

DISEÑO DEL PROCESO DE RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE NEUMÁTICOS, INTRODUCCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

TRABAJO FIN DE MASTER

Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Universidad Politécnica de Valencia

Alumno: **Byron Andrés Monge Riofrio**

Director(es): Raquel Sanchis Gisbert
David Lledó Lagardera

Fecha de entrega: Febrero 2019

Contenido

Resumen.....	4
1 Introducción.....	5
2 Consideraciones Generales	6
2.1 Problemática	6
2.2 Objetivos	7
2.2.1 Objetivo General.....	7
2.2.2 Objetivos Específicos	7
3 Estado del Arte.....	8
3.1 Antecedentes.....	8
3.2 Métodos de reciclado	8
3.2.1 Regeneración.....	8
3.2.2 Trituración Mecánica	9
3.3 Reutilización	9
3.3.1 Pisos de caucho	9
3.3.2 Uso en vías y carreteras	10
3.4 Casos exitosos.....	11
3.4.1 Elaboración de pisos a partir de caucho usado (ECORE)	11
3.4.2 Polvo de neumáticos para pavimentos en carreteras (RENEAN).....	12
3.5 Asfalto	12
3.6 Mezcla asfáltica en caliente	14
3.6.1 Factores que influyen en el asfalto modificado con hule molido	15
3.7 Diseño del proceso	17
3.8 Logística.....	18
3.8.1 Logística de aprovisionamiento y transporte.....	19
3.8.2 Logística de almacenamiento.....	21
3.9 Economía circular conversión de residuos en recursos.....	22
4 Proceso Productivo	24
4.1 Definición del proceso productivo	24
4.1.1 Tipo de proceso productivo	24
4.1.2 Tipo de estrategia de cumplimiento de pedidos.....	27
4.1.3 Maquinaria y equipos	28

4.1.4	Etapas del proceso productivo	32
4.1.5	Estimación de la demanda	32
4.1.6	Estimación de la capacidad productiva	34
4.1.7	Disposición de los equipos/maquinaria	34
4.1.8	Localización de la planta	39
4.1.9	Necesidades de materia prima y materiales.....	40
4.1.10	Personal.....	41
4.2	Logística del proceso productivo	44
4.2.1	Aprovisionamiento y transporte	44
4.2.2	Almacenamiento	47
4.3	Fabricación de polvo de caucho	48
4.3.1	Adición del polvo de caucho en la mezcla asfáltica	50
4.4	Normativa de Seguridad e Higiene en el Trabajo.....	50
4.5	Economía circular	51
4.5.1	Antecedentes	51
4.5.2	Principales indicadores de la economía circular	52
4.5.3	Indicador de circularidad de material (MCI)	54
4.6	Presupuesto del diseño del proceso productivo	58
5	Conclusiones	61
	Referencias bibliográficas	63
	Índice de Ilustraciones	64
	Índice de Tablas	65
	Índice de Ecuaciones.....	67
	Anexo	68

Resumen

El presente Trabajo Fin de Máster tiene por finalidad diseñar el proceso productivo de reciclaje y reutilización de neumáticos en desuso para fabricar polvo de caucho que posteriormente se utilizará para generar mezclas asfálticas, de modo que se contribuya a la economía circular.

Para el diseño del proceso productivo se tendrán en cuenta diferentes aspectos como la definición de la estrategia de cumplimiento de pedidos más adecuada, la elección de la maquinaria, así como los equipos de manutención necesarios, la estimación de la demanda, la localización de la planta, el personal requerido, entre otros, además de cumplir con los estándares de la normativa internacional ISO 9000 (Sistemas de gestión de calidad) e ISO 14000 (Sistemas de gestión ambiental) además del Acuerdo Ministerial Ecuatoriano # 98:2015 (Instructivo para la gestión integral de neumáticos usados).

La implantación del proceso productivo diseñado se llevará a cabo a través de la creación y puesta en marcha de una nueva empresa denominada RoadGreen S.A., localizada en Ecuador y cuya actividad principal será la producción de polvo de caucho.

Al concluir este trabajo se podrá llevar a cabo el emprendimiento de forma que cumpla con los parámetros establecidos tanto desde la perspectiva del diseño del proceso productivo como en su aplicación en la economía circular.

Palabras Clave

- Economía circular
- Mezcla asfáltica
- Polvo de caucho
- Reciclaje
- Reutilización

1 Introducción

La motivación para el desarrollo del presente TFM y del diseño del proceso de reciclaje y reutilización de neumáticos surge de la dirección estratégica definida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas junto con el Ministerio de Ambiente de Ecuador que han centrado todos sus esfuerzos en la innovación sostenible de la industria vial.

El proceso productivo que utilizara RoadGreen S.A. incluye desde la recolección de materia prima (neumáticos en desuso) de los centros de acopio, procesamiento de este material y separación de sus partes sin generación de residuos de ningún tipo, uso de cada uno de estos componentes en diversos procesos productivos como el uso de los filamentos para la industria del acero o el uso de la parte textil del neumático como combustible en los hornos de la industria cementera y uso de polvo de caucho en mezclas asfálticas.

En la noticia publicada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Elizabeth Arroyo, coordinadora de Desechos Especiales del Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) de MAE (Ministerio de Ambiente de Ecuador) calificó la utilización de mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado para la construcción de la carretera como un gran paso en el desarrollo del país por la importancia del aprovechamiento y reciclaje de los residuos sólidos, en el marco del cambio de la matriz productiva.

Según la noticia, “La Política Nacional sobre gestión integral de Neumáticos Fuera de Uso (NFU) del Ministerio del Ambiente ha permitido que a la fecha 600.000 unidades ingresen a nuevos procesos productivos, entre ellos el uso que queremos darle al polvo de caucho, tanto para mejorar las carreteras de nuestro país mediante la aplicación de asfalto modificado, como para darle un nicho sustentable a esta materia prima reciclada”, dijo la coordinadora Arroyo¹.

Además, las herramientas utilizadas en el presente TFM permitirán plantear de una manera adecuada el paso de una economía lineal a una economía circular basada en sus principios fundamentales: eco-concepción, ecología industrial y territorial, economía de funcionalidad, segundo uso, reutilización, reparación, reciclaje y valoración.



Ilustración 1. Noticia sobre el uso de polvo de caucho en mezclas asfálticas. (Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador)¹.

¹ Noticia sobre el uso de polvo de caucho en mezclas asfálticas. Disponible en internet: <https://www.obraspublicas.gob.ec/pichincha-es-la-primera-provincia-del-ecuador-donde-se-coloco-mezcla-asfaltica-modificada-con-caucho-reciclado/> (2019/01/10).

2 Consideraciones Generales

2.1 Problemática

En Ecuador; según los datos proporcionados por el Ministerio de Ambiente², se desecha en promedio 3.500.000 neumáticos de todo tipo anualmente, lo que conlleva a un constante peligro ambiental dado que al desechar de una manera inadecuada este producto puede contaminar los cuerpos de agua además de disminuir de manera considerable la vida útil de un relleno sanitario.

El problema principal que acarrea los neumáticos usados es generalmente su gran cantidad, volumen (distintos tipos y tamaños) y su lento proceso de degradación natural que dura aproximadamente 500 años dependiendo de varios factores. En Ecuador, la gestión final de los neumáticos usados hasta hace unos pocos años consistía en colocarlos en un relleno sanitario sin ningún tipo de procesamiento de reutilización o reciclaje, lo que provocaba que muchos de estos terminaran en quebradas, cuencas de los ríos o algún otro espacio abierto sin ningún tipo de control.

La inadecuada gestión de los neumáticos usados genera un impacto social negativo el cual se refleja en la salud pública ecuatoriana, de manera especial en la región costera donde por lo general los neumáticos en des uso se convierten en contenedores de aguas lluvia lo que permite la proliferación de mosquitos que transmiten enfermedades peligrosas y a veces mortales como son el dengue y paludismo³.

La degradación de neumáticos supone un grave problema pues libera en el medio ambiente azufre, zinc, cadmio y plomo, principalmente. En el caso de ser quemados, se emiten una gran cantidad de compuestos tóxicos que forma nubes de gases y partículas sólidas muy ligeras en el medio ambiente, pero también para la salud de las personas.

Según un estudio de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), publicado en febrero de 2018, las macropartículas de plástico que se desprenden de productos industriales como ropa sintética y neumáticos representan hasta el 30% de la basura que contaminan los océanos. En Ecuador anualmente se desechan 2.400.000 neumáticos. Muchos de ellos terminan en los bordes de las carreteras, terrenos baldíos o cuerpos de agua⁴.



Ilustración 2. Problemática relleno sanitario El Inga Quito-Ecuador. (Fuente: Diario El Comercio)

² Neumáticos en des uso Ecuador. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/> (2018/09/14).

³ Gestión y Reciclaje Integral de Neumáticos. Sistema de Gestión y Reciclaje Integral de Neumáticos usados en el Ecuador. Disponible en: https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/cop_2018/466817/original/ (2018/09/17).

⁴ El Universo. 2,4 millones de neumáticos se desechan cada año en Ecuador Disponible en: <https://www.eluniverso.com/vida/2018/06/03/nota/6790121/>.

2.2 Objetivos

El objetivo principal del presente TFM, se describe en el apartado 2.2.1. Basándonos en este objetivo principal, se definen los objetivos específicos que el presente trabajo tratará de satisfacer y que están especificados en la sección 2.2.2.

2.2.1 Objetivo General

Diseñar un proceso de reciclaje y reutilización de neumáticos en desuso para fabricar mezclas asfálticas de modo que se fomente la economía circular.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar cuáles son los principales componentes de los neumáticos usados y como se puede re-utilizar.
- Definir el tipo de proceso productivo que usará RoadGreen S.A. para el reciclaje de neumáticos en desuso, así como el tipo de estrategia de cumplimentación de pedidos.
- Identificar la maquinaria y equipos necesarios en el proceso productivo.
- Analizar diferentes localizaciones de la empresa e identificar aquella localización óptima.
- Analizar las necesidades de personal y definir el organigrama de la empresa.
- Estimar la demanda anual de polvo de caucho.
- Calcular la capacidad productiva de la empresa en base a la previsión de la demanda
- Establecer la disposición de los equipos y la maquinaria.
- Dimensionar la zona de producción.
- Establecer los aspectos logísticos aplicables al diseño del proyecto.
- Estandarizar los procesos de trabajo para que cumplan con la normativa estatal vigente.
- Calcular el presupuesto del proyecto.
- Calcular los principales indicadores de la economía circular y el indicador de circularidad de material.
- Implementar el diseño del proceso productivo en la empresa RoadGreen S.A.

3 Estado del Arte

3.1 Antecedentes

La masiva fabricación y utilización de neumáticos y las dificultades que presenta su disposición final después de culminar su vida útil, constituyen uno de los más grandes problemas medio ambientales que aquejan a la sociedad en estos últimos años. La fabricación de este producto requiere una cantidad enorme de energía para ser elaborado y por lo tanto su disposición final es de sumo interés ya que, al no ser eliminado de una forma coherente y responsable, los neumáticos terminan de manera incontrolada en los rellenos sanitarios de las ciudades.

Existen varios métodos para el reciclaje y la reutilización de los neumáticos en desuso, pero la problemática actual en Ecuador se centra en la falta de políticas claras que favorezcan a que empresas se dediquen a esta tarea.

Para eliminar los residuos provenientes de este producto se utiliza con frecuencia la quema directa del mismo o el almacenamiento de forma incontrolada, lo que provoca graves problemas medio ambientales. A continuación, se muestra una breve descripción de los métodos y técnicas utilizadas para el reciclaje y la reutilización de los neumáticos en desuso.

3.2 Métodos de reciclado

El reciclaje engloba los conceptos de recogida selectiva, recuperación, tratamiento y aprovechamiento de materiales que anteriormente se consideraban basura. Esto permite que el material se utilice varias veces para un fin específico o para generar nuevos productos por lo que se reduce la cantidad de materias primas que se necesitan [1].

3.2.1 Regeneración

Proceso que se basa en romper las cadenas que forman el material para obtener materia prima con nuevas características, la cual se puede volver a vulcanizar para fabricar caucho regenerado, el inconveniente de este método es que tiene que cumplir con ciertas especificaciones técnicas muy estrictas lo que hace difícil su aplicación [1].

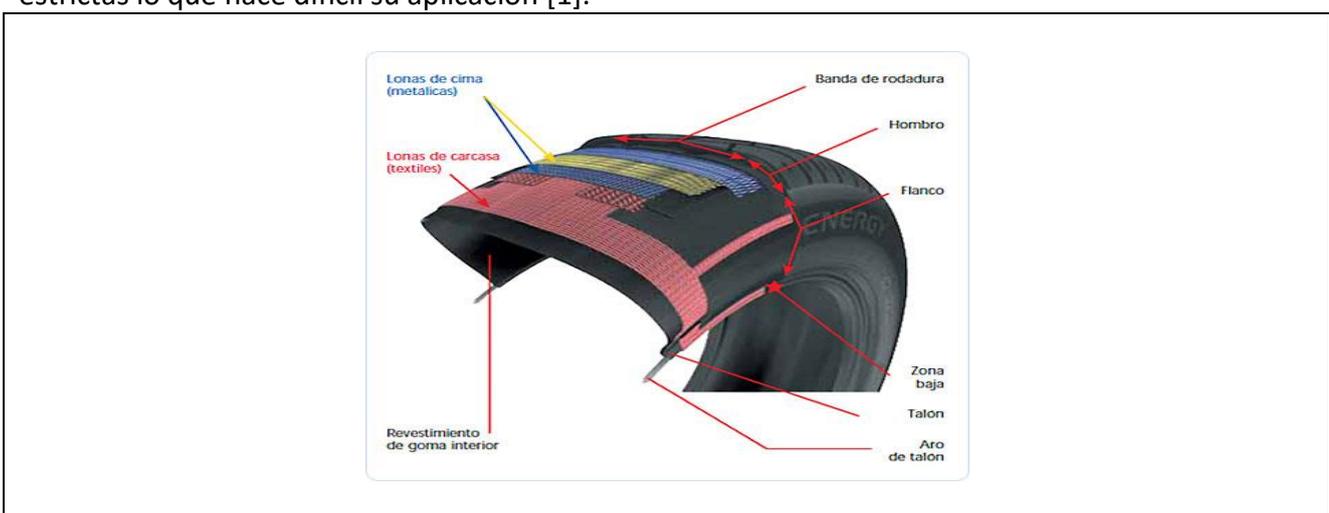


Ilustración 3. Regeneración de neumáticos. (Fuente: Michelin)⁵.

⁵ Partes del neumático. Disponible en internet: <https://www.euromaster-neumaticos.es/neumaticos/informacion/partes-de-un-neumatico/> (2018/10/12).

3.2.2 Trituración Mecánica

Proceso mecánico que genera productos simples de muy elevada calidad, lo que facilita la utilización de los mismos en diferentes procesos. La trituración es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de reutilización de los residuos de neumáticos [1].



Ilustración 4. Trituración mecánica. (Fuente: TIRES SPA)⁶.

3.3 Reutilización

3.3.1 Pisos de caucho

Los pisos son superficies que se colocan inmediatamente después del suelo ya sea en habitaciones, pasillos, calles, etc. Actualmente los fabricantes ofrecen una gran variedad de tipos, los que dependen del uso que se le dé, función, especificaciones, colores y características que necesite el proyecto en el que se esté trabajando; en este apartado hablaremos específicamente sobre los pisos de caucho y sus características generales [2].

A continuación, se hará mención de las características principales que poseen los pisos elaborados a partir de caucho reciclado:

- Durabilidad. - pisos que duran un largo periodo de tiempo, debido a su elevada resistencia a la abrasión lo que les permite soportar severas condiciones de uso.
- Absorción de sonido. – la acústica del caucho posibilita la atenuación de todo tipo de sonido.
- Aislante eléctrico. – característica especial del caucho permite el cumplimiento de normas de seguridad indispensables.
- Aislante térmico. – son adecuados para crear ambientes confortables gracias a esta propiedad.
- Antideslizante. – su bajo coeficiente de deslizamiento los hace particularmente seguros en lugares como escaleras y rampas.
- Mantenimiento. – son ideales en lugares de alto tránsito ya que no requieren de cuidados especiales.
- Confortabilidad. – estos pisos son elásticos y flexibles lo que es muy útil ya que amortiguan el impacto y es más confortable caminar, trabajar o descansar en ellos [2].

⁶ Trituración mecánica. Disponible en internet: <http://www.tiresspa.com/es/neumaticos-trituradoras.html/> (2018/10/12).

3.3.2 Uso en vías y carreteras

El caucho procedente de los neumáticos usados puede ser utilizado como parte del material ligante o la capa selladora de asfalto (caucho asfáltico) o como un árido (hormigón de asfalto modificado con caucho). El uso de este componente en la construcción de carreteras no solo ayuda a la disposición final de los neumáticos en desuso, sino que además les confiere características especiales a las carreteras tales como [3]:

- Caucho (capa de rodadura)

Permite tener una mayor vida útil, mayor elasticidad es decir menos deformaciones, mayor resistencia al agrietamiento o arrastramiento ya sea por frío o calor.

- Pavimento drenante (poroso)

Impide la acumulación de agua, incrementa la adherencia, evita proyecciones de agua y presenta un bajo nivel de ruido.

El principal uso del caucho granulado que se abordara en este estudio es para pavimento de las carreteras. Generalmente se selecciona distintas moliendas que se incorporan como agregado a las lechadas asfálticas este proceso se puede realizar de dos maneras diferentes⁷:

PROCESO SECO: El caucho granulado o pulverizado se mezcla con los áridos antes de la adición del asfalto al mezclador, proceso que se realiza en caliente.

PROCESO HÚMEDO: El caucho granulado o pulverizado se añade al asfalto. Esa mezcla realizada se traslada al lugar de la obra para ser mezclada con los áridos⁷.

Un modificador que mejora la flexibilidad y la resistencia a la tensión de las mezclas asfálticas es el hule molido, que generalmente reduce la aparición de grietas por fatiga o por cambios en la temperatura. El asfalto ahulado es una mezcla de cemento asfáltico con hule de neumáticos reciclados y ciertos aditivos, donde el hule reciclado es al menos el 15% del peso del total de la mezcla lo que permite causar un aumento de volumen en las partículas de hule.



⁷ Proceso de fabricación asfalto modificado vía seca y húmeda. Disponible en internet: <https://www.infraestructra.org.com> (2018/10/15).

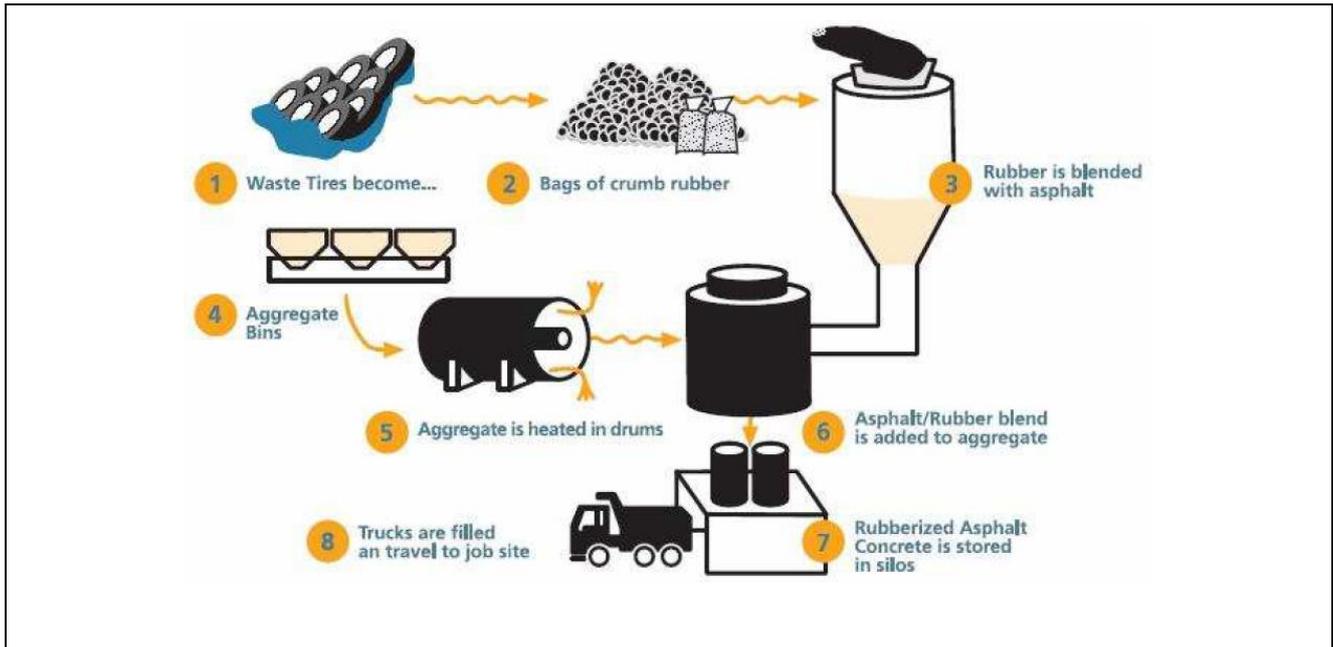


Ilustración 5. Proceso de fabricación asfalto modificado vía seca y húmeda⁷.

3.4 Casos exitosos

Ya que en mi país (Ecuador), el reciclaje y la reutilización en cualquiera de sus formas de los neumáticos en desuso, no es una práctica habitual se procederá a nombrar dos casos exitosos en otros países del mundo.

3.4.1 Elaboración de pisos a partir de caucho usado (ECORE)

Empresa ubicada en Estados Unidos la cual recicla cada año 80 millones de libras de desecho de caucho. La materia prima usada por la empresa es caucho reciclado de neumáticos de tipo Estireno-butadieno y Etileno-propileno (SBR y EPM). Lo que le permite obtener pisos a través de un proceso de baja energía que requiere un mínimo de agua, evita el calor y reusa los desechos ya mencionados anteriormente [4].

Las principales características de los pisos fabricados por ECORE, llamados Ecosurface son de bajo costo, no tóxicos, no tiene compuestos orgánicos volátiles (VOC), son resistentes a la abrasión, de extrema durabilidad y de fácil instalación⁸.



Ilustración 6. Apariencia de los pisos Ecosurface. (Fuente: ECORE)⁸.

⁸ Ecosurface Commercial Flooring. Disponible en internet: <http://www.ecorecommercial.com/> (2018/10/15)

3.4.2 Polvo de neumáticos para pavimentos en carreteras (RENEAN)

Empresa ubicada en España. Es la segunda planta en este país que recicla neumáticos del grupo Samca España. Su objetivo es la obtención de granulado de caucho a partir del reciclaje de neumáticos usados; basándose en las premisas de recuperación de productos y la protección del medio ambiente⁹.



Ilustración 7. Adición del polvo de neumáticos al pavimento. (Fuente: RENEAN)⁹.

3.5 Asfalto

El asfalto es un material negro que varía ampliamente su consistencia dependiendo de la temperatura a la cual esté expuesto. A temperatura ambiente puede ser sólido o semisólido, pero al aumentar la temperatura éste se vuelve blando o líquido lo que permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de las mezclas [5].

La calidad del asfalto flexible varía con la profundidad y sus diferentes capas pueden ser tanto granulares como asfálticas así:

- Capas de protección

Son aquellas capas que no aportan estructura al pavimento, no sobrepasan los 3 cm y esta formadas por:

- a. Riegos asfálticos

Es la aplicación de un asfalto líquido, ya sea sobre la capa granular o asfáltica.

- b. Agregado

Los riegos asfálticos son cubiertos por una o más capas de agregado que generalmente son arena fina (para preservar la base estabilizada) o grava (para tratamientos superficiales simples o dobles).

- c. Sellos de mezcla

Es una mezcla ligante de asfalto cubierta con capas de agregado colocado sobre un pavimento ya existente y su función es de sello para corregir fallas funcionales.

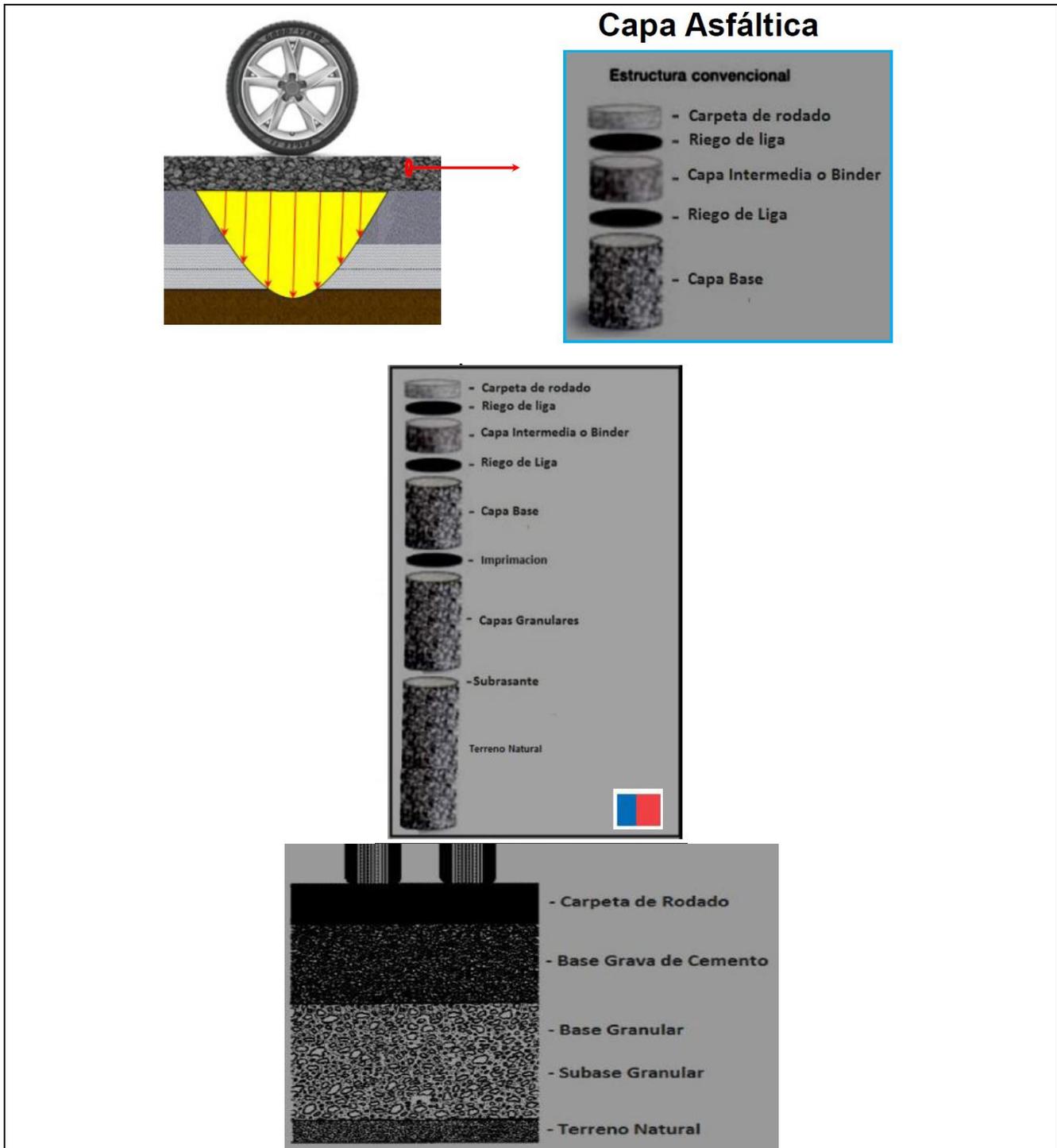
- d. Sellos de fricción

Capa que se coloca para mejorar el drenaje de la superficie.

⁹ Adición de polvo de caucho al pavimento. Disponible en internet: <http://www.reneansl.com/> (2018/10/15).

e. Lechadas

Agregado fino más filler (sustancias minerales finamente divididas las cuales no son solubles en el asfalto, pero pueden dispersarse en él, se usan como un medio de modificar sus propiedades mecánicas y consistencia) agua y emulsi3n [5].



Ilustraci3n 8. Estructura y capas del asfalto¹⁰.

¹⁰ Mezclas asfálticas. Disponible en internet: <https://tododragones.blogspot.com/2016/02/mezclas-asfalticas-en-la-construccion.html/> (2018/10/22).

3.6 Mezcla asfáltica en caliente

El asfalto y el agregado son combinados en proporciones exactas, es decir es la unión de áridos (incluido el polvo mineral) con un ligante. Las cantidades relativas de estos materiales determinan las propiedades de las mezclas y eventualmente su desempeño en el pavimento terminado. [5]

Una mezcla en caliente realizada de manera adecuada debe poseer ciertas características básicas que son [5]:

a. Estabilidad

Capacidad para resistir desplazamiento y no deformarse bajo las cargas del tránsito. Un pavimento estable es capaz de mantener su forma sin importar el flujo de tránsito presente en el mismo, la estabilidad de toda mezcla depende de la fricción y la cohesión interna de las partículas de agregado.

b. Durabilidad

Habilidad para resistir factores tales como desintegración del agregado, cambio de propiedades del asfalto, separación de la película asfáltica, acción del clima, tráfico o la combinación de ambos.

c. Impermeabilidad

Resistencia al paso del aire y agua hacia el interior o a través del asfalto, característica ligada al contenido de vacíos de la mezcla compactada.

d. Flexibilidad

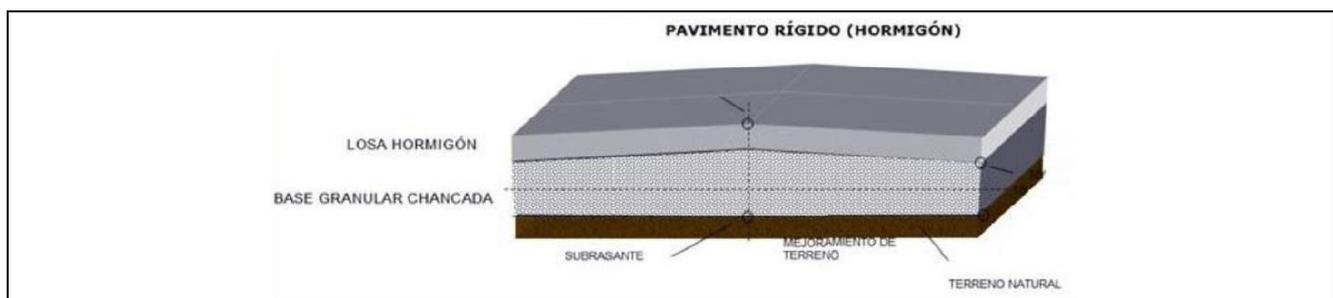
Capacidad del asfalto para acomodarse sin agrietarse a los movimientos y asentamientos graduales de la subrasante, cuanto más alto sea el contenido de asfalto, mayor flexibilidad adquiere el mismo. Habitualmente los requerimientos de flexibilidad entrar en conflicto con los requerimientos de estabilidad por lo que se debe buscar un equilibrio.

e. Resistencia a la fatiga

Ésta se refiere a la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito, los vacíos relacionados con el contenido de asfalto y la viscosidad del mismo tiene un efecto importante sobre la resistencia a la fatiga; a medida que el porcentaje de vacíos aumenta en el asfalto, éste disminuye su resistencia.

f. Resistencia al deslizamiento

Habilidad de una superficie de pavimento de reducir el deslizamiento de las ruedas de los vehículos principalmente cuando la superficie esta mojada, para obtener una buena resistencia el neumático de los automotores debe ser capaz de mantener contacto directo con las partículas del agregado en lugar de la rodadura sobre una película de agua en la superficie del pavimento.



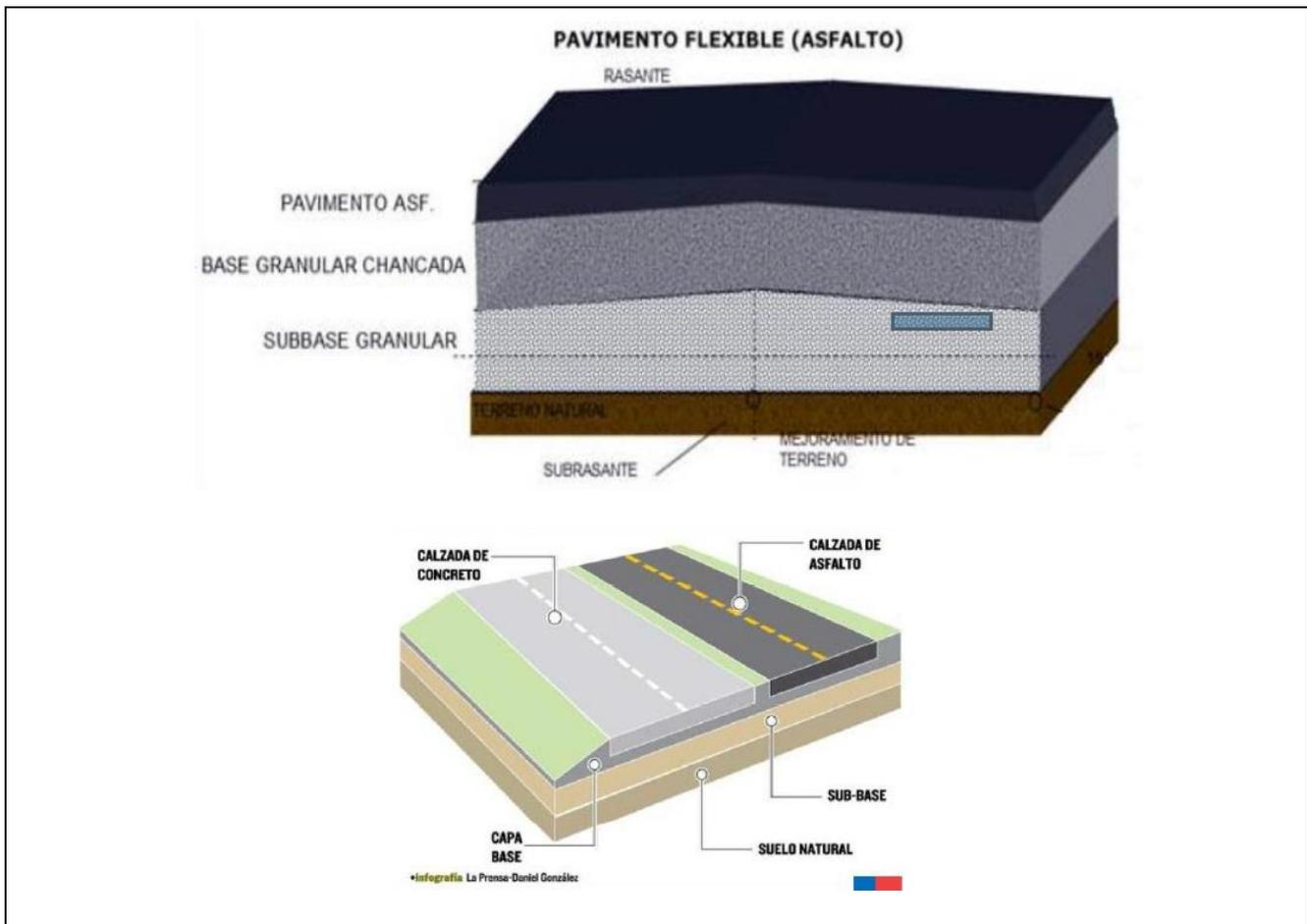


Ilustración 9. Mezclas asfálticas y estructura de carreteras¹¹.

3.6.1 Factores que influyen en el asfalto modificado con hule molido

La interacción entre el asfalto y el hule se ha explicado como la incorporación de las cadenas poliméricas a los componentes más volátiles del asfalto, habitualmente el grano del caucho o hule se ablanda y sufre un hinchamiento lo que a su vez aumenta la viscosidad del ligante [6].

Los factores que afectan a los cambios de viscosidad se mencionan a continuación:

- Características del asfalto original

Al emplear asfaltos de alta penetración se conduce a asfalto-caucho poco consistentes a altas temperaturas y si por el contrario se dan asfaltos de baja penetración se da lugar a asfaltos-caucho demasiados rígidos a bajas temperaturas.

- Composición del hule

Las variaciones de composición procedentes de los neumáticos en desecho no suelen ser significativos.

¹¹ Mezclas asfálticas. Disponible en internet: <https://tododragones.blogspot.com/2016/02/mezclas-asfalticas-en-la-construccion.html> / (2018/10/22).

- Incorporaci3n de aceites compatibles y otros aditivos

La funci3n principal de los aceites es limitar la viscosidad para facilitar la aplicaci3n del producto, as3 como disminuir su m3dulo a bajas temperaturas. Otros aditivos frecuentes son pol3meros con alto contenido de hule natural que se descomponen y se incorporan al asfalto a temperaturas m3s bajas que el hule de los neum3ticos [6].

- Contenido de hule en la mezcla

Cuanto mayor sea la cantidad de hule en la mezcla m3s se incrementar3 el grado de modificaci3n del asfalto.

- Granulometr3a del hule

Cuanto menor sea el tama1o de las part3culas de hule, mayor ser3 su superficie espec3fica y con ella, el grado de interacci3n con el asfalto.

- Superficie espec3fica

Propiedad, que no solo depende de la granulometr3a del hule, sino que tambi3n se relaciona tambi3n con el procedimiento de molido al cual fue sometido el neum3tico del cual sali3 el hule.

- Impurezas del hule

3stas pueden ser humedad, acero y fibras.

- Mezclador empleado

Los asfaltos modificados con hule presentan una menor dispersi3n de viscosidad debido a los medios utilizados para su fabricaci3n [6].





Ilustración 10. Granulometría del hule. (Fuente: InnovaShips)¹².

3.7 Diseño del proceso

Un proceso es una secuencia de operaciones que transforman unas entradas (Inputs) en salidas (outputs) de mayor valor, es decir un proceso permite la transformación de materias primas en productos ya sean semi-elaborados o productos acabados con un valor agregado [7].

La ingeniería aplicada a procesos se ocupa del diseño, puesta en marcha además de la gestión y mejora de los procesos productivos que dan lugar al producto [7]:

- Ingeniería de producto. - Es la responsable de la funcionalidad final del producto, del diseño y de la tecnología utilizada, se suele encuadrar en el área de investigación y desarrollo.
- Ingeniería de procesos. -Es la responsable de definir como se fabricará el producto, con qué tipo de proceso, que herramientas y tecnología se utilizará, se suele encuadrar en el área de industrialización y producción.

Las etapas del proceso productivo son [8]:

- Diseño del proceso. - Antes que nada, el equipo hace una sesión de lluvia de ideas para definir cómo va a presentarse y comercializarse el producto. Con todas las ideas sobre la mesa, se van elaborando bocetos y diseños hasta que, finalmente, se consigue y decide el definitivo, el que será ofertado en el mercado.
- Producción. - En esta etapa se transforman las materias primas hasta que se obtiene el producto o servicio final.
- Distribución de productos. - Fase en la que se coloca el producto o servicio en el mercado. El método de distribución de los productos puede hacerse de diversas maneras. La empresa escogerá aquella que vaya más acorde a su filosofía y tipo de producto. Podrá decidir, por ejemplo, entre distribuirla entre comercios mayoristas o minoristas, a través de publicidad en los diferentes medios de comunicación, etc.

La metodología para poder diseñar un proceso productivo es [9]:

1. Decidir el tipo de proceso productivo. - estos pueden ser según el destino del producto, razón que provoca la producción, grado de tipificación, dimensión temporal, nivel de integración, etc.

¹² Granulometría del hule. Disponible en internet: <http://www.innovaships.cl/> (2018/10/26).

2. Tamaño óptimo de la empresa. - hace referencia al número de fases o etapas que comprenderán el proceso productivo tomando en cuenta las características de la demanda, tipo de proceso productivo, capacidad productiva, etc.
3. Equipos y tecnología necesaria. - concretar que equipos y tecnología se requerirán para fabricar el producto en cuestión.
4. Instalaciones. - se refiere a los metros cuadrados necesarios para poder construir la planta, permisos requeridos para poder iniciar las operaciones y los costes de los mismos.
5. Materias primas y materiales. - determinar el requerimiento de materias primas que intervienen en la producción además de cómo se van a usar los materiales dentro del proceso.
6. Personal. - número de personas requeridas para poder iniciar las operaciones.
7. Capacidad productiva. - determinar la cantidad de productos o servicios que puede producir la empresa en condiciones normales de operación [9].

3.8 Logística

Las actividades de producción y marketing se han concebido durante varios años como actividades separadas que han coexistido dentro de una organización. La logística es el proceso de gestionar estratégicamente la obtención, movimiento y almacenamiento de materiales y componentes a través de la organización y sus canales de marketing de tal forma que la rentabilidad futura se vea maximizada a través del cumplimiento de los pedidos en relación a sus costes. [10]

Los conceptos en que se basa la planificación de una estrategia logística son:

- Stocks
- Tamaño de lotes de producción
- Frecuencia de entregas
- Segmentación de los clientes
- Determinación de los centros geográficos.

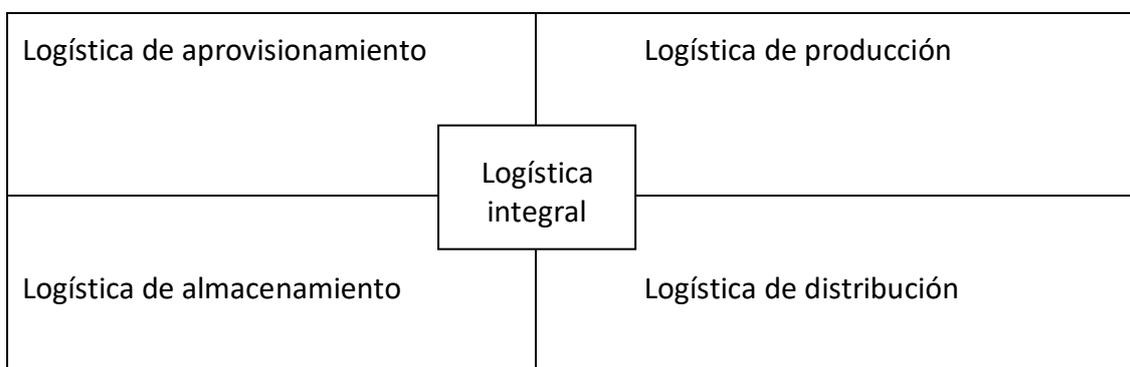


Ilustración 11. Responsabilidad logística. (Fuente: [10])

3.8.1 Logística de aprovisionamiento y transporte

Logística de aprovisionamiento

Los sistemas productivos, para asegurar su funcionamiento, necesitan obtener del exterior las materias primas para poder comenzar a realizar las actividades de transformación que darán lugar a los productos que posteriormente serán colocados en el mercado [11].

Para valorar en toda su extensión el papel que desempeña el aprovisionamiento de materiales, es necesario considerar, además de su peso económico los siguientes factores:

- La logística de aprovisionamiento es un área muy poco tecnificada en la mayoría de empresas por lo cual presenta un gran potencial de mejora.
- Los cambios que se proponen desde el área de aprovisionamiento suelen crear pocos problemas laborales internos y pueden ayudar a mejorar el coste del producto.

La introducción como gestión de inventario de materias primas como responsabilidad de aprovisionamiento es un primer intento de analizar las consecuencias de la aplicación de las políticas en lo que se refiere a los stocks [10] y [12].

Para cumplir con estas funciones es necesario:

- Prever las necesidades
- Planificar los tiempos
- Buscar y adquirir en el mercado
- Asegurarse que los aprovisionamientos son recibidos en las condiciones adecuadas

Bajo todas estas perspectivas, es fácil comprender que una óptima gestión de aprovisionamiento puede llegar a constituir un centro de beneficios para la empresa.

Tabla 1. Principios básicos en la función de aprovisionamiento. (Fuente: [10])

Organización de servicio	<ul style="list-style-type: none"> • Misiones y tareas de sus componentes. • Objetivos y responsabilidades.
Previsión	<ul style="list-style-type: none"> • Definición y desarrollo de las técnicas: <ul style="list-style-type: none"> – Determinación y seguimiento de precios y su evolución en el mercado. – Definir políticas de proveedores y objetivos de ahorro.
Sistema de control	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de los costos generados. • Banco de datos: <ul style="list-style-type: none"> – Productos y costes – Proveedores y servicios prestados

Tabla 2. Objetivos en la función de aprovisionamiento. (Fuente: [10])

Condiciones adecuadas para la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Costes de adquisición • Relación calidad/precio • Condiciones de pago • Lugares y fechas de entrega • Condiciones del transporte
Mantener el nivel de calidad especificado	
Garantizar la continuidad del abastecimiento	
Reciclaje, aprovechamiento de los residuos	

Tabla 3. Fases del aprovisionamiento (Fuente: [10])

Operaciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento detallado de necesidades. • Determinación de las condiciones en que se debe satisfacer las necesidades.
Preparación	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación de mercado (oferta). • Preselección de posibles proveedores. • Petición de ofertas.
Realización	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis y comparación de ofertas. • Negociación con ofertantes. • Elección de proveedor. • Conformación de facturas. • Devolución de partidas no conformes.
Seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Vigilancia y reclamación de entregas. • Control cualitativo y cuantitativo de entregas.
Operaciones derivadas	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación. • Gestión de los stocks recibidos.

Logística de transporte

El movimiento de mercancías en toda empresa se lleva a cabo a través de los 4 medios básicos conocidos (ferroviario, marítimo, aéreo y por carretera). La búsqueda de una mayor economía posibilita la interacción de estos medios alrededor de la más adecuada combinación.

1. Propiedad de los medios

Las características más destacables de cada tipo de transporte son:

Tabla 4. Propiedad de los medios. (Fuente: [10])

Tipo de transporte	Características
Transporte propio	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema rígido en el tipo de vehículo • Control directo de la actividad • Sistemas de gestión complejos • Costes fijos altos • Inversión elevada • Tendencia a rendimientos económicos bajos
Transporte contratado	<ul style="list-style-type: none"> • A empresas <ul style="list-style-type: none"> – Mayor flexibilidad por la disponibilidad de vehículos. – Menor control de actividad – Inversión nula – Costes variables bajos • A autónomos <ul style="list-style-type: none"> – Mayor control de actividad – Costes variables bajos – Mayor flexibilidad • Mixto <ul style="list-style-type: none"> – Equilibrada relación entre los costes fijos/variables. – Menor inversión – Adecuado control directo – Reducción parcial de personal

2. Selección del transporte

Cuando se han tomado las decisiones referentes a la política de inventario y ubicación de los puntos de carga y descarga, la siguiente tarea debe ir destinada a determinar con detalle los medios requeridos por la empresa; la selección del transporte puede volverse un problema complejo si no se maneja con cuidado [10].

Tabla 5. Criterios de selección para el tipo de transporte. (Fuente: [10])

Selección de transporte	Criterio
Coste	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifas • Coste total • Relación coste/servicio
Comercial	<ul style="list-style-type: none"> • Imagen • Nivel de servicio. Rapidez, fiabilidad • Experiencia/seguridad • Organización • Tratamiento de reclamos • Disponibilidad de servicio
Tráficos	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia a recorrer • Volumen y tonelaje por expedición y total • Regularidad de tráfico • Naturaleza de la carga • Infraestructura existente • Plazo de entrega

3.8.2 Logística de almacenamiento

Diseñar y distribuir el espacio de un almacén es algo aparentemente fácil, pero el proyecto de diseñar e instalar un almacén es algo complicado en la práctica. La infraestructura de un almacén afecta a dos factores que son: productividad y seguridad; por lo que el almacén debe reflejar tanto la disposición exterior como la distribución interior [13].

Se trata de planificar de una manera adecuada tanto las necesidades actuales como futuras. La infraestructura exterior abarca: orientación del local, vías de acceso, muelle, andenes, rampas, dimensiones del edificio destinado a almacenar los suministros y el producto terminado, etc.

La distribución del espacio interno es un aspecto muy complejo de la logística, por una parte, nos enfrentamos al espacio físico edificado y por otra parte a las necesidades de almacenamiento a medio y largo plazo. Las decisiones que se tomen con respecto a la distribución del almacén deben permitirnos conseguir los siguientes objetivos [13]:

- Aprovechar el espacio disponible
- Reducir al mínimo la manipulación de materiales
- Facilitar el acceso al producto almacenado
- Tener la máxima flexibilidad
- Facilitar el control de las cantidades almacenadas

La distribución de la planta se hace conectando las distintas zonas del almacén, por lo cual los factores que más influyen en la planificación son los medios de manipulación y las características de la mercadería. Por ello, antes de organizar el espacio, debemos analizar las siguientes necesidades:

- Características de la mercadería a almacenar: forma, tamaño, peso y propiedades físicas
- Cantidad que se recibe en cada suministro y con frecuencia: lb, Kg, Ton, diario, semanal, quincenal o mensual.
- Carga máxima del medio de transporte externos, equipos disponibles para el transporte interno y el tiempo requerido para cada operación [13].

3.9 Economía circular conversión de residuos en recursos

La economía circular es un concepto económico que se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos (agua y energía) se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos. Se trata de implementar una nueva economía, circular -no lineal-, basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía [14].

El concepto de economía circular se refiere al diseño de productos sin generar desechos, los cuales sean fáciles de desmontar y reutilizar. Este modelo económico es reconstituyente, regenerativo y se divide en dos ciclos: ciclo biológico y ciclo técnico. Así mismo, este desarrollo continuo se basa en tres principios los cuales son:

- Preservación y mejora del capital natural: a través del control de stocks finitos y equilibrando el flujo de los recursos renovables.
- Optimización en el uso de los recursos: circulando productos, componentes y materiales en el nivel más alto de utilidad tanto en el ciclo técnico como en el biológico.
- Fomento de la eficacia del sistema: a través de la obtención de patentes y la eliminación de externalidades negativas [14].

La diferencia más notable entre la economía lineal y la circular es que en la primera el esquema es repetitivo: extracción, producción, consumo y desecho es decir que se caracteriza por ser un sistema donde el ciclo de vida de un producto concluye al tiempo en que éste es consumido volviéndose un desecho; mientras que en el modelo circular todas las actividades desde la extracción, producción entre otras están organizadas para que los desechos de una empresa sean las materias primas de otras [15].

Los principales principios de la economía circular se detallan a continuación [15]:

- Eco-concepción: considera los impactos medioambientales a lo largo del ciclo de vida de un producto y los integra desde su concepción.
- Reducción de materiales: elaboración de productos con la menor cantidad de materiales y energía, modelo que permite la protección de los recursos y reduce las emisiones al ambiente.
- La economía de la “funcionalidad”: privilegiar el uso frente a la posesión, la venta de un servicio frente a un bien.

- Segundo uso: reintroducir en el circuito económico aquellos productos que ya no se corresponden a las necesidades iniciales de los consumidores.
- Durabilidad: productos respetuosos con el medio ambiente con una mayor vida útil.
- Reparación: encontrar una segunda vida a los productos estropeados.
- Reciclaje: aprovechar los materiales que se encuentran en los residuos.
- Valorización: aprovechar energéticamente los residuos que no se pueden reciclar.
- Uso de tecnología: mejora la eficiencia de los productos que permite realizar un diseño sostenible.

4 Proceso Productivo

El proceso de producción de polvo de caucho se puede realizar tanto en seco como húmedo, y en este caso el proceso a implantar es el proceso en seco por su facilidad y simplicidad, ya que en el proceso húmedo se tiene que calentar la mezcla. El proceso de fabricación tiene varias etapas como trituración primaria, una secundaria, incluyendo la separación de la parte metálica y de la parte textil a través de varios equipos, tal y como se detalla en la sección 4.3.

Los neumáticos ingresan al proceso productivo de manera directa, salvo en el caso que el número de neumáticos sobrepase la capacidad productiva diaria de la planta, en ese caso se definirá una etapa previa donde la materia prima, que no va a ser procesada es compactada y almacenada para ser utilizada posteriormente. En la primera fase del proceso se da la trituración primaria y secundaria donde se reduce el tamaño del neumático a trozos más pequeños.

La trituración se lleva a cabo en molinos que están formados por dos rodillos, y que poseen ranuras con bordes afilados que rompen el caucho vulcanizado, incluyendo las partes metálicas y la parte textil. Estos trozos son transportados al triturador secundario o granulador que consiste en una prensa extrusora con cribas y que también realiza etapas de separación magnéticas para recuperar el acero restante. En cada etapa, por un sistema de transporte neumático, se separa el material textil por diferencia de densidad. Finalmente, el gránulo de caucho reciclado se clasifica en diferentes tamaños para ser embolsado según su espesor.

Para la definición del proceso productivo se ha diseñado la metodología de la Ilustración 12.

En la actualidad, la gran mayoría de los procesos de fabricación utilizan tanto normas de gestión de calidad como normativa ambiental, por ello se crea un estándar, el cual puede ser adaptado a cada empresa realizando los respectivos ajustes. En este caso se cumplirá con los estándares de la normativa internacional ISO 9000 (Sistemas de gestión de calidad) e ISO 14000 (Sistemas de gestión ambiental) además del Acuerdo Ministerial Ecuatoriano # 98:2015 (Instructivo para la gestión integral de neumáticos usados).

4.1 Definición del proceso productivo

El objetivo principal del diseño del proceso productivo es definir todos los aspectos de fabricación necesarios para implementar una planta industrial que brinde servicio tanto a las autoridades locales como al público en general. El cliente objetivo de la empresa serán los gobiernos municipales que precisan de polvo de caucho para la construcción de carreteras. Serán los mismos gobiernos los que facilitarán a RoadGreen S.A. la materia prima en forma de neumáticos usados.

Por otro lado, el público en general también podrá vender sus neumáticos usados en nuestra planta al precio establecido (que se detallará posteriormente) o comprar polvo de caucho según sus necesidades dependiendo del uso que deseen darle al mismo, pero este tipo de cliente (público en general) no es objeto del presente TFM por lo que no se ahondará en el tema, y el diseño del proceso productivo tan solo se focaliza en las necesidades de los gobiernos municipales, que son al fin y al cabo, los que requieren una mayor demanda de polvo de caucho.

4.1.1 Tipo de proceso productivo

Tras el análisis de la literatura se han identificado los siguientes tipos de producción para la definición del proceso productivo del siguiente TFM¹⁵:

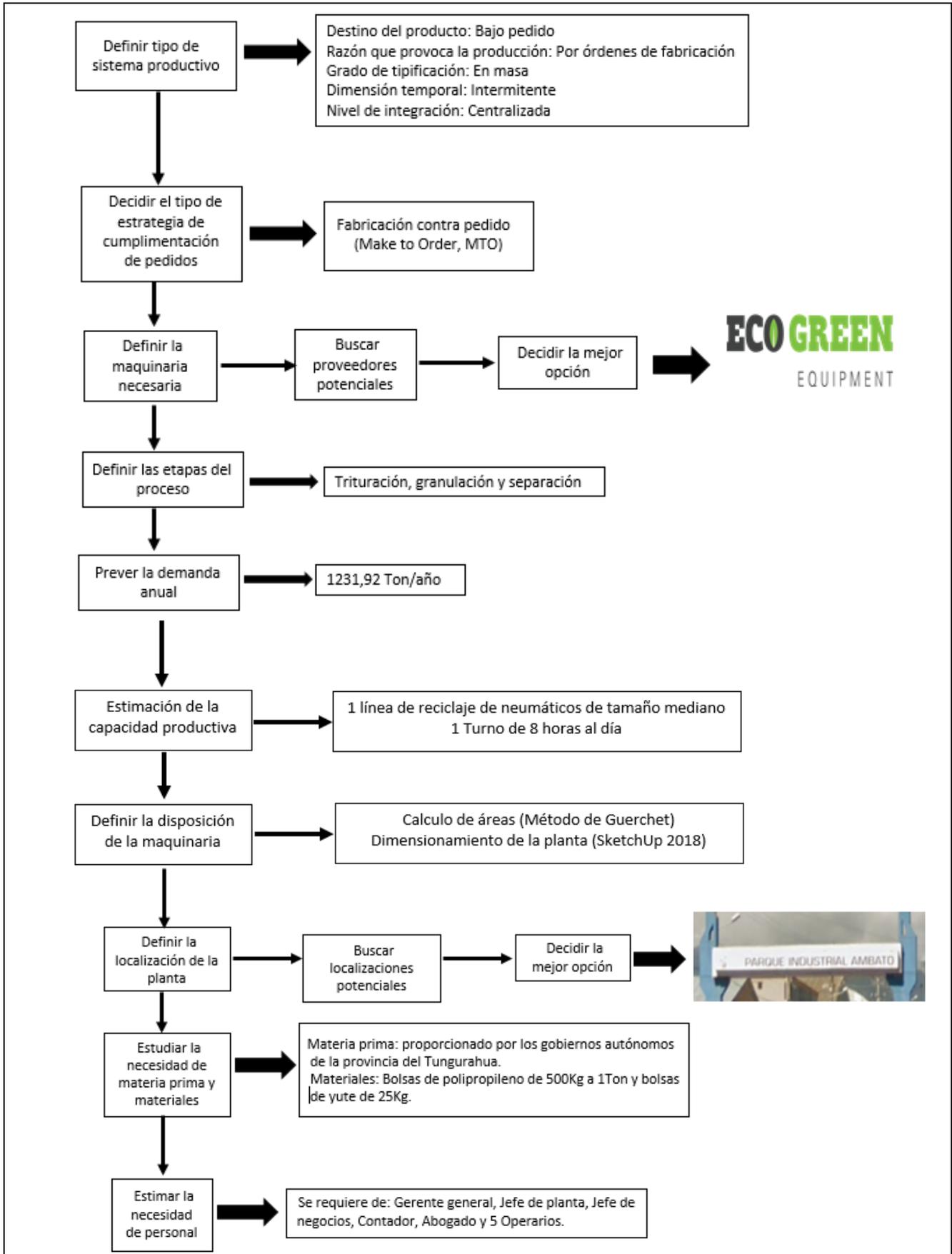


Ilustración 12. Propuesta metodológica de definición del sistema productivo. (Fuente: Elaboración propia).

Según el destino del producto.

- **Producción por encargo.** La empresa espera a que le soliciten un pedido para elaborar el producto.
- **Producción para el mercado.** La empresa no espera al encargo de un cliente, sino que produce para los consumidores en general.

Según la razón que provoca la producción

- **Producción por órdenes de fabricación.** Se produce para el mercado.
- **Producción para almacén.** Se produce para mantener el nivel de los inventarios en el almacén.

Según el grado de tipificación del producto

- **Producción individualizada.** En ella cada unidad de producto responde a unas características específicas.
- **Producción en masa.** Todas las unidades fabricadas tienen las mismas características.

Según la dimensión temporal

- **Producción intermitente.** Es un proceso de fabricación que no requiere continuidad en el tiempo. Algunos ejemplos son: talleres de reparación, obras públicas, etc.
- **Producción continua.** En ella el proceso de fabricación se realiza de forma ininterrumpida como ocurre por ejemplo en altos hornos, fabricación de productos químicos, etc.

Según el nivel de integración

- **Producción centralizada.** Se utiliza el sistema mono-planta, es decir, todo el proceso se realiza en una única instalación.
- **Producción descentralizada.** Sistema multi-planta. Esta situación exige un determinado sistema logístico para combinar y transportar los elementos productivos entre los diferentes centros de producción¹³.

En este caso RoadGreen S.A. tomará en cuenta para que se utilizará el polvo de caucho así:

- Polvo de caucho usado en mezclas asfálticas

Tabla 6. Tipo de proceso productivo. (Fuente: Elaboración propia)

Según	Producción
Destino del producto	Bajo pedido
Grado de tipificación	En masa
Dimensión temporal	Continua
Razón de producción	Por orden de fabricación
Nivel de integración	Centralizada

Tomando en cuenta lo expuesto en la tabla anterior, RoadGreen S.A. utilizará de manera habitual una producción continua debido a que ésta es aplicable cuando se trata de productos usados en todo tipo de obras públicas. Tras la implementación inicial del proceso productivo, se pretende implantar la filosofía “Just in Time” cuando el polvo de caucho se use para mezclas asfálticas y así

¹³ Tipos de procesos productivos. Disponible en internet: <https://formandoempleo.es/como-disenar-proceso-productivo/> (2018/11/19).

poder producir lo que se necesita en el momento exacto en el que se requiera y únicamente en la cantidad solicitada para cada pedido del cliente.

- Polvo de caucho usado en la fabricación de concreto armado, adoquines y otro tipo de pisos

Además, aunque no es el cliente objetivo de la empresa, durante las fases en las cuales las máquinas no estén en mantenimiento ni en producción (utilización de las horas ociosas), RoadGreen S.A. producirá polvo de caucho para clientes que precisen dicho componente para la fabricación de concreto armado, adoquines u otro tipo de piso de uso doméstico, por lo que la demanda no será muy elevada y la empresa fabricará para tener una pequeña cantidad en sus almacenes, y de este modo, dar un servicio rápido al cliente.

4.1.2 Tipo de estrategia de cumplimiento de pedidos

Según la bibliografía consultada, las 4 estrategias principales de cumplimiento de pedido son¹⁴:

- Fabricación contra inventario (Make To Stock, MTS)

En este tipo de fabricación, se realizan todas las operaciones de fabricación en base a previsiones de la demanda antes de que llegue el pedido en firme del cliente. El producto final es estándar y no existe mucha variedad. Además, el cliente habitualmente requiere el producto en un tiempo muy reducido y es por ello que la fabricación se realiza en base a previsiones. Normalmente se tiene relaciones a largo plazo con el cliente.

- Montaje contra pedido (Assemble To Order, ATO)

En este tipo de fabricación se requiere que las partes básicas del producto ya estén fabricadas, pero todavía no montadas hasta recibir el pedido del cliente. Entonces las piezas se montan rápidamente y se entregan. Comúnmente este tipo de configuración le permite al cliente elegir sobre ciertos aspectos del producto final, por lo que posee un nivel de personalización mayor que en el caso de MTS

- Fabricación contra pedido (Make To Order, MTO)

En este tipo de fabricación las materias primas y componentes ya están adquiridos en base a previsiones, pero el fabricante no comienza a producir hasta recibir un pedido del cliente. En este caso los productos son más personalizados que en los dos casos anteriores.

- Diseño contra pedido (Engineer To Order, ETO)

En este tipo de fabricación no se empieza el proceso productivo hasta que se dispone de un contrato en firme o un pedido del cliente. Se suele dar en la fabricación de productos con elevada personalización, complejos y de un alto costo. Existe una escasa probabilidad de anticiparse a las necesidades del cliente.

Otro aspecto a tener en cuenta y que está relacionado con las estrategias de cumplimiento de pedidos es el Punto de Desacople del Cliente (Customer Order Decoupling Point, CODP), que permite separar las decisiones tomadas bajo certidumbre de las decisiones bajo incertidumbre con respecto a la demanda del cliente. Existe dos tipos de CODP: (i) aguas arriba (Empuje)- las decisiones se toman en base a previsiones y (ii) aguas abajo (Arrastre) - las decisiones se basan en pedidos de clientes.

¹⁴ Tipo de estrategia de pedidos. Disponible en internet en: <http://hdl.handle.net/10251/104399/> (2018/11/19).

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, RoadGreen S.A. iniciará sus operaciones con una estrategia de cumplimiento de pedidos tipo (MTO) con un CODP por arrastre para su cliente objetivo que usará el polvo de caucho en mezclas asfálticas para construir carreteras. En el caso de otros clientes que destinen el polvo de caucho a otros menesteres (suelos para jardines, adoquines, etc...) RoadGreen S.A. utilizará una estrategia MTS, para de esta forma, asegurar una entrega rápida al cliente. La demanda de estos clientes no es muy elevada, sin embargo, demandan tiempos de entrega muy cortos. Por ello, y para respetar las fechas de entrega tan exigentes, la empresa decide fabricar contra stock y servir directamente a los clientes desde el almacén cuando se reciba el pedido.

La ilustración 13 muestra un resumen de las estrategias de cumplimiento de pedidos según la tipología de clientes.

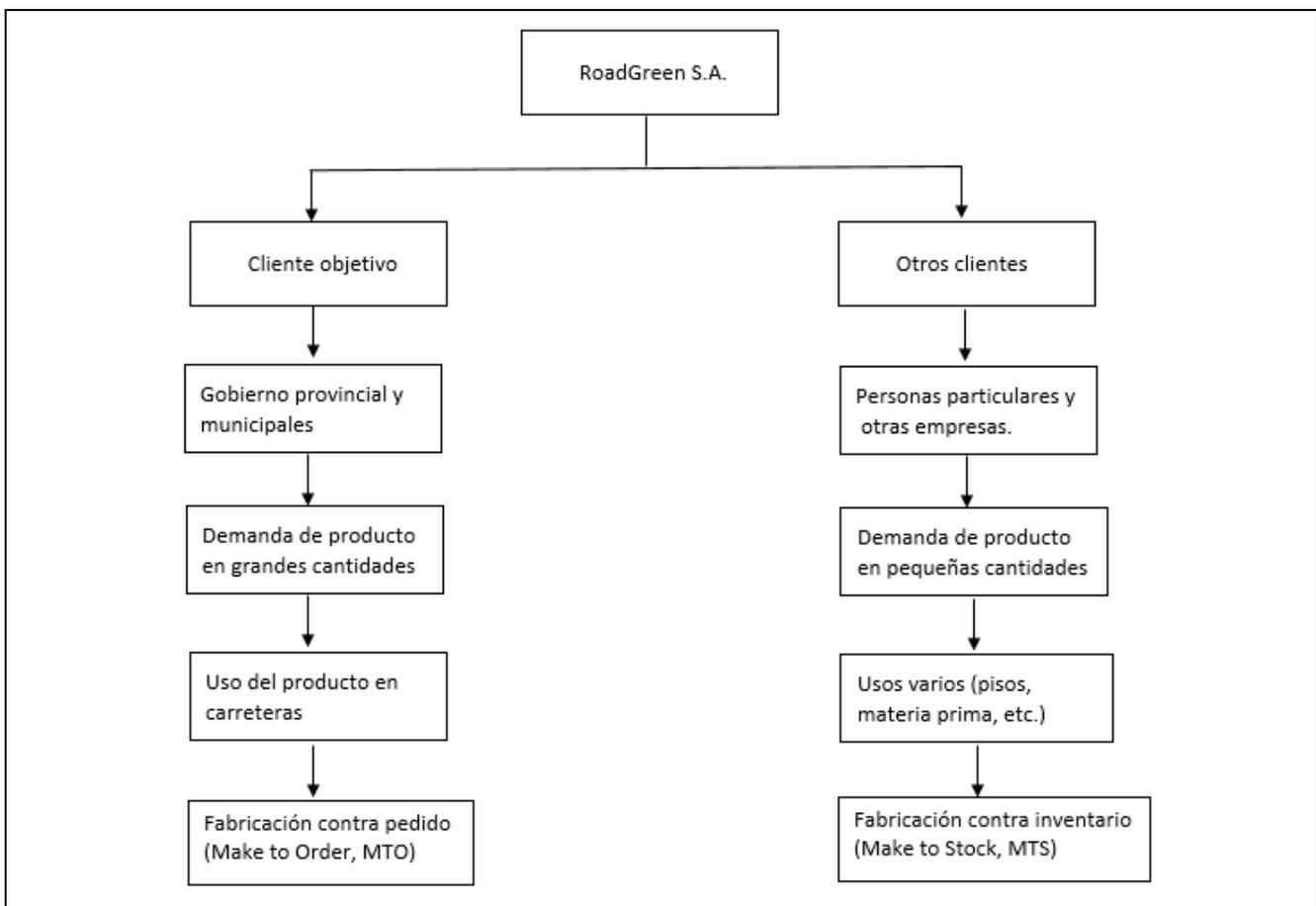


Ilustración 13. Estrategias de cumplimiento de pedidos según la tipología de clientes. (Fuente: Elaboración propia).

4.1.3 Maquinaria y equipos

Como la finalidad de RoadGreen S.A. es la de reciclaje de los neumáticos en desuso, requerirá de un sistema completo para el reciclaje de los mismos. Según la información obtenida a través de proveedores de maquinaria^{15,16,17,18,19,20,21,22,23}. Así como de empresas de reciclaje de neumáticos de

¹⁵ Coparm. Disponible en internet: <http://coparm.es/> (2019/01/16).

¹⁶ Henan Doing Maquinaria S.L. Disponible en internet: <http://es.doinggroup.com/>(2019/01/16).

¹⁷ Mayper. Disponible en internet: <https://www.mayper.com/>(2019/01/16).

¹⁸ Reciclajes Logísticos. Disponible en internet: <http://www.reciclajeintegral.com/>(2019/01/16).

otros países (como SIGNUS²⁴ o ECOCAUCHO²⁵) el sistema de producción requiere de los siguientes equipos tal y como se indica en la Tabla 7:

Tabla 7. Máquinas y equipos requeridos. (Fuente: Elaboración propia)

Equipo	Definición	Cantidad
Trituradores	Equipo formado por cuchillas rotatorias de simple y doble eje	2
Granulador	Equipo formado por un martillo doble y cuchillas cortadoras	1
Separador y Clasificador	Equipo formado por imanes y cribas	2
Molino	Equipo que pulveriza el granulo a polvo	1
Tolva	Equipo que canaliza tanto el granulo como el polvo de caucho	1
Empaque	Equipo que aglomera tanto el polvo como el granulo de caucho para poder almacenarlo y distribuirlo	1
Bandas transportadoras	Transporta la materia prima por todo el proceso hasta obtener el producto final	3
Prensa hidráulica	Equipo que compacta los neumáticos	1

Tras la definición de los requerimientos de maquinaria y equipos, se procede a la búsqueda y análisis de las diferentes opciones en cuanto a proveedores que suministren este tipo de maquinaria. Para ello, se realizan búsquedas en motores de búsquedas a través de palabras claves tanto en español como en inglés, siendo éstas: Maquinaria de reciclado de neumáticos y Recycled Tyre Rubber machinery. Utilizando el buscador Google, se obtienen mayor cantidad de resultados en español (4.830.000) que en inglés (3.160.000), hecho que sorprende, pues la mayor parte de la información se encuentra en inglés. A través de dichas búsquedas, se identifican diferentes proveedores de maquinaria, tal y como muestra la Tabla 8.

Tabla 8. Potenciales proveedores de la maquinaria requerida. (Fuente: Elaboración propia).

Empresa	País	Idioma	Sistema completo	Precio del sistema completo	Garantía
Coparm	Italia	Italiano/Español/Inglés	✓	No especificado	5 años
Eco Green Equipment	EEUU	Español/Inglés	✓	148.218€	2 años
Henan Doing Maquinaria S.L.	China	Español/Inglés/Mandarín	✓	120.000 €	1 año
Mayper	España	Español/Inglés	X	No especificado	3 años
Reciclajes Logísticos	España	Español/Inglés	✓	No especificado	3 años
Recycling Equipos	España	Español/Inglés	✓	Precio por tipo	3 años
Tires S.p.A.	Italia	Italiano/Español/Inglés	X	No especificado	5 años
Xinhai Grupo	China	Español/Inglés/Mandarín	✓	180.000€	1 año
Yuxi	China	Mandarín/Inglés	✓	No especificado	1 años

Nota: Se tomó en cuenta solo potenciales proveedores de maquinaria nueva, debido a que la maquinaria usada generalmente precisa de revisiones, mantenimiento más frecuente, cambio de piezas en un lapso más corto de tiempo, etc.

Tras la consolidación de la información en la Tabla 8, se descartan aquellos proveedores que no ofrecen el equipo completo, ya que la empresa RoadGreen S.A. requiere toda la maquinaria

¹⁹ Tires S.p.A. Disponible en internet: <http://www.tiresspa.com/es/lista.html>(2019/01/16).

²⁰ Xinhai Grupo. Disponible en internet: <https://www.epcservicio.com/about>(2019/01/16).

²¹ Yuxi. Disponible en internet: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/yuxi-brand-factory/>(2019/01/16).

²² Eco Green Equipment. Disponible en internet: <http://ecogreenequipment.com/es/>(2018/11/23).

²³ Recycling equipos. Disponible en internet: <http://www.recyclingequipos.com/> (2018/11/23).

²⁴ SIGNUS. Disponible en internet: <https://www.signus.es/> (2018/11/19).

²⁵ ECOCAUCHO. Disponible en internet: <https://www.ecocaucho.com.ec/> (2018/11/19).

específica para llevar a cabo el proceso de reciclaje de neumáticos. Asimismo, tampoco son considerados los proveedores ubicados en China, por la complejidad del proceso de compra debido al idioma, entre otros aspectos. Finalmente, y tras esta primera criba quedan 4 proveedores potenciales. Sin embargo, aquellos que no ofrecen información sobre el precio de sus equipos, también son descartados, quedando dos potenciales proveedores:

Eco Green Equipment (opción 1) y Recycling Equipos (opción 2).

- Eco Green Equipment

Empresa norteamericana radicada en la ciudad Salt Lake (Utah) que centra sus operaciones en la manufactura de maquinaria y sistemas de reciclaje de neumáticos a nivel industrial. Algunos hitos remarcables de la compañía se detallan a continuación²²:

Los Fundadores vendieron la primera planta de reciclaje de N.F.U – 2001

- Ingresó al mercado latinoamericano – 2008
- Se convirtió en el mayor proveedor de equipos para el reciclaje de neumáticos en Colombia – 2011
- Abrió una nueva planta de producción en el norte de Salt Lake – 2013

Tabla 9. Máquinas y equipos (Fuente: Eco Green Equipment)²².

Equipo	Precio (€)	Tiempo de entrega	Asesoría Técnica	Idioma	Repuestos
Trituradora de 2 eje	6.975	1 mes y medio	Personal especializado las 24h del día, atención personalizada dependiendo el lugar o vía internet.	Español, Inglés, Alemán, entre otros.	Sí, entrega a cualquier parte del mundo
Ralladores	8.000	1 mes y medio			
Molino	21.797	2 meses			
Granulador	10.899	3 meses			
Equipo de transporte y clasificación	13.079	3 meses			
Sistema completo	148.218	De 6 a 8 meses			

- Recycling Equipos

Empresa española ubicada en Zaragoza, que cuenta con una gama de máquinas muy extensa para todo tipo de reciclaje industrial, además proporciona servicio técnico, asesoría, consultoría, etc. Fabrica plantas completas o máquinas por separado para procesar neumáticos en desuso. La empresa suele definir plantas con diseño modular, lo que permite realizar un proyecto en fases con sucesivas ampliaciones según sea necesario²³.

Tabla 10. Máquinas y equipos (Fuente: Recycling Equipos)²³.

Equipo	Precio (€)	T. de entrega	Asesoría Técnica	Idioma	Repuestos
Clasificador PC1000	6.500	1 mes	Atención personalizada dependiendo el lugar o vía internet.	Español	Sí, entrega a cualquier parte del mundo
Granulador EN 1402	20.000	1 mes			
Multi Rasper	No especificado (NE)	2 meses			
Eldan Super Chopper	8.000	2 meses			
Eldan Cracker Mill	10.000	3 meses			
Sistema completo	NE	NE			

Para la toma de decisiones acerca de la mejor alternativa dependiendo de la maquinaria de cada uno de los proveedores, se realiza una comparativa (Tabla 11) de las características técnicas relevantes para la empresa RoadGreen S.A.

Tabla 11. Análisis de las características técnicas de los equipos. (Fuente: Recycling Equipos y Eco Green Equipment)²⁶.

 		
Trituradora de 1 y 2 ejes		
Material de entrada	Neumáticos completos o compactados	
Material de salida	Trozos de caucho de 2 a 6 pulgadas	
Ralladores		
Material de entrada	Trozos de caucho con un tamaño max de 6 pulgadas	Esta parte del proceso está unida al molino
Material de salida	Ayuda a separar de la fibra textil y acero	
Molino		
Material de entrada	Trozos de caucho de 1 pulgada	Trozos de caucho de 2 pulgadas
Material de salida	Chips de caucho de 0,25 de pulgadas	Chips de caucho de 0,50 a 0,75 de pulgada
Granulador		
Separación de componentes	Material libre 99% tanto de fibra textil y el acero	Material libre 50% tanto de fibra textil y el acero, debido a que usa dos granuladores.
Equipo de transporte y clasificación		
Transporte	Separa la fibra textil, el acero y los almacena	
Clasificación	Dependiendo del tamaño del chip este es separado del proceso y llevado a una tolva para posteriormente ser almacenado	

Tras un análisis detallado de las características técnicas de ambas alternativas, se decidió que la opción 1 es la más adecuada para RoadGreen S.A. porque cumple con las especificaciones requeridas como el tamaño de los chips, además acopla varias etapas en un solo proceso a diferencia de su contraparte, lo que permite ahorrar recursos (combustibles, aceites, etc.) utilizados en la maquinaria.

Junto con la justificación técnica anterior de la elección de Eco Green Equipment, también cabe mencionar que esta empresa centra sus operaciones en equipos para reciclar neumáticos, no ofrece otros tipos de servicios, lo que hace que sea líder en el mercado, y está ubicada en el mismo continente que RoadGreen S.A., mientras que la otra empresa se dedica a fabricar máquinas para todo tipo de reciclaje, no solo para el reciclaje de neumáticos, y está ubicada en Europa, con lo que los tiempos de fabricación y entrega de Eco Green Equipment son más cortos, ofrece asesoría las 24h del día y con personal técnico calificado. Asimismo, señalar que otros de los aspectos que han declinado la decisión por la opción 1 es que la empresa escogida es norteamericana, por ello el valor de los equipos es en dólares, moneda que actualmente usa Ecuador y por lo tanto no habría que realizar cambio de divisas.

²⁶ Características técnicas de las maquinas. Disponible en internet: <http://www.recyclingequipos.com/>, <http://ecogreenequipment.com/> (2018/11/23).

4.1.4 Etapas del proceso productivo

La materia prima ingresa a la planta, los operarios descargan los neumáticos en el muelle y entonces se inicia una etapa previa en la cual se contabilizan y pesan los neumáticos que ingresan. Posteriormente se procederá a colocar los mismos en una banda transportadora que los ingresará al proceso productivo directamente, en caso de que los neumáticos no puedan ser procesados de manera inmediata (debido a la restricción de capacidad productiva diaria) serán compactados y almacenados para ser procesados en días posteriores.

Las etapas que utilizará RoadGreen S.A. son: trituración mecánica (primaria y secundaria) posteriormente una etapa de granulación y por último separación, tal y como se muestra en la Ilustración 14. Las etapas del proceso productivo serán descritas en detalle en la sección 4.3.

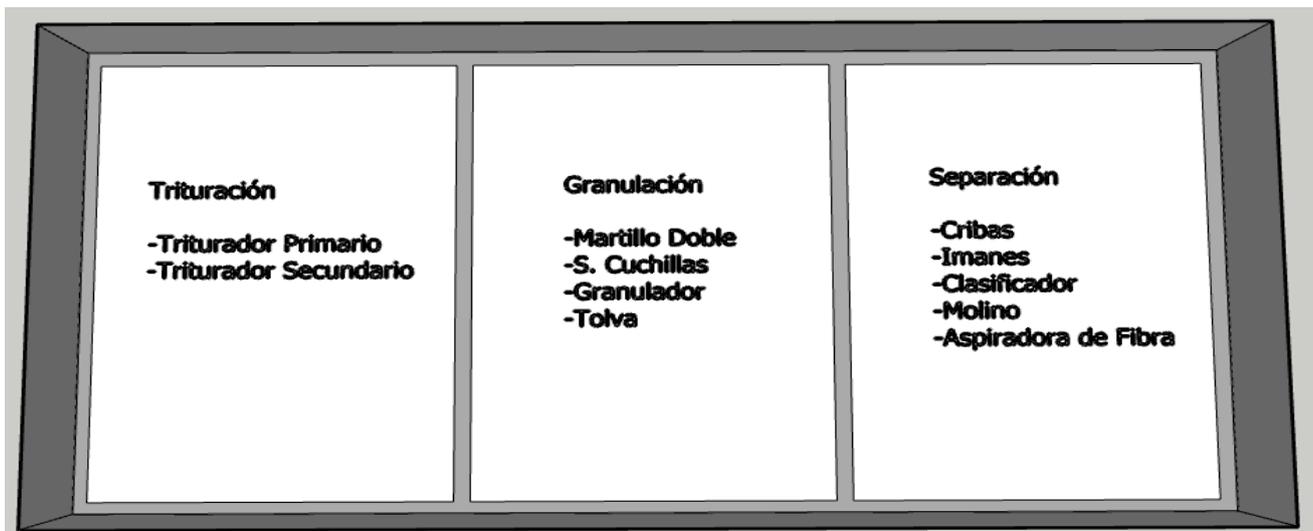


Ilustración 14. Etapas del proceso productivo. (Fuente: Elaboración propia).

Se destaca que todas las etapas del proceso productivo están diseñadas para satisfacer las recomendaciones de la normativa internacional ISO 9000 (Sistemas de gestión de calidad) e ISO 14000 (Sistemas de gestión ambiental) además del Acuerdo Ministerial Ecuatoriano # 98:2015 (Instructivo para la gestión integral de neumáticos usados).

4.1.5 Estimación de la demanda

Debido a que RoadGreen S.A. centrará sus operaciones en la fabricación de polvo de caucho para mezclas asfálticas, la demanda dependerá exclusivamente de las obras públicas que se realicen en su respectiva jurisdicción (Provincia de Tungurahua). El presupuesto para este año fiscal destinado a vialidad, tanto por el Gobierno Provincial como los Gobiernos Autónomos Descentralizados que conforman la provincia se detalla en la Tabla 12.

El km de carretera (teniendo en cuenta mano de obra, asfalto, combustibles, equipos, costes administrativos, y costes adicionales) se estima en 810.311 dólares/km²⁷. Sin embargo, la realidad es que dependiendo de la empresa que realice la obra y de otras cuestiones como por ejemplo los sobrecostes, el km de carretera asfaltado puede llegar a costar entre 2,4 y 5,1 millones de dólares²⁸. Tomando como valor, el promedio real calculado, se estima que se construirán 152 km de carreta

²⁷ Costo del Km de asfalto. Disponible en internet: <https://www.obraspublicas.gob.ec/>

²⁸ Sobre precio en el km de asfalto. Disponible en internet: <https://lahora.com.ec/quito/noticia/1102139779/el-costo-de-la-ruta-collas-se-triplico-por-modificaciones.> (2019/01/26).

en la provincia de Tungurahua. Sin embargo, siendo realistas y considerando que el coste promedio siempre es superior, se reduce el cálculo de km a construir en un 24%. Por tanto, en base a estas estimaciones, la empresa deberá poder suministrar la cantidad de polvo de caucho requerido para fabricar 116 km de carretera durante el próximo año. Dicha estimación de Km de carretera a construir no toma en consideración reasfaltado, mantenimiento de vías o reconstrucción de vías por deslizamiento de tierra o bases, ocasionadas por factores climáticos.

Tabla 12. Presupuesto vial y número de kilómetros a construir para el próximo (Fuente: Gobiernos Autónomos Descentralizados de la provincia de Tungurahua).

Gobierno	Presupuesto vial (millones de dólares)	# de Kilómetros
Provincial	26	32
Ambato ²⁹	42	51
Pelileo ³⁰	12	14
Pillaro ³¹	10	12
Patate ³²	6	7
Quero ³³	5	6
Mocha ³⁴	8	9
Baños ³⁵	8	9
Tisaleo ³⁶	5	6
Cevallos ³⁷	5	6
Total		152 km

Se sabe que en promedio se requiere 1,43 Ton de neumáticos reciclados para obtener 1Ton de polvo de caucho³⁸, por consiguiente, se requiere 10,62Ton de polvo de caucho para fabricar un 1Km de asfalto modificado y colocarlo en una vía de dos carriles³⁹. Asimismo, destacar que el sistema de reciclaje (mediano) procesa de 300 a 500 neumáticos/hora.

Tabla 13. Demanda de polvo de caucho. (Fuente: Elaboración propia).

Demanda anual
116 Km/año X 10.62Toneladas/Km = 1231,92 Toneladas/año

Si se sigue la tendencia actual, se prevé que, en Ecuador específicamente en la provincia de Tungurahua en los próximos 5 años, la inversión en carreteras siga la misma tendencia que el próximo año, ya que las previsiones económicas parecen augurar cierta estabilidad. Debido a que la ley de reciclaje en Ecuador apenas se está implementando en todo el país, la información sobre la cantidad de neumáticos en desuso que dispone la provincia en estudio, no se ha podido cuantificar por lo cual se realiza una estimación del número de neumáticos que se pueden obtener de todo el parque automotor de la capital provincial, que en este caso es la ciudad de Ambato, aplicándole un factor del 10% (factor de seguridad), pues no se puede obtener el 100% de los neumáticos. Según

²⁹ Presupuesto vial para el año fiscal 2019. Disponible en internet: <https://www.ambato.gob.ec/> (2019/01/26).

³⁰ Presupuesto vial para el año fiscal 2019. Disponible en internet: <http://www.pelileo.gob.ec/index.php/home.html>(2019/01/26).

³¹ Presupuesto vial para el año fiscal 2019. Disponible en internet: <https://www.pillaro.gob.ec/>(2019/01/26).

³² Presupuesto vial para el año fiscal 2019. Disponible en internet: <http://www.patate.gob.ec/>(2019/01/26).

³³ Presupuesto vial para el año fiscal 2019. Disponible en internet: <https://www.quero.gob.ec/>(2019/01/26).

³⁴ Presupuesto vial para el año fiscal 2019. Disponible en internet: <http://www.municipiomocha.gob.ec/gadmocha/>(2019/01/26).

³⁵ Presupuesto vial para el año fiscal 2019. Disponible en internet: <https://municipiobanos.gob.ec/baños/index.>(2019/01/26).

³⁶ Presupuesto vial para el año fiscal 2019. Disponible en internet: <https://www.tisaleo.gob.ec/>(2019/01/26).

³⁷ Presupuesto vial para el año fiscal 2019. Disponible en internet: <https://www.cevallos.gob.ec/>(2019/01/26).

³⁸ Promedio requerido de neumáticos para producir una tonelada de polvo de caucho. Disponible en internet: <https://www.eoi.es/es/file/18879/download?token=wzRgY1zY>. (2019/01/26).

³⁹ Promedio de polvo requerido para 1km de asfalto. Disponible en internet: <https://www.signus.es/>(2019/01/26).

datos obtenidos, el parque automotor de la ciudad de Ambato es de 82.000 vehículos matriculados en el año 2017²⁹, considerando el número de ruedas por vehículo y su peso se estima una cantidad de 2952 Ton/año de neumáticos lo que a su vez me permitiría suministrar polvo de caucho para la construcción de asfalto con un total de 195Km.

4.1.6 Estimación de la capacidad productiva

Aunque el dato de la ratio de reciclaje de neumáticos oscila entre 300 y 500 unidades/hora, se ha considerado que el diseño del proceso productivo tan solo reciclará 300 neumáticos a la hora considerando múltiples factores como mantenimiento de la maquinaria, tiempos muertos, etc., se le imputa. Teniendo en cuenta los cálculos de la demanda anual de toneladas y sabiendo que se requiere de 143 neumáticos para producir 1Ton de polvo de caucho, se calcula la capacidad productiva de RoadGreen S.A. es de 48.000 neumáticos procesados por día de trabajo.

Tomando en cuenta todo lo anteriormente mencionado la planta necesitará un total de 176.204 neumáticos en desuso para poder suministrar el polvo requerido para los 116km de carretera que estima construir en la provincia de Tungurahua. La capacidad productiva calculada se basa en que por el momento RoadGreen S.A. trabajará en un turno de 8h de lunes a viernes y así podrá suministrar el polvo requerido en más de 3 ½ meses. Si el cliente requiere que se le entregue el pedido en un lapso de tiempo más corto o se requiere de una mayor cantidad, la planta ajustará su producción a los requerimientos del cliente trabajando en 2 ó 3 turnos rotativos de 8h de lunes a sábado en caso de ser necesario. Por tanto, el proceso productivo de la empresa RoadGreen S.A. ha sido diseñado de forma que su capacidad productiva satisface la demanda de polvo de caucho para la construcción de carreteras mediante mezclas asfálticas y la capacidad restante será utilizada para reciclar neumáticos de otros cantones produciendo polvo de caucho que se destinará a la construcción de carreteras de cemento armado, pisos, adoquines, etc. Sin embargo, en los presupuestos de la provincia, no se especifican las partidas presupuestarias de estos tipos de actuaciones, porque generalmente los pisos y los adoquines son inversiones realizadas en parques públicos y centros históricos.

4.1.7 Disposición de los equipos/maquinaria

La disposición óptima de los equipos dentro de una planta permite que todas las operaciones que se lleven a cabo dentro de la misma sean expeditas y sin retrasos innecesarios. Para ello se toman en cuenta las siguientes medidas con respeto al espacio destinado para los equipos:

- Sitio para operador.
- Sitios para quitar piezas para mantenimiento.
- Sitio para actuar sobre cualquier parte de la máquina que requiera ajustes.
- Acceso a la máquina para cualquier intervención de mantenimiento sin moverla.

Para el cálculo de los metros cuadrados que se precisa en el área de producción de RoadGreen S.A., se requiere calcular primero el área de las maquinarias, y para dicho propósito se utiliza el Método de Guerchet.

Ecuación 1. Cálculo de superficies de distribución según el Método de Guerchet⁴⁰.

$$St = Ss + Sg + Se$$

Dónde:

St = Superficie total

Ss = Superficie estática.

Sg = Superficie gravitacional.

Se = Superficie de evolución.

$$Ss = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Sg = Ss * n$$

Donde:

n = Número de lados.

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

Donde:

k = Coeficiente de evolución (0.10 a 0.25)

1. Superficie estática

Área de terreno que ocupa las maquinarias o equipos.

$$Ss = 232,8 \text{ m}^2 \text{ (tritador)} + 140,49 \text{ m}^2 \text{ (Molino)} + 164,34 \text{ m}^2 \text{ (Granulador)} + 76,45 \text{ m}^2 \text{ (Rallador)} + 16,11 \text{ m}^2 \text{ (Equipo de fresado)} + 4,94 \text{ m}^2 \text{ (Equipo de separación)}$$

$$Ss = 635,13 \text{ m}^2$$

2. Superficie gravitacional

Superficie utilizada por el obrero y por el material necesario para realizar las operaciones en su puesto de trabajo.

$$Sg = 2 * 635,13 = 1270,26 \text{ m}^2$$

3. Superficie de evolución

Es la que se reserva entre puestos de trabajo para el movimiento de personal, equipos, transporte de materias primas y producto terminado.

$$Se = (635,13 + 1270,26) * 0,25$$

$$Se = 476,37 \text{ m}^2$$

4. Superficie total

Espacio físico requerido para el área de producción en una planta.

$$St = 2381,76 \text{ m}^2$$

Para el cálculo de los metros cuadrados necesarios para dimensionar los muelles y almacenes de RoadGreen S.A., se utiliza la metodología para el cálculo de áreas detallada en [17]:

⁴⁰ Método de Guerchet. Disponible en internet: <https://issuu.com/omarsuicapariona/docs/metodo-de-guerchet>. (2019/01/26).

Ecuación 2. Cálculo de áreas [17].

$$APT = LE * AE$$

Dónde:

APT = Área del pallet

LE = Largo del pallet

AE = Ancho del pallet

$$ACP = LP * AP$$

Dónde:

ACP = Área de circulación de pasillo

LP = Largo del pasillo

AP = Ancho del pasillo

$$AR = (NPR * APT) + [(NPR * PAR) * APT] + ACP$$

Dónde:

AR= Área de recibido

NPR = Número de pallets recibidos

PAR = Porcentaje de acumulación

$$NPM = NNC * NPN$$

Dónde:

NPM = Número de pallets por cuerpo

NNC = Niveles por cuerpo

NPN = Pallets por nivel

$$ACC = LC * AC$$

Dónde:

ACC = Área del cuerpo

LC = Largo del cuerpo

AC = Ancho del cuerpo

$$APA = LPA * APAL$$

Dónde:

APA = Área del pasillo de almacenamiento

LPA = Largo del pasillo de almacenamiento

APAL = Ancho del pasillo de almacenamiento

$$ALD = [(NEA / NPM) + 1] * ACC + (APA * NP)$$

Dónde:

ALD = Área de almacenamiento

NEA = Número de pallets a almacenar

NP = Número de pasillos

Dimensionamiento del muelle

1. Área de pallet (bala de neumáticos)

Una prensa industrial compactara los neumáticos (100 neumáticos = 1 Bala).

$$APT = 1,3 * 0,8$$

$$APT = 1,04 \text{ m}^2$$

2. Área de circulación de pasillo

Área comprendida entre el muelle y el área de producción, la cual fue calculada en base a los requerimientos de los operarios y maquinaria a utilizar. Además, está ajustada a los requerimientos municipales y estales vigentes^{41,42}.

$$ACP = 8 * 2$$

$$ACP = 16 \text{ m}^2$$

3. Área de recibido

Área del muelle la cual está calculada en base a la previsión de materia prima que se recibirá y que se puede procesar en la planta diariamente. Además del porcentaje de acumulación que en este caso será del 50% de los neumáticos recibidos.

$$AR = (24 * 1,04) + [(24 * 0,5) * 1,04] + 16$$

$$AR = 52,96 \text{ m}^2$$

Dimensionamiento del almacén

1. Número de pallets por cuerpo

Se estiman en base a la altura del almacén además de la altura a la cual la carretilla contrapesada puede levantar 1Ton de producto sin inconvenientes.

$$NPM = 4 * 1$$

$$NPM = 4 \text{ balas}$$

2. Área del cuerpo

Se calcula en base a las dimensiones del pallet (bala de neumáticos)

$$ACC = 1,3 * 0,8$$

$$ACC = 1,04 \text{ m}^2$$

3. Área del pasillo de almacenamiento

Área calculada en base al ingreso y maniobrabilidad de la carretilla contrapesada.

$$APA = 28 * 3$$

$$APA = 84 \text{ m}^2$$

4. Área de almacenamiento

Área calculada en base a las proyecciones de la materia prima que recibirá la empresa para satisfacer la previsión de la demanda calculada.

$$ALD = [(1800 / 4) + 1] * 1,04 + (84 * 1)$$

$$ALD = 553,04 \text{ m}^2$$

⁴¹ Norma del Municipio de Ambato. Disponible en internet: <http://gadmatic.ambato.gob.ec/gadmatic/docs/reforma>. (2019/01/24)

⁴² Norma de aplicación nacional. Disponible en internet: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero.pdf>. (2019/01/24).

Para el cálculo de los metros cuadrados necesarios para dimensionar las oficinas y el parking de RoadGreen S.A., se tomará en cuenta la normativa: República del Ecuador. Municipalidad del Cantón Ambato. Plan de Ordenamiento Territorial Ambato 2020. Las Normas de Arquitectura y Urbanismo. Capítulo IV, Normas por Tipo de Edificación. Sección décimo cuarta, Implantación industrial⁴¹. Además de una normativa de aplicación nacional la cual es: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), Estructuras de Acero⁴².

En dicha normativa se menciona que se necesita como mínimo 2 m² por cada persona que labore en la empresa en este caso son 10 personas por lo tanto se necesita 20 m² como mínimo de área de construcción tanto para parking como oficinas. Sin embargo, para el área de oficinas se utilizará un área de 96 m² la cual estará dividida en oficinas propiamente, baños y área de laboratorio. El área de parking será de 900 m² debido a que en la planta se tendrá la visita de los representantes de los gobiernos además de clientes en general.

Según la normativa de Plan de Ordenamiento Territorial Ambato 2020, mencionada anteriormente, que es de obligado cumplimiento para todas las construcciones industriales, las áreas anteriormente calculadas deben ser ajustadas a normativa.

La Tabla 14 muestra un resumen de las áreas necesarias para cada una de las zonas que se estima que constará la planta industrial. No obstante, el TFM solo aplica al área de producción, pero se ha creído conveniente, dimensionar también otras zonas de interés como muelles de carga y descarga, almacenes, oficinas, etc.

Tabla 14. Medidas de la planta de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia).

Área	Largo (m)	Ancho (m)	Área en m2
Producción	70	35	2.450
Muelles	12	5	120
Almacén	30	20	1.200
Oficina	4	12	96
Parking	45	10	900

Junto con el cálculo de las áreas, se ha realizado un prototipado de la planta en 3D a través del software Sketch up Pro 2018 tal y como muestra las Ilustraciones 15 y 16.

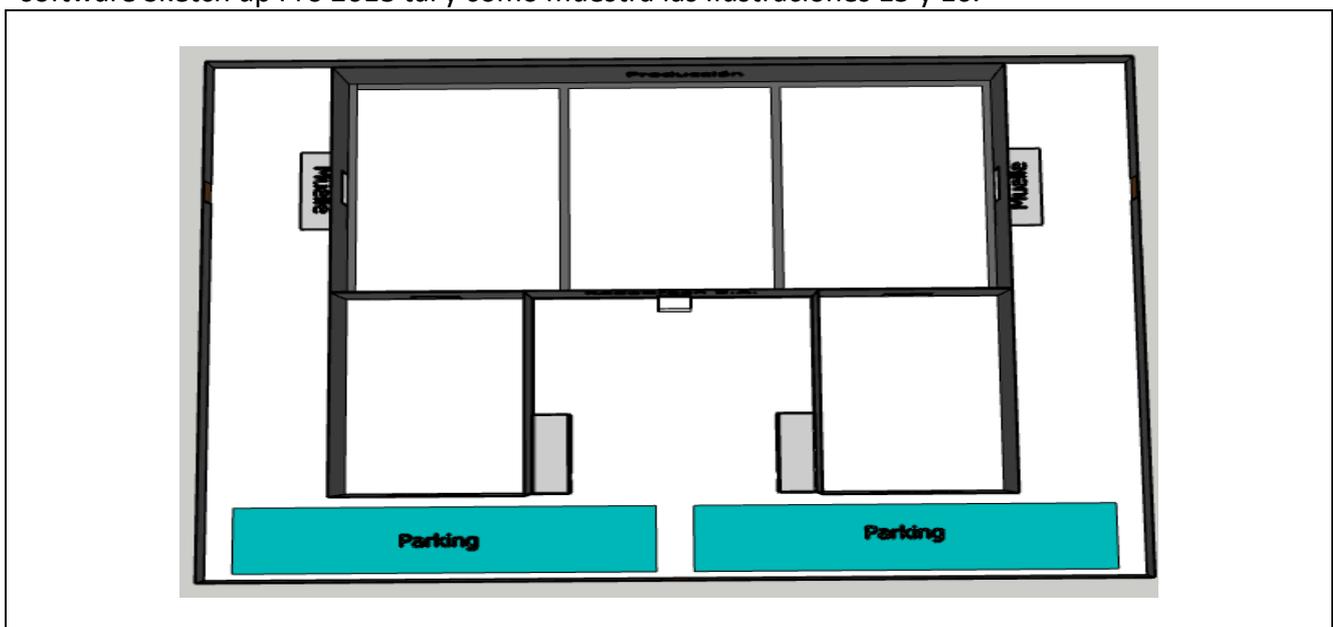


Ilustración 15. Vista Superior de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia).

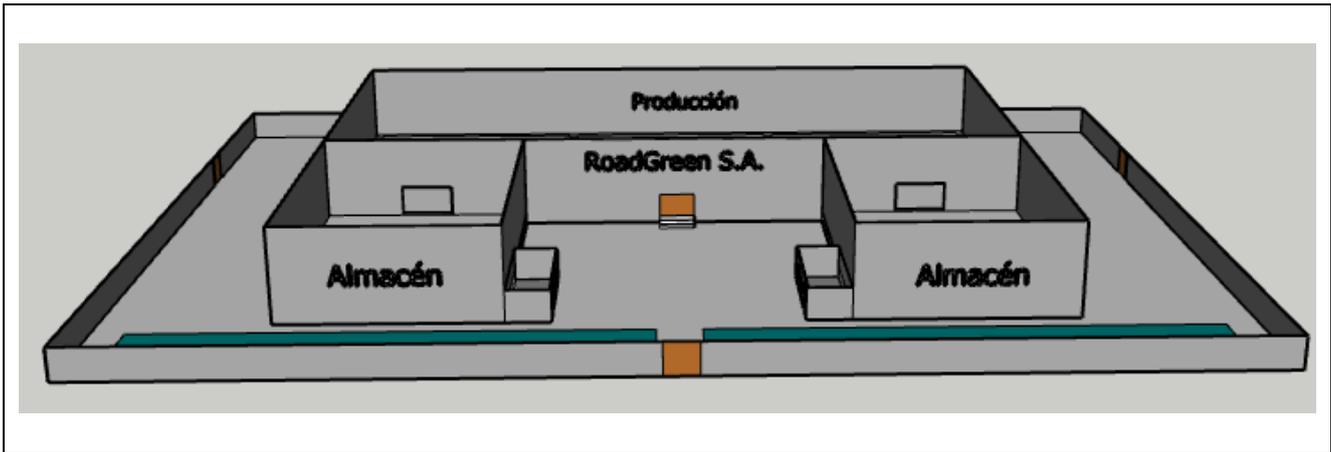


Ilustración 16. Vista Frontal de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia).

4.1.8 Localización de la planta

Para poder tomar una decisión sobre el lugar en el que se situará RoadGreen S.A. se ha tomado en cuenta dos opciones igual de válidas y con excelentes ubicaciones con respecto a los centros de acopio, clientes y proveedores.

Parroquia Quisapincha (opción 1)

La parroquia Quisapincha es considerada como un sector altamente productivo dentro del cantón Ambato, está a 3.000 metros sobre el nivel del mar y se encuentra ubicada a 12 kilómetros al occidente del centro de la ciudad, tiene un clima templado y frío de 12 grados centígrados.

Tabla 15. Características requeridas para las instalaciones. (Fuente: Elaboración propia).

Precio del m ²	Precio de alquiler	Área mínima de construcción*	Servicios básicos
26\$	1.200\$/mes	Sí	Sí

El área mínima de construcción se refiere al espacio que requiere RoadGreen S.A. para poder construir la empresa en dicha ubicación. En este caso el área es de 4.766 m².

Debido a que la parroquia es un lugar productivo y varias industrias se encuentran en la misma, es más fácil poder tramitar los permisos necesarios para poner en marcha una empresa en dicho lugar.

- Parque Industrial Ambato – Parroquia Izamba (opción 2)

El Parque Industrial Ambato está ubicado en la parroquia Izamba a 10km al sur del centro de la ciudad, está a 2.500 metros sobre el nivel del mar y también tiene un clima templado frío de 12 grados centígrados. El parque industrial Ambato tiene un sector industrial principalmente enfocado a: textiles - alimentos - construcción - curtiembres - carrocías - plantas de caucho - poliuretano madera - plásticos - confección - químicos - botas de caucho - balanceados - reencauche, etc.

Tabla 16. Características requeridas para las instalaciones. (Fuente: Elaboración propia).

Precio del m ²	Precio de alquiler	Área mínima de construcción	Servicios básicos
120\$	3000\$/mes	Sí	Sí

Para poder tomar una decisión con respecto a la ubicación de la empresa se aplicará uno de los métodos para la evaluación de las alternativas de localización de instalaciones conocido como el método de factores ponderados. Este método tiene en cuenta factores tanto cuantitativos como

cuantitativos y permite ponderar los factores dependiendo de la importancia que se le asigne. Por lo tanto, se han definido los factores críticos que serán en los que se basará la decisión de localización y se le asigna un peso a cada factor, siendo la suma de todos ellos el 100%. Posteriormente, se puntúa las alternativas (1 = malo a 10 = bueno) y se realiza el cálculo. La ubicación que tenga la puntuación ponderada más elevada es el que se selecciona como alternativa ganadora.

Tabla 17. Método de factores ponderados para la localización de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia)

Factores	Peso (%)	Puntuación (sobre 10)		Puntuación ponderada	
		Quisapincha	Izamba	Quisapincha	Izamba
Precio del metro cuadrado	5	8	3	0,4	0,15
Proximidad con clientes	20	7	9	1,4	1,8
Proximidad con proveedores	20	8	10	1,6	2
Mano de obra	10	8	8	0,8	0,8
Servicios básicos	15	10	10	1,5	1,5
Transporte	15	8	10	1,2	1,5
Seguridad	15	8	7	1,2	1,05
Total	100			8,1	8,8

Basándose en los resultados arrojados por el método de los factores ponderados, la opción 2 sería la más adecuada para RoadGreen S.A. Además, señalar que dicha ubicación está en el mismo lugar que varias empresas que pudieran usar parte de nuestra producción como materia prima para fabricar sus productos. Así mismo se tiene un terreno propiedad de uno de los socios de RoadGreen S.A. en esa localización por lo cual se ocuparía el mismo para construir la empresa.

4.1.9 Necesidades de materia prima y materiales

El proceso productivo de RoadGreen S.A. usa como materia prima, neumáticos en desuso que serán proporcionados por personas particulares, empresas de transporte y por los gobiernos autónomos pertenecientes a la provincia de Tungurahua.

Actualmente el relleno sanitario ubicado vía a Pillaro tiene un promedio de 9.000 neumáticos los cuales se encuentran almacenados en dicho lugar y serían la materia prima a procesar al iniciar las operaciones de la planta.

En lo que respecta al producto terminado que sería polvo de caucho, éste será almacenado en bolsas industriales especiales para productos a granel (Ilustración 17), este tipo de almacenaje se utiliza para productos que no están organizados en unidades de carga. El almacén será de tipo bloque y se transportará el producto utilizando una carretilla contrapesada.



Ilustración 17. Bolsa Big Bag. (Fuente: Big Bag)⁴³.

⁴³ Bolsas Big Bag. Disponible en internet: [https://www.big-bag.es/\(2019/01/24\)](https://www.big-bag.es/(2019/01/24)).

Cuando el producto se almacena de esta manera y se vende envasado, el proceso es el siguiente: con medios de elevación se introduce la mercancía por el orificio de entrada, situada en la parte superior del depósito o ubicación, y se extraen por el orificio de salida, situado en la parte más baja y que comunica con el proceso de envasado (bolsas, sacos, bidones, etc.) [5].

Dependiendo de la cantidad que necesite el cliente, el transporte del producto final será a través de camiones de carga en las bolsas anteriormente detalladas con un máximo peso de 1Ton. Si es el cliente que utiliza el polvo de caucho para otros usos (suelos de jardines o parques infantiles, adoquines, etc.), como en este caso la demanda es mucho menor, y si es el cliente quien se responsabiliza del transporte del producto, éste será suministrado en costales con un máximo peso de 25Kg.

Tabla 18. Costos de la materia prima y materiales. (Fuente: Elaboración propia)

Materia prima y materiales	Descripción	Costo
Neumáticos en desuso	Material que se encuentra almacenado en el relleno sanitario de la ciudad	No especificado, pero se realiza una estimación en base a los datos de la Tabla 21, considerando el coste de los neumáticos más comunes, siendo éste 1,5\$/unidad
Bolsas Industriales	Bolsas hechas de polipropileno comúnmente usadas para almacenar productos a granel con una capacidad máxima, en peso, de 1 Ton.	5\$/unidad
Bolsas	Bolsas comúnmente hechas de yute con una capacidad máxima, en peso de 25 Kg	0,25\$/unidad

4.1.10 Personal

Para el correcto inicio de operaciones RoadGreen S.A. requerirá de personal capacitado el cual se detalla a continuación:

Gerente general
Persona que tenga conocimientos en planeación estratégica (dirigir la elaboración de un plan estratégico, organizar la estructura de la empresa actual y futura, controlar las actividades planificadas, evaluar y plantear mejoras a la eficiencia empresarial).
Autoridad
Lograr la óptima administración de los sistemas y recursos que conforman la infraestructura técnica, orgánica y operativa de la empresa.
Responsabilidades
Dirigir la elaboración del Plan estratégico, planes operativos y presupuesto de la empresa. Definir políticas, objetivos, estrategias y alineamientos que permitan a los responsables de la empresa y a sus equipos de trabajo cumplir las metas propuestas en cada departamento. Gestionar y proveer los recursos necesarios y suficientes para los procesos o equipos que permitan realizar las actividades y responsabilidades asignadas a cada área. Representar a la dirección, velando por el funcionamiento y la mejora continua de la empresa. Garantizar el cumplimiento y los deberes que impone la ley, los estatutos de la empresa, y su reglamento interno, entendido como el interés de la compañía para la creación de valor en beneficio de los empleados y de los socios.

Jefe de planta
Persona que tenga conocimientos en planeación estratégica, gestión de producción, gestión de mantenimiento, medio ambiente, y gestión de calidad.
Autoridad
Dirigir, planear, organizar y controlar todas las actividades productivas cuidando que se realicen con el mejor aprovechamiento de los recursos humanos, materiales y financieros acorde a la política de la organización velando siempre por obtener los máximos beneficios con la mejor calidad posible.
Responsabilidades
<p>Participar en la definición de la planificación estratégica de la organización.</p> <p>Participar activamente en el análisis del contexto de la organización.</p> <p>Establecer la planificación de producción.</p> <p>Gestionar logística de entregas del producto al cliente.</p> <p>Revisar las órdenes de producción.</p> <p>Presentar en respuesta rápida los requerimientos de personal, maquinaria, y equipos de producción y recursos que permitan alcanzar el logro de los objetivos estratégicos de la empresa.</p> <p>Velar por el buen desarrollo de la planta y de la eficiencia y eficacia de los procesos productivos garantizando el cumplimiento de los requisitos del cliente.</p> <p>Liberar el producto retenido o disponer del mismo (según sea el caso) acorde a los criterios de inocuidad, calidad y ambiente.</p> <p>Garantizar la pronta y adecuada solución de los problemas técnicos que puedan surgir con relación al equipo y maquinaria de planta, a fin de evitar retrasos o reprocesos en la producción.</p>

Jefe de negocios
Persona que tenga conocimientos en planeación estratégica, oportunidades en el mercado, gestión de negocios.
Autoridad
Lograr la óptima relación de negociación entre la organización y los clientes.
Responsabilidades
<p>Participar en la definición de la planificación estratégica de la organización.</p> <p>Participar activamente en el análisis del contexto de la organización.</p> <p>Revisar y analizar las especificaciones de necesidades y requerimientos de los clientes.</p> <p>Buscar activamente las oportunidades de adquisición de proyectos de construcción de carreteras.</p> <p>Mantener muy buenas relaciones y negociaciones con los clientes.</p> <p>Definir la estrategia de adquisiciones y gestión de negociación de las mismas.</p> <p>Participar en el desarrollo de nuevos proyectos con los requisitos específicos del cliente.</p> <p>Desarrollar las estrategias de negociación (precios, presentaciones, licitaciones, etc.).</p> <p>Contactar de forma permanente con el cliente para detectar sus posibles necesidades en función de la generación de nuevos negocios.</p> <p>Garantizar la satisfacción del cliente a nivel integral.</p> <p>Gestionar los reportes de desempeño de los clientes.</p> <p>Establecer relaciones con clientes para asegurarse la ejecución de acciones correctivas y el cumplimiento de las especificaciones dictadas.</p> <p>Establecer relaciones con proveedores para asegurarse la ejecución de acciones correctivas y el cumplimiento de las especificaciones dictadas.</p> <p>Gestionar negociaciones permanentes con los proveedores que nos permitan obtener mayores beneficios para la empresa en precios y plazos de pago.</p>

Contador
Persona que tenga sólidos conocimientos en las áreas de contabilidad, estadísticas, matemáticas financieras, informática, administración, economía, finanzas, y auditorías.
Autoridad
Encargado de gestionar las finanzas de la empresa.
Responsabilidades
Crear los estados financieros de la empresa. Realizar las auditorías. Declarar los impuestos. Preparar nóminas. Contabilizar costes. Controlar el almacén en lo que respecta al pago de las facturas por materia prima.

Abogado
Persona con sólidos conocimientos en leyes de preferencia con conocimiento en legislación ambiental.
Responsabilidades
Vigilar que la empresa esté dentro de los lineamientos que marca la ley sea ésta jurídica o ambiental.

Operarios
Persona que tengan culminado como mínimo el bachillerato y sepan operar maquinaria pesada (carretillas contrapesadas, eléctricas, etc.)
Responsabilidades
Realizar sus actividades y tareas de acuerdo con las políticas y estándares de la organización.
Cuidar y hacer buen uso de los recursos materiales necesarios para la ejecución de las tareas.
Mantener y dar buen uso a los equipos de protección personal y uniformes dotados por la empresa.

RoadGreen S.A. requerirá de un total de 5 operarios para iniciar sus operaciones los cuales estarán distribuidos de la siguiente manera: 2 operarios descargarán la materia prima al muelle de la planta, 1 operario alimentará la línea de producción con la materia prima, 1 operario moverá el producto terminado hacia el almacén y 1 operario colocará las bolsas subsiguientes para recibir el producto procesado. Dependiendo de la cantidad de trabajo, todos los operarios serán multi-funcionales. El cálculo de la cantidad de operarios tiene en cuenta los suplementos de tiempo por necesidades personales, esperas y cansancio, entre otros.

Tomando en cuenta las funciones básicas que la empresa RoadGreen S.A. precisa para iniciar sus operaciones, se ha estimado que su organigrama inicial será el siguiente (Tabla 19 e Ilustración 18)

Tabla 19. Personal de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia)

# personas	Cargo	Cualificación requerida
1	Gerente general	Ingeniería en administración de empresas o carreras afines.
1	Jefe de planta	Ingeniería química, industrial o carreras afines.
1	Jefe de negocios	Ingeniería en marketing o carreras afines.
1	Contador	Contador
1	Abogado	Abogado con experiencia en temas ambientales.
3	Operarios	Que sepan operar maquinaria pesada (carretillas contrapesadas, eléctricas, etc.)
2		Que tengan culminado como mínimo el bachillerato.

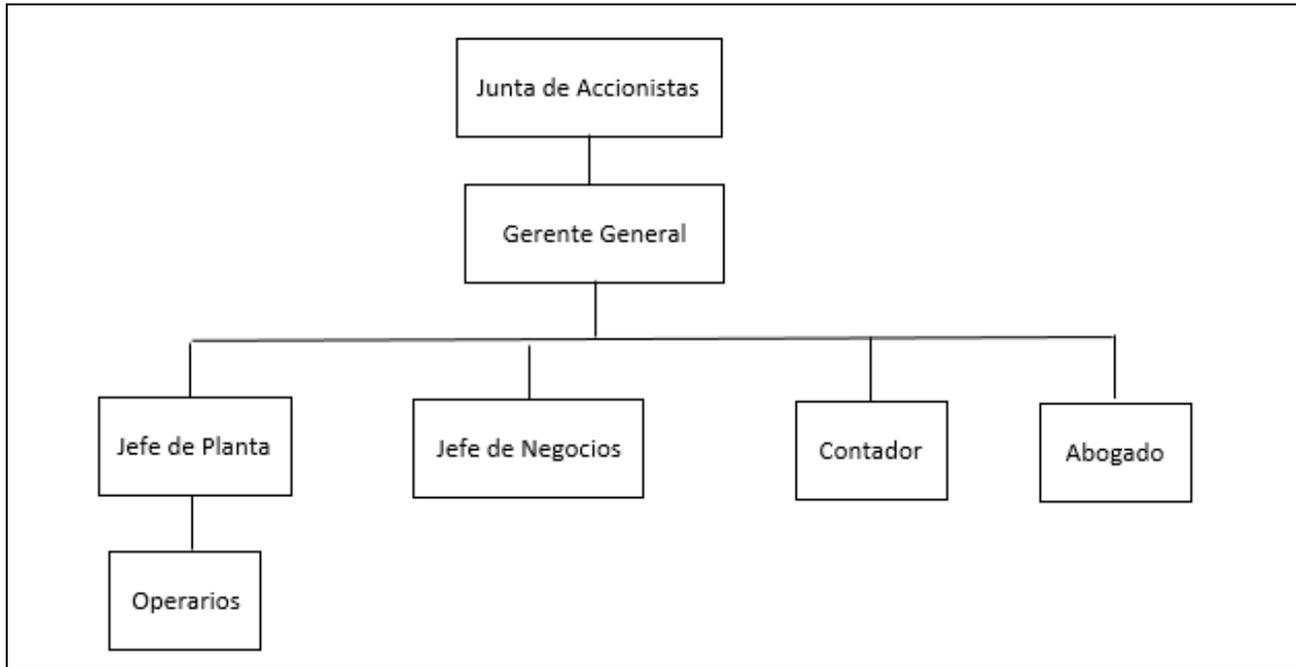


Ilustración 18. Organigrama jerárquico RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración Propia).

4.2 Logística del proceso productivo

Logística es el conjunto de actividades que se ocupan de gestionar el flujo total de materiales que comienza con el aprovisionamiento de materias primas y finaliza con la entrega de las mercancías a los clientes.

4.2.1 Aprovisionamiento y transporte

Para la logística de aprovisionamiento y transporte la empresa realiza el siguiente análisis, basado en dos escenarios principales. El escenario 1, en el cual RoadGreen S.A debe gestionar el transporte de los neumáticos hasta su planta industrial (bien con transporte propio o subcontratando el servicio). Mientras que en el escenario 2, son los clientes los que suministran directamente los neumáticos en desuso a la planta industrial de RoadGreen S.A.

- Escenario 1

La empresa RoadGreen S.A. está ubicada en la ciudad de Ambato-Ecuador y debido a que la misma está comenzando sus operaciones el contexto de su área de trabajo será local. En este escenario, la empresa tiene su planta industrial en una ubicación distinta de los centros de acopio, que están ubicados en partes estratégicas de la ciudad, por lo que la empresa se encargará de retirar los neumáticos de estos almacenes primarios.

En caso de que la empresa tenga que encargarse de llevar los neumáticos hacia la planta de procesamiento, se tendrán que analizar dos opciones que son:

Tabla 20. Valores ponderados para la toma de decisiones, logística de transporte. (Fuente: Elaboración propia)

Tipo de transporte	Distancia a recorrer	Valor monetario
Transporte Propio	118 Km	37,90 dólares por viaje
Transporte subcontratado		130,12 dólares por viaje

Nota: Los valores presentados en la tabla anterior corresponde a valores calculados del recorrido de un camión Chevrolet FRR 2016 el cual tiene una capacidad de 7,48 Ton. La distancia recorrida

corresponde a la distancia desde la fábrica RoadGreen S.A. (Parque Industrial Ambato) a los 3 centros de acopio ubicados en las parroquias Atocha, Huachi Chico y la Merced.

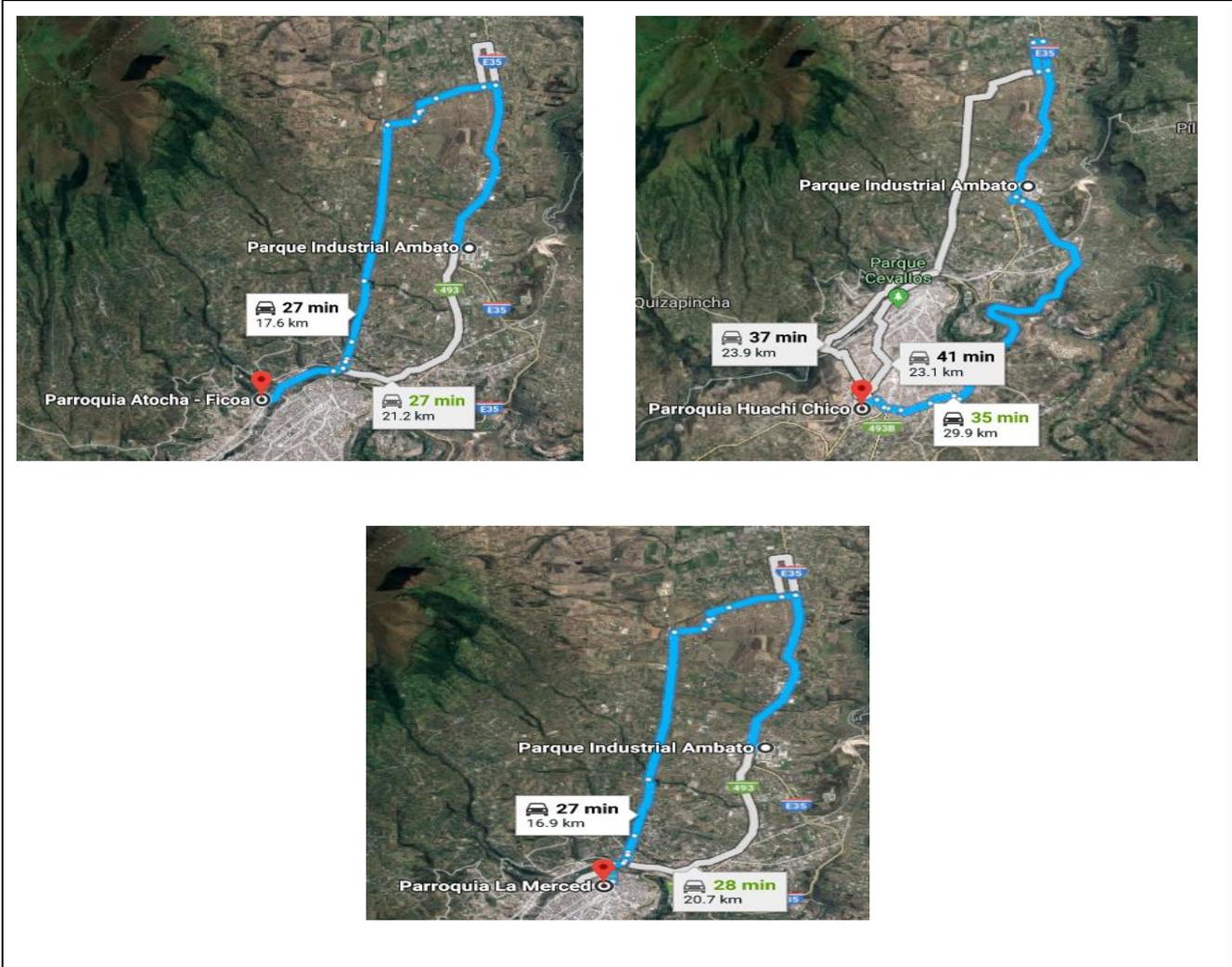


Ilustración 19. Distancias a recorrer para llegar de la empresa hacia los centros de acopio. (Fuente: Google Maps)

Los valores monetarios detallados representan:

Si la empresa utiliza transporte propio se tendrán en cuenta varios factores como el valor medio de consumo de combustible de un camión Chevrolet FRR 2016 que es de 30 litros por cada 100 Km recorridos; la distancia recorrida, que es 118 km; el precio de combustible, que en Ecuador es de 1,04 dólares por galón; y además el número de operarios requeridos, que en este caso se estima en 3 y el tiempo empleado en realizar la tarea es de 2 horas por operario, además se tomara en cuenta un porcentaje imputado del 15% (cambio de aceite, desgaste de neumáticos, revisión anual, etc.). Para saber cuánto se debe pagarle a cada operario por hora de trabajo se utiliza como base el sueldo básico que en Ecuador es de 388\$/mes.

Ecuación 3. Factores de conversión para el uso de transporte propio. (Fuente: Elaboración propia).

$$\frac{30L}{X} * \frac{100Km}{118Km} = 35,4L \quad 35,4L * \frac{1Gal}{3,79L} = 9,34Gal$$

$$9,34Gal * 1,04 \frac{\$}{Gal} = 9,72\$ \quad 388 \frac{\$}{mes} * \frac{1 mes}{20 días} * \frac{1 día}{8h} = 2,432 \frac{\$}{h}$$

$$3 operarios * 2,43 \frac{\$}{operario * h} * 6h = 43,74\$ \quad 43,74 * 0,15 = 6,56\$$$

$$\text{Coste del transporte propio} = 9,72 + 50,3 = 60,02\$$$

Si la empresa utiliza transporte subcontratado los factores a tomar en cuenta son la distancia recorrida, el precio por Km que en este caso será de 1\$ por Km recorrido además del número de operarios requeridos y el tiempo empleado en realizar la tarea. Para saber cuánto se debe pagarle a cada operario por esa hora de trabajo se utiliza como base el sueldo básico que en Ecuador es de 388\$/mes.

Ecuación 4. Calculo del valor de subcontratar el transporte. (Fuente: Elaboración propia).

$$2 operarios * 2,43 \frac{\$}{operario * h} * 4h = 19,44\$$$

$$\text{Coste del transporte subcontratado} = 118Km * 1 \frac{\$}{Km} + 19,44 = 137,44\$$$

Por el momento RoadGreen S.A. escogería subcontratar el transporte desde los centros de acopio hasta la planta de procesamiento debido al monto de inversión que se requiere para tener una flotilla propia.

- Escenario 2

En este caso las personas particulares se acercan a la planta de producción de RoadGreen S.A. y por lo tanto no habría coste de transporte, sino que en este caso se procedería a pagarle al propietario del neumático conforme lo estipulado en la siguiente tabla:

Tabla 21. Tarifas para neumáticos usados. (Fuente: TNU – Tratamiento de neumáticos usados)⁴⁴.

Logo	Descripción	Dólares por unidad
	Unidades pequeñas y similares con peso ≤ 5Kg	0,50

⁴⁴ Tarifas para neumáticos usados TNU. Disponible en internet: <https://www.tnu.es/> (2018/12/17).

Logo	Descripción	Dólares por unidad
	Motos, scooters y ciclomotores	1
	Livianos y de turismo	1,50
	Agricultura, obra pública y jardinería o similares con peso > 5Kg y ≤ 25 Kg	2
	Camionetas, vehículos todo terreno y SUV	2,25
	Camiones y buses	10
	Agricultura, obra pública y jardinería o similares con peso > 25Kg y ≤ 50Kg	4,25
	Agricultura, obra pública y jardinería o similares con peso > 50Kg y ≤ 70Kg	10,50
	Agricultura, obra pública y jardinería o similares con peso > 70Kg y ≤ 100Kg	11
	Agricultura, obra pública y jardinería o similares con peso > 100Kg y ≤ 200Kg	19
	Agricultura, obra pública y jardinería o similares con peso > 200Kg	35

4.2.2 Almacenamiento

La empresa planea almacenar los neumáticos usados en un almacén tipo bloque donde los neumáticos se apilarán unos junto a otros sin dejar espacios intermedios, esto permite ocupar el 100% del almacén, y es una forma muy económica de disponer del stock en cuanto a la inversión requerida.

En lo referente al transporte del producto terminado y materias primas dentro de la planta de producción se realizará con [16]:

- Transpaleta eléctrica. - pueden soportar una carga útil de entre 1 a 3 Ton y desplazarse a una velocidad entre 3 y 11 Km.
- Carretilla contrapesada. – tipo de carretilla más común que se encuentra en las zonas de carga, altura de trabajo entre 6 y 7 m, con una carga útil de 1Ton.

Para la compra de este equipo de manutención se han analizado dos opciones de dos proveedores que operan en Ecuador:

Tabla 22. Equipos y maquinaria Toyota⁴⁵. (Opción 1)

Equipo	Precio (\$)
Transpaleta eléctrica	2.200
Carretilla contrapesada	9.800

Tabla 23. Equipos y maquinaria Mitsubishi⁴⁶. (Opción 2)

Equipo	Precio (\$)
Transpaleta eléctrica	2.000
Carretilla contrapesada	9.000

En este caso el precio, características y otros aspectos a tomar en cuenta para la toma de decisiones, no varían mucho, y por tanto queda a elección de la empresa tomar una decisión. En este caso RoadGreen S.A. comprará la marca Toyota debido a la calidad de las maquinarias (pocas averías), garantía, servicio postventa, mayor facilidad para adquirir repuestos en caso de ser necesario, etc.

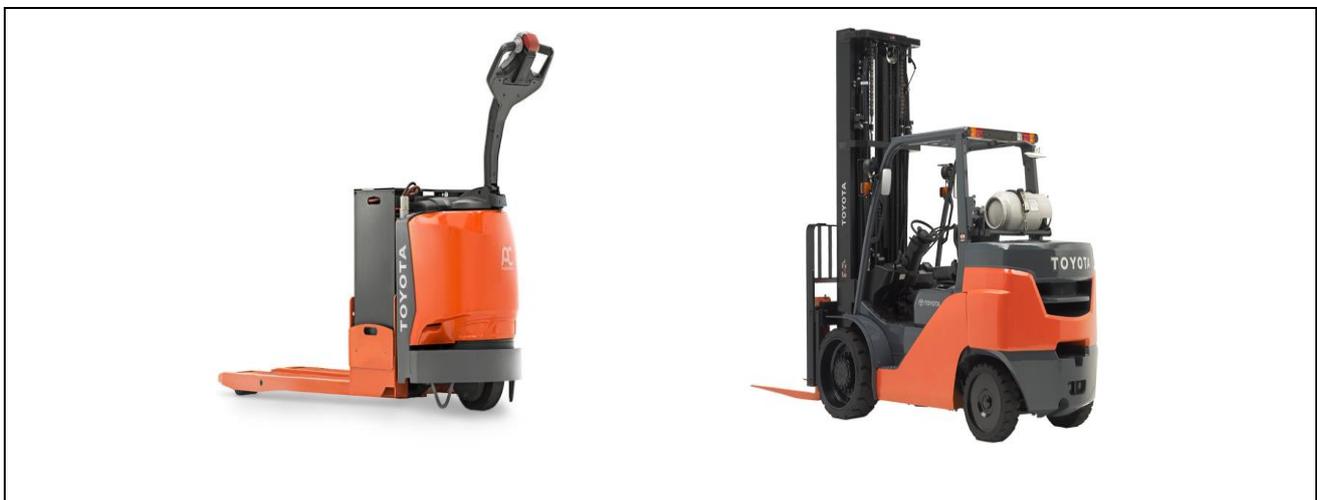


Ilustración 20. Transpaleta eléctrica y carretilla contrapesada. (Fuente: Toyota)⁴⁵.

4.3 Fabricación de polvo de caucho

El proceso productivo del polvo de caucho se realiza en varias etapas y a temperatura ambiente, conociendo que los neumáticos constan de 3 partes principales que son caucho, parte metálica y parte textil.

⁴⁵ Carretillas contrapesadas. Disponible en internet: <https://www.ecuador-manutencion.com/> (2019/01/22).

⁴⁶ Transpaleta eléctrica. Disponible en internet: <https://www.ecuador-manutencion.com/> (2019/01/22).

Los neumáticos ingresan a la planta, y de manera inmediata son transportados hacia el proceso productivo. En caso de que el número de neumáticos que ingresan supere la capacidad de procesamiento diaria de la planta, estos serán compactados en un bloque (máximo 100 unidades) que mide (0,8x1,3x1,5) metros con un peso de 1Ton.

La fabricación de polvo de caucho consta de las siguientes etapas:

- Etapa 1: Trituración

Un operario coloca los neumáticos en la banda transportadora la cual lleva al neumático hasta el triturador primario. Este triturador consta de un molino formado por dos rodillos con ranuras afiladas que rompen el caucho vulcanizado incluyendo la parte metálica como textil. Estos trozos son transportados hacia la trituración secundaria que es una prensa extrusora con cribas la que a su vez vuelve a reducir el tamaño de los chips (pedazos de caucho más pequeños).

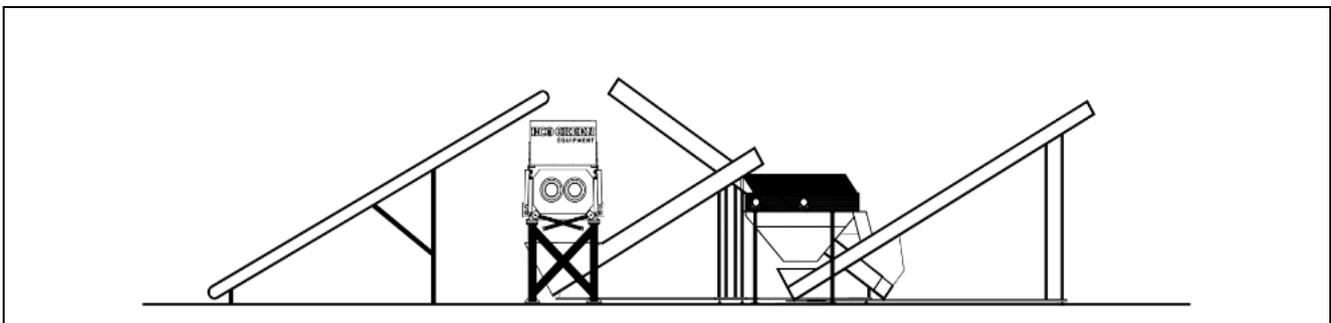


Ilustración 21. Proceso de trituración primario y secundario. (Fuente: Eco-Green Equipment)²².

- Etapa 2: Granulación

Proceso que se realiza en dos etapas. La primera consiste en un martillo doble y la segunda en un sistema de cuchillas que permiten convertir el caucho cortado en gránulos. En esta etapa termina la remoción tanto del acero como de la fibra textil. Los gránulos obtenidos en esta etapa pasan por una tolva que alimenta la correa que lleva el producto a la siguiente etapa.

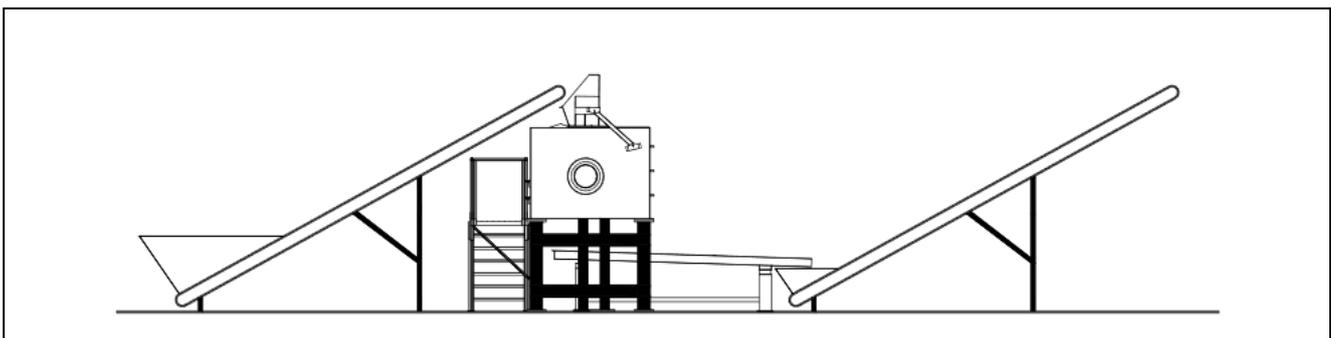


Ilustración 22. Proceso de granulación (Fuente: Eco-Green Equipment)²².

- Etapa 3: Separación

La separación de la parte textil de los neumáticos se da en cada etapa del proceso por diferencia de densidad hasta culminar en esta etapa. La fracción de acero es separada a través de imanes y una banda magnética y así poder dejar solo el caucho granulado de distintos tamaños.

El gránulo procedente de la etapa anterior ingresa en el clasificador, dependiendo del diámetro del material, lo envía hacia el sistema de empaque o al molino de polvo fino. El gránulo que ingresa al molino es convertido de granulo a polvo de caucho.

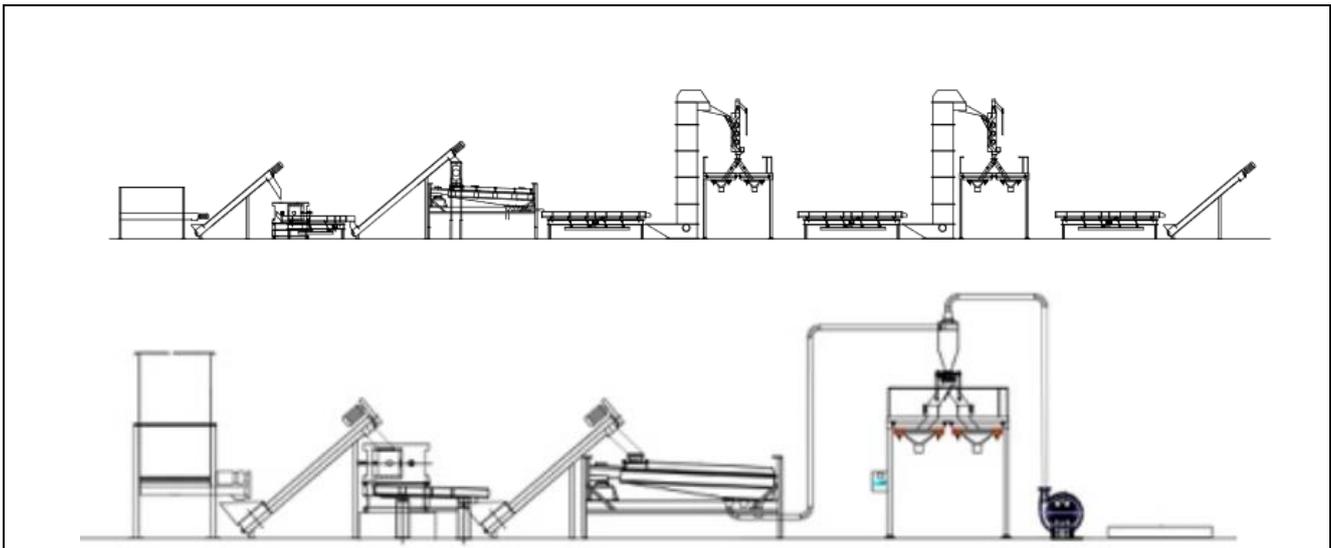


Ilustración 23. Proceso de separación y clasificación. (Fuente: Eco-Green Equipment)²².

El almacenamiento del producto terminado tanto del gránulo de distintas medidas como del polvo de caucho será a granel, una banda llevará cada tipo de producto hacia una tolva y ésta verterá el producto en los distintos empaques dependiendo del pedido del cliente.

4.3.1 Adición del polvo de caucho en la mezcla asfáltica

- Mezclas de asfalto-caucho por proceso en seco

El caucho reciclado es mezclado con los agregados pétreos antes de adicionar el cemento asfáltico. Los chips se consideran como un árido más, o como sustituto de una pequeña parte del agregado fino. Mediante este proceso, el caucho pasa de ser un árido elástico a ser un modificador del ligante en la mezcla asfáltica. La proporción de mezcla es hasta un 3% en peso en relación al peso de los áridos agregados⁴⁷.

- Mezclas de asfalto-caucho por proceso húmedo

El asfalto es pre mezclado con el caucho a una temperatura elevada (175 a 210 °C) y se mezcla en condiciones específicas. La proporción de mezcla es de 10 a 20% en peso con relación al peso del asfalto⁴⁷.

4.4 Normativa de Seguridad e Higiene en el Trabajo

La seguridad e higiene en el trabajo tiene por objeto la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo. Se fomenta un ambiente de trabajo adecuado, con condiciones justas, donde los trabajadores puedan desarrollar una actividad con dignidad y donde sea posible su participación para la mejora de las condiciones de salud y seguridad. El concepto de salud fue definido como el completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. El trabajo puede considerarse una fuente de salud porque aporta a quien lo realiza una serie de aspectos positivos y favorables. Por ejemplo, con el salario que se percibe se pueden adquirir los bienes necesarios para la

⁴⁷ Adición de polvo de caucho en mezclas asfálticas. Disponible en internet: <https://www.journals.elsevier.com/construction-and-building-materials>. (2018/12/014).

manutención y bienestar general. No obstante, el trabajo también puede causar diferentes daños a la salud de tipo psíquico, físico o emocional, según sean las condiciones sociales y materiales en que éste se realice. Para prevenir los daños a la salud ocasionados por el trabajo está constituida la Organización Internacional del Trabajo (OIT); es el principal organismo internacional encargado de la mejora permanente de las condiciones de trabajo⁴⁸.

RoadGreen S.A. ha diseñado su proceso productivo tomando en cuenta la normativa vigente en Ecuador la que se sustenta en: La Constitución del Ecuador, Artículo 326. Numeral 5, además de tomar en cuenta Normas Comunitarias Andinas, Convenios Internacionales de OIT, Código del Trabajo, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo y Acuerdos Ministeriales^{49,50}.

4.5 Economía circular

4.5.1 Antecedentes

La economía circular es un sistema que se basa principalmente en realizar el diseño de productos sin generar desechos, debido a esto la economía circular es un modelo que pretende proteger el medio ambiente y se considera un cuerpo emérgete de la economía verde [14].

La diferencia más primordial entre una economía lineal y una circular es que el primer modelo tiene un esquema repetitivo: extracción, producción, consumo y desecho, es decir el ciclo de vida de un producto concluye al mismo tiempo en que es consumido y se vuelve un desecho, en el segundo modelo las actividades desde la extracción al consumo están organizadas de manera que los desechos de una industria se vuelven la materia prima de otra, generando así una economía basada en la recuperación y reutilización.

Las principales industrias ecuatorianas tienen una economía lineal la cual es el principal problema debido a que no se recicla la gran mayoría de materiales o si se recicla el porcentaje es muy bajo, en lo que respecta a neumáticos después de que estos terminan su vida útil son desechados en los rellenos sanitarios de las ciudades o almacenados en las vulcanizadoras, el problema ambiental que este tipo de desecho general es principalmente la contaminación de cuerpos de agua además de generar problemas sanitarios dependiendo de la región del país, ya que los mosquitos (dengue, paludismo, zika y chikungunya) transmisores de estas enfermedades incuban allí. El objetivo del presente trabajo de TFM es hacer una introducción a la economía circular para así poder empezar a pasar de una economía netamente lineal a una circular.

El diseño de productos dentro de este tipo de economía funciona en base a lo que se conoce como Eco diseño, que es el conjunto de actividades dirigidas a mejorar el ambiente⁵¹.

⁴⁸ Normas de seguridad e higiene en el trabajo. Disponible en internet: https://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad_y_salud_laboral. (2018/12/14).

⁴⁹ Normativa sobre Seguridad e higiene en el trabajo disponible en internet: <http://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/> (2018/12/14).

⁵⁰ Normativa sobre Seguridad e higiene en el trabajo. Disponible en internet: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393>. (2018/12/14).

⁵¹ Economía circular. Disponible en internet: <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/la-economia-circular-como-factor-de-la-responsabilidad-social>. (2018/12/14).

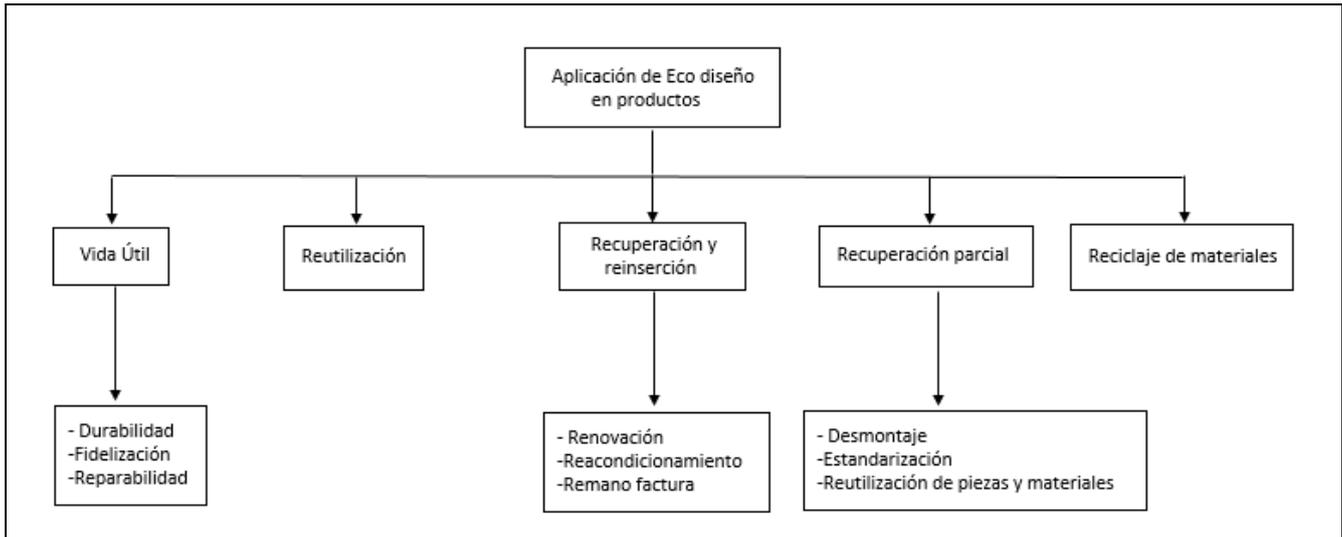


Ilustración 24. Esquema sobre el Eco diseño. (Fuente: Elaboración propia).

Como se observa en la Tabla 30 el Eco diseño de un producto tiene que tratar de seguir las 5 estrategias básicas de la economía circular:

- **Vida Útil**

Aumentar la vida útil de los productos, su durabilidad y fácil reparación permite que los clientes confíen en la empresa por lo tanto consuman sus productos.

- **Reutilización**

Se busca que los productos que oferta la empresa puedan ser reutilizados y que no se desechen después de consumirlos.

- **Recuperación y reinsertión**

La empresa debe fabricar productos los cuales puedan renovarse, reacondicionarse o remano facturarse para así poder ingresarlos de nuevo al mercado.

- **Recuperación parcial**

Fabricación de productos que permitan aumentar el ciclo de vida útil de otros.

- **Reciclaje de materiales**

Cuando los productos ya no puedan ser utilizados estos deben poder convertirse en la materia prima de un nuevo producto.

4.5.2 Principales indicadores de la economía circular

Los indicadores clave captan los principales elementos de la economía circular, esto permite evaluar la eficacia de las acciones a un nivel estatal, para identificar las mejores prácticas y las diferencias de rendimiento en áreas específicas, así como la posible necesidad de nuevas medidas [14].

Los indicadores abarcan varias áreas como son: Residuos de los alimentos, seguridad del suministro de materias primas, reparación y reutilización, generación de residuos, gestión de residuos, comercio de materias primas secundarias y el uso de materiales reciclados en productos. La coherencia con los indicadores permite supervisar el progreso hacia los Objetivos de Desarrollo

Sostenible siempre que sea posible. Los indicadores se basan sobre datos existentes y de otras fuentes de datos oficiales; Todos los indicadores incluidos en el marco de seguimiento cumplirán con los criterios RACER (Relevancia, Aceptabilidad, Credibilidad, Facilidad, Robustez) [14].

- Auto eficiencia de materias primas

Una economía circular permite que las empresas no dependan en su totalidad de materias primas provenientes de la extracción nacional o de las importaciones, sino que el suministro de materias primas se realiza a través del reciclaje mejorado, lo que garantiza dicho suministro de materias primas. La producción de polvo de caucho que realizará RoadGreen S.A. depende en un 100% de material reciclado, en este caso los neumáticos en desuso, lo que favorece a la autosuficiencia con respecto a la materia prima requerida.

- Compra pública verde

Se define como el proceso mediante el cual las autoridades públicas deciden adquirir productos, servicios, obras y contratos en dicho sector con un impacto ambiental reducido, el porcentaje de compra pública verde en Ecuador es el 1% por ciento en la actualidad⁵². RoadGreen S.A. pretende ayudar a incrementar dicho porcentaje teniendo en cuenta que su producto será utilizado para fabricar carreteras que utilicen polvo de caucho en sus mezclas asfálticas y su cliente objetivo son los gobiernos autónomos de su provincia.

- Tasa de reciclaje

La economía circular considera los residuos como recursos, por lo tanto, la gestión de los residuos juega un papel importante, la tasa de reciclaje en Ecuador es del 15 al 25% en lo que respecta a residuos sólidos⁵³. El indicador tasa de reciclaje permite conocer en qué medida los materiales desechados son reincorporados a un proceso productivo, por lo tanto, a la economía.

- Contribución de materiales reciclados a la demanda de materias primas

Los materiales reciclados que vuelven a ser reintroducidos como materias primas en cualquier tipo de proceso productivo, y que son conocidas también como materias primas secundarias.

a) Tasa de entrada de reciclaje al final de la vida útil

Este indicador mide que parte de la entrada total de materias primas en el sistema de producción proviene del reciclaje.

Como se muestra en la Ilustración 25 RoadGreen S.A. utilizará como materia prima neumáticos en desuso los cuales serán reciclados y en el transcurso del proceso productivo se obtendrá polvo de caucho y como subproductos: fibras textiles que serán reintroducidas a otro proceso productivo (industria cementera), que en este caso será en la manufactura del cemento (uso energético, calentamiento de los hornos), junto con acero de alta calidad, que será reintroducido a otro proceso productivo (industria del acero) que, en este caso, será en el proceso para fabricar varillas, cumpliendo así con el proceso que conlleva aplicar una economía circular [14].

b) Tasa de uso de material circular

Mide la proporción de materias primas secundarias en el consumo total de materiales así:

⁵² Compras públicas verdes. Disponible en internet: <https://portal.compraspublicas.gob.ec/> (2019/01/22).

⁵³ Tasa de reciclaje en Ecuador. Disponible en internet: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-deficit-reciclar-basura-contaminacion.html> (2019/01/22).

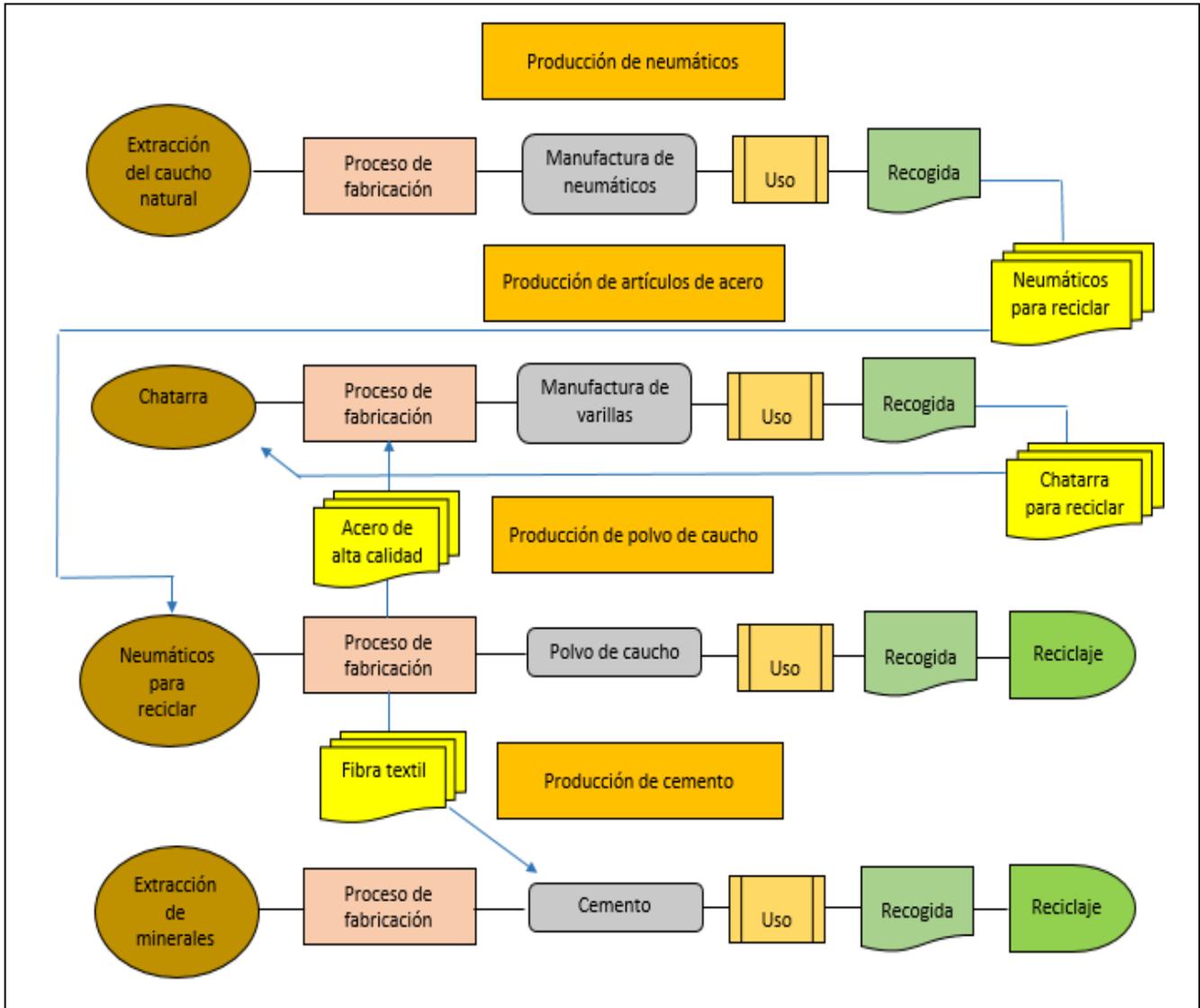


Ilustración 25. Flujo de materiales en el proceso productivo de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia)

Ecuación 5. Tasa de uso de material circular. (Fuente: EUSKADI 2018) [14].

$$UMC = U / (CDM + U)$$

Dónde:

UMC = Tasa de uso de material circular.

U = materias primas secundarias (aproximación de la cantidad de residuos reciclados).

CDM = consumo total de materiales.

La economía circular tiene como objetivo minimizar en la medida de lo posible la extracción de materias primas y en su lugar hacer uso de material reciclado, la tasa de uso de material circular mide dicha contribución. En el caso de RoadGreen S.A., el UMC es del 100% debido a que tanto su materia prima, como los productos y subproductos pueden ser reintroducidos en la economía de manera directa.

4.5.3 Indicador de circularidad de material (MCI)

El indicador de circularidad del material (*Material Circularity Indicator* - MCI) para un producto mide la medida en que el flujo lineal ha sido minimizado y el flujo restaurativo maximizado para sus

materiales y componentes. El MCI se construye esencialmente a partir de una combinación de tres características del producto: la masa V de materia prima virgen utilizada en la fabricación, la masa W de residuos no recuperables que se ha atribuido al producto, y un factor de utilidad X que explica la longitud y la intensidad del uso del producto [14].

Cualquier producto que se fabrique utilizando solo materia prima virgen y termina en un relleno sanitario al final de su fase de uso se puede considerar un producto totalmente "lineal". Por otro lado, cualquier producto que no contiene materia prima virgen, se recolecta completamente para su reciclaje o reutilización de componentes, y cuando la eficiencia de reciclaje es del 100%, se puede considerar un producto totalmente "circular". En la práctica, la mayoría de los productos se ubicarán en algún lugar entre estos dos extremos y el MCI mide el nivel de circularidad en el rango de 0 a 1.

Del mismo modo que ocurría con el MCU, en el caso de la empresa RoadGreen S.A. su índice de circularidad de material es $MCI = 1$, ya que el 100% de los neumáticos en desuso se reciclan y los componentes reciclados (polvo de caucho, acero y fibras textiles) son reintroducidos como materias primas en nuevos procesos de producción (asfalto, metalurgia y cemento, respectivamente). Por ello, como el principal destino del polvo de caucho es la fabricación de asfalto, se estima oportuno calcular el MCI del producto final, que en este caso son mezclas asfálticas. Y para ver la evolución del MCI en las mezclas asfálticas, se calcula dicho índice para mezclas asfálticas con y son polvo de caucho. De esta forma, se puede visualizar como la mezcla asfáltica que posee polvo de caucho contribuye a mejorar la sostenibilidad medioambiental y fomenta la economía circular [14].

- Cálculo de materia prima virgen

Para dicho cálculo se tomó en cuenta la masa del producto terminado que en este caso son 630Ton de asfalto sea este común o modificado con polvo de caucho, además de las fracciones de materia prima derivada de fuentes recicladas y de fuentes renovables⁵⁴. Una carretera estándar de 7 metros de ancho y 6cm de espesor con un largo de 1Km son aproximadamente 420 m³, y aproximadamente 1m³ de asfalto pesa 1,5Ton, por tanto 1km de carretera son 630Ton de asfalto⁵⁵. Además, se debe tomar en cuenta que el porcentaje admitido de polvo de caucho para la mezcla es del 25 al 40% dependiendo de la homogeneidad del material.

Ecuación 6. Cálculo de materia virgen. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].

$$V = M * (1 - Fr - Fu)$$

Donde:

V = Masa de materia prima virgen utilizada en un producto.

M = Masa del producto terminado.

Fr = Fracción de materia prima derivada del reciclado.

Fu = Fracción de materia prima de fuentes reutilizables.

Tabla 24. Materia prima virgen. (Fuente: Elaboración propia).

Mezcla Asfáltica (1Km)	Mezcla asfáltica modificada (1Km)
$V = 630 * (1 - 0 - 0)$ $V = 630\text{Ton}$	$V = 630 * (1 - 0,03 - 0,09)$ $V = 554,4\text{Ton}$

⁵⁴ Fracciones de materia prima reciclada y de fuentes renovables. Disponible en internet: <http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/26C518BE-1802-4803-82B1-FBE634B03B03/119932/RECICLADODEPAVIMENTOSASFALTICOS.pdf> y <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Mezcla%20con%20RAP%20Marzo%202016.pdf>. (2019/02/05).

⁵⁵ Toneladas de asfalto por Km de carretera. Disponible en internet: www.cedex.es/NR/rdonlyres/.../RECICLADODEPAVIMENTOSASFALTICOS.pdf. (2019/02/05).

- Cálculo de residuos irrecuperables

Para dicho cálculo se tomó en cuenta la masa del producto terminado que en este caso son 630Ton de asfalto sea este común o modificado con polvo de caucho, además de las fracciones de masa de un producto que ingresa en un proceso de reciclaje o se reutiliza sus componentes y eficiencia del proceso de reciclaje⁵².

Ecuación 7. Cálculo de residuos irrecuperables. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].

$$W_o = M * (1 - Cr - C_u)$$

Dónde:

W_o = Masa de residuos no recuperables a través del material de un producto que se va al relleno, residuos a la energía y cualquier otro tipo de proceso donde los materiales ya no están recuperable.

M = Masa del producto terminado.

Cr = Fracción de la masa de un producto que se recolecta para entrar en un proceso de reciclaje.

C_u = Fracción de la masa de un producto en reutilización de componentes.

$$W_c = M * (1 - E_c) * Cr$$

Dónde:

W_c = masa de residuos no recuperables generados en el proceso de reciclaje de partes de un producto.

E_c = Eficiencia del proceso de reciclaje utilizado para la porción de un producto recolectado para reciclaje.

Cr = Fracción de la masa de un producto que se recolecta para entrar en un proceso de reciclaje.

$$W_f = M * [(1 - E_f) * Fr / E_f]$$

Dónde:

W_f = Masa de residuos no recuperables generados al producir materia prima reciclada para un producto.

E_f = La eficiencia del proceso de reciclaje utilizado para producir materia prima reciclada para un producto.

Fr = Fracción de masa de la materia prima de un producto a partir de fuentes recicladas.

$$W = W_o + (W_f + W_c / 2)$$

Dónde:

W = Masa de residuos irrecuperables asociados a un producto.

Tabla 25. Residuos irrecuperables. (Fuente: Elaboración propia).

Mezcla Asfáltica (1Km)	Mezcla asfáltica modificada (1Km)
$W_o = 630 * (1 - 0,03 - 0,90)$ $V = 44,1$	$W_o = 630 * (1 - 0,05 - 0,90)$ $W_o = 31,5$
$W_c = 630 * (1 - 0,10) * 0,03$ $W_c = 17,01$	$W_c = 630 * (1 - 0,25) * 0,05$ $W_c = 23,63$
$W_f = 630 * [(1 - 0,95) * 0,9 / 0,95]$ $W_f = 29,84$	$W_f = 630 * [(1 - 0,98) * 1 / 0,98]$ $W_f = 12,86$
$W = 44,1 + (29,84 + 17,01 / 2)$ $W = 82,45$	$W = 31,5 + (12,86 + 23,63 / 2)$ $W = 56,18$

- Cálculo del índice de flujo lineal

El índice de flujo lineal (LFI) mide la proporción de material que fluye de forma lineal, es decir, que proviene de materiales vírgenes y termina como un residuo irrecuperable. Así que el LFI se calcula dividiendo la cantidad de material que fluye de manera lineal por la suma de las

cantidades de material que fluyen de manera lineal y restaurativa (o flujo de masa total, para abreviar). El índice toma un valor entre 1 y 0, donde 1 es un flujo completamente lineal y 0 a flujo completamente restaurador.

Ecuación 8. Cálculo del índice de flujo lineal. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].

$$LFI = \frac{V + W}{2M + \frac{W_F - W_C}{2}}$$

Tabla 26. Índice de flujo lineal. (Fuente: Elaboración propia)⁵⁶.

Mezcla Asfáltica (1Km)	Mezcla asfáltica modificada (1Km)
$LFI = (630 + 82,45) / 2 * 630 + (29,84 - 17,01 / 2)$ LFI = 0,56	$LFI = (554,1 + 56,18) / 2 * 630 + (12,56 - 23,63 / 2)$ LFI = 0,49

- Cálculo de la utilidad de un producto

La utilidad X tiene dos componentes: uno que da cuenta de la duración de la fase de uso del producto (tiempo de vida) y otro por la intensidad de uso (unidades funcionales). Esto se basa en la premisa de que, si la vida útil de un producto se duplica, los desechos creados y los materiales vírgenes utilizados por año por la porción lineal del flujo de un producto se han reducido a la mitad. Del mismo modo, si la vida útil del producto se reduce a la mitad, los residuos creados y la virgen Los materiales utilizados por año por la porción lineal del flujo de un producto se duplican. Aumentar los resultados de intensidad de uso de un producto. En un uso más eficiente de cualquier recurso que tome un camino lineal en el flujo de material, y por lo tanto Una mejora en el Indicador de Circularidad del Material final.

Ecuación 9. Cálculo de la utilidad de un producto. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].

$$X = (L / Lav) * (U / Uav)$$

Donde:

X = Utilidad de un producto.

L= Vida útil media real de un producto.

Lav = Tiempo de vida promedio real de un producto de la industria promedio del mismo tipo.

U = Número promedio real de unidades funcionales logradas durante la fase de uso de un producto.

Uav = Número promedio real de unidades funcionales logradas durante la fase de uso de un producto promedio de la industria del mismo tipo.

$$F(X) = \alpha / X$$

Donde:

F(X) = Factor de utilidad

α = constante de utilidad

Tabla 27. Utilidad del producto. (Fuente: Elaboración propia)

Mezcla Asfáltica (1Km)	Mezcla asfáltica modificada (1Km)
$X = (20 / 8) * (630 / 567)$ X = 2,77	$X = (20 / 16) * (630 / 567)$ X = 1,48
$F(X) = 0,6 / 2,77$ F(X) = 0,22	$F(X) = 0,5 / 1,48$ F(X) = 0,34

⁵⁶ Vida útil de pavimentos. Disponible en internet: <https://es.scribd.com/document/267992828/Pavimentos-Vida-Util> (2019/02/05).

- Cálculo del indicador de circularidad del material

El Indicador de Circularidad de Material mide la calidad restauradora de los flujos de material de un producto y permiten tomar en cuenta varios impactos [14].

Ecuación 10. Cálculo del indicador de circularidad del material. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].

$$MCI^*p = 1 - LFI * F(X)$$

Tabla 28. MCI. (Fuente: Elaboración propia).

Mezcla Asfáltica (1Km)	Mezcla asfáltica modificada (1Km)
$MCI^*p = 1 - 0,56 * 0,22$ $MCI^*p = 0,88$	$MCI^*p = 1 - 0,49 * 0,34$ $MCI^*p = 0,83$

En el caso del asfalto sin polvo de caucho, su MCI es de 0,88 lo que representa un flujo casi circular en caso de que se reutilice parte de sus componentes o se recicle, mientras que el MCI de asfalto modificado con polvo de caucho es de 0,83. Este valor es más bajo porque, a pesar de que el polvo de caucho brinda muchas ventajas y duplica la vida útil del asfalto, al momento de reutilizarlo o reciclarlo, éste debe estar ajustado a ciertos parámetros para que la mezcla asfáltica conserve sus propiedades.

4.6 Presupuesto del diseño del proceso productivo

En la actualidad, es indispensable disponer de información para la toma de decisiones adecuadas y racionales sobre el uso que se le da al dinero en una empresa, por lo que la elaboración de un presupuesto, basado en las diferentes alternativas, es una importante herramienta para obtener dicha información.

Esto permite que la empresa use la información para conocer el coste del producto fabricado, fijar el precio del producto, decidir si fabricar el producto o subcontratar parte del proceso productivo, gestionar adecuadamente la inversión en existencias, etc.⁵⁷

La contabilidad de costes es una herramienta imprescindible que nos permite obtener, tratar y analizar de manera detallada la información referente a los valores que se generan de la actividad productiva de la empresa, además nos muestra de manera analítica como la empresa incorpora valor a sus productos a través de su actividad⁵⁸.

Este apartado engloba la definición del presupuesto del diseño del proceso productivo, quedando fuera del objeto del presente TFM la presupuestación de las instalaciones. Evidentemente, el sistema productivo, es decir la línea de reciclaje de neumáticos en desuso precisa unas instalaciones que deberán construirse según las dimensiones calculadas en la sección 4.1.7. Para el presupuesto de las instalaciones, se tendrá en cuenta: (i) acondicionamiento del terreno, (ii) cimentaciones, (iii) estructuras; (iv) fachadas; (v) particiones; (vi) instalaciones (evacuación de aguas, eléctrica); (vii) cubiertas; (viii) urbanización interior de la parcela; (ix) gestión de residuos, entre otros.

Sin embargo, la presente sección se basa en el detalle y cálculo del presupuesto del sistema productivo, así como en el cálculo del escandallo del polvo de caucho para mezclas asfálticas.

⁵⁷ Presupuesto de un proyecto. Disponible en internet: <https://blog.corponet.com.mx/la-importancia-de-la-informacion-para-la-toma-de-decisiones-en-la-empresa>. (2019/02/05).

⁵⁸ Contabilidad de costes. Disponible en internet: <https://concepto.de/contabilidad-de-costos/> (2019/02/05).

Los costes del diseño del proceso productivo engloban el coste de la línea de reciclado, el coste de transporte de la misma a Ecuador y los equipos de mantenimiento necesarios y detallados en la sección 4.1.3.

Tabla 29. Costes del diseño del proceso productivo. (Fuente: Elaboración propia)

Costos de inversión	
Costo de la línea de reciclaje	170.000\$
Costo de transporte	12.000\$
Equipos de mantenimiento (carretillas, ...)	12.000\$
Total de la inversión	194.000\$

Nota: los costes de transporte incluyen movilizar los equipos desde la ciudad de Miami (EEUU) hasta la ciudad de Ambato (Ecuador), pago de flete en el barco, impuesto de ingreso al Ecuador, papeleo en aduanas y seguro de transporte.

Respecto al escandallo para el cálculo del precio del polvo de caucho, se tiene en cuenta:

Tabla 30. Costos. (Fuente: Elaboración propia).

Costes	Coste en dólares del procesamiento de 1 neumático	Descripción
Materia prima	1,50	Precio de un neumático R-13 al R-16 los cuales se encuentran almacenados en el relleno sanitario de la ciudad.
Mano de obra directa	0,16	5 operarios trabajan en un turno de 8h al día de lunes a viernes con un sueldo de 388\$/mes
Mano de obra indirecta	0,32	Gerente general, jefe de planta, jefe de negocios, contador y abogado sueldo conjunto 3800\$/mes
Transporte	0,13	130,12\$/viaje cuesta llevar los neumáticos a la empresa
Otros costos directos	0,24	Insumos varios (diésel, aceites, etc.)
Costes indirectos	0,09	Luz, agua, teléfono, internet, etc.
Total	2,44	

Nota: para poder realizar los cálculos aproximados se toma en cuenta que el municipio de la ciudad de Ambato facilita los 9000 neumáticos que tiene almacenados y los suministra a un precio de 1 dólar con 50 centavos que es el valor para los neumáticos que van del R-13 al R-16 (suponiendo que todos ellos son de las dimensiones mencionadas). En promedio se sabe que una tonelada de neumáticos de ring 13 a ring 16 producen 700Kg de polvo de caucho, 250 Kg de acero de alta calidad y 50 Kg de fibra textil.

- Precio de venta al público (P.V.P)

El P.V.P. representa el valor monetario que se le da a la unidad más pequeña de producto procesado, en este caso sería a 1 Kg de polvo de caucho. Para este cálculo se toma en cuenta la materia prima, mano de obra directa e indirecta, transporte, costes directos e indirectos, además del margen de ganancia que RoadGreen S.A. desea aplicar.

El coste por Kg de polvo de caucho producido tiene un valor de 0.35\$/Kg, lo que quiere decir que procesar un neumático cuesta 2.44\$ y para obtener 1Ton de polvo de caucho se requiere en promedio 143 neumáticos, por lo tanto, procesar dicha cantidad tiene un valor de 348,92\$/Ton.

El precio que RoadGreen S.A. ha establecido para su producto es de 0.60\$/Kg o 600\$ /Ton, que es un precio competitivo tomando en cuenta los precios de la competencia, los cuales oscilan entre 500 a 1000\$ /Ton de polvo de caucho.

- Precio de venta de los subproductos

Los subproductos que se obtienen de la molienda de los neumáticos en desuso son fibras textiles y acero de alta calidad. Se han estimado los precios en base a los valores marcados por el mercado.

Tabla 31. Venta de los subproductos. (Fuente: Elaboración propia).

Precio por Kg de acero	3 dólares
Precio por Kg de fibra textil	1,50 dólares

Nota: los valores presentados en esta tabla son los valores estándar propuestos por las empresas que adquieren dicho material que en este caso son las empresas de acero y las cementeras respetivamente.

Con la venta de los subproductos a las industrias antes mencionadas se puede costear hasta el 80% de los costes totales producidos por la empresa.

5 Conclusiones

Acorde con el objetivo principal de este TFM, se ha diseñado un proceso de reciclaje y reutilización de neumáticos en desuso para fabricar polvo de caucho que será utilizado en mezclas asfálticas y así poder fomentar la economía circular.

Al realizar el presente TFM, se identificaron cuáles son los componentes básicos de los neumáticos y cuáles de ellos se pueden reutilizar (caucho, fibras de acero y textiles). Los 3 componentes mencionados se pueden utilizar como materia prima de otras industrias como por ejemplo las fibras de acero en la industria metalúrgica, ya que las colocadas en los neumáticos son de muy alta calidad; las fibras textiles se pueden utilizar en la industria cementera o de fabricación de baldosas para alimentar los hornos, y el caucho o polvo de caucho se utiliza para una gran variedad de productos como pisos de seguridad, césped sintético, asfaltos, aislante acústico entre otros muchos usos.

Se ha definido el tipo de proceso productivo, basándose en las características del producto final, y el proceso productivo se realizará según el destino del producto, bajo pedido. El grado de tipificación es en masa con una dimensión temporal continua. La razón de producción es por orden de fabricación y el nivel de integración será centralizado. Con una estrategia de cumplimiento de pedidos basada en fabricación contra pedido conocida también como MTO por sus siglas en inglés.

La maquinaria y equipos requeridos son una línea completa de reciclaje de neumáticos la cual consta de: triturador, granulador, separador y clasificador, molino, tolva, empaques, bandas transportadoras y prensa hidráulica. Además de una carretilla eléctrica y una contrapesada como equipos de manutención.

La demanda anual prevista de polvo de caucho es de 1.231,92Ton/año ó 176.204 neumáticos, para poder cubrir los 116Km de carreteras que se estima construir, según los presupuestos en carreteras de la provincia de Tungurahua.

La capacidad productiva de RoadGreen S.A. está calculada en un rango de: 48.000 a 80.000 neumáticos/mes dependiendo de varios factores como número de neumáticos procesados por hora, turnos a trabajar y días laborables.

Se establece la disposición de la maquinaria y equipos acorde a los cálculos realizados en la sección 4.1.7. Además, se dimensionan todas las áreas de la planta garantizando el cumplimiento de las normas tanto nacionales como estatales del Ecuador.

Asimismo, se realiza un análisis para conocer cuál es la ubicación más adecuada para localizar la planta, y para ello se aplica el método de los factores ponderados.

Para la definición de las necesidades de personal en RoadGreen S.A., se analizan las funciones básicas que se precisan para iniciar las operaciones y se estima el número de personas requeridas.

En el diseño del proyecto se establece utilizar los 4 pilares de la logística integral.

RoadGreen S.A. pretende establecer todos los compromisos de calidad y ambientales que beneficien a la comunidad y al país, respetando tanto normas nacionales (Acuerdo Ministerial #98:2015) como normas internacionales (ISO 9000, 14000 – OSHAS 18000).

Asimismo, se realiza un análisis económico en el que se determina los costes de la inversión a realizar para el diseño del proceso productivo, y se calcula el precio de venta del polvo de caucho que será utilizado en las mezclas asfálticas, y que ha sido estimado en 0,60\$/Kg. RoadGreen S.A. se

podrá posicionar en el mercado de una manera competitiva ya que el precio por Kg de polvo de caucho oscila entre 0,50\$ y 1\$ en la competencia.

Se calcula también el índice de circularidad de materiales (MCI), para determinar el grado en que RoadGreen S.A. contribuye a la economía circular. En este caso, el MCI del polvo de caucho es de 1 debido a que el proceso es completamente circular. Además, se realiza una comparativa entre el asfalto sin polvo de caucho y el asfalto modificado con polvo de caucho en donde se puede observar que el MCI es de 0,88 y 0,83 respectivamente. Dichos valores muestran que el asfalto sin polvo de caucho se puede reciclar en mayor medida (por ello su MCI es superior que el del asfalto con polvo de caucho) ya que en su composición no existen materiales ya reciclados.

Finalmente, destacar que el grado de consecución de los objetivos del presente TFM, definidos en el apartado 2.2.2, es de un 100%, con la excepción del objetivo de: “Implementar el diseño del proceso productivo en la empresa RoadGreen S.A.” que queda como línea futura de actuación, pues la meta principal es la puesta en marcha de la empresa RoadGreen S.A.

Referencias bibliográficas

- [1] Cano E., Cerezo L and Urbina M., 2007. Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso., Madrid. Pp: (17-32).
- [2] Tipos de piso. 2018. Pisos de caucho. Disponible en internet: <http://www.revistaconstruir.com/infraestructura/pisos/55-tipos-de-pisos/> (2018/10/12).
- [3] Reutilización, Reciclado y Disposición final de neumáticos. Departamento de Ingeniería mecánica F.I.U.B.A. Guillermo Castro. Diciembre 2007. Disponible en internet: http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf (2018/10/15).
- [4] Ecosurface Commercial Flooring., 2017. Elaboración de pisos a partir de caucho usado. Disponible en internet: <http://www.ecorecommercial.com/> (2018/10/19).
- [5] Asphalt Institute., 1982. Principios de construcción de pavimentos de mezclas asfálticas en caliente. Serie de manual # 22., Pp: (10,11,36-54,57-70).
- [6] Garnica P., Delgado H., Gómez J. and Gonzáles A., 2004. Comportamiento de Mezclas Asfálticas Modificadas con SBR. Publicación Técnica #254. Sanfadila, Querétaro., Pp: (14-24)
- [7] Suñe A., Gil F. and Arcusa I., 2004. Manual Práctico de Diseño de Sistemas Productivos. Madrid: Editorial Díaz de Santos S.A., Pp: (77-81).
- [8] Emprende pyme. Etapas del proceso productivo. 2018. Disponible en internet: <https://www.emprendepyme.net/proceso-productivo>. (2018/10/26).
- [9] Formando empleo., 2018. Metodología para poder diseñar un proceso productivo. Disponible en internet: <https://formandoempleo.es/como-disenar-proceso-productivo/> (2018/10/26).
- [10] Pau Cos J. and De Navascués R., 2001. Manual de Logística Integral. Madrid: Editorial Díaz de Santos S.A., Pp: (1,4,15,59-65,80-91).
- [11] Benichou, J., Systemes d Aprovisionnement et gestión des stocks, Les editions d organisation, 1991. (2018/11/02).
- [12] Prida Romero B. and Gutiérrez Casas G., 1999. Logística de aprovisionamiento. Madrid: Editorial McGraw Hill., Pp: (1,2,41).
- [13] Escudero Serrano M., 2014. Logística de Almacenamiento. Madrid: Editorial Paraninfo S.A., Pp: (33,34,39-41,84,92-94).
- [14] Ellen Macarthur Foundation. 2017. Economía Circular. Disponible en Internet: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/> (2019/01/15).
- [15] González G and Vargas J. 2017. La Economía Circular como Factor de la Responsabilidad Social. Disponible en Internet: <ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/grm/ecoyun/201713.pdf> (2018/11/19).
- [16] Roux M., 2013. Manual de logística para la gestión de almacenes. Sexta edición. Barcelona: Editorial Gestión 2000., Pp: (121-129)
- [17] Díaz, A. J. B., & Fernández, M. B. (2015). Modelo para el cálculo de áreas y de personal requerido en los procesos de centro de distribución de un operador logístico. INVENTUM, 10(19), 59-73.

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Noticia sobre el uso de polvo de caucho en mezclas asfálticas. (Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador) ¹	5
Ilustración 2. Problemática rrelleno sanitario El Inga Quito-Ecuador. (Fuente: Diario El Comercio) ...	6
Ilustración 3. Regeneración de neumáticos. (Fuente: Michelin).	8
Ilustración 4. Trituración mecánica. (Fuente: TIRES SPA).	9
Ilustración 5. Proceso de fabricación asfalto modificado vía seca y húmeda ⁷	11
Ilustración 6. Apariencia de los pisos Ecosurface. (Fuente: ECORE).	11
Ilustración 7. Adición del polvo de neumáticos al pavimento. (Fuente: RENEAN) ⁹	12
Ilustración 8. Estructura y capas del asfalto.....	13
Ilustración 9. Mezclas asfálticas y estructura de carreteras.	15
Ilustración 10. Granulometría del hule. (Fuente: InnovaShips).	17
Ilustración 11. Responsabilidad logística. (Fuente: [10])	18
Ilustración 12. Propuesta metodológica de definición del sistema productivo. (Fuente: Elaboración propia).	25
Ilustración 13. Estrategias de cumplimiento de pedidos según la tipología de clientes. (Fuente: Elaboración propia).	28
Ilustración 14. Etapas del proceso productivo. (Fuente: Elaboración propia).	32
Ilustración 15. Vista Superior de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia).	38
Ilustración 16. Vista Frontal de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia).	39
Ilustración 17. Bolsa Big Bag. (Fuente: Big Bag).	40
Ilustración 18. Organigrama jerárquico RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración Propia).	44
Ilustración 19. Distancias a recorrer para llegar de la empresa hacia los centros de acopio. (Fuente: Google Maps)	45
Ilustración 20. Transpaleta eléctrica y carretilla contrapesada. (Fuente: Toyota) ⁴⁵	48
Ilustración 21. Proceso de trituración primario y secundario. (Fuente: Eco-Green Equipment) ²²	49
Ilustración 22. Proceso de granulación (Fuente: Eco-Green Equipment) ²²	49
Ilustración 23. Proceso de separación y clasificación. (Fuente: Eco-Green Equipment) ²²	50
Ilustración 24. Esquema sobre el Eco diseño. (Fuente: Elaboración propia).	52
Ilustración 25. Flujo de materiales en el proceso productivo de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia)	54

Índice de Tablas

Tabla 1. Principios básicos en la función de aprovisionamiento. (Fuente: [10])	19
Tabla 2. Objetivos en la función de aprovisionamiento. (Fuente: [10])	19
Tabla 3. Fases del aprovisionamiento (Fuente: [10])	20
Tabla 4. Propiedad de los medios. (Fuente: [10])	20
Tabla 5. Criterios de selección para el tipo de transporte. (Fuente: [10])	21
Tabla 6. Tipo de proceso productivo. (Fuente: Elaboración propia)	26
Tabla 7. Máquinas y equipos requeridos. (Fuente: Elaboración propia).....	29
Tabla 8. Potenciales proveedores de la maquinaria requerida. (Fuente: Elaboración propia).	29
Tabla 9. Máquinas y equipos (Fuente: Eco Green Equipment) ²²	30
Tabla 10. Máquinas y equipos (Fuente: Recycling Equipos) ²³	30
Tabla 11. Análisis de las características técnicas de los equipos. (Fuente: Recycling Equipos y Eco Green Equipment).	31
Tabla 12. Presupuesto vial y número de kilómetros a construir para el próximo (Fuente: Gobiernos Autónomos Descentralizados de la provincia de Tungurahua).	33
Tabla 13. Demanda de polvo de caucho. (Fuente: Elaboración propia).....	33
Tabla 14. Medidas de la planta de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia).	38
Tabla 15. Características requeridas para las instalaciones. (Fuente: Elaboración propia).	39
Tabla 16. Características requeridas para las instalaciones. (Fuente: Elaboración propia).	39
Tabla 17. Método de factores ponderados para la localización de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia).....	40
Tabla 18. Costos de la materia prima y materiales. (Fuente: Elaboración propia)	41
Tabla 19. Personal de RoadGreen S.A. (Fuente: Elaboración propia)	43
Tabla 20. Valores ponderados para la toma de decisiones, logística de transporte. (Fuente: Elaboración propia).....	44
Tabla 21. Tarifas para neumáticos usados. (Fuente: TNU – Tratamiento de neumáticos usados). ...	46
Tabla 22. Equipos y maquinaria Toyota. (Opción 1).....	48
Tabla 23. Equipos y maquinaria Mitsubishi. (Opción 2)	48
Tabla 24. Materia prima virgen. (Fuente: Elaboración propia).	55
Tabla 25. Residuos irre recuperables. (Fuente: Elaboración propia).	56
Tabla 26. Índice de flujo lineal. (Fuente: Elaboración propia).	57
Tabla 27. Utilidad del producto. (Fuente: Elaboración propia).....	57
Tabla 28. MCI. (Fuente: Elaboración propia).	58
Tabla 29. Costes del diseño del proceso productivo. (Fuente: Elaboración propia).....	59

Tabla 30. Costos. (Fuente: Elaboración propia).	59
Tabla 31. Venta de los subproductos. (Fuente: Elaboración propia).	60

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo de superficies de distribución según el Método de Guerchet.	35
Ecuación 2. Cálculo de áreas [17].	36
Ecuación 3. Factores de conversión para el uso de transporte propio. (Fuente: Elaboración propia).	46
Ecuación 4. Calculo del valor de subcontratar el transporte. (Fuente: Elaboración propia).	46
Ecuación 5. Tasa de uso de material circular. (Fuente: EUSKADI 2018) [14].	54
Ecuación 6. Cálculo de materia virgen. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].	55
Ecuación 7. Cálculo de residuos irrecuperables. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].	56
Ecuación 8. Cálculo del índice de flujo lineal. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].	57
Ecuación 9. Cálculo de la utilidad de un producto. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].	57
Ecuación 10. Cálculo del indicador de circularidad del material. (Fuente: Ellen MacArthur Foundation) [14].	58

Anexo⁵⁹

INSTRUCTIVO PARA LA GESTION INTEGRAL DE NEUMATICOS USADOS

Acuerdo Ministerial 98
Registro Oficial 598 de 30-sep.-2015
Estado: Vigente

Lorena Tapia

MINISTRA DE AMBIENTE

Que el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Declara de interés público la preservación del ambiente, así como la prevención del daño ambiental.

Que, el artículo 66 numeral 27 de la Constitución de la República del Ecuador, señala que se reconoce y garantizará a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Que, el inciso tercero del artículo 71 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que el Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Que, el inciso primero del artículo 73 de la Constitución de la República del Ecuador, determina que el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Que, el artículo 83 numeral 6 de la Constitución de la República del Ecuador, señala como deber y responsabilidad de las ecuatorianas y ecuatorianos el respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

Que, el numeral 2 del artículo 278 de la Constitución de la República del Ecuador establece que, para la consecución del buen vivir, a las personas y a las colectividades, y sus diversas formas organizativas, les corresponde producir, intercambiar y consumir bienes y servicios con responsabilidad social y ambiental.

Que, el numeral 2 del artículo 395 de la Constitución de la República del Ecuador reconoce como uno de los principios ambientales la aplicación de las políticas ambientales de manera transversal.

⁵⁹ Instructivo para la gestión de neumáticos usados. Disponible en internet: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-098.pdf> (2018/09/10).

Que, el artículo 396 de la Constitución de la República del Ecuador establece la adopción de políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño.

Que, el numeral 2 del artículo 397 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que, para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

Que, el artículo 136 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, señala que corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales gobernar, dirigir, ordenar, disponer u organizar la gestión ambiental, la defensoría del ambiente y la naturaleza, en el ámbito de su territorio; estas acciones se realizarán en el marco del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y en concordancia con las políticas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional.

Que, el artículo 232 del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, establece, que se entenderán como procesos productivos eficientes el uso de tecnologías ambientales limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto; adoptadas para reducir los efectos negativos y los daños en la salud de los seres humanos y del medio ambiente. Estas medidas comprenderán aquellas cuyo diseño e implementación permitan mejorar la producción, considerando el ciclo de vida de los productos, así como el uso sustentable de los recursos naturales.

Que, los artículos 1 de la Ley de Gestión Ambiental, determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Que, el artículo 8 de la Ley de Gestión Ambiental, establece que la Autoridad Ambiental Nacional será ejercida por el Ministerio del ramo, que actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforma a las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado.

Que, el artículo 10 de la Ley de Gestión Ambiental, señala que las instituciones del Estado con competencia ambiental forman parte del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y se someterán obligatoriamente a las directrices establecidas para el Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable. Este Sistema constituye el mecanismo de coordinación transitoria, integración y cooperación entre los distintos ámbitos de gestión ambiental y manejo de recursos naturales; subordinado a las disposiciones técnicas de la autoridad ambiental.

Que, el artículo 1, de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental prohíbe expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los ministerios de Salud y Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del Estado o de particulares o constituir una molestia.

Que, el artículo 50 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA, emitido mediante Acuerdo Ministerial 061, publicado en el Registro Oficial 316 del 4 de mayo de 2015, en relación a la responsabilidad extendida establece que: "Los productores

o importadores, según sea el caso, individual y colectivamente, tienen la responsabilidad de la gestión del producto a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción de los mismos, así como los relativos al uso y disposición final de estos luego de su vida útil. La Autoridad Ambiental Nacional, a través de la normativa técnica correspondiente, establecerá los lineamientos en cuanto al modelo de gestión que se establecerá para el efecto".

Que, el literal e) del artículo 52 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA, emitido mediante Acuerdo Ministerial 061, publicado en el Registro Oficial 316 del 4 de mayo de 2015 señala que la Autoridad Ambiental Nacional expedirá políticas, los instructivos, normas técnicas y demás instrumentos normativos necesarios para la aplicación del presente capítulo, en concordancia con la Normativa Ambiental aplicable; así como los convenios internacionales relacionados con la materia.

Que, el literal f) del artículo 52 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA, emitido mediante Acuerdo Ministerial 061, publicado en el Registro Oficial 316 del 4 de mayo de 2015, señala que la Autoridad Ambiental Nacional elaborará y ejecutará programas, planes y proyectos sobre la materia, así como analizar e impulsar las iniciativas de otras instituciones tendientes a conseguir un manejo ambiental racional de residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales en el país.

Que, el artículo 104 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA emitido mediante Acuerdo Ministerial 061, publicado en el Registro Oficial 316 del 4 de mayo de 2015, describe como una obligación de los fabricantes o importadores de productos que al término de su vida útil u otras circunstancias se convierten en desechos peligrosos y/o especiales, tienen la obligación de presentar ante la Autoridad Ambiental Nacional para su análisis, aprobación y ejecución, programas de gestión de productos en desuso o desechos que son consecuencia del uso de los productos puestos en el mercado. El programa de gestión deberá incluir la descripción de la cadena de comercialización, mecanismos y actividades para la recolección, devolución y acopio de los productos en desuso o desechos por parte de los usuarios finales, sistemas de eliminación y/o disposición final, así como actividades para promover la concientización, capacitación y comunicación al respecto de los mecanismos y actividades propuestos.

Que, el artículo 105 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA emitido mediante Acuerdo Ministerial 061, publicado en el Registro Oficial 316 del 4 de mayo de 2015, se describe que, para la demostración del avance de programas de gestión, se debe presentar un Informe anual de gestión de productos en desuso a la Autoridad Ambiental, quien al final de cada año deberá realizar una evaluación del cumplimiento de las metas de los programas de gestión aprobados, con el fin de retroalimentar lo establecido en la Normativa Ambiental aplicable.

Que, literal t) del artículo 151 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA emitido mediante Acuerdo Ministerial 061, publicado en el Registro Oficial 316 del 4 de mayo de 2015, señala que la Autoridad Ambiental Nacional, realizará el seguimiento del de los distintos Acuerdos y Convenios Internacionales en la materia, de los cuales el país es parte.

Que, mediante Informe Técnico No. 095-2015/MAE/ PNGIDS/DT con fecha 15 de abril de 2015, el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos presenta el sustento técnico para reformar el Acuerdo Ministerial 020.

Que, de conformidad con lo establecido en el artículo 3 del Decreto Ejecutivo No. 1365 suscrito el 28 de noviembre de 2012, se nombra como nueva Ministra del Ambiente a la Magíster Gladys Lorena Tapia Núñez.

En ejercicio de las atribuciones conferidas por el artículo 154 numeral 1 de la Constitución de la República del Ecuador y el artículo 17 del Estatuto del Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva.

Acuerda:

Sustituir el Instructivo para la Gestión Integral de Neumáticos Usados vigente expedido mediante Acuerdo Ministerial No. 020 de 20 de febrero de 2013, publicado en el Registro Oficial No. 937 del 19 de abril de 2013 y reformado parcialmente mediante Acuerdo Ministerial 129 de 21 de enero de 2014, por el siguiente:

INSTRUCTIVO PARA LA GESTION INTEGRAL DE NEUMATICOS USADOS

SECCION I

OBJETO Y AMBITO

Art. 1.- Objeto. - El presente instructivo tiene por objeto establecer los requisitos, procedimientos y especificaciones ambientales para la elaboración, aplicación y control del Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, que fomente la reducción, reutilización, reciclaje y otras formas de valorización, con la finalidad de proteger el ambiente.

Art. 2.- Ámbito de aplicación. - Se hallan sujetos al cumplimiento y aplicación de las disposiciones de este instructivo toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que dentro del territorio nacional participen directa o indirectamente en la importación y/o fabricación de neumáticos, siendo la comercialización, distribución y uso final corresponsables de la implementación y ejecución de los Programas de Gestión Integral de Neumáticos Usados. Estas actividades se ejecutarán de conformidad con lo señalado en el Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados o en caso de no estar especificadas en el mismo, de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Autoridad Ambiental Nacional y Legislación Ambiental vigente.

Art. 3.- Los neumáticos usados son considerados desechos especiales según el Acuerdo Ministerial No. 142 de 11 de octubre del 2012, publicado en el Registro Oficial No. 856 de 21 de diciembre de 2012. Para efectos de cumplimiento de este instructivo se considerará lo descrito en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN No. 2096 Neumáticos. Definición y Clasificación.

Art. 4.- De los principios. - Para efectos de la aplicación del presente Acuerdo Ministerial se deberá considerar los siguientes principios.

Preventivo o de Prevención. - Es la obligación que tiene el Estado, a través de sus instituciones y órganos y de acuerdo a las potestades públicas asignadas por ley, de adoptar las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño.

Principio precautorio. - Es la obligación que tiene el Estado, a través de sus instituciones y órganos y de acuerdo a las potestades públicas asignadas por ley, de adoptar medidas protectoras eficaces y oportunas cuando haya peligro de daño grave o irreversible al ambiente, la ausencia de

certidumbre científica, no será usada por ninguna entidad regulatoria nacional, regional, provincial o local, como una razón para posponer las medidas costo-efectivas que sean del caso para prevenir la degradación del ambiente.

El principio de precaución se aplica cuando es necesario tomar una decisión u optar entre alternativas en una situación en que la información técnica y científica es insuficiente o existe un nivel significativo de duda en las conclusiones del análisis técnico-científico. En tales casos el principio de precaución requiere que se tome la decisión que tiene el mínimo riesgo de causar, directa o indirectamente, daño al ecosistema.

Contaminador-Pagador o Quien Contamina Paga. - Es la obligación que tienen todos los operadores de actividades que impliquen riesgo ambiental de internalizar los costos ambientales, asumiendo los gastos de prevención y control de la contaminación, así como aquellos necesarios para restaurar los ecosistemas en caso de daños ambientales, teniendo debidamente en cuenta el interés público, los derechos de la naturaleza y el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. El principio en mención se aplica además en los procedimientos sancionatorios o en los de determinación de obligaciones administrativas o tributarias de pago.

Corrección en la Fuente. - Es la obligación de los Sujetos de Control de adoptar todas las medidas pertinentes para evitar, minimizar, mitigar y corregir los impactos ambientales desde el origen del proceso productivo; Este principio se aplicará en los proyectos y en adición a planes de manejo o de cualquier naturaleza previstos en este instructivo.

Corresponsabilidad en materia ambiental. - Cuando el cumplimiento de las obligaciones ambientales corresponda a varias personas conjuntamente, existirá responsabilidad compartida de las infracciones que en el caso se cometan y de las sanciones que se impongan.

De la cuna a la tumba. - La responsabilidad de los Sujetos de Control abarca de manera integral, compartida, y diferenciada, todas las fases de gestión integral de las sustancias químicas peligrosas y la gestión adecuada de los residuos, desechos peligrosos y/o especiales desde su generación hasta su disposición final.

Responsabilidad objetiva. - La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Responsabilidad extendida del productor y/o importador. - Los productores y/o importadores tienen la responsabilidad del producto a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción de los mismos, así como los relativos al uso y disposición final de estos luego de su vida útil.

De la mejor tecnología disponible. - Toda actividad que pueda producir un impacto o riesgo ambiental, debe realizarse de manera eficiente y efectiva, esto es, utilizando los procedimientos técnicos disponibles más adecuados, para prevenir y minimizar el impacto o riesgo ambiental.

Reparación primaria o In natura. - Es la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas cuando haya cualquier daño al ambiente, sin perjuicio de las sanciones correspondientes, procurando el retorno a la condición inicial o previa al daño.

Principio de proximidad. - Para optimizar la gestión integral de los neumáticos usados y mejor aprovechamiento de los recursos utilizados para el cumplimiento de las diferentes fases de gestión del residuo, el generador de neumáticos usados debe asegurar que exista una cobertura de puntos

de acopio primario o centros de acopio temporal, igual o mayor a su red de comercialización o distribución.

Art. 5.- Definiciones. - Las siguientes definiciones son aplicables en el ámbito del presente Acuerdo.

Relleno sanitario. - Es una infraestructura de ingeniería, diseñada técnicamente para el adecuado confinamiento de los desechos y/o residuos sólidos; consiste en disponerlos en celdas debidamente acondicionadas para ello y en un área de menor tamaño posible, sin causar perjuicio al ambiente, especialmente por contaminación a cuerpos de agua, suelos, atmósfera y sin causar molestia o peligro a la salud y seguridad pública. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los desechos y/o residuos, reduciendo su volumen al mínimo aplicable, para luego cubrirlos con una capa de tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente y efectuando el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores.

Acopio. - Acción de receptor y agrupar neumáticos usados, con la finalidad de facilitar su recolección y posterior gestión integral.

Abandono. - Disposición o descarga inadecuada de neumáticos usados en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que carecen de autorización sanitaria y cuyo uso para este efecto, genera riesgos sanitarios o ambientales.

Almacenamiento. - Actividad de acopiar o almacenar neumáticos usados, en instalaciones ya sean de propiedad del generador o a su vez contratadas con gestores ambientales. Las instalaciones deberán cumplir con las condiciones especificadas en la Normativa Técnica INEN y Normativa Ambiental aplicable.

Punto de acopio primario. - Lugar acondicionado para almacenamiento de neumáticos usados, destinado a ofrecer a los usuarios finales la posibilidad de devolver neumáticos usados para su posterior traslado a los centros de acopio temporal, tratamiento y/o disposición final. Se incluye como puntos de acopio primario a los centros de servicio.

Centro de acopio temporal. - Es una instalación autorizada para la recolección y almacenamiento temporal de neumáticos usados hasta un tiempo máximo de 12 meses, que cumpla con las características y requisitos especificados en la norma técnica INEN y Normativa Ambiental aplicable.

Se incluye como centro de acopio temporal las instituciones del Estado y los Gobiernos Autónomos descentralizados.

Centro de servicio. - Todo establecimiento que comercialice o distribuya neumáticos directamente al usuario. Están comprendidos como centros de servicio: puntos de venta de repuestos, lavadora de autos, lubricadora, gasolineras, talleres mecánicos, vulcanizadoras y cualquier otro comercio que expendan neumáticos o brinde servicio de instalación.

Coprocesamiento. - Se refiere al uso de neumáticos usados en procesos industriales, como producción de cemento, cal, acero, centrales eléctricas o cualquier planta de combustión grande.

Significa la sustitución del combustible primario y las materias primas por neumáticos usados, siempre y cuando cumplan con las especificaciones técnicas de calidad, lo que permite la recuperación de energía y materiales a partir de éstos.

Declaración anual. - Documento oficial que contiene información sobre el manejo de desechos peligrosos y especiales, el cual debe ser presentado ante la Autoridad Ambiental Nacional por parte

de los generadores y gestores de desechos peligrosos y especiales bajo los procedimientos establecidos por la Autoridad Ambiental Nacional.

Desecho. - Son las sustancias (sólidas, líquidas, gaseosas o pastosas) o materiales resultantes de un proceso de producción, transformación reciclaje, utilización o consumo, cuya eliminación o disposición final procede conforme lo dispuesto en la Legislación Ambiental Nacional e Internacional aplicable.

Desecho Especial. - Aquellos desechos que, sin ser peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar el entorno ambiental o la salud, debido al volumen de generación y/o difícil degradación y para los cuales se debe implementar un sistema de recuperación, re-uso y/o reciclaje con el fin de reducir la cantidad de desechos generados, evitar su inadecuado manejo y disposición, así como la sobresaturación de los rellenos sanitarios municipales.

Disposición final. - Es la última de las fases de manejo de los neumáticos usados, en la cual son dispuestos en forma definitiva y sanitaria mediante procesos de aislamiento y confinación con tratamiento previo, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, daños o riesgos a la salud humana o al ambiente. La disposición final, se la realiza cuando técnicamente se ha descartado todo tipo de tratamiento, tanto dentro como fuera del territorio ecuatoriano.

Distribuidor. - Persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que se dedica a comercializar neumáticos.

Fabricante de neumáticos. - Persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que se dedica a producir neumáticos.

Generador de neumáticos usados. - Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera, que genere neumáticos usados a través de sus actividades productivas y que tiene la obligación de hacerse cargo de su gestión integral una vez que éste llegue al final de su vida útil en base a las alternativas y acciones autorizadas por la Legislación Ambiental vigente.

Gestor o prestador de servicio de neumáticos usados. - Cualquier persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera, que presta servicios de almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de neumáticos usados, que haya recibido una autorización de la Autoridad Ambiental competente.

Incineración. - Es un proceso termoquímico de oxidación de la materia orgánica por medio de oxígeno el cual está en exceso. La combustión total genera residuos de fallas de la combustión produciendo elementos nocivos las dioxinas y furanos. También se generan óxidos de azufre y nitrógeno.

Importador. - Persona natural o jurídica, pública o privado, nacional o extranjera que introduce neumáticos en el territorio nacional de manera directa o indirecta.

Neumático. - Dispositivo mecánico hecho de caucho, químicos, acero u otros materiales que cuando son montados en una rueda del automotor provee la tracción y soporta la carga del automotor.

Neumáticos de reposición. - Los neumáticos que sus productores ponen en el mercado por primera vez para reemplazar a los neumáticos usados de los vehículos.

Neumáticos usados. - Neumático que ha perdido su utilidad para la cual fue creado por uso, año o defecto.

Normativa Ambiental aplicable. - Cuerpo normativo vigente que regula el ámbito ambiental.

Permiso ambiental. - Es la Autorización Administrativa emitida por la Autoridad Ambiental competente, que demuestra el cumplimiento del proceso de regularización ambiental de un proyecto, obra o actividad y por tal razón el promotor está facultado legal y reglamentariamente para la ejecución de su actividad, pero sujeta al cumplimiento de la Normativa Ambiental aplicable, condiciones aprobadas en el estudio ambiental y las que disponga la Autoridad Ambiental competente.

Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados. - Es el instrumento de gestión que contiene el conjunto de reglas, acciones, procedimientos y medios dispuestos para facilitar el manejo de los neumáticos usados, con el fin de que sean enviados a instalaciones en las que se sujetarán a procesos que permitirán su aprovechamiento y/o valorización, eliminación y/o disposición final controlada. Es el instrumento de gestión que contiene el conjunto de reglas, acciones, procedimientos y medios dispuestos para facilitar el manejo de los neumáticos usados, con el fin de que sean enviados a instalaciones en las que se sujetarán a procesos que permitirán su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final controlada.

Plan de contingencia. - Es la definición previa de la forma como se atenderá un evento específico, por parte de quien gestiona neumáticos usados, a fin de controlar una situación derivada de emergencia y aplicando medidas de recuperación respecto a los efectos particulares ocasionados por el evento ocurrido.

Reencauche. - Proceso que consiste, en sustituir la banda de rodamiento del neumático usado por una nueva, cuya carcasa aún conserva las condiciones suficientes para permitir su utilización, de acuerdo con la Legislación y normas técnicas aplicables.

Reciclaje. - Proceso mediante el cual, previa una separación y clasificación selectiva de desechos, se los aprovecha, transforma y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como energía o materia prima para la fabricación de nuevos productos.

El reciclaje puede constar de varias etapas tales como procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

Recolección. - Acción de acopiar, recoger los neumáticos usados al equipo destinado a transportarlo a las instalaciones de almacenamiento, eliminación, o a los sitios de disposición final.

Re uso. - Utilización de neumáticos usados o de materiales presentes en ellos, en su forma original o previa preparación, como materia prima en un proceso de producción.

Sistemas de eliminación. - Abarcan tanto las operaciones que dan como resultado la eliminación final del neumático usado, como las que dan lugar a la recuperación, el reciclaje, la regeneración y la reutilización.

Transporte. - Cualquier movimiento de neumáticos usados a través de cualquier medio de transportación efectuado conforme a lo dispuesto en la normativa ambiental aplicable.

Tratamiento. - Conjunto de procesos, operaciones o técnicas de transformación física o química del neumático para modificar sus características o aprovechar su potencial y en el cual se puede generar un nuevo residuo sólido con características diferentes.

Trazabilidad. - Conjunto de procedimientos que permiten realizar un seguimiento al neumático usado generado desde su importación y/o fabricación hasta su gestión o disposición final.

Usuario final especial de neumáticos. - Persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera asociada a un gremio de transporte que importa de manera directa el neumático.

Usuario final de neumáticos. - Persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que manipula de manera directa el neumático.

SECCION II

DEL PROGRAMA DE GESTION INTEGRAL

Art. 6.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que importe y/o fabrique neumáticos debe presentar un programa de gestión integral de neumáticos usados, bajo los lineamientos establecidos en el presente instructivo.

Para la aprobación del mencionado programa, el importador y/o fabricante deberá contar con el Registro de Generador de Desechos Especiales, según con lo descrito en la Legislación Ambiental aplicable. Tanto el registro de generador otorgado al importador y/o fabricante como el programa, serán aprobados por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 7.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados deberá asegurar que la gestión de los neumáticos usados se realice de forma técnica, con el menor riesgo posible; procurando la mayor efectividad económica, social y ambiental, en el marco de la política y las regulaciones sobre el tema.

Art. 8.- Los distribuidores, comercializadores y los usuarios finales, serán corresponsables de la implementación y ejecución de los Programas de Gestión Integral de Neumáticos Usados en el ámbito de sus obligaciones de acuerdo a sus actividades.

Art. 9.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados deberá contener los procedimientos, actividades y acciones necesarias de carácter técnico, administrativo y económico. En el programa se debe describir la cadena de comercialización, los mecanismos de comunicación, recolección, devolución, acopio, transporte, tratamiento, disposición final y la exportación en los casos que aplique, para garantizar un manejo ambientalmente seguro de los desechos. El programa se lo elaborará conforme al formato descrito en el Anexo I del presente instructivo. Las fases de gestión serán realizadas por el importador y/o fabricante a través de sus propios medios o a través de gestores o prestadores de servicio para el manejo de desechos especiales, para lo cual éstos deben contar con el Permiso Ambiental respectivo.

Art. 10.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados definirá las estrategias de incentivos para lograr la mayor devolución por parte del usuario final y cumplir con las metas de recuperación fijadas en las disposiciones transitorias del presente Acuerdo.

Art. 11.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados deberá describir y presentar los mecanismos que permitan realizar el control y seguimiento del desempeño ambiental que el importador y/o fabricante ha previsto para evaluar su programa en las diferentes etapas.

Art. 12.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados contendrá un programa de capacitación y prevención de riesgos con su respectivo manejo de contingencias conforme las diferentes fases o actividades del programa.

Art. 13.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, podrá ser ejecutado mediante acuerdos voluntarios debidamente respaldados o mediante convenios de colaboración suscritos entre los diferentes participantes del programa de gestión, gremios y gobiernos autónomos descentralizados, entre otros.

Art. 14.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados debe tener especificado el procedimiento cronológico que determine las actividades, obligaciones y responsabilidades de cada uno de los actores involucrados en la gestión integral de neumáticos usados, de forma que cada fase de gestión quede correctamente respaldada a través del manifiesto único de entrega, transporte y recepción de desechos peligrosos y/o especiales y permita identificar la fase y/o ubicación del desecho. Los manifiestos únicos deben ser devueltos al generador, luego del tratamiento y disposición final de los desechos, con las firmas y sellos correspondientes.

Art. 15.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados debe especificar las estrategias, actividades y propuestas de reducción y minimización, así como también promover la investigación, el desarrollo e innovación para la implementación de nuevas tecnologías, identificación y aplicación de nuevas alternativas de valorización, uso de los materiales obtenidos como resultado de la gestión de neumáticos usados, eco diseño como medida de prevención, entre otras; en todas las fases de gestión.

Art. 16.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados debe asegurar que exista una cobertura de puntos de acopio primario o centros de acopio temporal, igual o mayor a la red de comercialización o distribución del importador y/o fabricante, de manera que se optimice la gestión integral de los neumáticos usados y se alcance un mejor aprovechamiento de los recursos utilizados para el cumplimiento de las diferentes fases de gestión del desecho.

Art. 17.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que maneje neumáticos usados debe cumplir lo que establece la Normativa Técnica INEN y Normativa Ambiental aplicable.

SECCION III

DE LAS RESPONSABILIDADES Y OBLIGACIONES

Título I

Del fabricante-importador de neumáticos

Art. 18.- Son responsabilidades y obligaciones del fabricante - importador de neumáticos las siguientes:

1. Registrarse como generador de desechos especiales ante la Autoridad Ambiental competente, para lo cual el Ministerio del Ambiente establecerá los procedimientos aprobatorios respectivos mediante Acuerdo Ministerial.
2. Elaborar y presentar el programa de gestión integral de neumáticos usados ante la Autoridad Ambiental Nacional en el que se describa el proceso de gestión a aplicar. Este programa tendrá una vigencia de 5 años.
3. Describir en el programa de gestión integral las fases de recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y/o disposición final de los neumáticos usados.
4. Definir, coordinar, validar y evaluar el cumplimiento de las actividades, propuestas y demás acciones que deben ejecutar todos los actores involucrados, en todas las fases de gestión para lograr una eficiente y eficaz implementación y ejecución del Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados.
5. Cumplir como mínimo, las metas de recuperación que se establecen en el Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, descritas en las disposiciones transitorias del presente Acuerdo.

6. Reportar anualmente el avance de la implementación del Programa de Gestión Integral de Neumáticos usados a la Autoridad Ambiental Nacional mediante informe vía electrónica y física, los diez primeros días de enero del año posterior al período declarado. En este informe se debe incluir los medios de verificación de actividades realizadas para el cumplimiento de las diferentes fases de gestión y la cantidad de neumáticos usados recuperados en ese período en unidades y en peso. Una vez que se desarrolle el sistema informático para declaración de desechos peligrosos y especiales, el importador o fabricante deberá realizar el reporte por este medio.
7. Determinar el número y ubicación de los centros de acopio temporal y/o puntos de acopio primario, que deberán estar ubicados estratégicamente en el área de influencia de la cadena de comercialización.
8. Almacenar los neumáticos usados en los centros de almacenamiento temporal autorizado debidamente etiquetados y en lugares que no pongan en riesgo su posterior tratamiento y disposición final por un máximo de tiempo de doce meses.
9. Reportar en caso de accidentes, pérdida o robo de los neumáticos usados, a la Autoridad Ambiental Nacional en un plazo no mayor a 24 horas. Sin perjuicio de los procedimientos legales que hubiere a lugar.
10. Comunicar todo cambio de información del generador que conste en la base de datos de la Autoridad Ambiental Nacional en un plazo no mayor a 30 días.
11. Comunicar todo cambio realizado al Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados aprobado a la Autoridad Ambiental Nacional, en un plazo no mayor a 30 días.
12. Desarrollar y financiar los programas de capacitación y difusión del programa de gestión integral de neumáticos usados.
13. Desarrollar e implementar tecnología que incremente el tiempo de vida útil del neumático, y disminuya la generación de neumáticos usados.
14. Desarrollar e implementar en sus Programas de Gestión Integral de Neumáticos Usados temas referidos a educación/difusión de las buenas prácticas de mantenimiento de los vehículos que ayudan a extender la vida útil de los neumáticos.
15. Los importadores y/o fabricantes de neumáticos deben implementar herramientas como control de inventarios, tecnologías con soportes informáticos, electrónicos y documentales, u otras, para garantizar la trazabilidad del desecho generado desde la importación y/o fabricación hasta la gestión o disposición final.
16. En base al principio de responsabilidad extendida del productor, los importadores y/o fabricantes son los responsables de la gestión integral de los neumáticos usados generados en sus actividades productivas, aplicando el principio de la cuna a la tumba.

Título II

Del comercializador - distribuidor

Art. 19.- Son responsabilidades y obligaciones del comercializador - distribuidor las siguientes:

1. Participar en el Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional.

2. Exhibir material promocional en el cual se describa información a los interesados, sobre los mecanismos de devolución y retorno de los neumáticos usados.
3. Ser corresponsable del cumplimiento de los porcentajes de recuperación fijados en este instrumento, a través de la coordinación y ejecución de las actividades previstas en el Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional.
4. Contar con un centro de almacenamiento temporal autorizado o centro de acopio primario que cumpla con los requisitos de la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN aplicable, para receptor los neumáticos usados que el usuario final retorne al programa de gestión integral.
5. Entregar los neumáticos usados solo a gestores o prestadores de servicio para el manejo de desechos especiales que cuenten con el Permiso Ambiental respectivo.

Título III

De los centros de servicios

Art. 20.- Son responsabilidades y obligaciones de los centros de servicios las siguientes:

1. Participar en el Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional.
2. Exhibir material promocional en el cual se describa la información a los interesados sobre los mecanismos de devolución y retorno de los neumáticos usados.
3. La instalación donde se almacenen los neumáticos usados debe cumplir con los requisitos de la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN aplicable, para receptor los neumáticos usados que el usuario final retorne al sistema de gestión integral.
4. Entregar los neumáticos usados solo a gestores o prestadores de servicio para el manejo de desechos especiales que cuenten con el Permiso Ambiental respectivo.

Título IV

Del usuario final especial

Art. 21.- Es responsabilidad y obligación del usuario final especial de neumáticos participar en el Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional.

Título V

De las empresas privadas

Art. 22.- Son responsabilidades y obligaciones de las empresas públicas y privadas las siguientes:

1. Retornar los neumáticos usados al punto de acopio primario, centro de almacenamiento temporal, o gestor autorizado del importador y/o fabricante al cual se hizo la adquisición del neumático en base al mecanismo de devolución y retorno, especificado en su programa de gestión integral. La empresa privada debe establecer mecanismos que permitan evidenciar la trazabilidad del desecho generado y asegurar que cuente con el medio de verificación documental que garantice el retorno al sistema de gestión integral.
2. Cumplir con las instrucciones de manejo seguro de neumáticos establecido por los fabricantes e importadores.

Título VI

Del usuario final de neumáticos

Art. 23.- Son responsabilidades y obligaciones del usuario final de neumáticos las siguientes:

1. Retornar los neumáticos usados al centro de servicio, distribuidor y/o al centro de acopio autorizado, según el procedimiento que se especifique en el Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados.
2. Cumplir con las instrucciones de manejo seguro de neumáticos establecido por los fabricantes e importadores.
3. Cumplir con las instrucciones establecidas por los fabricantes e importadores referentes al mantenimiento de los vehículos que ayudan a extender la vida útil de los neumáticos. Por ejemplo: alineación, balanceo, rotación, etc.

Título VII

De los gestores de neumáticos usados

Art. 24.- Son responsabilidades y obligaciones de los gestores de neumáticos usados las siguientes:

1. Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que realice actividades de gestión de neumáticos usados deberá estar autorizada por la Autoridad Ambiental competente, conforme a la Normativa Ambiental aplicable.
2. Reportar a la Autoridad Ambiental Nacional la declaración anual de desechos especiales generada en cada fase de la gestión integral de neumáticos usados, para lo cual el Ministerio del Ambiente establecerá los procedimientos aprobatorios respectivos mediante acuerdo ministerial.
3. Las actividades de almacenamiento de neumáticos usados deberán ser realizadas de conformidad a lo establecido en el presente instrumento, la Normativa Ambiental aplicable y la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN.
4. Toda carga a ser movilizada de neumáticos usados debe contar con el manifiesto único, para lo cual el Ministerio del Ambiente establecerá los procedimientos aprobatorios respectivos mediante acuerdo ministerial.
5. Los neumáticos que lleguen a las instalaciones de un gestor autorizado que preste servicios de reencauche y no cumplan con las condiciones técnicas para este tipo de tratamiento, deberán ser entregados a los importadores y/o fabricantes para que se envíen a un gestor autorizado de reciclaje y sean gestionados de manera adecuada, conforme la normativa ambiental vigente.
6. Los gestores de neumáticos usados deberán respetar y cumplir las leyes antimonopolio, prácticas comerciales y otras reglas y regulaciones relativas.

Título VIII

Del Estado

Art. 25.- Son responsabilidades y obligaciones del Estado a través de las instituciones de la administración pública, empresas públicas y gobiernos autónomos descentralizados las siguientes:

1. Promover la compra y la utilización de materiales reutilizables, reciclables, biodegradables y valorizables, así como de productos fabricados con material reciclado bajo procesos que cumplan las especificaciones técnicas exigidas por la Normativa Ambiental y la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN aplicable.

2. Retornar los neumáticos usados al punto de acopio primario, centro de almacenamiento temporal, o gestor autorizado del importador y/o fabricante al cual se hizo la adquisición del neumático en base al mecanismo de devolución y retorno, especificado en su programa de gestión integral. La empresa pública debe establecer mecanismos que permitan evidenciar la trazabilidad del desecho generado y asegurar que cuente con el medio de verificación documental que garantice el retorno al sistema de gestión integral.
3. Generar políticas de calidad que disminuyan la generación de neumáticos usados, mediante la aplicación de normativa técnica.
4. Desarrollar normativa técnica que incluya el uso de los materiales derivados de los neumáticos usados.

Título IX

De la Autoridad Ambiental Nacional

Art. 26.- Son responsabilidades y obligaciones de la Autoridad Ambiental Nacional las siguientes:

1. Fomentar la coordinación interinstitucional para la gestión integral de neumáticos usados, con el propósito de optimizar e integrar los esfuerzos y los recursos de la administración pública.
2. Controlar y vigilar el cumplimiento de las medidas establecidas en el presente Acuerdo desde el ámbito de sus respectivas competencias, independientemente de las funciones de prevención, inspección, control y vigilancia que competa a las autoridades de comercio exterior, aduanas, transporte y los gobiernos autónomos descentralizados.
3. Inspeccionar las instalaciones dedicadas al tratamiento y disposición final de los gestores de neumáticos usados cuando lo estime conveniente, para verificar el cumplimiento de sus obligaciones conforme a la Normativa Ambiental aplicable.
4. Inspeccionar las instalaciones de centros de almacenamiento temporal para verificar el cumplimiento de especificaciones técnicas conforme lo descrito a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN y Normativa Ambiental aplicable
5. Verificar y controlar el cumplimiento de los programas de gestión integral de neumáticos usados aprobados por esta Cartera de Estado y reportar los informes de resultados a la autoridad ambiental de aplicación responsable.
6. Registrar a los Generadores de neumáticos usados dentro del ámbito de sus competencias, según las especificaciones dispuestas en la Normativa Ambiental aplicable.
7. Promover la investigación, desarrollo e innovación de nuevas alternativas y tecnologías para fomentar la prevención, el reciclaje y desarrollo de valorización y minimización de desechos sujetos de aplicación de este Acuerdo Ministerial.

Título X

De la Autoridad Ambiental de aplicación responsable

Art. 27.- Son responsabilidades y obligaciones de la Autoridad Ambiental de aplicación responsable, las siguientes:

1. Registrar a los Generadores de neumáticos usados dentro del ámbito de sus competencias, según las especificaciones dispuestas en la Normativa Ambiental aplicable.

2. Promover la implementación de los Programas de Gestión Integral de Neumáticos Usados.
3. Realizar el seguimiento y control de las actividades vinculadas con el cumplimiento del Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados en su jurisdicción y en el ámbito de sus competencias.
4. Realizar reportes anuales para la Autoridad Ambiental Nacional de aplicación responsable.
5. Promover la investigación, desarrollo e innovación de nuevas alternativas y tecnologías para fomentar la prevención, el reciclaje y desarrollo de valorización y minimización de desechos sujetos de aplicación de este Acuerdo Ministerial.

SECCION IV

Del sistema de eliminación y/o disposición final

Art. 28.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que realice procesos de eliminación de neumáticos usados deberá contar con el Permiso Ambiental otorgado por la Autoridad Ambiental competente.

Art. 29.- Todo sistema de eliminación de neumáticos usados se realizará conforme la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN y la Normativa Ambiental aplicable en el siguiente orden de prioridad:

- a) Prevención
- b) Minimización de la generación en la fuente
- c) Clasificación
- d) Aprovechamiento y/o valorización
- e) Tratamiento y
- f) Disposición Final.

SECCION V

DE LAS PROHIBICIONES

Art. 30.- Se prohíbe:

- a) Almacenar neumáticos usados cerca de cuerpos de agua.
- b) Acumular neumáticos usados a cielo abierto.
- c) Disponer los neumáticos usados en escombreras y botaderos.
- d) Enterrar los neumáticos usados.
- e) Abandonar neumáticos usados en espacio público.
- f) Quemar los neumáticos usados a cielo abierto.
- g) Depositar neumáticos usados junto a otros residuos sólidos.
- h) Adquirir bajo cualquier modalidad, vender, donar, transferir o entregar neumáticos usados a personas que no estén autorizadas.
- i) Transportar neumáticos usados con otros desechos peligrosos y/o orgánicos,
- j) Incinerar fuera de especificación técnica.

k) Disponer neumáticos usados de manera inadecuada, como desecho sólido, en los rellenos sanitarios.

DISPOSICIONES GENERALES

PRIMERA. - De conformidad con lo establecido en el Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional, los importadores y/o fabricantes podrán suscribir convenios con entidades naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras para viabilizar las diferentes fases de la gestión de los desechos.

SEGUNDA. - Los movimientos transfronterizos de los neumáticos usados deben cumplir con lo descrito en la Legislación Nacional y Convenios Internacionales aplicables, caso contrario serán considerados como casos de tráfico ilícito.

TERCERA. - Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que no deben registrarse como generadores de desechos peligrosos son las contempladas en la Legislación Ambiental aplicable.

CUARTA. - En caso de que un importador y/o fabricante quede excluido de un Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados aprobado bajo la modalidad de acuerdos voluntarios o convenios de colaboración deberán presentar un programa de gestión integral de neumáticos usados individual ante la Autoridad Ambiental Nacional.

QUINTA. - En los informes anuales de avance del Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, la Autoridad Ambiental Nacional verificará tanto el cumplimiento de las metas de recuperación como el grado de implementación efectiva de las actividades contempladas en el cronograma planteado, a través de los medios de verificación que fueron aprobados para el efecto. En caso de incumplimiento de la meta, la Autoridad Ambiental Nacional evaluará el informe anual de avance que de incluir tanto la justificación técnica sobre las causas del incumplimiento, así como la verificación de la implementación del plan; si el cumplimiento es del 100% de actividades de acuerdo al cronograma para el período evaluado, se procederá a aceptar el informe anual de avance, y de ser necesario dispondrá al importador/fabricante el replanteamiento o adición de actividades con la finalidad de cumplir las metas de recuperación en el siguiente período de evaluación. En caso de incumplimiento de la meta y de la implementación del programa de gestión aprobado, en el período de evaluación, la Autoridad Ambiental Nacional no admitirá justificación técnica alguna y establecerá las sanciones de conformidad con la Normativa Ambiental aplicable.

SEXTA. - En caso de violación a las disposiciones contempladas en el presente Acuerdo, las autoridades ambientales competentes impondrán las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar, de conformidad con lo establecido en la Normativa Ambiental aplicable.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

PRIMERA. - Los importadores y/o fabricantes que se regularizaron en ésta Cartera de Estado y cumplieron con la meta de recuperación del 20%, deberán cumplir con los lineamientos establecidos en la segunda disposición transitoria del presente Acuerdo Ministerial.

SEGUNDA. - Los importadores y/o fabricantes deben cumplir con la meta mínima de recuperación del 30%. Esta meta será calculada en base al total de neumáticos que hayan sido puestos en el mercado en el año fiscal anterior al establecimiento de la meta de recuperación. El porcentaje de recuperación será evaluado y recalculado anualmente.

TERCERA. - Las empresas importadoras y/o fabricantes, que no estén regularizadas y no hayan presentado su Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados a esta Cartera de Estado deben cumplir con la meta mínima establecida en el año de regularización.

CUARTA. - Aquellas empresas importadoras y/o fabricantes que no estén regularizadas y que no registran un historial de importaciones y/o ventas de neumáticos, deben cumplir con la meta mínima establecida en el año de regularización, misma que será calculada en base a la proyección de ventas del año de aplicación; debiendo presentar la declaración de ventas juramentada, como respaldo de su meta de recuperación gestionada en su declaración anual de avance del Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados.

QUINTA. - La Autoridad Ambiental Nacional a través de la Subsecretaría de Calidad Ambiental, notificará el incremento del porcentaje de la meta de recuperación, mediante informe técnico publicado en la página web del Ministerio del Ambiente.

SEXTA. - Para los importadores y/o fabricantes que hayan vendido neumáticos en la provincia de Galápagos, la meta de recuperación será del 100% de los neumáticos puestos en el mercado.

SEPTIMA. - El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, deberá ser presentado por los fabricantes y/o importadores en un plazo no mayor de 90 días posteriores a la suscripción del presente Acuerdo en el Registro Oficial.

DISPOSICIONES DEROGATORIAS

PRIMERA. - Deróguese el Acuerdo Ministerial 020 publicado en Registro Oficial No. 937 del 19 de abril de 2013, desde la fecha en que entre en vigencia el presente Acuerdo Ministerial.

SEGUNDA. - Deróguese el Acuerdo Ministerial 129 publicado en Registro Oficial No. 166 del 21 de enero de 2014, desde la fecha en que entre en vigencia el presente Acuerdo Ministerial.

DISPOSICION FINAL

PRIMERA. - El presente Instructivo se aplicará sin perjuicio de las otras disposiciones establecidas en el Acuerdo Ministerial No. 061, publicado en el Registro Oficial 316 del 4 de mayo de 2015.

SEGUNDA. - El presente Acuerdo Ministerial entrará en vigencia desde su suscripción sin perjuicio de la publicación en Registro Oficial.

Comuníquese y publíquese.

Dado, en el Distrito Metropolitano de Quito, al 06 de agosto de 2015.

f.) Lorena Tapia Núñez, Ministra del Ambiente.

ANEXO I

FORMATO PROGRAMA DE GESTION INTEGRAL DE NEUMATICOS USADOS

1. INFORMACION GENERAL

1.1 Título: PROGRAMA DE GESTION INTEGRAL DE NEUMATICOS USADOS.

1.2 Nombre o razón social.

1.3 RUC.

1.4 Dirección; se debe especificar provincia/cantón/ parroquia/calles.

1.5 Teléfono.

1.6 E-mail.

1.7 Período del programa; corresponde al período establecido en la Normativa Ambiental vigente.

1.8 Localización; se debe incluir la cobertura geográfica del programa de gestión integral.

1.9 Identificación de participantes del programa de gestión integral; se debe incluir a todos los actores involucrados como generador, gestor/es de todas las fases de gestión, si aplica distribuidor/es o clientes.

2. ANTECEDENTES.

3. JUSTIFICACION Y ALCANCE.

4. OBJETIVOS.

4.1 Objetivos generales

4.2 Objetivos específicos

5. INFORMACION ESPECIFICA.

5.1 Descripción e identificación de producto importado y/o fabricado; que debe incluir el listado de productos que ampara el programa de gestión integral con su información técnica (componentes, peso, volumen, material, marca, rin, tipo de medio de transporte en el que se use o los que apliquen) y clasificación arancelaria.

5.2 Descripción de la cadena de comercialización; que debe incluir un esquema de comercialización en donde se especifique el fabricante, incluyendo el país y casa matriz de origen-Importador/Productor-Distribuidor-Comercializador-Usuario final.

5.3 Identificación de fuentes de generación; que corresponde a los sitios en donde se generan los neumáticos usados y las actividades generan los mismos.

5.4 Cuantificación de la generación; que corresponde a la meta de recuperación conforme a la Normativa Ambiental aplicable.

6. ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN.

6.1 Descripción de las alternativas de prevención y minimización.

6.2 Cronograma de implementación.

6.3 Evaluación y control de la implementación.

7. GESTIÓN DE RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.

7.1 Mecanismos de recolección; se debe incluir un cronograma de recolección, geo referenciación de los puntos, frecuencia de recolección y los contratos/ convenios con gestores o distribuidores/clientes finales que aplique en esta fase de gestión. Los puntos de recolección de neumáticos usados deben considerar el principio de proximidad.

7.2 Almacenamiento; se debe incluir dirección de bodega/s de los centros de acopio temporal, sean estas instalaciones propias o contratadas, descripción de las instalaciones de almacenamiento, condiciones de seguridad y salubridad y geo referenciación de los puntos de acopio primario y/o centros de acopio temporal.

7.3 Mecanismos de transporte; se debe incluir cronograma de transporte especificando frecuencia, puntos de retiro y destino del desecho incluyendo direcciones y geo referenciación, descripción de las condiciones de seguridad del medio de transporte utilizado y convenios/ contratos con gestores seleccionados autorizados.

8. GESTION DE TRATAMIENTO, ELIMINACION Y/O DISPOSICION FINAL.

8.1 Mecanismos de tratamiento, eliminación y/o disposición final.

8.2 Justificación del tratamiento, sistema de eliminación y/o disposición final seleccionado.

8.3 Convenio y/o contratos; se debe adjuntar copia del documento debidamente firmado con gestores autorizados en cada fase de gestión incluyendo el número de licencia ambiental y fecha de emisión.

8.4 Geo referenciación de la ubicación de los gestores.

9. EJECUCION, SEGUIMIENTO Y EVALUACION DEL PROGRAMA DE GESTION INTEGRAL.

9.1 Personal responsable de la coordinación y operación de la gestión integral.

9.2 Programas de capacitación; se debe incluir el cronograma de capacitaciones, especificando el tema, público objetivo, frecuencia, responsables y medios de verificación.

9.3 Sistemas de comunicación; se debe presentar la estrategia de comunicación interna y externa a través de la cual se pretende llegar al usuario final y a todos los actores involucrados.

9.4 Control, seguimiento y evaluación; se debe incluir los medios de verificación, frecuencia de evaluación y especificación del tiempo y de aplicación de correcciones, una vez identificadas las oportunidades de mejora.

9.5 Trazabilidad; se debe especificar la(s) herramienta(s) a ser utilizadas para garantizar la trazabilidad del desecho generado desde la importación y/o fabricación hasta la gestión o disposición final.

9.6 Proyección de metas anuales de recuperación para el periodo del programa de gestión integral.

9.7 Cronograma anual de ejecución del programa; se debe incluir todas las actividades a desarrollar para la implementación del programa de gestión integral especificando frecuencias y responsables.

10. PLAN DE CONTINGENCIA

Se debe contemplar en todas las fases del programa de gestión integral.

11. MATRIZ LOGICA VALORADA

Se debe incluir acciones propuestas, frecuencias, responsables, costos e indicadores que permitan la evaluación y cuantificación.