



## PROYECTO DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA RECICLADORA DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO: UN ENFOQUE DE FINANZAS SUSTENTABLES

Graciela Fuertes<sup>1</sup> y Guillermo Monteverde<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consultora independiente. Concordia 3726. C1419AND - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup>Consultor independiente y docente en el IUSM de la Prefectura Naval Argentina. Río Limay 1218. C1278ABB CABA- Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

[gracielaфуertes2010@gmail.com](mailto:gracielaфуertes2010@gmail.com); [guillermo.monteverde@gmail.com](mailto:guillermo.monteverde@gmail.com)

### Resumen

|   |   |
|---|---|
| <p>Recibido: 12/2023</p> <p>Aceptado: 4/2024</p>  | <p>El proyecto propone la creación de una planta recicladora de neumáticos fuera de uso con un enfoque sólido en finanzas sustentables y de triple impacto. Aborda tres dimensiones fundamentales, económica, social y ambiental. El objetivo principal del proyecto es diseñar, construir y operar una planta de reciclaje de neumáticos que sea financieramente rentable y ambientalmente responsable. Esto se logrará a través de la transformación de los neumáticos usados en productos reciclados de alta calidad utilizando tecnología avanzada de reciclaje, que incluirá la trituración, desmenuzando y procesamiento de neumáticos usados para obtener materias primas recicladas. Estas materias primas se utilizarán en la fabricación de productos como gránulos de caucho, asfalto modificado y productos para la construcción, lo que permitirá una diversificación de los ingresos. Los beneficios sustentables esperados son la reducción de residuos, la generación de empleo, la contribución a la economía local debido a que se espera impulsar el desarrollo económico de la región al fomentar la demanda de productos reciclados. El enfoque financiero del proyecto se basa en principios de sustentabilidad tales como la rentabilidad, la eficiencia energética y el acceso al financiamiento sostenible. Se llevará a cabo en fases, desde la planificación y construcción de la planta hasta su operación. Se establecerá un equipo de gestión comprometido con la sostenibilidad y se garantizará la capacitación y el cumplimiento de estándares de calidad y seguridad. Esta presentación incluye el desarrollo de la idea principal y el análisis inicial de las viabilidades técnica y económico-financiera ya que se encuentra en proceso.</p> |
| <p><b>Palabras clave</b></p> <p>Sustentabilidad</p> <p>Reciclaje</p> <p>Finanzas sustentables</p> <p>Huella de carbono</p> <p>Medioambiente</p> | <p>Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.</p> <p>ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861</p>   |

## DESIGN AND IMPLEMENTATION PROJECT OF A RECYCLING PLANT FOR OUT OF USE TIRES: A SUSTAINABLE FINANCE APPROACH

Graciela Fuertes<sup>1</sup> y Guillermo Monteverde<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consultora independiente. Concordia 3726. C1419AND - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup>Consultor independiente y docente en el IUSM de la Prefectura Naval Argentina. Río Limay 1218. C1278ABB CABA- Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

gracielaфуertes2010@gmail.com; guillermo.monteverde@gmail.com

### Abstract

#### KEYWORDS

Sustainability  
Recycling  
Sustainable finance Carbon  
footprint  
Environment

The project proposes the creation of an end-of-life tire recycling plant with a solid focus on sustainable and triple impact finance. It addresses three fundamental dimensions, economic, social and environmental. The main objective of the project is to design, build and operate a tire recycling plant that is financially profitable and environmentally responsible. This will be achieved through the transformation of used tires into high-quality recycled products using advanced recycling technology, which will include shredding, shredding and processing of used tires to obtain recycled raw materials. These raw materials will be used in the manufacturing of products such as rubber granules, modified asphalt and construction products, allowing for income diversification. The expected sustainable benefits are the reduction of waste, the generation of employment, the contribution to the local economy because it is expected to boost the economic development of the region by promoting the demand for recycled products. The project's financial approach is based on sustainability principles such as profitability, energy efficiency and access to sustainable financing. It will be carried out in phases, from planning and construction of the plant to its operation. A management team committed to sustainability will be established and training and compliance with quality and safety standards will be guaranteed. This presentation includes the development of the main idea and the initial analysis of the technical and economic-financial feasibility since it is in process.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

## 1. INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más consciente de los desafíos ambientales y la necesidad de adoptar prácticas sustentables, surge una oportunidad valiosa para abordar una problemática que combina la gestión de residuos y la demanda de materias primas de alta importancia en la industria: el reciclado de neumáticos fuera de uso. En este contexto, se presenta un proyecto que tiene como objetivo central la producción de SBR granulado, un insumo altamente demandado en diversas industrias, a partir de la recopilación y reciclaje de neumáticos desechados.

El estireno-butadieno (SBR) granulado es una materia prima esencial en la fabricación de una amplia gama de productos, desde neumáticos y calzado hasta productos de caucho, revestimientos y componentes automotrices. Su versatilidad y propiedades mecánicas lo convierten en un recurso industrial altamente valioso. Sin embargo, la creciente demanda de SBR granulado ha llevado a una escasez de su oferta y al aumento en los precios, lo que plantea desafíos significativos para las empresas que dependen de este insumo crucial. Si bien actualmente existen empresas que ofrecen este producto, lo hacen en forma poco regulada y con bajos niveles de calidad. A eso se suma la poca capacidad productiva que poseen, en algunos casos logrando una producción de entre 3.000 y 5.000kg semanales.

El presente proyecto propone abordar esta necesidad creciente al establecer una planta de reciclado de neumáticos fuera de uso que se especialice en la producción de SBR granulado de alta calidad. La propuesta se basa en dos pilares fundamentales: la gestión responsable de residuos y la satisfacción de la creciente demanda de SBR granulado, aportando al mismo tiempo a la preservación del medio ambiente.

El triple impacto se basará en:

### *Impacto Económico:*

- Generación de empleo: se crearán puestos de trabajo en la comunidad donde está ubicada, lo que contribuye al desarrollo económico local.
- Eficiencia en el proceso: se buscará maximizar la eficiencia en el procesamiento de los neumáticos, lo que puede incluir la inversión en tecnología avanzada para la extracción y reciclaje de materiales.
- Venta de productos: los materiales reciclados, como el caucho granulado o el acero, pueden ser vendidos a otras empresas para su uso en la fabricación de productos nuevos, lo que genera ingresos.

### *Impacto Social:*

- Capacitación y educación: se ofrecerán programas de capacitación a los empleados, mejorando sus habilidades y calificaciones.
- Compromiso comunitario: se buscará la colaboración con la comunidad local en actividades educativas y de concienciación sobre la importancia del reciclaje y la gestión adecuada de los Neumáticos Fuera de Uso (NFU). También se promoverá la participación de recicladores y cooperativas dentro de cada municipio.
- Salud y seguridad: se implementarán medidas de seguridad para garantizar la salud y el bienestar de los trabajadores y la comunidad circundante.

### *Impacto Ambiental:*

- Reciclaje de materiales: se reciclarán los NFU transformándolos en materia prima para diversas industrias.

- Reducción de la contaminación: la actividad evitará la liberación de sustancias químicas dañinas en el suelo y el agua.
- Producción de energía renovable: se planea la posibilidad utilizar la biomasa de neumáticos como fuente de energía renovable.

Otros de los aspectos fundamentales considerados en el proyecto son los siguientes:

○ *Enfoque en la Sustentabilidad:*

La sustentabilidad está en el corazón del proyecto. Nos comprometemos a utilizar tecnologías avanzadas de reciclaje, minimizar el consumo de energía y cumplir con las regulaciones ambientales para garantizar que nuestras operaciones sean respetuosas con el entorno.

Es fundamental para asegurar que el proyecto no solo sea rentable desde el punto de vista económico-financiero, sino que también tenga un impacto positivo en el medio ambiente y en la sociedad en general.

○ *Eficiencia Energética y Reducción de Costos:*

El proyecto contempla implementar tecnologías y procesos de producción que reduzcan el consumo de energía con la intención de generar un impacto directo en los costos operativos. La inversión en equipos más eficientes energéticamente permitirá generar ahorros significativos a largo plazo, al tiempo que disminuye la huella de carbono.

○ *Gestión de Residuos Responsable:*

La gestión adecuada de los residuos generados durante el proceso de reciclado es fundamental. Se realizará un enfoque de "cero residuos" puede minimizar los costos de eliminación de residuos y, al mismo tiempo, cumplir con las regulaciones ambientales.

○ *Acceso a Financiamiento Sostenible:*

Se buscarán fuentes de financiamiento que estén alineadas con prácticas financieras sostenibles, como inversiones de impacto, bonos verdes o préstamos con tasas preferenciales para proyectos ambientalmente amigables.

○ *Certificaciones y Cumplimiento Normativo:*

Se gestionará la implementación de certificaciones de sostenibilidad, como ISO 14001, lo que facilitará el acceso a mercados que valoran prácticas responsables. Cumplir con las regulaciones ambientales es esencial para evitar multas y riesgos financieros.

○ *Diversificación de Ingresos:*

Además de la producción de SBR granulado, buscar oportunidades para diversificar los ingresos a través de la fabricación de otros productos reciclados o subproductos que también sean sostenibles y rentables.

○ *Reporte de Impacto:*

La propuesta involucra realizar un seguimiento y reportar el impacto ambiental y social del proyecto a los inversores y partes interesadas. La transparencia en la gestión sostenible puede generar confianza y atraer inversiones responsables.

○ *Colaboración con la Comunidad Local:*

Se pretende involucrar a la comunidad local en el proyecto y se considerarán iniciativas de responsabilidad social empresarial que generen beneficios económicos y sociales en la región.

La integración de finanzas sustentables en un proyecto de reciclado de SBR implica tomar decisiones financieras que maximicen el valor a largo plazo, tanto desde una perspectiva económica como ambiental y social. Esto no solo puede atraer inversionistas comprometidos con la sustentabilidad, sino que también posiciona al proyecto para prosperar en un mercado cada vez más enfocado en la sostenibilidad.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

El proceso de tratamiento de los residuos funcionará sobre la base de las siguientes acciones: la recolección, almacenamiento, clasificación, y posterior revalorización de los neumáticos y cámaras fuera de uso.

Es importante distinguir tres etapas:

- **Recolección:** el proyecto dispondrá de circuitos de recolección y acopio a nivel nacional. Este proceso espera contar con acuerdos en distintos municipios y provincias para el transporte de los residuos a diferentes espacios de acopio.
- **Clasificación:** proceso que separa los neumáticos aptos para reúso, mientras que los restantes se envían a la planta de triturado.
- **Revalorización industrial:** en este proceso se realiza en la planta industrial, donde se separan los componentes: caucho, acero y fibras, y se produce “granulado” y “polvo de caucho” de utilidad para mezclas asfálticas, baldosas, pisos de seguridad, rellenos de césped artificial, piezas premoldeadas, etc. Se diseñará e instalará una planta de trituración de neumáticos con capacidad modificable modularmente.

#### ILUSTRACIÓN 1 ESQUEMA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS



*Fuente: Elaboración propia*

#### 2.1 Características del proceso de revalorización.

Procesar NFU requiere de un sistema complejo de máquinas capaces de transformar un neumático en una partícula de caucho.

Guillotinas y picadoras cortan los neumáticos en pequeñas partes, las zarandas en continuo movimiento separan partículas por su granulometría mientras que las imantadoras retiran los trozos de acero y las sopladoras empujan la fibra. Algunos neumáticos por su composición pueden ingresar directamente a la maquinaria, pero otros, con estructuras más resistentes, requieren la extracción del talón de acero y pasar por un proceso de precorte.

En el proceso se obtienen productos tales como:

- **Caucho granulado y pulverizado:** El caucho SBR vulcanizado representa aproximadamente el 70% del neumático. El proceso de reciclaje lo separa de los otros materiales y permite acceder a diferentes granulometrías desde trozos y grano hasta polvo. Es el producto que más se genera y con mayor potencial de valorización en el mercado.
- **Acero compactado:** representa el 20% del neumático. Son los cables de acero que componen la carcasa estructura metálica de los neumáticos. Estos son retirados en el proceso y compactados en forma de bloques con una prensa hidráulica, para su posterior entrega a empresas que los reciclan.

- **Fibras:** representa el 10% del neumático. Son las partículas de textiles que componen la carcasa estructural de los neumáticos. Son separadas en el proceso y entregadas a otras empresas que las utilizan para aportar energía calorífica u otras aplicaciones en desarrollo.

Este tipo de revalorización implica el uso de los Neumáticos y Cámaras fuera de uso en proyectos que los utilizan como material para la construcción, arquitectura y diseño. Sirven para su aplicación en construcción de viviendas, pisos deportivos, cimientos, paredes y muros de contención, jardineras, juegos infantiles, circuitos de karting, gimnasios de crossfit, artesanías, protección de impactos, vallados, etc.

## 2.2 Beneficios medioambientales del reciclado de NFU

La economía circular es un sistema de aprovechamiento de los recursos donde se apuesta por el reciclaje de los elementos con el fin de reducir el consumo de productos naturales como materia prima. Un neumático fuera de uso abandonado en la naturaleza tarda 600 años en desaparecer. Reciclandolos contribuimos a preservar el medio ambiente, ahorrar energía, optimizar recursos y fomentar este modelo de economía circular más justo con la sociedad y la naturaleza.

Los principales beneficios son:

- **Ahorrar energía, materias primas y emisiones de CO2 al medio ambiente.** Al reciclar los neumáticos, se reduce el trabajo de extracción de materias primas, su elaboración y transporte, lo que conlleva una disminución importante del uso de la energía necesaria para llevar a cabo estos procesos. Al hacer menor consumo de energía, se genera menos CO2 y se reduce el efecto invernadero, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático.
- **Contribuir a la conservación de los bosques.** El principal componente del neumático es el caucho, ya sea natural y sintético, siendo casi la mitad de su peso. La fabricación de neumáticos concentra un gran porcentaje de la industria del caucho, constituyendo el 60% de su producción anual. Se podría pensar que al contrario que el caucho sintético, el consumo de caucho natural es inocuo para el medio ambiente, pero esto no es así. El caucho natural se extrae a partir del árbol *Hevea Brasiliensis* y su explotación intensiva ha favorecido la pérdida de biodiversidad y de bosques tropicales. Por este motivo, **el caucho natural abarca sólo el 30% del mercado y el resto lo ocupan los cauchos sintéticos.** Sin embargo, a pesar de este porcentaje se siguen talando selvas para su producción. Por tanto, haciendo un consumo responsable de este material y su conveniente reutilización y reciclado, se ahorra una cantidad importante de recursos naturales, contribuyendo a conservar los bosques.
- **Fabricar nuevos productos ecológicos.** El proyecto se encargará de gestionar anualmente la recolección de NFU que sus productores adheridos han puesto en el mercado para su posterior tratamiento. Una vez que son recogidos, se clasifican entre los que se pueden renovar y los que no. En el caso de no poder renovarse, éstos van a plantas de reciclado donde se extraen y separan sus distintos componentes (caucho, fibra textil y acero), que se recuperan para nuevos usos, entre ellos, asfaltado de calles y carreteras, losetas de seguridad y pavimentos para parques infantiles, canchas deportivas, guardarrailes más seguros, césped artificial, techos para viviendas, aislante acústico, Eco-combustible, suelas de zapatos, proyectos de obra civil o metal regenerado.

- **Crear empleo verde y fomentar la economía circular.** Reciclar supone preservar el medio ambiente y algo tan importante como ayudar a la creación y al mantenimiento de puestos de trabajo. El proyecto contribuirá a la generación de miles de estos puestos de trabajo, directos e indirectos, fomentando un modelo de economía circular más justo con la sociedad y con la naturaleza.
- **Preservar el medio ambiente y reducir la propagación de enfermedades.** Cada año, cerca de mil millones de neumáticos llegan al final de su vida útil en todo el mundo. Su masiva fabricación y la gran dificultad para hacerlos desaparecer supone un gran problema medioambiental. Un neumático necesita mucha energía al ser fabricado y si no es reciclado, provoca una gran contaminación ambiental al degradarse. Si un neumático termina abandonado en la naturaleza, su degradación puede tardar hasta mil años. Esto produce un grave impacto, ya que con el paso del tiempo se produce una degradación química parcial que contamina el suelo. Además, favorece al estancamiento del agua, lo que trae consigo insectos y roedores, y en consecuencia enfermedades. También en muchas ocasiones se queman para disminuir el espacio que ocupan en los vertederos. Este acto provoca problemas aún más graves en el medio ambiente debido a la emisión de gases químicos liberados, entre ellos, ácido sulfúrico.

### 3. SITUACIÓN ACTUAL EN ARGENTINA

En Argentina, los NFU superan las 137.000 toneladas anuales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2021) que se acumulan en basurales a cielo abierto o incluso peor, se queman liberando el famoso “humo negro” que emite mercurio, plomo y dióxido de carbono generando grandes daños a la capa de ozono. Además, se ha demostrado que es causante de graves enfermedades respiratorias. Según la misma fuente, este tipo de residuos contribuyen en un 14 % a las emisiones de dióxido de carbono que generan el cambio climático y para disminuir su impacto se deberán tomar medidas que eviten que los residuos lleguen a rellenos sanitarios o basurales. Estos residuos presentan alguna característica de peligrosidad y a diferencia de otros como papel, cartón, vidrio o plásticos, deben ser gestionados de manera diferenciada.

Las estadísticas además indican que un 90% del total de esta cifra no recibe un correcto tratamiento y tampoco es utilizada para reciclaje. Esta problemática afecta directamente a las ciudades con más urbanización, donde la basura que no es tratada se acumula generando diversas problemáticas ambientales.

Buenos Aires es uno de los casos más emblemáticos, ya que allí se generan nada más y nada menos que unas 40.000 toneladas anuales de NFU. Por esta razón, diversas autoridades y funcionarios del país han empezado a buscar soluciones, ya que apelar a la degradación del caucho es algo impensado en el corto plazo debido al tiempo que tarda en descomponerse totalmente.

#### 3.1 Estructura Normativa Vigente

La estructura normativa vigente en nuestro país en materia de residuos puede separarse en tres niveles. Por un lado, se encuentran los Acuerdos Multilaterales ratificados por nuestro país en lo relativo a residuos y sustancias químicas. En un segundo nivel, se encuentran las leyes de presupuestos mínimos de protección ambiental, conformada por la Ley General del Ambiente (Infoleg, Ley General del Ambiente, 2002), la Ley de Gestión Integral de Residuos Domiciliarios (Infoleg, Ley 26.916 - Gestión de Residuos Domiciliarios, 2004), la Ley de Gestión Integral de Residuos Industriales y Actividades de Servicio, la Ley de Gestión integral de Envases Vacíos de Fitosanitarios y la Ley de Gestión y Eliminación de PCBs.

Finalmente, se encuentran las leyes nacionales de Residuos Peligrosos, la Ley de Obras Sanitarias de la Nación y la Ley de Contaminación Atmosférica. Por último, se destaca la Resolución Nacional N°523/2013 (Sustentable, 2013) de manejo sustentable de neumáticos en su ciclo de vida.

Ilustración 2. Estructura normativa vigente



Fuente: Estructura normativa de residuos mayds

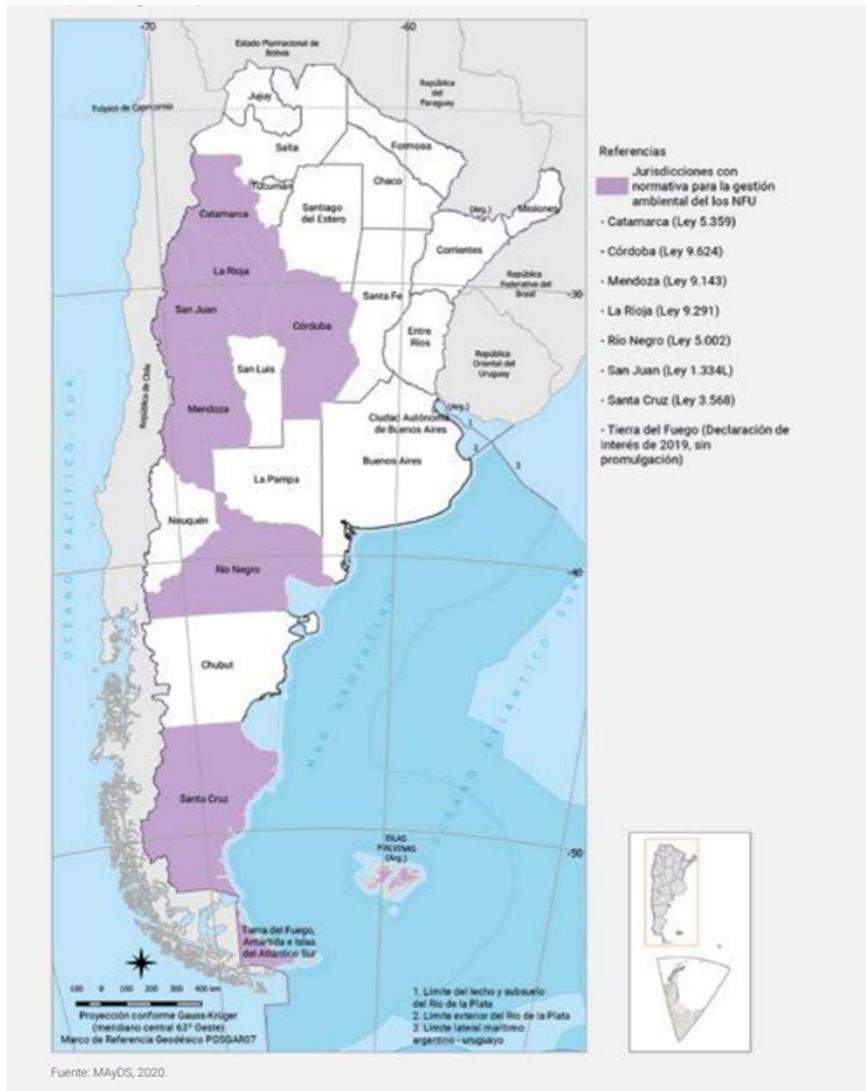
De acuerdo con el informe (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2020) la estructura normativa vigente en materia de residuos plantea una serie de dificultades que obstaculizan la implementación de políticas públicas acordes al contexto actual y a las necesidades de gestión.

Dentro de las conclusiones plantea que existe falta de claridad en la aplicación del marco normativo actual, que conlleva interpretaciones jurisprudenciales disímiles. El régimen jurídico existente en materia de residuos demanda su urgente actualización.

También afirma que existen múltiples propuestas de proyectos para el desarrollo de nuevas normativas que abordan la problemática de los residuos parcialmente y, generalmente, de modo contradictorio.

En el siguiente mapa se pueden visualizar las jurisdicciones que cuentan con normativa para la gestión ambiental de los NFU: Catamarca, Córdoba, Mendoza, La Rioja, Río Negro, San Juan, Santa Cruz y Tierra del Fuego.

Mapa 1. Jurisdicciones con normativa NFU



Fuente 1 MayDS, 2020 <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/residuos.pdf>

#### 4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Como se ha mencionado anteriormente, el proyecto se enfoca en dar solución a dos problemas fundamentales. Por un lado, abastecer la demanda de las empresas que utilizan el SBR como materia prima, con demanda creciente y oferta insuficiente y por otro aportar una la solución a la problemática ambiental generada por la falta de tratamiento de los residuos.

La oferta actual de SBR granulado es escasa y la mayor producción existente se encuentra centralizada en una sola empresa que utiliza su producción para integrarla como insumo de su propia estructura de negocios. Los demás productores, cuentan con molinos de baja calidad, sin cumplimiento de normativas y con elevados riesgos de incendio. Se caracterizan por la informalidad e irregularidad en la calidad y cantidad de kilos producidos.

El neumático es un producto imprescindible para la movilidad, pero también es un residuo muy difícil de tratar. La mayoría de estos neumáticos se queman o se depositan en vertederos, lo que

genera graves consecuencias ambientales, como la contaminación de suelos y ríos, emisiones de gases contaminantes, y la pérdida de recursos naturales valiosos.

El consumo de neumáticos aumenta cada año y su posterior descarte ha generado una problemática ambiental de gran magnitud debido a que se desechan cientos de toneladas que terminan acumulándose en vertederos o siendo abandonados en espacios públicos.

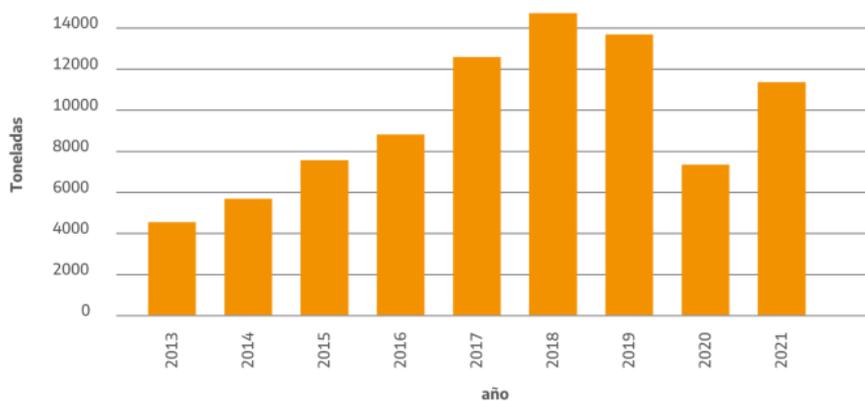
Ilustración 1. NFU



Fuente Organizaciones ambientales lanzaron una campaña para la sanción de un proyecto de ley de neumáticos. Diario Perfil 22/8/2022 (Diario Perfil, 2022)

De acuerdo con los datos relevados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable la cantidad de NFU han crecido año a año como se puede observar en el siguiente gráfico:

Gráfico 1. NFU en toneladas en Argentina



Fuente Ministerio de ambiente y desarrollo sustentable (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2021)

Esta acumulación genera múltiples problemas, como la proliferación de mosquitos y roedores, incendios incontrolables que liberan contaminantes tóxicos en el aire, lo que representa un peligro para la salud de la población circundante, obstrucción de drenajes pluviales y contaminación del suelo. Los neumáticos en desuso representan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente debido a su lenta degradación y a la liberación de compuestos tóxicos.

## 5. EL PROYECTO

### 5.1 Misión

El proyecto tiene como misión brindar una solución a estas problemáticas, proponiendo la instalación de una nueva planta procesadora de NFU que genere materia prima de excelente calidad y que a la vez brinde respuesta a la necesidad de disposición de dichos residuos a los municipios afectados y plantas industriales elaboradoras de neumáticos que generan material de descarte. Asimismo, el proyecto tiene como misión mejorar los canales de acopio de estos materiales mediante convenios con empresas de transporte pesado y de pasajeros, y con cooperativas de recolectores urbanos, atendiendo los requerimientos de esas partes interesadas en el proyecto.

La implementación de una planta recicladora de caucho vulcanizado se presenta como una solución sostenible para minimizar los impactos negativos asociados a los neumáticos en desuso y fomentar una economía circular, evitando su disposición en vertederos y generando productos de alto valor agregado.

Como parte de la misión del proyecto, se describen los siguientes objetivos generales:

- Promover el reciclado de residuos.
- Desarrollar una solución al problema ambiental.
- Transformar neumáticos desechados en materia prima para otros proyectos productivos.
- Mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.
- Promover la excelencia en los procesos.
- Trabajar desde lo local con alcance nacional.

Esta planta prevé no solo reciclar el caucho sintético proveniente de los NFU, que conforma aproximadamente un 70-75 % del neumático, sino también el acero incluido en el mismo (12-15%) y las fibras textiles remanentes (12-15%). (Gonzalez Martín, 2015)

En la siguiente imagen se presenta la composición aproximada de un neumático y el consumo de petróleo que se requiere en su elaboración.

Ilustración 2. Composición de los neumáticos



Fuente: Martín González, Á. (2015). Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

## 5.2 Necesidades del negocio

El proyecto tiene como objetivo principal la creación de una planta de reciclaje de caucho vulcanizado para la elaboración de caucho sintético molido proveniente de neumáticos usados, con el fin de producir una materia prima de alta calidad para su uso en la elaboración de pistas atléticas y canchas deportivas, industria cementera y de la construcción.

El promotor necesita una fuente de suministro estable de caucho sintético molido para su uso en su actividad principal, y este proyecto busca satisfacer esta necesidad del negocio y asimismo atender otras demandas del mercado actualmente insatisfechas por los proveedores locales.

Esta planta debe contar con las maquinarias e instalaciones necesarias para realizar el proceso de lavado, trituración, separación y molienda de los neumáticos fuera de uso recibidos, y que garanticen el cumplimiento de toda la normativa ambiental aplicable.

## 5.3 Alcance del proyecto

El alcance preliminar del proyecto consiste en el diseño, desarrollo y puesta en funcionamiento de una planta industrial recicladora de caucho vulcanizado procedente de neumáticos fuera de uso y de material de descarte de la industria, a situarse en una nave industrial a alquilar dentro del conurbano bonaerense.

Se incluye:

- El análisis y diseño de una solución tecnológica que incluya distintas opciones y tipos de maquinarias y sus fabricantes, con la recomendación de un proveedor y tipo de maquinarias a adquirir.
- El presupuesto de adquisición de las maquinarias y el esquema de distribución de estas dentro de la planta industrial, así como un detalle de las características mínimas necesarias que debe cubrir la nave industrial a contratar.
- Un análisis de la viabilidad técnica y económico-financiera de la opción recomendada.
- Adquisición o alquiler de la nave industrial con las características necesarias para la instalación de las maquinarias, y su acondicionamiento en caso de ser necesario.

- Adquisición, transporte, nacionalización e instalación de maquinarias especializadas para el proceso de trituración, separación y molienda de neumáticos usados, en la nave industrial designada.
- La firma de acuerdos con municipios, cooperativas de recicladores urbanos y empresas productoras de neumáticos nuevos.
- Las habilitaciones y la obtención de los permisos provinciales y municipales necesarios.
- La búsqueda de financiamiento para adquirir las maquinarias y la obtención de las garantías necesarias.
- La prueba de funcionamiento de las maquinarias e instalaciones adquiridas o contratadas, su puesta a punto y puesta en marcha.
- La capacitación del personal operario, supervisores y gerente de planta en el uso y mantenimiento preventivo de estas.

#### **5.4 Objetivos particulares del proyecto**

Los objetivos del proyecto son:

- Diseñar e implementar una planta de reciclaje de caucho vulcanizado que produzca caucho sintético molido de alta calidad a partir de neumáticos usados, y para su uso en la instalación de pistas atléticas y canchas de deportes, en la industria cementera y de la construcción.
- Establecer circuitos de recolección eficientes y seguros con cobertura nacional.
- Cubrir todas las etapas desde la recepción en los puntos de recolección hasta su destino, incluyendo recolección, almacenamiento, valorización y eliminación de los NFU.
- Establecer mecanismos de control de los flujos de materiales y trazabilidad durante los procesos.
- Prever mecanismos múltiples de concientización en materia de gestión de estos residuos e informar al consumidor de estos.
- Cumplir con la normativa en el traslado, en la modalidad de acopio y los finales de los NFU, estableciendo mecanismos para el control, fiscalización y seguimiento de su cumplimiento.
- Cumplir con los plazos y requisitos de calidad establecidos por el cliente y asegurar su cumplimiento por parte de los proveedores de maquinaria y equipos.
- Utilizar de manera efectiva los recursos asignados al proyecto.
- Cumplir con las regulaciones y leyes ambientales y de seguridad del proyecto.

El proyecto se considerará exitoso si cumple con su alcance dentro del plazo y presupuesto estimado.

#### **5.5 Resultados esperados**

Se espera que la implementación de este proyecto tenga los siguientes resultados:

- Aprovechamiento de los recursos: se aprovecharán los neumáticos usados o material de descarte de fábrica para la producción de caucho vulcanizado, minimizando el impacto ambiental y generando valor agregado.
- Reducción de la huella ecológica: se medirá y reducirá la huella ecológica de la operación de la planta recicladora de caucho vulcanizado, contribuyendo a la protección del medio ambiente.
- Generación de empleo: se generarán empleos directos e indirectos en la operación y mantenimiento de la planta recicladora, contribuyendo al desarrollo económico y social de la región.
- Innovación tecnológica: se implementarán tecnologías y procesos innovadores, contribuyendo al desarrollo de emprendimientos tecnológicos con innovación de triple impacto.

- Impacto social: se realizarán convenios con cooperativas de recicladores urbanos para establecer centros de recepción y acopio de los NFU, que prevea un pago para dichas cooperativas por cada NFU recibido.

### **5.6 Estrategia comercial**

La propuesta de valor se centrará en la calidad del tratamiento de los NFU. El cumplimiento de las normativas medioambientales y de calidad de los procesos definirán la estrategia comercial ya que se asociará el producto a la contribución con el medioambiente y a la economía social.

Se establecerán alianzas con organizaciones medioambientales y gubernamentales para promover el negocio.

Se establecerán sistemas de retroalimentación y mejora continua para mantener la satisfacción del cliente.

Se comunicarán los esfuerzos por minimizar el impacto medioambiental y el compromiso con prácticas comerciales éticas.

Se fomentará el consumo responsable y consciente, ya que los productos derivados del caucho reciclado adquieren un valor adicional al ser producidos de manera socialmente responsable.

Se gestionarán certificaciones ambientales, como ISO 14001, que demuestren tu compromiso con la sostenibilidad y la gestión ambiental.

### **5.7 Estrategia productiva**

La estrategia de éxito del proyecto se basa en realizar acuerdos con cooperativas de recicladores urbanos, municipios, vertederos de residuos, empresas de transporte pesado y de pasajeros, principales cadenas de talleres mecánicos y gomerías, y fábricas de neumáticos para disminuir el costo de acopio y transporte de los NFU.

Asimismo, el proyecto prevé la posibilidad de adquirir cortadoras de neumáticos móviles que son máquinas diseñadas para cortar neumáticos fuera de uso (NFU) en ubicaciones diversas en lugar de en una instalación fija. Estas máquinas reducen el volumen de los neumáticos antes de ser transportados a la planta recicladora.

Se establecerán alianzas con cooperativas o asociaciones de trabajo que se dediquen a la recolección y clasificación de residuos. Estas organizaciones promueven la inclusión social y el empoderamiento de grupos vulnerables al brindarles oportunidades de empleo y desarrollo personal.

Se utilizarán sistemas para gestionar y monitorear los procesos, optimizar la logística de recolección y distribución, y mejorar la trazabilidad de los productos. Además, se diseñarán sistemas de información y comunicación con los diferentes actores involucrados en la cadena de valor, promoviendo la transparencia y la colaboración.

Se realizará la instalación de paneles solares para aprovechar la radiación solar transformándola en energía eléctrica para alimentar los procesos de reciclaje y otros requerimientos energéticos. Del mismo modo, se puede evaluar la viabilidad de utilizar turbinas eólicas o sistemas de biomasa para la generación de energía limpia y sostenible.

## 5.8 Estrategia financiera

La estrategia financiera se apoyará en la implementación de un riguroso control de costos para minimizar gastos operativos. Esto incluirá la optimización de procesos, la eficiencia en el uso de recursos y la gestión de inventario.

La inversión inicial se financiará con un préstamo del BICE en pesos a tasa fija y con 2 años de gracia lo que permitirá apalancar el proyecto durante los primeros años. El contexto de alta inflación genera tasas negativas y un beneficio considerable para el proyecto.

Se planea diversificar las fuentes de ingresos, no solo a través del reciclaje de NFU, sino también a través de la venta de productos reciclados y servicios de reciclaje para terceros.

La gestión eficiente del capital de trabajo será uno de los pilares del proyecto para cubrir gastos operativos, como salarios, suministros y costos de mantenimiento de la planta.

Se estima reinvertir las ganancias en la expansión, la mejora de la infraestructura y la adquisición de equipos más eficientes.

Se contratarán seguros para proteger riesgos, como incendios o daños ambientales.

Se espera que el municipio contribuya con el transporte de los NFU a los centros de acopio. También se espera contar con el aporte de las ONG que se dedican a la separación y acopio de residuos lo que reduce los costos operativos.

Se implementará un sistema sólido de seguimiento y medición de los resultados financieros para evaluar el rendimiento y realizar ajustes según sea necesario.

Se realizarán reportes financieros precisos y transparentes, y se comunicará de manera clara y oportuna los resultados financieros a inversionistas, socios y partes interesadas.

## 5.9 Principales interesados del proyecto

Un proyecto de estas características requiere de la suma de varios actores que participen activamente en la solución de esta problemática común.

Podemos diferenciar cuatro tipos de agentes:

Tabla 1. Agentes que participan

| Agentes Generadores   | Agentes participantes   | Agentes Recicladores   | Agentes compradores   |
|---|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Particulares y tenedores de NFU sin permisos para su tratamiento.</li> <li>• Comercializadores y distribuidores de neumáticos.</li> <li>• Organismos del estado con flota propia.</li> <li>• Empresas de transporte</li> <li>• Empresas fabricantes de neumáticos (Scrap)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituciones tecnológicas (INTI)</li> <li>• Cámaras empresarias (CIN)</li> <li>• Organismos públicos municipales, provinciales y nacionales.</li> <li>• ONG destinadas al medioambiente.</li> <li>• Empresas recolectoras.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas dedicadas a la recuperación de neumáticos fuera de uso (NFU) y scrap de fábricas de neumáticos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas dedicadas a la infraestructura deportiva.</li> <li>• Empresas de la industria petroquímica.</li> <li>• Empresas constructoras.</li> </ul> |

Fuente: Elaboración propia.

Los roles clave de los agentes involucrados son:

**Generadores de NFU:**

Los generadores son quienes desechan los neumáticos usados, y pueden ser tanto individuos como empresas. Esto incluye talleres de reparación de automóviles, concesionarios, empresas de transporte, dueños de vehículos, entre otros.

**Recicladores:**

Los recicladores son las empresas o instalaciones encargadas de procesar y reciclar los NFU. Su función es recoger, desmontar, cortar, triturar y separar los componentes de los neumáticos para su posterior reutilización.

**Compradores de Materiales Reciclados:**

Estos son los clientes que adquieren los productos reciclados derivados de los NFU, como el caucho granulado, el acero y otros materiales reciclados. Pueden incluir empresas de construcción, fabricantes de productos de caucho, campos deportivos, entre otros.

**Participantes y Partes Interesadas:**

Las partes interesadas pueden incluir organizaciones gubernamentales, ONGs, comunidades locales, y otras partes involucradas en la gestión de NFU y la sostenibilidad ambiental.

Organizaciones no gubernamentales pueden participar en la concienciación y educación pública sobre la gestión adecuada de los NFU.

El gobierno puede establecer regulaciones y directrices para el reciclaje de NFU y brindar apoyo financiero y normativo.

La colaboración y coordinación entre estos agentes son fundamentales. Los generadores de NFU deben garantizar que los neumáticos usados se recojan y se entreguen a las instalaciones de reciclaje de manera adecuada. Los recicladores deben procesar los NFU de manera eficiente y segura. Los compradores de materiales reciclados deben estar dispuestos a utilizar productos reciclados, lo que a su vez fomenta la demanda. Además, las partes interesadas desempeñan un papel importante en la promoción de prácticas sostenibles y el cumplimiento de regulaciones ambientales.

### **5.10 Estructura del proyecto**

Para gestionar el proyecto se utilizarán metodologías de dirección de proyectos de tipo predictivas o clásicas conforme a los lineamientos y mejores prácticas del Project Management Institute (PMI). La estructura del proyecto estará conformada por sus recursos humanos, materiales y financieros, y tendrá en cuenta los valores y la cultura empresarial del promotor.

### **5.11 Ciclo de vida del proyecto**

El proyecto de inversión está pensado en dos etapas, la primera de diseño e implementación y una segunda etapa de explotación.

La primera etapa se encuentra dividida en tres fases. Una primera fase de análisis y diseño, una segunda fase de desarrollo y una tercera fase que incluye la puesta en marcha, la entrega al cliente y la finalización del proyecto.

#### *Fase de Análisis y Diseño*

Dentro de la fase de análisis y diseño, destacan el relevamiento y análisis de posibles soluciones tecnológicas, el estudio de viabilidad técnica, económico-financiera y social-ambiental de la solución recomendada. En esta fase se llevarán a cabo los grupos de procesos de inicio y planificación.

El inicio del proyecto se da con la firma del acta de constitución la que da inicio al proyecto, con la participación del director del proyecto y del Promotor, garantizando este último los fondos necesarios para su realización.

#### *Fase de Desarrollo o implementación*

Esta fase abarca el alquiler o compra, construcción o acondicionamiento de una nave industrial con las medidas necesarias para contener la planta industrial y la adquisición, transporte, nacionalización e instalación de la maquinaria seleccionada durante la fase de diseño. En esta fase se llevarán a cabo los grupos de procesos de ejecución y de seguimiento y control.

#### *Fase de Prueba de funcionamiento y puesta en marcha*

Esta fase incluye la prueba de funcionamiento del equipamiento y de las instalaciones de la nave industrial, su puesta a punto, la capacitación de los operarios, la redacción de un manual de uso y plan de mantenimiento preventivo, la entrega del proyecto al cliente para su explotación, la recopilación de las lecciones aprendidas, la emisión del acta de cierre del proyecto y el informe del mismo a cargo del director del proyecto, lo que constituye la finalización del proyecto y la liberación de los recursos afectados al mismo. En esta última fase del proyecto se llevarán a cabo los grupos de procesos de seguimiento y control, y los de cierre.

El cierre del proyecto se produce con la entrega de la planta industrial puesta a punto y en funcionamiento, y su aceptación por parte del cliente mediante la firma del acta de cierre.

### **5.12 Hitos más importantes del proyecto**

Dentro de los hitos más importantes se encuentran ubicados temporalmente:

- La firma del acta de constitución del proyecto y la conformación del equipo del proyecto.
- La entrega por parte del ingeniero industrial, de la solución tecnológica desarrollada y recomendada para el proyecto, con una selección de proveedores y su presupuesto, viabilidad técnica, económico-financiera y social ambiental.
- La obtención del financiamiento necesario para adquirir las maquinarias
- La colocación de la orden de compra de la maquinaria necesaria para implementar la solución elegida.
- El alquiler o compra de una nave industrial adecuada para el proyecto, y su acondicionamiento en caso de ser necesario.
- La recepción de las maquinarias en la planta industrial y su instalación por parte del fabricante.
- La prueba de funcionamiento y puesta a punto de la maquinaria.
- la capacitación de los operarios, jefe de planta y oficial de mantenimiento.
- la entrega del proyecto al cliente para su explotación y mantenimiento.
- El informe de cierre del proyecto, las lecciones aprendidas y el acta de cierre.

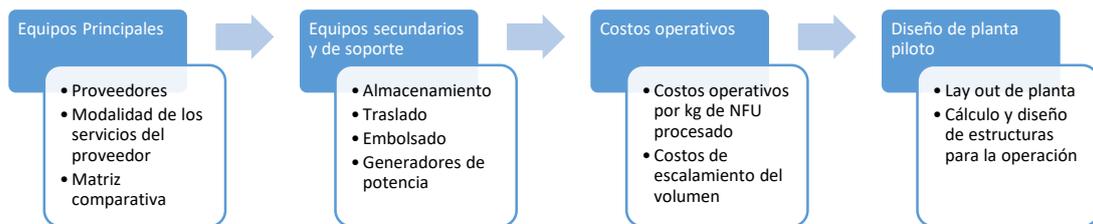
## 6 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

### 6.1 Viabilidad técnica

El análisis de la viabilidad técnica toma como referencia el trabajo de consultoría contratado por la empresa promotora para la investigación de las tecnologías disponibles para el reciclado de NFU y productos de SBR, sus capacidades, proveedores y precios de adquisición (Empresa Promotora del Proyecto, 2023).

Esta investigación se orientó a los siguientes objetivos: la determinación de los costos de operación y el diseño de una planta piloto que contemple el almacenamiento de los NFU, el proceso productivo, equipos auxiliares y almacenamiento del producto terminado. Para ello se realizaron las siguientes actividades divididas en cuatro niveles:

Gráfico 2. Categorización de las actividades

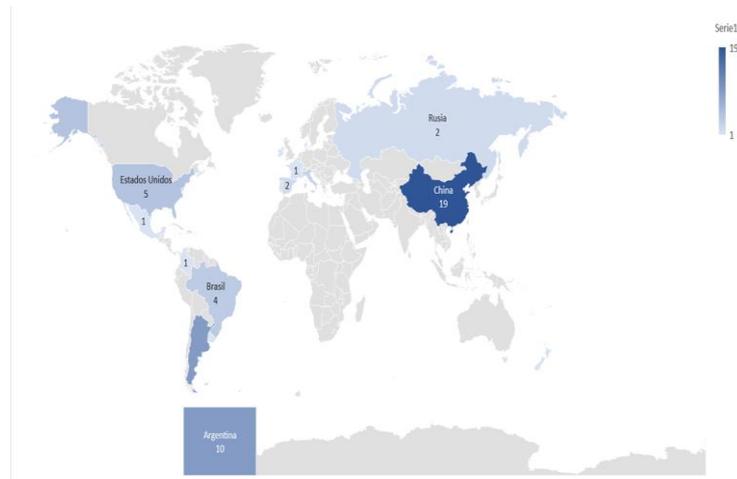


Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora.

#### 6.1.2 Resultados obtenidos

Del relevamiento exhaustivo de los proveedores de maquinarias se verificó la existencia de 52 proveedores distribuidos en 14 países y 4 continentes.

Mapa 2 Proveedores por país



Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora.

Algunos proveedores fueron descartados en el proceso por diferentes motivos, entre los cuales la falta de respuesta a las consultas o la confirmación de ser sólo representaciones de marcas y no fabricantes directos.

Gráfico 3 Proveedores por continente.



Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

Luego de definir la matriz de proveedores a estudiar se procedió a formular el proceso productivo que se configurará y los equipos que se necesitan en cada etapa. Para ello se clasificaron los equipos en primarios y secundarios.

Existe una amplia variedad de equipos primarios pudiendo diferenciarlos a su vez en equipos de pre-proceso, de proceso y complementarios.

Tabla 2. Clasificación de equipos primarios

| Equipos de pre proceso  | Equipos de proceso   | Equipos complementarios   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensas enfardadoras.</li> <li>• Destalonadoras.</li> <li>• Cizallas trozadoras.</li> <li>• Quita aro metal</li> <li>• Trozadora de alto volumen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trituradora primaria.</li> <li>• Trituradora secundaria.</li> <li>• Granuladora.</li> <li>• Molinos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cintas transportadoras</li> <li>• Transportadores vibradores.</li> <li>• Ciclones de aspiración.</li> <li>• Separadores magnéticos.</li> </ul> |

Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

Se pueden diseñar diferentes combinaciones de planta que logren los mismos objetivos de producción. En el ejemplo 1, se presentan los equipos en base a su capacidad de producción, su origen y el costo total del proceso en las 4 etapas.

Ejemplo 1



En el siguiente cuadro se presenta una comparación de las capacidades de producción de acuerdo con el origen de las máquinas y el costo de la inversión para el proceso completo.

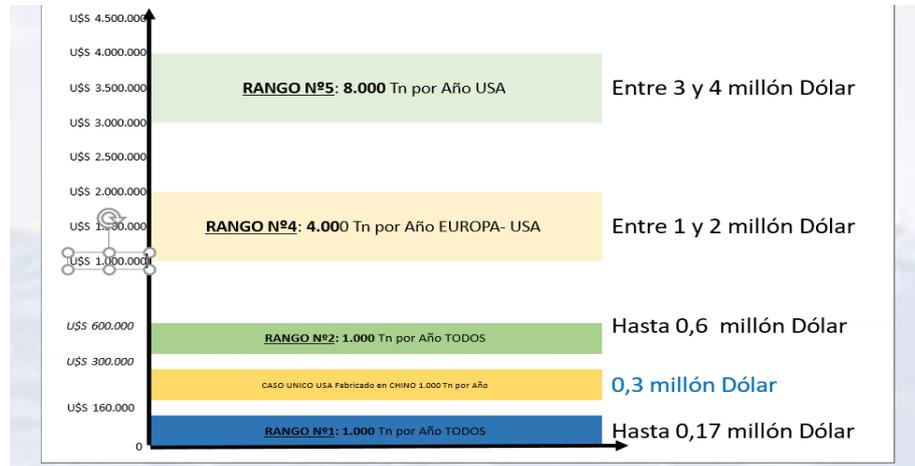
Tabla 3 Comparación de las capacidades de producción

| Capacidad de Producción |                               | ORIGEN            | PROCESO COMPLETO 4 ETAPAS<br>(todo precio FAS)      |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------|---|
| 0,5 Tn /Hs              | 1.000 Tn/año un turno diario  | CHINO             | Menor o igual a U\$S <b>180.000</b>                 |
| 0,5 Tn /Hs              | 1.000 Tn/año un turno diario  | ÚNICO (USA-CHINO) | U\$S <b>305.000</b>                                 |
| 2 Tn /Hs                | 4.000 Tn/año un turno diario  | CHINO             | Entre U\$S <b>360.000</b> y U\$S <b>600.000</b>     |
|                         |                               | USA/EUROPA        | Entre U\$S <b>1.400.000</b> y U\$S <b>1.920.000</b> |
| 4 Tn /Hs                | 8.000 Tn/año un turno diario  | USA               | Entre U\$S <b>2.600.000</b> y U\$S <b>3.600.000</b> |
| 6-8 Tn /Hs              | 14.000 Tn/año un turno diario | USA               | U\$S <b>7.900.000</b>                               |

Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

El rango de inversión de los equipos de proceso es:

Gráfico 4 Rango de inversión en equipos de proceso

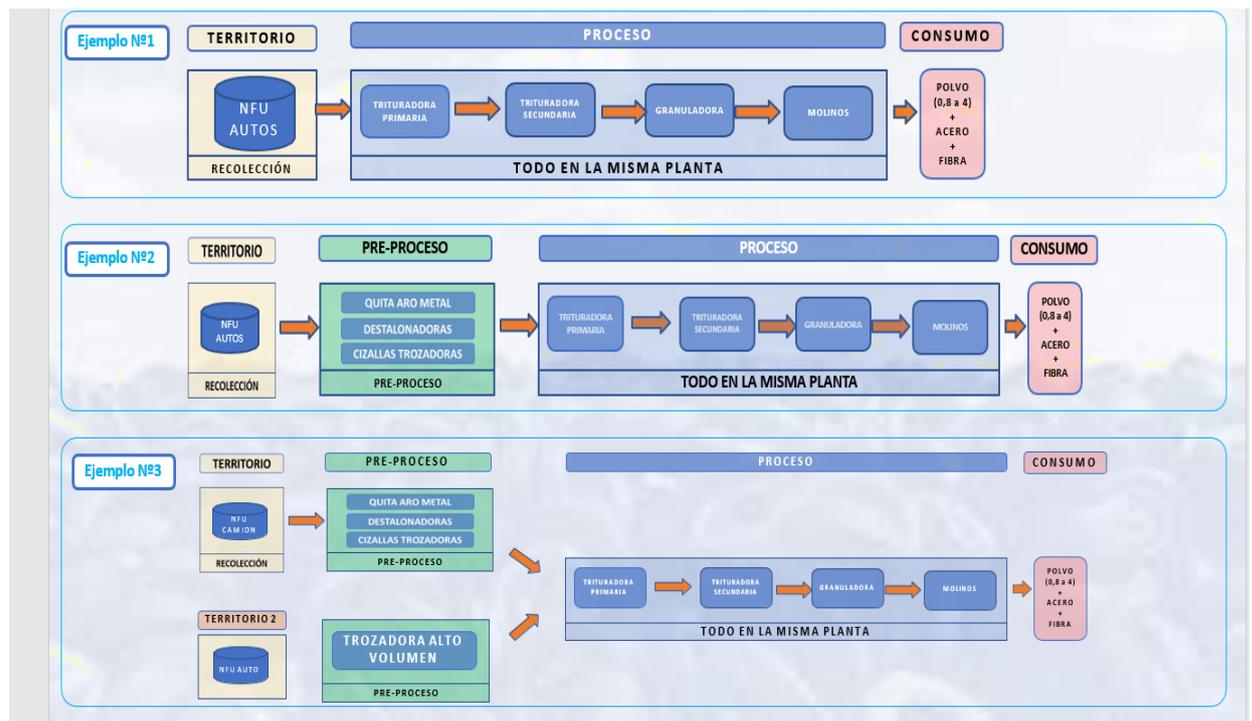


Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

A esta inversión se le debe agregar la correspondiente a los equipos secundarios, los gastos de operación y el costo de la nave industrial (incluyendo el terreno). En este último caso dependerá si se decide alquilar o construir la nave.

Se pueden plantear otros ejemplos de configuración de planta como se muestra en la siguiente figura:

Ejemplo 2



Consideraremos el primer modelo de configuración (ejemplo 1) para elaborar el proyecto debido a que esta configuración se adapta en mejor medida a los objetivos del proyecto.

Para evaluar la matriz de proveedores se establecieron tres criterios: precio, robustez y costo operativo.

Respecto a los precios se consideraron las siguientes variables:

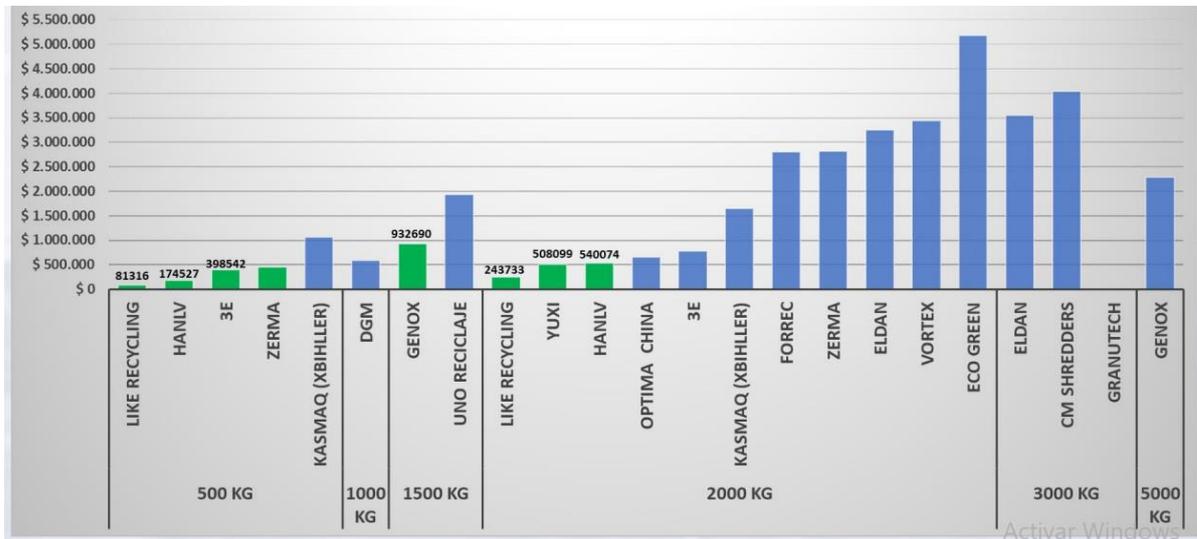
Tabla 4 Variables de los precios.

| PRECIOS                                   |
|---|
| Precio TOTAL (suma de todas las máquinas) |
| Precio de seguros                         |
| Precio de transporte y aranceles          |
| Precio de montaje                         |
| Precio de puesta en marcha                |
| Costo financiero hasta fecha de entrega   |

Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

Las líneas completas de cada proveedor arrojaron los resultados comparativos que se muestran en el cuadro que sigue:

Gráfico 5 Precios de líneas completas en miles de U\$\$



Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

Para determinar la robustez del proveedor se consideraron las siguientes variables y a cada una de ellas se le asignó un porcentaje:

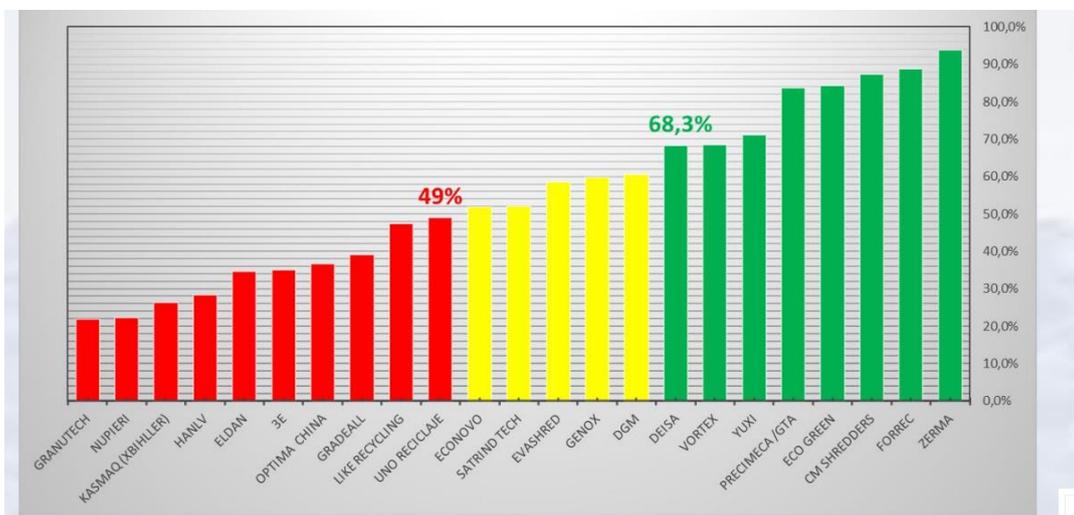
Tabla 5 Variables de ponderación

| VARIABLE PRINCIPAL de PONDERACIÓN    | VARIABLE PRINCIPAL |
|--------------------------------------|--------------------|
| CARACTERÍSTICA DE LAS MÁQUINAS       | 30%                |
| ASISTENCIA COMERCIAL PRE Y POS VENTA | 30%                |
| ASISTENCIA TÉCNICA PRE Y POS VENTA   | 35%                |
| DATOS de UBICACIÓN y CONTACTO        | 5%                 |

Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora.

Del análisis pormenorizado de las distintas variables y su ponderación se obtuvo la siguiente comparación entre los proveedores seleccionados:

Gráfico 6 Robustez de los proveedores



Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

La tercera variable considerada es la de los costos operativos nominales por línea que incluye los siguientes costos: personas mínimas para operar equipos, consumo eléctrico de equipos, costo de mantenimiento por hora de uso, costo de asistencia técnica y costo financiero hasta la fecha de entrega de los productos.

Tabla 6 Costo operativo nominal por línea

| Costo Operativo Nominal x Línea                      | Cálculo   |
|--|---|
| Personas mínimas para Operar Equipos                 | Los sueldos UOM (U\$S 670) x 1,5 x Cant. Operario necesario por los meses necesarios para fabricar 1000Tn |
| Consumo eléctrico de Equipos                         | Costo Kw (U\$S 0,07)x "KW PLANTA" para PRODUCIR 1000 Tn   |
| Costo mantenimiento por hora de uso                  | Costo Indicado por proveedor para PRODUCIR 1000 Tn. Si no lo indica un 50% del más alto indicado.         |
| Costo asistencia técnica                             | Dos días asistencia presencial por año por elcosto indicado para tal asistencia                           |
| Costo financiero hasta fecha de entrega de Repuestos | 10 % del costo de mantenimiento   |

Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

Arroja los siguientes resultados:

Tabla 7 Resultados

| VARIABLE SECUNDARIA                                  | ZERMA<br>Línea Completa de<br>500 Kg/Hs | DGM<br>Línea Completa de<br>1000 Kg/Hs | GENOX<br>Línea Completa de<br>1500 Kg/Hs | YUXI<br>Línea Completa de<br>2000 Kg/Hs |
|--|---|--|--|---|
| Consumo eléctrico de Equipos                         | \$ 16.030                               | \$ 21.070                              | \$ 14.558                                | \$ 12.073                               |
| Costo asistencia técnica PRESENCIAL                  | \$ 3.500                                | \$ 900                                 | \$ 600                                   | \$ 450                                  |
| Costo financiero hasta fecha de entrega de Repuestos | \$ 4.363                                | \$ 8.610                               | \$ 13.573                                | \$ 7.405                                |
| Costo mantenimiento por hora de uso                  | \$ 43.630                               | \$ 43.050                              | \$ 45.242                                | \$ 18.514                               |
| Personas mínimas para Operar Equipos                 | \$ 84.420                               | \$ 24.120                              | \$ 20.100                                | \$ 12.060                               |
| <b>Total general</b>                                 | <b>\$ 151.943</b>                       | <b>\$ 97.750</b>                       | <b>\$ 94.073</b>                         | <b>\$ 50.503</b>                        |

Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

Gráfico 7 Costo operativo nominal por cada 1000Tn



Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

El proveedor elegido es la empresa Yuxi por ser la que mejor puntaje obtiene tanto en precio como en costos operativos y con una robustez del 75% en base a los criterios seleccionados.

Tabla N° 8 Comparación de proveedores

| PROVEEDOR | CAPAC.      | Inversión / Kg Producción | Precio | Robustez | Robustez | Costo Operativo (\$/1000Tn) | Robustez |
|-----------|-------------|---------------------------|--------|----------|----------|-----------------------------|----------|
| YUXI      | 2.000 Kg/Hs | 254,0                     | 1      | 75,5%    | 2        | \$ 50.503                   | 1        |
| DGM       | 1.000 Kg/Hs | 593,6                     | 2      | 60,6%    | 3        | \$ 97.750                   | 3        |
| GENOX     | 1.500 Kg/Hs | 621,8                     | 3      | 65,9%    | 4        | \$ 94.073                   | 2        |
| ZERMA     | 500 Kg/Hs   | 904,8                     | 4      | 93,8%    | 1        | \$ 151.943                  | 4        |

| PROVEEDOR | Robustez Proveedor | CAPACIDAD de PRODUCCIÓN |             | PRECIO TOTAL NACIONALIZADO |
|-----------|--------------------|-------------------------|-------------|----------------------------|
| YUXI      | 75,5%              | 2.000 Kg/Hs             | 4000 Tn/año | \$ 508.099                 |

Fuente: Trabajo de consultoría contratado por empresa Promotora

### Línea base de la primera etapa del proyecto

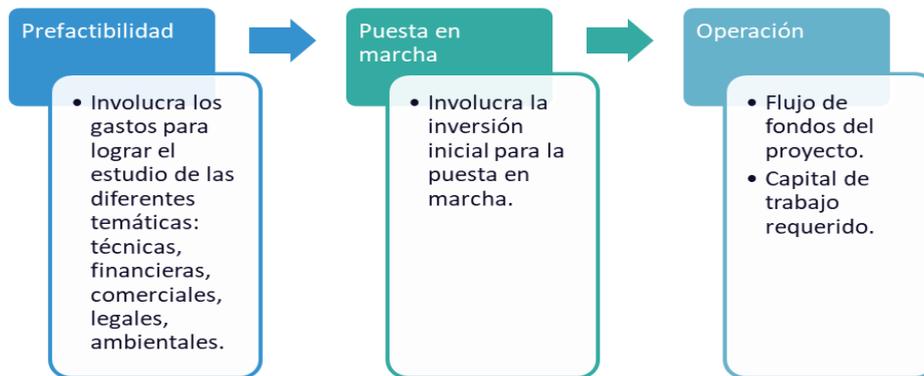
La línea base de tiempo se establece en 1 año y 6 meses (18 meses) ya que incluye tanto el análisis y diseño de la solución (4 meses), el desarrollo y la puesta en funcionamiento y entrega del proyecto (12 meses).

La línea de base de coste asociada al modelo es de 0,9 millones de dólares de los cuales el costo más importante es la maquinaria que se estima en 0,5 millones de dólares, incluido el transporte y los gastos de nacionalización.

## 6.2 Gestión de costos y su financiamiento

El financiamiento necesario involucra distintas etapas:

Gráfico 8 Etapas del financiamiento



Fuente: Elaboración propia

Se espera que los interesados en el proyecto pueden brindar aportes diversos al funcionamiento o financiamiento de este, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 9 Tipos de entidad

| <b>Tipo de entidad</b>             | <b>Aporte</b>  |
|------------------------------------|--|
| <b>Pública</b>                     | Espacios para acopio de NFU.<br>Logística de recolección de residuos.<br>Fondos provenientes de empresas que producen residuos mediante percepciones sobre las ventas. |
| <b>Privada</b>                     | Empresas fabricantes de neumáticos: centros de acopio en la planta.<br>Comercializadores y gomerasías: transporte de residuos a puntos de acopio.                      |
| <b>Organismos Internacionales</b>  | Líneas de crédito externo.<br>Fondos y programas destinados a medioambiente.   |
| <b>ONG</b>                         | Separación y recolección de residuos.<br>Recolectores.<br>Organizaciones civiles comprometidas con el medioambiente.   |
| <b>Sector financiero</b>           | Créditos blandos para la inversión inicial.<br>Crowdfunding verdes   |
| <b>Entidades técnicas de apoyo</b> | Acuerdos de colaboración y asesoramiento.<br>Auditoría de procesos.<br>Capacitaciones.   |

Fuente: Elaboración propia

### 6.3 Análisis de la viabilidad económico-financiera del proyecto

El análisis de la viabilidad económico-financiera es fundamental para evaluar el potencial éxito del proyecto y su sostenibilidad en el mercado actual.

En términos económicos, la viabilidad se evaluó considerando la inversión inicial requerida para establecer la planta, incluyendo la compra de equipos, el uso de instalaciones adecuadas y otros costos asociados. Además, se analizó el flujo de ingresos esperado, principalmente de la venta de los materiales reciclados como caucho granulado, acero y fibras textiles, entre otros.

Desde el punto de vista financiero, se realizaron proyecciones detalladas de costos operativos y gastos de mantenimiento de la planta. Esto incluyó el costo de recolección y transporte de los NFU hasta la planta, así como el costo de mano de obra y energía requerida para el proceso de reciclaje.

Aspectos como la demanda y los precios de mercado de los materiales reciclados también fueron determinantes para el análisis que se presenta.

#### 6.3.1 Presupuesto del proyecto

El presupuesto inicial del proyecto es de USD 991.221 (novecientos noventa y un mil doscientos veintiún dólares estadounidenses), de los cuales se estima financiar USD 500.000 con un crédito

del BICE a tasa fija con dos años de gracia y con una tasa de 65% (CFI) y el resto con capital propio (BICE, 2023).

Los equipos primarios involucran una inversión de u\$s 508.099 con una capacidad de producción de 2.000 a 4.500 tn/año lo que permitirá poder incrementar el volumen de producción a medida que la demanda aumente.

La inversión en equipos secundarios dependerá de la capacidad de producción por hora que se decida establecer. En el siguiente cuadro se presentan los costos en equipos secundarios para 500, 1000, 1500 y 2000 kg/hora.

Tabla 10 Costo de los equipos secundarios

|                                      | 500 kg/h                                       | 1.000kg/h         | 1.500 kg/h        | 2.000kg/h         |
|--------------------------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Equipos secundarios</b>           | <b>Inversión en equipos secundarios (u\$s)</b> |                   |                   |                   |
| Acción directa                       | 96.960,00                                      | 101.610,00        | 107.658,00        | 140.253,00        |
| Prevención y control                 | 12.111,00                                      | 12.111,00         | 12.111,00         | 12.111,00         |
| Mantenimiento de planta y equipos    | 6.522,00                                       | 6.522,00          | 6.522,00          | 6.522,00          |
| Espacios para actividades de soporte | 13.042,00                                      | 13.042,00         | 13.042,00         | 13.042,00         |
| Adecuación nave industrial           |  |                   |                   |                   |
| <b>Totales</b>                       | <b>128.635,00</b>                              | <b>133.285,00</b> | <b>139.333,00</b> | <b>171.928,00</b> |

Fuente: Elaboración propia en base a estudios de la empresa Promotora

Considerando todos los costos de la puesta en marcha, la proyección de fondos se desglosa en los siguientes ítems:

Tabla 11 Detalle de gastos para la puesta en marcha en U\$S

| Ítems de acción   | Mes | Importaciones equipos | Impuestos         | Equipos secundarios | Adecuación del galpón | Alquiler galpón y servicios básicos | Mano de Obra (Primeros ingresos) | Resto de costos operativos al 30% | Total             |
|---|-----|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Validación de equipos y visita a fábrica                | 1   | 8.000,00              |                   |                     |                       |                                     |                                  |                                   | 8.000,00          |
| Pago 50% para Orden de Compra Plnata + Repuestos varios | 2   | 211.588,00            |                   |                     |                       |                                     |                                  |                                   | 211.588,00        |
| Alquiler y gastos de alquiler                           | 3   |                       |                   |                     |                       | 17.000,00                           |                                  |                                   | 17.000,00         |
| Adecuación de planta /nave industrial en Argentina      | 4   |                       |                   |                     | 35.000,00             | 6.600,00                            | 3.384,00                         |                                   | 44.984,00         |
| Adecuación de planta /nave industrial en Argentina      | 5   |                       |                   |                     | 35.000,00             | 6.600,00                            | 3.384,00                         |                                   | 44.984,00         |
| Cancelación de saldo+Transporte+Seguro                  | 6   | 233.500,00            |                   |                     |                       |                                     |                                  |                                   | 233.500,00        |
| Nacionalización   | 7   |                       | 148.109,00        |                     |                       |                                     |                                  |                                   | 148.109,00        |
| Compra de equipos secundarios                           | 8   |                       |                   | 171.928,00          |                       | 6.600,00                            | 3.384,00                         |                                   | 181.912,00        |
| Montaje y puesta en marcha                              | 9   | 25.000,00             |                   |                     |                       | 6.600,00                            | 8.836,00                         |                                   | 40.436,00         |
| Comienzo de producción                                  | 10  |                       |                   |                     |                       | 6.600,00                            | 8.836,00                         | 4.800,00                          | 20.236,00         |
| Comienzo de producción                                  | 11  |                       |                   |                     |                       | 6.600,00                            | 8.836,00                         | 4.800,00                          | 20.236,00         |
| Comienzo de producción                                  | 12  |                       |                   |                     |                       | 6.600,00                            | 8.836,00                         | 4.800,00                          | 20.236,00         |
| <b>Total</b>  |     | <b>478.088,00</b>     | <b>148.109,00</b> |                     |                       |                                     |                                  |                                   | <b>991.221,00</b> |

Fuente: Elaboración propia en base a estudios de la empresa Promotora

El flujo de desembolsos previstos para la puesta en marcha es e que se muestra en la siguiente gráfica:

Gráfico 9 Flujo en fondos de la puesta en marcha



Fuente: Elaboración propia en base a estudios de la empresa Promotora

### 6.3.2 Presupuesto de ventas

Las ventas se dividen en diferentes productos obtenidos del reciclado de NFU: SBR, caucho 50x50, metal y fibra.

Los precios de venta de cada producto son:

Tabla 12 Precios de venta de cada producto

| Producto      | Precios u\$s/tn |
|---------------|-----------------|
| SBR granulado | 920,00          |
| Caucho 50*50  | 500,00          |
| Metal         | 1.367,99        |
| Fibra         | 50,00           |

Fuente: elaboración propia en base a precios de mercado junio 2023

Se estimó el pronóstico de crecimiento de las ventas de cada producto.

Tabla 13 Crecimiento por producto en porcentaje

|       | SBR | Caucho 50*50 | Metal | Fibra |
|-------|-----|--------------|-------|-------|
| Año 1 |     |              |       |       |
| Año 2 | 33% | 33%          | 33%   | 33%   |
| Año 3 | 50% | 50%          | 50%   | 50%   |
| Año 4 | 33% | 33%          | 33%   | 33%   |
| Año 5 | 25% | 25%          | 25%   | 25%   |

Fuente: Elaboración propia en base a proyecciones de venta de la empresa Promotora

Tabla 14 Ventas por tipo de producto

|       | <b>SBR Granulado</b> | <b>Caucho 50x50</b> | <b>Metal</b> | <b>Fibra</b> | <b>Total</b> |
|-------|----------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| Año 1 | 540.960              | 73.500              | 215.458      | 7.875        | 837.793,28   |
| Año 2 | 721.280              | 98.000              | 287.278      | 10.500       | 1.117.057,70 |
| Año 3 | 1.081.920            | 147.000             | 430.917      | 15.750       | 1.675.586,55 |
| Año 4 | 1.442.560            | 196.000             | 574.555      | 21.000       | 2.234.115,40 |
| Año 5 | 1.803.200            | 245.000             | 718.194      | 26.250       | 2.792.644,25 |

Fuente: Elaboración propia en base a proyección de ventas de la empresa promotora

### 6.3.3 Presupuesto de costos

#### 6.3.3.1 Costos operacionales

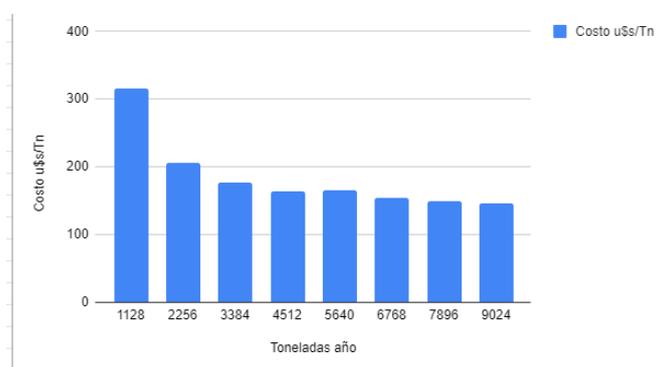
El costo operacional se calcula en base a cada turno y a la cantidad de kg por hora que se procesa. De acuerdo con el estudio realizado por el equipo de ingenieros los costos por tonelada son:

Tabla 15 Costos por tonelada

| <b>Kg/hora</b> | <b>Toneladas mes</b> | <b>Costo u\$s/Tn</b> | <b>Cantidad de turnos</b> | <b>Toneladas año</b> | <b>Costo u\$s/Tn</b> |
|----------------|----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
| 500            | 94                   | 315,26               | 1                         | 1128                 | 315,26               |
| 1000           | 188                  | 205,81               | 1                         | 2256                 | 205,81               |
| 1500           | 282                  | 177,13               | 1                         | 3384                 | 177,13               |
| 2000           | 376                  | 163,63               | 1                         | 4512                 | 163,63               |
| 500            | 470                  | 166,09               | 2                         | 5640                 | 166,09               |
| 1000           | 564                  | 154,37               | 2                         | 6768                 | 154,37               |
| 1500           | 658                  | 149,32               | 2                         | 7896                 | 149,32               |
| 2000           | 752                  | 145,53               | 2                         | 9024                 | 145,53               |

Fuente: Elaboración propia en base a la consultoría contratada por la empresa Promotora

Gráfico 10 Costos U\$\$/Tn frente a toneladas por año



Fuente: Elaboración propia en base a la consultoría contratada por la empresa Promotora

Del análisis anterior surge que es más eficiente producir en dos turnos diarios a máxima capacidad, sin embargo, para el inicio del proyecto se considerará un solo turno que se irá incrementando en producción a medida que la demanda aumente.

### 6.3.3.2 Costos fijos

Los costos fijos o de estructura están representados por el alquiler del espacio, los servicios básicos como energía eléctrica, gas, internet, sueldos y gastos generales.

Tabla 16 Gastos de estructura anuales

|                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| Alquiler               | 84.000,00         |
| Luz, gas, etc.         | 7.200,00          |
| Sueldos administración | 120.000,00        |
| Gastos Generales       | 1.500,00          |
| <b>Total</b>           | <b>212.700,00</b> |

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.4 Estructura de capital (año 1)

El proyecto se financiará con un préstamo de u\$s 500.000 que se obtendrá del Programa de Crédito Argentino (CreAr) y u\$s 491.221 con capital propio de la empresa promotora del proyecto (CreAr, 2023).

El capital propio representa el 49,56% del total mientras que el préstamo representa el 50,44% respectivamente.

### 6.3.5 Presupuesto Económico

Para la elaboración del presupuesto económico se realizaron los siguientes supuestos:

- El presupuesto está elaborado en dólares.

- El SBR granulado es el principal producto. El caucho de 50 x50 es el producto que se estima que crezca.
- El precio de mercado del SBR está entre 0,89 y 0,97 dólares el kg (julio de 2023). Se considera para este proyecto un precio de 0,92 dólares por kg.
- La inversión inicial en maquinaria es de u\$s 508.099 en base a la factibilidad y capacidad técnica y económica.
- La capacidad máxima de producción de SBR es de 4.500 toneladas por año para un turno de 8 horas.
- El financiamiento considerado es el del BICE con el Programa de Crédito Argentino (CreAR)
- El préstamo tiene una tasa fija de 67% (CFT) por 7 años de plazo y 2 años de gracia.
- Plazos de pago a proveedores 30 días.
- Cobranzas a 30 días.
- Rotación de bienes de cambio 30 días.
- Inversión en activo fijo igual a las amortizaciones.
- Impuesto a las ganancias 25%. Se paga en el período que se devenga.
- Los equipos amortizan al 5% anual y la nave industrial un 2,5% anual.
- Se paga a los recolectores 1 dólar por neumático.
- Se estima que la mitad de los neumáticos es entregada por los generadores de los residuos a cambio de los Certificados de Disposición Final.
- El costo de los camiones es principalmente soportado por los municipios.
- El crecimiento de las ventas del producto principal se estima en 33,33% para el segundo año, 50% el tercer año, el 33,33% el cuarto año y el 25% para el quinto año. Se espera que se mantenga en ese crecimiento en los siguientes años.
- El valor terminal está calculado a partir del valor residual de las maquinarias, neto del saldo del crédito.

Tabla 17 Presupuesto económico (para la opción de alquiler de planta industrial y financiación de BICE para maquinarias)

| Presupuesto económico ( para la opción de alquiler de planta industrial y financiación BICE para maquinarias) |                           |                 |                  |                  |                  |                   |                |
|---|---------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|
|   | Año 0                     | Año 1           | Año 2            | Año 3            | Año 4            | Año 5             | Valor terminal |
| <b>Ventas</b>   |                           | <b>837.793</b>  | <b>1.117.068</b> | <b>1.876.687</b> | <b>2.234.116</b> | <b>2.782.844</b>  |                |
| SBR Granulado   |                           | 540.960         | 721.280          | 1.081.920        | 1.442.560        | 1.803.200         |                |
| Caucho de 50x50mm   |                           | 73.500          | 98.000           | 147.000          | 196.000          | 245.000           |                |
| Subproducto Metal   |                           | 215.458         | 287.278          | 574.555          | 574.555          | 718.194           |                |
| Subproducto Fibra   |                           | 7.875           | 10.500           | 15.750           | 21.000           | 26.250            |                |
| <b>Costo de Ventas</b>  | <b>0</b>                  | <b>-477.838</b> | <b>-837.117</b>  | <b>-726.848</b>  | <b>-867.797</b>  | <b>-1.108.345</b> |                |
| <b>Contribución Bruta</b>   | <b>0</b>                  | <b>369.968</b>  | <b>479.941</b>   | <b>848.739</b>   | <b>1.288.318</b> | <b>1.883.288</b>  |                |
| Gastos de Investigación y Desarrollo  |                           | 0               | -2.500           | -3.000           | -3.500           | -4.000            |                |
| Inversión inicial   | -891.221                  |                 |                  |                  |                  |                   | 750.000        |
| Otros costos del proyecto de inversión  | 0                         |                 |                  |                  |                  |                   |                |
| Gastos de Operación y estructura  |                           | -477.838        | -637.117         | -726.848         | -867.797         | -1.112.967        |                |
| <b>Total de gastos operativos</b>   |                           | <b>-477.838</b> | <b>-639.617</b>  | <b>-728.848</b>  | <b>-871.297</b>  | <b>-1.116.967</b> |                |
| <b>Resultado operativo</b>  |                           | <b>-117.882</b> | <b>-168.878</b>  | <b>220.891</b>   | <b>296.021</b>   | <b>588.333</b>    |                |
| Amortizaciones  |                           | -50.000         | -50.000          | -50.000          | -50.000          | -50.000           |                |
| Resultado financiero  |                           | 0               | -172.190         | -85.509          | -52.621          | -35.878           |                |
| <b>Resultado antes de impuestos</b>   |                           | <b>-187.882</b> | <b>-381.968</b>  | <b>86.382</b>    | <b>182.400</b>   | <b>480.465</b>    |                |
| Impuesto a las ganancias  |                           | 41.970          | 95.467           | -21.345          | -48.100          | -120.114          |                |
| <b>Resultado Final</b>  | <b>-891.221</b>           | <b>-126.811</b> | <b>-288.400</b>  | <b>64.038</b>    | <b>144.300</b>   | <b>380.341</b>    | <b>750.000</b> |
| Valor Terminal  |                           |                 |                  |                  |                  | 727.812           |                |
| Préstamo (ingreso y amortización)   | 500.000                   | 0               | 0                | -34.902          | -26.847          | -24.407           | -22.188        |
| Amortizaciones  | 0                         | 50.000          | 50.000           | 50.000           | 50.000           | 50.000            |                |
| <b>Resultado final ajustado</b>   | <b>-491.221</b>           | <b>-76.811</b>  | <b>-238.400</b>  | <b>78.136</b>    | <b>187.463</b>   | <b>1.113.748</b>  |                |
| Valor actual (VA) de los flujos proyectados   | -                         | 69.010          | -                | 195.372          | 99.455           | 114.372           | 691.549        |
| Tasa de corte   | 10,00%                    |                 |                  |                  |                  |                   |                |
| Valor Actual Neto VAN   | 109.774                   |                 |                  |                  |                  |                   |                |
| Tasa Interna de Retorno TIR   | 13,67%                    |                 |                  |                  |                  |                   |                |
| PRR dinámico  | 4 años, 10 meses y 3 días |                 |                  |                  |                  |                   |                |

Fuente: Elaboración propia

De análisis de viabilidad económica realizado se observa que el proyecto tiene un VAN positivo para una tasa de corte del 10% calculada en dólares y una TIR del 13,67%. El proyecto recupera la inversión inicial a los 4 años, 10 meses y 3 días.

Se espera que en el período analizado se recuperen 1.550.000 NFU, se generen 10.850 toneladas de productos y se utilicen 1.085 camiones.

Si consideramos que la mitad de los NFU son aportados por recolectores urbanos, los ingresos generados para ese sector representan u\$s 775.000 en el período considerado.

Tabla 18 Ingresos generados por recolectores urbanos

|              | Cantidad de neumáticos | Camiones para recolectar | Toneladas generadas |
|--------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| Año 1        | 150.000,00             | 105,00                   | 1.050,00            |
| Año 2        | 200.000,00             | 140,00                   | 1.400,00            |
| Año 3        | 300.000,00             | 210,00                   | 2.100,00            |
| Año 4        | 400.000,00             | 280,00                   | 2.800,00            |
| Año 5        | 500.000,00             | 350,00                   | 3.500,00            |
| <b>Total</b> | <b>1.550.000,00</b>    | <b>1.085,00</b>          | <b>10.850,00</b>    |

Fuente: Elaboración propia

## 7 CONCLUSIONES

Ante esta creciente conciencia ambiental, las finanzas sustentables se presentan como un enfoque clave para abordar los desafíos ambientales y promover la sostenibilidad en diferentes sectores, incluyendo proyectos de reciclaje. El enfoque de finanzas sustentables implica considerar no solo los aspectos financieros, sino también los impactos ambientales y sociales relacionados con el proyecto.

El proyecto analizado no solo genera un rendimiento que supera la tasa de corte, sino que presenta un beneficio ambiental (cantidad de neumáticos recuperados) y social debido a que suma el aporte de los recicladores urbanos, cooperativas y ONG. Asimismo, el sector público (municipios) se beneficia porque se mejora el ambiente a través de un servicio trazable y certificado bajo normas de calidad.

La implementación de una planta recicladora de NFU es un proyecto innovador y sustentable, que contribuye a la economía circular, utiliza tecnología limpia, minimiza el impacto ambiental y genera empleo y valor agregado.

La colaboración con diferentes actores, la aplicación de tecnologías eficientes y la reutilización de los materiales reciclados permitirán mitigar el impacto ambiental y visual de los neumáticos fuera de uso en el entorno urbano. Además, este proyecto promoverá la economía circular y el desarrollo de infraestructuras deportivas sostenibles en la región.

Si bien el proyecto se encuentra bajo estudio, es importante destacar la cantidad de beneficios de triple impacto que pueden ser medidos para analizar el valor de la propuesta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.M., F. G. (2021). Evaluación de factibilidad estratégica, técnica y económica de elaborar un plan de comercialización de gránulo de caucho porveniente del reciclaje de neumáticos en la Región Metropolitana.

BICE. (5 de junio de 2023). Obtenido de <https://www.bice.com.ar/capital-de-trabajo/>

- Cano Serrano, E. C. (2007). *Valoración Material y energética de neumáticos fuera de uso*. Comunidad de Madrid.: Fundación CEIM.
- CreAr, P. (5 de junio de 2023). *www.argentina.gob.ar*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/produccion/crear-programa-credito-argentino>
- Criollo Salamea, A. (2014). *Caracterización de caucho reciclado proveniente de SCRAP y de neumáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima*. Bachelor's thesis.
- Diario Perfil. (22 de Agosto de 2022). Organizaciones ambientales lanzaron una campaña para la sanción de ley de neumáticos.
- Empresa Promotora del Proyecto. (2023). *Diseño de Planta Industrial-Transformación de NFU*. CABA: Uso confidencial.
- Garabiza, B. P. (2021). La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: Estudio de caso. *Espacios* 42 (02), 222-237.
- Gonzalez Martín, A. (2015). Aplicación del caucho reciclado como solución cosntructiva ecológica. *Doctoral dissertation, Universitat Politecnica de Valencia*.
- Infoleg. (Noviembre de 2002). Ley General del Ambiente.
- Infoleg. (7 de Septiembre de 2004). Ley 26.916 - Gestión de Residuos Domiciliarios.
- Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires. (2022). *Neumáticos fuera de uso en la provincia de Buenos Aires. Hacia una economía circular*. La Plata-Buenos Aires: Licencia Creative Commons.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2020). Estructura Normativa de Residuos.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2021). *Informe del Estado del Ambiente*. CABA: Presidencia de la Nación.
- Noguerol, A. (2019). *Diseño experimental de suelos con materiales mixtos: tierra y granulado de neumático fuera de uso (NFU)*.
- Perspectives. (21 de Septiembre de 2023). Michelin Argentina presenta el primer centro de acopio y reducción de neumáticos usados. *Perspectives*, págs. <https://perspectives.com.ar/michelin-argentina-presenta-el-primer-centro-de-acopio-y-reduccion-de-neumaticos-usados/>.
- Sanchez Amono, M. G. (s.f.). *Tejas de NFU y plásticos reciclados: una solución innovadora para cubiertas*.
- Universidad Nacional de Quilmes-Programa Interdisciplinario de Ambiente. (2021). *Neumáticos Fuera de Uso y Opciones de Aprovechamiento en el ámbito municipal*. Bernal: UNQ.