- ¿Está interesado en materiales que ayuden a reducir el consumo energético (ej., aislamiento térmico)?

- ¿Cree que un material como el caucho reciclado puede tener impacto en eficiencia energética?
- ¿Cómo evalúa el retorno de inversión de productos que reducen costos operativos a largo plazo?

Preguntas de cierre

- ¿Qué barreras percibe para adoptar productos hechos con caucho reciclado?
- ¿Qué condiciones lo motivarían a usar este tipo de productos en futuros proyectos?
- ¿Estaría dispuesto a participar en una prueba piloto de estos materiales?



Apéndice B Matriz 6x6

Figura B 1

Matriz 6x6

MATRIZ 6x6					
1. OBJETIVO Ofrecer productos de construcción innovadores y sostenibles a partir de caucho reciclado, que sean económicos, de alta calidad, duraderos y fáciles de instalar, promoviendo una economía circular y contribuyendo a la reducción de residuos industriales.		2. NECESIDADES - El usuario necesita materiales duraderos y resistentes. - El usuario necesita productos sostenibles que reduzcan el impacto ambiental. - El usuario necesita materiales de construcción asequibles y de calidad. - El usuario necesita opciones fáciles de instalar y mantener. - El usuario necesita productos que mejoren la eficiencia energética y acústica de las edificaciones. - El usuario necesita una solución que promueva el desarrollo económico local.			
3. PREGUNTAS GENERADORAS					
Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
¿Qué alternativas de materiales sostenibles y reciclados podemos ofrecer al usuario?	¿Cómo podemos asegurar que los productos sean de alta calidad y seguros para la construcción?	¿Cómo debería diseñarse el producto para que sea duradero y fácil de mantener?	¿Cómo podemos ayudar al usuario a encontrar estos productos fácilmente?	¿Cómo podemos diseñar productos que no requieran uso de grandes espacios para almacenamiento y transporte?	¿Cómo debería diseñarse el producto para que sea fácil de instalar sin necesidad de mano de obra especializada?
Utilizar caucho reciclado de llantas mineras para fabricar tejas y planchas	Implementar certificaciones de calidad y estándares internacionales	Diseñar productos modulares y de fácil mantenimiento	Ofrecer los productos en tiendas de construcción y plataformas en línea	Diseñar productos apilables y modulares	Diseñar productos que puedan ser ensamblados intuitivamente por los usuarios
Incorporar aditivos que mejoren la resistencia del caucho reciclado	Realizar pruebas de calidad y durabilidad antes de la comercialización	Incluir propiedades aislantes térmicas y acústicas en el diseño	Establecer alianzas con distribuidores locales y ferreterías	Ofrecer productos livianos y fáciles de manipular	Ofrecer kits de instalación con instrucciones claras y herramientas necesarias
Desarrollar productos complementarios como suelos de caucho para áreas deportivas	Proveer garantía de calidad y servicio postventa	Utilizar colores y diseños atractivos para mejorar la estética	Participar en ferias y eventos de construcción para promocionar los productos	Utilizar empaques ecológicos y reutilizables	Capacitar a los usuarios y proporcionar videos tutoriales para la instalación
					
4. IDEAS SELECCIONADAS					
Utilizar caucho reciclado de llantas mineras para fabricar tejas, bloques de construcción y planchas.	Implementar certificaciones de calidad y estándares internacionales.	Diseñar productos modulares y de fácil mantenimiento.	Ofrecer los productos en tiendas de construcción y plataformas en línea.	Diseñar productos apilables y modulares para facilitar el transporte y almacenamiento.	Diseñar productos que puedan ser ensamblados intuitivamente por los usuarios.

Apéndice C Tarjeta de Prueba (Strategyzer)

Figura C 1

Tarjetas Utilizadas para Determinar las Hipótesis

<p>Tarjeta de prueba (Strategyzer)</p> <p>Actividad <input type="text" value="Mercado"/></p> <p>Responsable <input type="text" value="Carlos Cordova"/></p> <p>Paso 1: Hipótesis (Riesgo 1 1 1) Creemos que <input type="text"/></p> <p>Creemos que si el precio del granulado de caucho reciclado es de 1.88 soles por kilogramo y el precio de las tejas de caucho reciclado es de 56.25 soles por metro cuadrado, entonces al menos el 70% de los usuarios encuestados considerarán estos precios aceptables en comparación con las alternativas disponibles en el mercado.</p> <p>Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos 4 4 4) Para verificarlo, nosotros <input type="text"/></p> <p>Para verificarlo, realizaremos una encuesta a potenciales clientes para medir la percepción del precio en relación con las alternativas existentes en el mercado.</p> <p>Paso 3: Métrica (Tiempo requerido 3 3 3) Además, mediremos <input type="text"/></p> <p>Además, mediremos el porcentaje de usuarios que consideran aceptable el precio propuesto.</p> <p>Paso 4: Criterio Estamos bien si <input type="text"/></p> <p>Estamos bien si al menos el 70% de los encuestados acepta el precio propuesto como competitivo en el mercado.</p>	<p>Tarjeta de prueba (Strategyzer)</p> <p>Actividad <input type="text" value="Producto mínimo viable"/></p> <p>Responsable <input type="text" value="Carlos Uchuquicaña"/></p> <p>Paso 1: Hipótesis (Riesgo 1 1 1) Creemos que <input type="text"/></p> <p>Creemos que, si los materiales reciclados cumplen con estándares de infraestructura, podrán ser adoptados en proyectos de gran escala.</p> <p>Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos 4 4 4) Para verificarlo, nosotros <input type="text"/></p> <p>Realizaremos pruebas de resistencia en obras piloto.</p> <p>Paso 3: Métrica (Tiempo requerido 3 3 3) Además, mediremos <input type="text"/></p> <p>Mediremos la adopción en proyectos de infraestructura.</p> <p>Paso 4: Criterio Estamos bien si <input type="text"/></p> <p>Estamos bien si al menos dos proyectos de gran escala adoptan el PMV.</p>
<p>Tarjeta de pruebas (Strategyzer)</p> <p>Actividad <input type="text" value="Producto mínimo viable"/></p> <p>Responsable <input type="text" value="Carlos Uchuquicaña"/></p> <p>Paso 1: Hipótesis (Riesgo 3 3 3) Creemos que <input type="text"/></p> <p>Creemos que si el PMV (gránulos de caucho y tejas recicladas) logra venderse al menos al 10% del mercado objetivo en el primer año, el modelo de negocio será sostenible.</p> <p>Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos 4 4 4) Para verificarlo, nosotros <input type="text"/></p> <p>Se realizarán ventas piloto y medición de adopción en el mercado.</p> <p>Paso 3: Métrica (Tiempo requerido 3 3 3) Además, mediremos <input type="text"/></p> <p>Mediremos el porcentaje de mercado capturado en el primer año.</p> <p>Paso 4: Criterio Estamos bien si <input type="text"/></p> <p>Estamos bien si logramos al menos el 10% del mercado objetivo en ventas.</p>	<p>Tarjeta de prueba (Strategyzer)</p> <p>Actividad <input type="text" value="Beneficiario"/></p> <p>Responsable <input type="text" value="Esau Puertas"/></p> <p>Paso 1: Hipótesis (Riesgo 3 3 3) Creemos que <input type="text"/></p> <p>Creemos que, si el material reciclado demuestra alta resistencia y durabilidad, al menos el 75% de los clientes lo considerará seguro para su uso en construcción.</p> <p>Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos 4 4 4) Para verificarlo, nosotros <input type="text"/></p> <p>Realizaremos pruebas de resistencia y encuestas sobre percepción de seguridad a clientes del sector construcción.</p> <p>Paso 3: Métrica (Tiempo requerido 3 3 3) Además, mediremos <input type="text"/></p> <p>Mediremos el porcentaje de clientes que consideran el producto seguro.</p> <p>Paso 4: Criterio Estamos bien si <input type="text"/></p> <p>Estamos bien si al menos el 75% de los clientes considera el producto reciclado seguro.</p>

Tarjeta de prueba (Strategyzer)

Actividad

Responsable

Paso 1: Hipótesis (Riesgo 3 1 1)
 Creemos que

Creemos que, si las pequeñas constructoras adoptan el uso de caucho reciclado, esto les permitirá reducir costos en al menos un 15% en comparación con materiales tradicionales.

Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos 4 4 4)
 Para verificarlo, nosotros

Realizaremos comparaciones de costos entre materiales reciclados y materiales tradicionales en empresas del sector construcción.

Paso 3: Métrica (Tiempo requerido 3 3 3)
 Además, mediremos

Mediremos la reducción de costos en porcentajes tras el uso de materiales reciclados.

Paso 4: Criterio
 Estamos bien si

Estamos bien si las constructoras logran reducir costos en al menos un 15% tras la adopción de productos reciclados.

Tarjeta de prueba (Strategyzer)

Actividad

Responsable

Paso 1: Hipótesis (Riesgo 3 1 1)
 Creemos que

Creemos que, si el producto es fácil de usar e instalar, sin requerir conocimientos técnicos especializados, entonces al menos el 80% de los usuarios que prueben el producto preferirán esta solución sobre otras opciones.

Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos 4 4 4)
 Para verificarlo, nosotros

Realizaremos pruebas de instalación y uso con potenciales clientes para evaluar la facilidad de uso y determinar su nivel de aceptación.

Paso 3: Métrica (Tiempo requerido 3 3 3)
 Además, mediremos

Mediremos el porcentaje de usuarios que califican la facilidad de uso como "Alta" o "Media" y expresan una preferencia por el producto.

Paso 4: Criterio
 Estamos bien si

Estamos bien si al menos el 80% de los encuestados califica la facilidad de uso como "Alta" o "Media" y prefiere esta solución sobre otras alternativas en el mercado.

Tarjeta de prueba (Strategyzer)

Actividad

Responsable

Paso 1: Hipótesis (Riesgo 3 1 1)
 Creemos que

Creemos que si el precio del granulado de caucho reciclado es de 1.88 soles por kilogramo y el precio de las tejas de caucho reciclado es de 56.25 soles por metro cuadrado, entonces al menos el 70% de los usuarios encuestados considerarán estos precios aceptables en comparación con las alternativas disponibles en el mercado.

Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos 4 4 4)
 Para verificarlo, nosotros

Realizaremos encuestas a potenciales clientes (constructoras, distribuidores y consumidores finales) para medir la percepción del precio.

Paso 3: Métrica (Tiempo requerido 3 3 3)
 Además, mediremos

Mediremos el porcentaje de usuarios que aceptan el precio propuesto.

Paso 4: Criterio
 Estamos bien si

Estamos bien si al menos el 70% de los encuestados acepta el precio como competitivo.

Tarjeta de prueba (Strategyzer)

Actividad

Responsable

Paso 1: Hipótesis (Riesgo 3 1 1)
 Creemos que

Creemos que, si se implementa una industria de reciclaje de llantas mineras, esto generará empleo y desarrollo económico en las comunidades cercanas, mejorando la calidad de vida de la población.

Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos 4 4 4)
 Para verificarlo, nosotros

Realizaremos un análisis de empleabilidad en comunidades mineras antes y después de la implementación del reciclaje, comparando tasas de empleo y generación de ingresos.

Paso 3: Métrica (Tiempo requerido 3 3 3)
 Además, mediremos

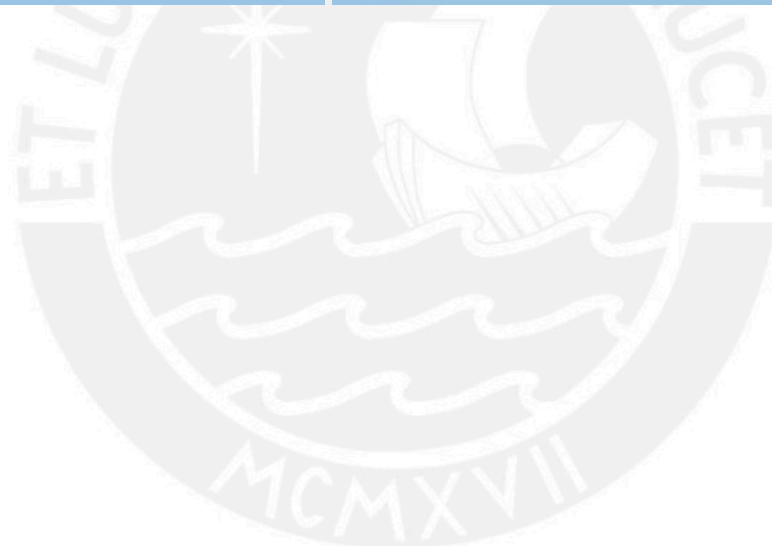
Mediremos el número de empleos directos e indirectos generados y el ingreso medio de las personas contratadas en la industria del reciclaje.

Paso 4: Criterio
 Estamos bien si

Estamos bien si se crea al menos un 15% más de empleos en la comunidad y los ingresos promedio aumentan en un 10% tras la implementación de la industria de reciclaje.

Tarjeta de prueba (Strategyzer)	
Actividad	Problema social relevante
Responsable	Alan Saenz
Paso 1: Hipótesis (Riesgo ≥ 3) Creemos que	
Creemos que, si las llantas usadas de equipos mineros continúan acumulándose sin tratamiento adecuado, esto generará un impacto ambiental y sanitario significativo, afectando la calidad del suelo, el agua y la salud de las comunidades cercanas.	
Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos ≤ 4) Para verificarlo, nosotros	
Realizaremos análisis de impacto ambiental en zonas afectadas, midiendo niveles de contaminación del suelo y agua, además de encuestas a comunidades cercanas para evaluar problemas sanitarios relacionados.	
Paso 3: Métrica (Tiempo requerido ≤ 3) Además, mediremos	
Mediremos la concentración de compuestos contaminantes en el suelo y agua, y la percepción de las comunidades sobre problemas de salud.	
Paso 4: Criterio Estamos bien si	
Estamos bien si se encuentran pruebas de contaminación en al menos un 60% de las zonas evaluadas y el 70% de la comunidad reconoce efectos negativos en la salud debido al acopio de llantas.	

Tarjeta de prueba (Strategyzer)	
Actividad	Mercado
Responsable	Carlos Córdova
Paso 1: Hipótesis (Riesgo ≥ 3) Creemos que	
Creemos que, si el producto es fácil de usar e instalar, sin requerir conocimientos técnicos especializados, entonces al menos el 80% de los usuarios que prueben el producto preferirán esta solución sobre otras opciones disponibles en el mercado.	
Paso 2: Prueba (Confiabilidad de los datos ≤ 4) Para verificarlo, nosotros	
Para verificarlo, realizaremos pruebas de instalación y uso con potenciales clientes (empresas constructoras, contratistas, distribuidores y consumidores finales) para evaluar la facilidad de uso y determinar su nivel de aceptación.	
Paso 3: Métrica (Tiempo requerido ≤ 3) Además, mediremos	
Además, mediremos el porcentaje de usuarios que califican la facilidad de uso como "Alta" o "Media" y expresan una preferencia por el producto.	
Paso 4: Criterio Estamos bien si	
Estamos bien si al menos el 80% de los encuestados califica la facilidad de uso como "Alta" o "Media" y prefiere esta solución sobre otras alternativas en el mercado.	



Apéndice D Proceso de los Equipos

1. Destalonadora

El proceso inicia con la destalonadora, que remueve el talón de los neumáticos. Este equipo aplica presión para separar el talón del resto del neumático, facilitando la trituración posterior al reducir la resistencia del material.

2. Cortadora

Después del destalonado, los neumáticos se colocan en la cortadora, que divide el material en secciones más pequeñas. Esto hace que el caucho sea más manejable para la trituración y asegura un procesamiento más eficiente en etapas posteriores.

3. Transportador de Banda

Los trozos de neumáticos cortados se trasladan a través de la planta utilizando el transportador de banda. Este sistema de transporte asegura un flujo continuo del material hacia las siguientes etapas del proceso, reduciendo el manejo manual y mejorando la eficiencia.

4. Trituradora Primaria

El material cortado se alimenta en la trituradora primaria, que lo reduce a fragmentos más pequeños. Esta trituración inicial es crucial para preparar el caucho para la trituración más fina y para los procesos subsecuentes.

5. Zaranda Seleccionadora Vibratoria

Los fragmentos triturados pasan por la zaranda seleccionadora vibratoria, que clasifica el material según el tamaño de las partículas. Esto garantiza que los fragmentos sean uniformes para las siguientes etapas del proceso.

6. Trituradora Secundaria

Los fragmentos que no alcanzaron el tamaño deseado en la trituración primaria se procesan en la trituradora secundaria, que los reduce aún más. Este paso asegura que el

material tenga el tamaño adecuado para su uso en la fabricación de ladrillos.

7. Sistema Extractor de Fibra

El sistema extractor de fibra elimina las fibras textiles presentes en el caucho triturado. Este equipo mejora la calidad del material reciclado al eliminar contaminantes que podrían afectar la calidad final de los ladrillos.

8. Banda Magnética

La banda magnética separa los metales ferrosos del caucho reciclado. El equipo utiliza imanes para capturar y eliminar fragmentos metálicos, asegurando que el caucho esté libre de contaminantes metálicos.

9. Transportador Tornillo Sin Fin

El material procesado se mueve a través de la planta mediante el transportador tornillo sin fin, que facilita el transporte de polvo de caucho y otros materiales a granel entre diferentes áreas del proceso.

10. Granuladora

La granuladora convierte los fragmentos de caucho en gránulos uniformes. Este equipo es esencial para preparar el material para la mezcla y la fabricación de ladrillos, asegurando que el caucho tenga una textura adecuada.

11. Zaranda Separadora Vibratoria

El material granulado pasa por la zaranda separadora vibratoria, que clasifica los gránulos por tamaño. Esto asegura que se utilicen solo los tamaños adecuados para la producción de ladrillos.

12. Molino Hidráulico

Si se requiere un tamaño de partícula aún más fino, el molino hidráulico procesa el caucho granulado para obtener una textura más fina. Este equipo es útil para obtener el tamaño de partícula preciso necesario para los ladrillos.

13. Sistema de Curado o Vulcanización

Los gránulos de caucho se mezclan con otros ingredientes y se moldean en ladrillos utilizando una prensa hidráulica. Después del moldeo, los ladrillos pasan por el sistema de curado o vulcanización, que endurece y estabiliza el material a través de un proceso químico o térmico.

14. Horno de Secado

El horno de secado se aplica para eliminar la humedad presente en los ladrillos después del curado. Este paso asegura que los ladrillos mantengan su forma y propiedades durante el almacenamiento y el transporte.

15. Sistema de Corte y Afilado

Una vez secos, los ladrillos pasan por el sistema de corte y afilado, que ajusta y perfecciona los bordes de los ladrillos para asegurar que tengan dimensiones exactas y bordes bien definidos.

16. Equipo de Envasado Doble

El equipo de envasado doble empaqueta los ladrillos terminados en bolsas o contenedores. Este equipo automatiza el proceso de envasado, facilitando la distribución y manejo del producto final.

17. Montacarga

El montacarga se utiliza para mover materiales y productos pesados entre las diferentes áreas de la planta. Facilita la logística y el manejo de cargas a lo largo del proceso de producción.

Este flujo de trabajo asegura un proceso de reciclaje de caucho eficiente y una producción de ladrillos de alta calidad.