

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UNA MAQUINA DE TRITURADO  
INDUSTRIAL PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LLANTAS EN DESUSO EN  
EL MUNICIPIO DE SOACHA, CUNDINAMARCA.**

**AUTORES:**

**DANIEL ORALNDO BOADA VARGAS.  
MICHAEL ENRIQUE LOPEZ RODRIGUEZ.**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.  
FACULTAD DE INGENIERÍA.  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.  
ABRIL-2017.**

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UNA MAQUINA DE TRITURADO  
INDUSTRIAL PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LLANTAS EN DESUSO EN  
EL MUNICIPIO DE SOACHA, CUNDINAMARCA.**

**PRESENTADO POR:**

**DANIEL ORLANDO BOADA VARGAS.**

**COD: 764212112**

**MICHAEL ENRIQUE LOPEZ RODRIGUEZ.**

**COD: 764212147**

**PROYECTO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**DIRECTOR:**

**ANA MARIA CAMACHO BOHORQUEZ**

**DISEÑADORA INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA.**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ABRIL-2017**

**DEDICATORIA**

*A nuestros padres por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.*

*Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A nuestra maestra.**

*Diseñadora industrial. Ana María Camacho Bohórquez por su gran apoyo y motivación para el desarrollo y culminación de nuestros estudios profesionales y por nunca a ver dejado de creer en nosotros a lo largo de este tiempo.*

## ABSTRACT

El creciente volumen de la generación de llantas a nivel mundial ha llegado alrededor de 1.000 millones de unidades fabricadas anualmente. (CONFERENCIA MUNDIAL DEL CAUCHO, 2013: Budapest). En estados unidos, el consumo de llantas es algo superior a una llanta por habitante/año (300 millones de llantas/anual), de las cuales aproximadamente el 5% son quemadas en plantas termoeléctricas (Cantanhede & Monge, 2002, p.3).

Las llantas presentan una estructura compleja, formada por diversos materiales como caucho, acero y tejido de poliamida o poliéster. (Revista Didáctica Ambiental n°12, 2013, p.14). La separación de estos materiales en sus componentes originales es un proceso de alta complejidad y resulta una inversión de tiempo demasiado largo para el tratamiento de una llanta como desecho. “Por si sola la llanta no es biodegradable, tarda más de 100 años en desintegrarse” (El Tiempo, 2011). Es por esto que muchas llantas han llegado a ser desechadas por sus dueños o monta llantas a calles, humedales y cañerías.

No obstante, las llantas son difíciles de compactar en un relleno sanitario, haciendo este proceso costoso, así mismo presentando la dificultad de ocupar demasiado espacio. Como lo afirma la secretaria distrital de ambiente; debido a su forma hueca, las llantas pueden atrapar aire y otros gases, lo que las convierte en aros, que con el tiempo, “flotan” a la superficie, rompiendo la cubierta de las celdas de disposición.

El (Ministerio de medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2009) afirma que “El Departamento de Cundinamarca se desechan en promedio 53.760 toneladas de residuos de llantas anuales”. Según proyecciones del DANE para 2009 se estimó una población de 2'437.151 habitantes, sin Bogotá. De acuerdo a estos datos se estima que el desecho de llantas diarias para el municipio de Soacha, con una población de 445.148 habitantes es de 9.814 toneladas anuales.

A partir de esta información se observa que la disposición final de las llantas usadas ha llegado a representar un problema de técnico, económico, ambiental y de salud pública. En efecto, este escenario representa una gran oportunidad de mercado, que puede ser atendido mediante el uso de maquinaria de triturado industrial para la obtención de GCR (Granulo De Caucho Reciclado).

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. CAPÍTULO I.....</b>	<b>15</b>
1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.2. Palabras claves .....	15
1.3. Planteamiento del problema.....	16
1.4. Justificación .....	19
1.5. Objetivos .....	20
1.5.1. Objetivo general .....	20
1.5.2. Objetivos específicos .....	20
<b>2. Capítulo II.....</b>	<b>21</b>
2.1. Alcances y limitaciones .....	21
2.2. Marcos.....	23
2.2.1. Marco referencial .....	23
2.2.2. Marco conceptual.....	25
2.2.3. Marco teórico .....	30
<b>3. Capítulo III.....</b>	<b>36</b>
3.1. Metodología del proyecto .....	36
3.2. Métodos e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.3. Variables .....	42
3.3.1. Variables dependientes .....	42
3.3.2. Variables independientes .....	42

<b>4. Capítulo IV .....</b>	<b>43</b>
4.1. Características de los componentes de las llantas en desuso para el proceso de triturado industrial.....	43
4.1.1. Composición física de las llantas .....	43
4.1.2. Composición química de las llantas.....	45
4.1.3. Estructura convencional.....	46
4.1.4. Estructura radial .....	47
4.1.5. Características generales de las llantas .....	47
4.2. Análisis de maquinaria de las empresas TGMM ESPAÑA & GERCONS COLOMBIA S.A.S.....	48
4.2.1. Máquina de reciclaje de llantas BOMATIC .....	49
4.2.1.1. Sub-procesos .....	49
4.2.1.2. Dimensiones.....	50
4.2.1.3. Materiales.....	51
4.2.1.4. Capacidad de producción .....	60
4.2.1.5. Desempeño.....	62
4.2.2. Sistema tratamiento para reciclado de N.F.U .....	63
4.2.2.1. Sub-procesos .....	63
4.2.2.2. Dimensiones.....	64
4.2.2.3. Materiales.....	65
4.2.2.4. Capacidad de producción .....	76
4.2.2.5. Desempeño.....	78

4.2.3. Flujograma .....	79
4.2.4. VSM (Value stream map) .....	73
4.3. Características DE LA PROPUESTA DE DISEÑO .....	75
4.3.1. Costos e infraestructura.....	76
4.3.1.1. Sub-procesos .....	78
4.3.1.2. Dimensiones.....	79
4.3.1.3. Materiales.....	80
4.3.1.4. Capacidad de producción .....	89
4.3.1.5. Desempeño.....	91
4.3.2. VSM (Value stream map) Propuesta .....	92
4.4. Diseño de la propuesta de la máquina de triturado industrial adecuada para el tratamiento de llantas en desuso en el municipio de Soacha, Cundinamarca con base a las características formales y funcionales. ....	94
4.4.1. Planos técnicos del sub-proceso de triturado .....	95
4.4.2. Máquina de triturado de llantas (Sub-proceso B) .....	96
4.4.3. Tabla lista de materiales y presupuesto. ....	98
<b>5. Capítulo V .....</b>	<b>100</b>
5.1. Conclusiones .....	100
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>103</b>
<b>7. Anexos .....</b>	<b>104</b>
<b>8. Apéndice.....</b>	<b>105</b>

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1 .....	30
Tabla 2 .....	37
Tabla 3 .....	45
Tabla 4 .....	49
Tabla 5 .....	50
Tabla 6 .....	51
Tabla 7 .....	52
Tabla 8 .....	53
Tabla 9 .....	54
Tabla 10 .....	54
Tabla 11 .....	55
Tabla 12 .....	55
Tabla 13 .....	56
Tabla 14 .....	57
Tabla 15 .....	57
Tabla 16 .....	58
Tabla 17 .....	58
Tabla 18 .....	59
Tabla 19 .....	59
Tabla 20 .....	61

	11
Tabla 21 .....	62
Tabla 22 .....	62
Tabla 23 .....	63
Tabla 24 .....	64
Tabla 25 .....	65
Tabla 26 .....	67
Tabla 27 .....	69
Tabla 28 .....	71
Tabla 29 .....	72
Tabla 30 .....	73
Tabla 31 .....	77
Tabla 32 .....	78
Tabla 33 .....	78
Tabla 34 .....	72
Tabla 35 .....	74
Tabla 36 .....	75
Tabla 37 .....	78
Tabla 38 .....	79
Tabla 39 .....	80
Tabla 40 .....	82
Tabla 41 .....	84
Tabla 42 .....	85

	12
Tabla 43 .....	86
Tabla 44 .....	90
Tabla 45 .....	91
Tabla 46 .....	91
Tabla 47 .....	93
Tabla 48 .....	97
Tabla 49 .....	99

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de contaminación.....	26
Figura 2 Design Thinking (Pensamiento de diseño).....	27
Figura 3 Zonas recreación y deportes .....	31
Figura 4 Parques infantiles.....	32
Figura 5 Malla asfáltica .....	33
Figura 6 Baldosas GCR .....	33
Figura 7 Metodología del proyecto <i>Fuente: Elaboración propia</i> .....	36
Figura 8 Llanta estructura radial <i>Fuente: Autores</i> .....	38
Figura 9 Llantas estructura Radial en Soacha <i>Fuente: Autores</i> .....	39
Figura 10 Herramientas Lean Manufacturing <i>Fuente: Elaboración autores</i> .....	41
Figura 11 Metodología Lean Manufacturing <i>Fuente: Elaboración autores</i> .....	42
Figura 12 Partes de las llanta <i>Fuente: www.michelin.es</i> .....	44
Figura 13 Estructura convencional <i>Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas, 2006.</i> .....	46
Figura 14 Estructura radial <i>Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas, 2006.</i> .....	47
Figura 15 Información suministrada en las llantas .....	48
Figura 16 Planos del sistema de triturado industrial TGMM España.....	50
Figura 17 Planos del sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S .....	64
Figura 18 Ilustración destalonadora.....	66
Figura 19 Ilustración cortadora <i>Fuente: www.gerconscolombia.com</i> .....	68

	14
Figura 20 Ilustración cinta transportadora <i>Fuente: www.gerconscolombia.com</i> .....	69
Figura 21 Ilustración trituradora .....	70
Figura 22 Cernidor vibratorio .....	73
Figura 23 Ilustración sistema de extracción de fibra de nylon y polvo .....	74
Figura 24 Ilustración sistema de embolsado big-bang.....	75
Figura 25 flujograma.....	71
Figura 26 Cotización TGMM España <i>Fuente: www.unoreciclaje.com</i> .....	77
Figura 27 Planos del sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S (PROCESO MEJORADO) .....	79
Figura 28 Ilustración cinta transportadora <i>Fuente: www.gerconscolombia.com</i> .....	81
Figura 29 Planos trituradora <i>Fuente: Elaboración autores</i> .....	83
Figura 30 Cernidor vibratorio (1500 kg/h) .....	86
Figura 31 Ilustración sistema de extracción de fibra de nylon y polvo .....	87
Figura 32 Ilustración sistema de embolsado big-bang.....	88
Figura 33 Design Thinking (Pensamiento de diseño).....	94
Figura 34 Planos trituradora.....	95
Figura 35 Partes de la máquina de triturado (Sub-proceso B) .....	96
Figura 36 Planos máquina de triturado (Sub-proceso B).....	98

## **1. CAPÍTULO I**

### **1.1.LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

El proyecto se ilustra dentro de una línea de investigación cuantitativa puesto que se identificó el balanceo de las líneas de triturado industrial de las empresas GERCONS COLOMBIA S.AS y TGMM ESPAÑA, para definir la propuesta del diseño de una máquina de triturado industrial para la transformación de llantas en desuso en el municipio de Soacha, Cundinamarca, estas temáticas se enmarcan dentro de las áreas de ingeniería de operaciones e ingeniería de métodos.

Teniendo en cuenta las líneas de investigación escogidas, el trabajo de grado desarrollado se puede contextualizar en los siguientes pasos:

- Lograr la maximización de los beneficios o la minimización de los costos.
- Aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

### **1.2. PALABRAS CLAVES**

Granulación, Procesos industriales, Industria del caucho, Fabricantes de neumáticos, Industria petrolífera, ruedas de vehículos.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El creciente volumen de la generación de llantas a nivel mundial ha llegado alrededor de 1.000 millones de unidades fabricadas anualmente. (CONFERENCIA MUNDIAL DEL CAUCHO, 2013: Budapest). En Estados Unidos, el consumo de llantas es algo superior a una llanta por habitante/año (300 millones de llantas/anual), de las cuales aproximadamente el 5% son quemadas en plantas termoeléctricas (Cantanhede & Monge, 2002, p.3).

La importación de llantas en Colombia cobra cada día más fuerza estando en el orden de 5,3 millones de unidades anuales, cifra que se mantiene desde 2014.

Del total, 48% corresponde a llantas de automóvil, 35% a llantas de camioneta y 17% a llantas de camión liviano y pesado. De esta forma, 2,5 millones de llantas corresponden a automóviles, 1,8 millones a camionetas y 900 mil a camiones.

Según el estudio realizado por la Importadora Nacional de Llantas Imlla S.A.S, representante exclusivo de las marcas Toyo y Dunlop, señala que las empresas más importantes relacionadas a las importaciones son Goodyear con 18%, Michelin con 15% y Hankook con 14% (El Frente, 2016).

Las llantas presentan una estructura compleja, formada por diversos materiales como caucho, acero y tejido de poliamida o poliéster. (Revista Didáctica Ambiental n°12, 2013, p.14). La separación de estos materiales en sus componentes originales es un proceso de alta complejidad y resulta una inversión de tiempo demasiado largo para el tratamiento de una llanta como desecho. “Por si sola la llanta no es

biodegradable, tarda más de 100 años en desintegrarse” (El Tiempo, 2011). Es por esto que muchas llantas han llegado a ser desechadas por sus dueños o montadas a calles, humedales y cañerías.

No obstante, las llantas son difíciles de compactar en un relleno sanitario, haciendo este proceso costoso, así mismo presentando la dificultad de ocupar demasiado espacio. Como lo afirma la secretaria distrital de ambiente; debido a su forma hueca, las llantas pueden atrapar aire y otros gases, lo que las convierte en aros, que con el tiempo, “flotan” a la superficie, rompiendo la cubierta de las celdas de disposición.

Estas aberturas exponen este residuo a roedores, insectos y aves, permitiendo el escape de los gases, abriendo accesos para que la lluvia penetre entre las celdas y favorezca la generación de lixiviados (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016).

Su almacenamiento al aire libre, en grandes cantidades provoca problemas de sanidad debido a la proliferación de enfermedades infecto-contagiosas por fauna nociva, Según Liliana Giraldo, docente de química e investigadora de la universidad nacional, los neumáticos abandonados son susceptibles de llenarse de agua. “Esta acumulación permite que lleguen los insectos, que a su vez pueden transmitir enfermedades” (El Tiempo, 2016).

Además del riesgo de incendios, por llantas puede causar impactos adversos al medio ambiente y a la salud pública, por los compuestos que los conforman. La combustión incontrolada tiende a producir cantidades importantes de hidrocarburos no

quemados (humo negro espeso) y emisiones nocivas para atmosfera y la calidad del aire de la ciudad (Secretaria de Ambiente, 2016).

El (Ministerio de medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2009) afirma que “El Departamento de Cundinamarca se desechan en promedio 53.760 toneladas de residuos de llantas anuales”. Según proyecciones del DANE para 2009 se estimó una población de 2'437.151 habitantes, sin Bogotá. De acuerdo a estos datos se estima que el desecho de llantas anuales para el municipio de Soacha, con una población de 445.148 habitantes es de 9.814 toneladas anuales.

A partir de esta información se observa que la disposición final de las llantas usadas ha llegado a representar un problema de técnico, económico, ambiental y de salud pública. En efecto, este escenario representa una gran oportunidad de mercado, que puede ser atendido mediante el uso de maquinaria de triturado industrial para la obtención de GCR (Granulo De Caucho Reciclado), lo que nos lleva a la problemática de ¿Cuáles son las características para el diseño y fabricación de una máquina de triturado industrial para la transformación de llantas en desuso en el municipio de Soacha?

## **1.4.JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación se enfocara en determinar las características para el diseño y fabricación de una máquina de triturado industrial para la transformación de llantas en desuso en el municipio de Soacha, Cundinamarca, ya que en la actualidad no se evidencia en este municipio empresas dedicadas al reciclaje y aprovechamiento de llantas en desuso mediante el triturado industrial para la obtención de productos como el GCR ( Granulo de Caucho Reciclado). Proyecto por el cual el municipio de Soacha se verá fuertemente beneficiado puesto que se estima que este mercado está en auge, ya que la cantidad de llantas en desuso van en aumento.

Donde cada año, millones de llantas usadas por automóviles, camionetas y camiones son objeto de dumping (ofrecer productos por debajo de su costo de fabricación), que se dejan de lado sus costos de desecho, causando el abandono de llantas en lugares que causan graves peligros para el medio ambiente generando importantes daños tóxicos y nocivos para el entorno en el que se desechen lo que supone una oportunidad tanto de mercado con altos beneficios tanto económicos para el municipio como de carácter social generando un beneficio frente a la apropiación de las personas con su entorno medioambiental dejando como resultado un valor agregado frente a otros municipios de Colombia a nivel industrial.

Tema que se abarca desde la ingeniería industrial desde la concepción de un problema que abarcara una solución de forma cuantitativa en la que se verá implícito el desarrollo industrial del municipio.

## **1.5.OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar las características para la propuesta del diseño y fabricación de una máquina de triturado industrial de llantas para el municipio de Soacha, Cundinamarca.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Definir las principales características de los componentes de las llantas en desuso para el proceso de triturado industrial en el municipio de Soacha, Cundinamarca.
- Analizar las tipologías de maquinaria de triturado industrial existente con relación a: subprocesos, dimensiones, materiales, partes, capacidad de producción y desempeño, para la clasificación de las características generales de una máquina de triturado industrial de llantas en desuso adecuada a las necesidades del municipio de Soacha, Cundinamarca.
- Precisar las características formales y funcionales para el diseño y fabricación de una máquina de triturado industrial de llantas, lo que permitirá la comparación y clasificación de los diversos subprocesos de triturado industrial encontrados respecto a las empresas TGMM ESPAÑA & GERCONS COLOMBIA S.A.S, para la obtención GCR (Granulo De Caucho Reciclado).

- Diseñar la propuesta para la máquina de triturado industrial, adecuada para el tratamiento de llantas en desuso en el municipio de Soacha, Cundinamarca, tomando como referencia el resultado de consulta e indagación en cuanto las características formales y funcionales que debe tener la máquina para satisfacer las necesidades del municipio.

## **2. CAPITULO II**

### **2.1.ALCANCES Y LIMITACIONES**

Este proyecto es el primer paso frente a los conceptos de investigación y desarrollo, se centra en plantear una propuesta para el diseño de una máquina de triturado industrial de llantas en desuso en el municipio de Soacha, este proyecto no implica el estudio de temas medioambientales de carácter social. La investigación y el desarrollo del proyecto abarcaran únicamente al municipio de Soacha donde mediante el uso de herramientas teórico-prácticas se analizará el tipo de maquinaria necesaria para el triturado industrial de llantas en el municipio de Soacha.

Siendo un limitante la inseguridad de algunos sectores del municipio de Soacha, para la localización de puntos de acopio de llantas se opta por recurrir a fuentes de información previstas por la alcaldía del municipio con respecto a estudios realizados con anterioridad que abarcan a grosso modo el tema de la contaminación

ambiental producida por desechos sólidos dentro de los cuales se encuentran las llantas como desecho.

Como resultado, se intentará determinar las principales características de las llantas en desuso en el municipio, lo cual, representa un problema técnico-económico para el municipio, por otro lado no se abarcara su respectivo análisis a efecto de los perjuicios que genera un deterioro psicosocial frente a los valores éticos y morales de la población. El proyecto no abarcara análisis intrínsecos con respecto al estudio individual de la población en el municipio de Soacha, Cundinamarca.

Siendo un limitante la ubicación de algunas de las empresas dedicadas al triturado industrial de llantas en desuso existentes en el país se planteará hacer una muestra de una o dos empresas más cercanas al municipio de Soacha, Cundinamarca para la identificación de la maquinaria existente en el país, no obstante se recurrirá a la solicitud de información de la maquinaria empleada por las demás empresas mediante correo electrónico y contacto telefónico.

El alcance del proyecto va hasta el análisis, con respecto a los diferentes procesos de triturado industrial de llantas actualmente vigentes en el país, ubicando los procesos más idóneo para las necesidades de municipio, que comprenderá las características de innovación y desarrollo que se planteará como propuesta de reciclaje para el municipio de Soacha, Cundinamarca.

## **2.2.MARCOS**

### **2.2.1. Marco referencial**

En Colombia, especialmente en la ciudad de Bogotá, las llantas en desuso empezaron a ser revisadas en el año 2000 por el DAMA (Departamento técnico Administrativo del Medio Ambiente), como materia prima para el pavimento asfáltico, considerando aspectos económicos, tecnológicos, sociales y ambientales (OCADE, 2000), además teniendo en cuenta también, el reconocido éxito de esta aplicación en países como Canadá, Estados Unidos y España.

Una vez el DAMA, delegó al IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), ser el encargado de los estudios especializados para evidenciar las mejoras mecánicas de ésta mezcla, se contrató a la Universidad de Los Andes para la realización de dicho estudio. En el año 2002, la universidad llegó a la conclusión de que la mezcla asfáltica realizada con este caucho es de alta calidad, ya que incrementa la vida útil del pavimento, su resistencia a altas y bajas temperaturas y disminuye el desgaste de las llantas al contacto con la superficie, permitiendo quintuplicar su duración (Universidad de los Andes, 2002).

Coherentemente con los resultados de éste estudio, el 16 de Septiembre de 2009, el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), impone la resolución número 3649 por medio de la cual hace la especificación técnica para la aplicación del GCR (Granulo de

Caucho Reciclado), con lo que se estipula y autoriza la utilización de ésta mezcla en la malla vial de la ciudad de Bogotá.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial consolidada las responsabilidades del productor de la llanta, a través de la resolución número 1457 del 29 de Julio de 2010, por la que obliga a los productores de llantas a formular sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de las llantas usadas, ubicando a disposición del público puntos de recolección sin ningún costo con el propósito de prevenir y controlar la degradación ambiental.

Como lo menciona El Tiempo, Vásquez (2011), la resolución aplica para los productores de 200 o más llantas al año y para los que importan al año 50 o más automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tracto mulas con sus respectivas llantas, hasta rin 22,5 pulgadas. Según el señor Gustavo García, gerente de servicios Hyundai Colombia, la nueva resolución “obliga a demostrar que el 25% de las llantas que importan tanto las marcas de vehículos instaladas como las que produce llanteras, tiene un buen fin, es decir, que son destruidas de manera igualmente técnica”.

Ya habiendo mencionado esto, sabemos que el productor al ser responsable de realizar la gestión final de las llantas, requiere de máquinas trituradoras de llantas especialistas en el tema, por lo cual el proyecto intenta suplir esta necesidad, logrando como producto final el GCR (Granulo de Caucho Reciclado), para su posterior comercialización.

### 2.2.2. Marco conceptual

- **Asfalto**

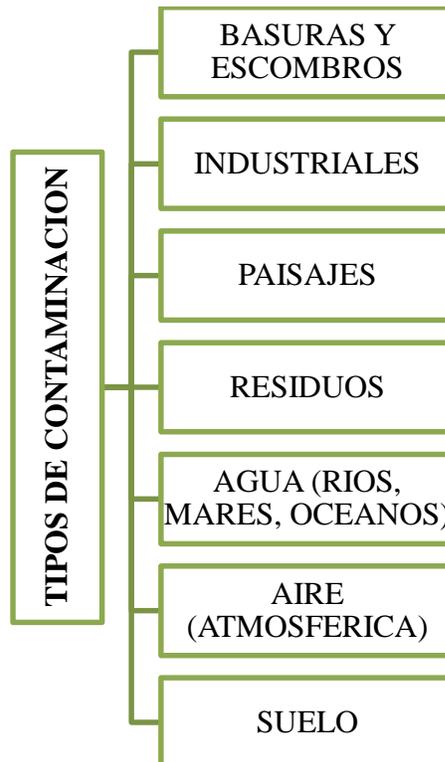
Mezcla sólida y compacta de hidrocarburos y de minerales que mayormente es empleada para construir el pavimento de las calzadas (DEFINICIÓN ABC, s.f.).

- **Asfalto químicamente modificado**

Consiste en mezclar el caucho directamente con el pavimento (Ligante), con lo cual se consigue una mayor homogeneidad (Cámara de comercio de Bogotá, 2006).

- **Contaminación**

Toda materia, sustancia, o sus combinaciones, compuestos o derivados químicos y biológicos, (humos, gases, polvos, cenizas, bacterias, residuos, desperdicios y cualquier otro elemento), así como toda forma de energía (calor, radiactividad, ruido), que al entrar en contacto con el aire, el agua, el suelo o los alimentos, altera o modifica su composición y condiciona el equilibrio de su estado normal (infojardin.net. 2002).



**Figura 1 Tipos de contaminación**

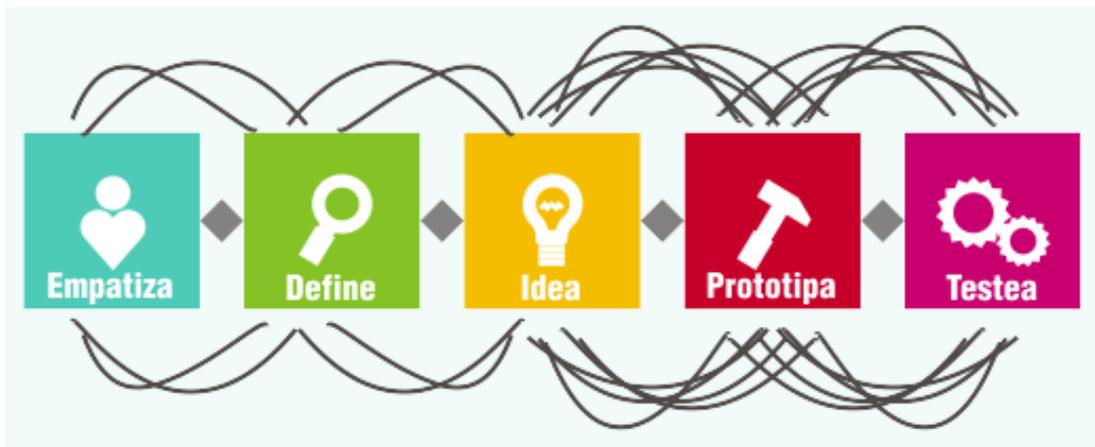
*Fuente: Elaboración autores*

- **Caucho sintético**

Desarrollado a partir de polímeros sintéticos a base de diolefinas (butadieno o isopreno, principalmente), que polimerizan linealmente con transposición de doble enlace (Miravete, 2007, p.98).

- **Diseño**

El diseño es una actividad creativa orientada a soluciones, que trabaja en intervenciones concretas. Itera sobre representaciones parciales para construir, refinar y evaluar la manera en que la intervención cambiará el mundo. Convoca múltiples actores y saberes para imaginar y desencadenar el cambio (Universidad de los Andes, s.f).



**Figura 2 Design Thinking (Pensamiento de diseño)**

*Fuente: <http://designthinking.es>*

- **Diámetro de la llanta o aro**

Este número de dos dígitos es el diámetro de la llanta o del aro, generalmente en pulgadas. Si cambiamos el tamaño de las llantas, será necesario comprar nuevos neumáticos que se ajusten al nuevo diámetro (Guía para el manejo de llantas usadas, 2006, p.27).

- **Granulo de caucho reciclado (GRC)**

Conocido como caucho modificador, es el caucho molido proveniente de llantas en desuso, usado en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente y en otras aplicaciones de pavimentación (Universidad de los Andes, 2002).

- **Llantas**

Es un objeto mecánico, con forma de anillo circular, sólido o hueco, fabricado de hule o sustancias químicas y reforzadas comúnmente con materiales textiles, acero u otros, el cual es montado en un RIN.

El material base utilizado en la construcción de una llanta es el caucho, el cual es reforzado con fibras de otros materiales para mantener la resistencia y la flexibilidad (Universidad Politécnica Salesiana, 2010, p. 27).

- **Reencaucho**

Es una fase importante para extender la vida útil de una llanta y se aplica por lo general a las llantas de tamaño mediano; consiste en renovar la banda de rodamiento de las llantas gastadas y con la carcasa en buen estado (Cámara de comercio de Bogotá, s.f.).

- **Tipo de llanta**

Le indica cómo se armó la llanta. La “R” significa radial, lo cual quiere decir que el cuerpo está formado de cuerdas plegadas, las cuales son capas de tejido que componen el cuerpo de la llanta y que corren transversalmente en la llanta de talón a talón. Una “B” indica que la llanta cuenta con una construcción convencional, lo cual significa que las cuerdas plegadas del cuerpo corren diagonalmente a través de la llanta de talón a talón, con las capas plegadas alternándose en una dirección que las haga reforzarse una a la otra (Guía para el manejo de llantas usadas, 2006, p.26).

- **Trituración mecánica**

Consiste en reducir el tamaño de la llanta empleando cuchillas para desmenuzarlas; las llantas se trituran paulatinamente hasta alcanzar el tamaño mínimo

requerido y luego se emplean clasificadores neumáticos y magnéticos para separar el textil (Cámara de comercio de Bogotá, p.41).

### 2.2.3. Marco teórico

- **Importancia de los diferentes usos industriales del GCR (Granulo de Caucho Reciclado).**

A continuación en la **tabla 1** se observa los distintos tipos de tamaño del GCR (Granulo de Caucho reciclado).

**Tabla 1**

*Granulometría GCR*

<b>GRANULOMETRIA</b>		
<b>MALLA</b>	<b>40</b>	<b>0,400 mm</b>
<b>MALLA</b>	<b>50</b>	<b>0,297 mm</b>
<b>MALLA</b>	<b>60</b>	<b>0,250 mm</b>
<b>MALLA</b>	<b>70</b>	<b>0,210 mm</b>
<b>MALLA</b>	<b>80</b>	<b>0,177 mm</b>

*Fuente: <http://www.gerconscolombia.com>*

En Colombia existen múltiples aplicaciones para el GCR (Granulo de Caucho Reciclado) tales como:

- **Zonas de recreación y deportes**

Representa una de las aplicaciones de mayor consumo de GCR (Granulo de Caucho Reciclado), dotando a las instalaciones de un confort y seguridad durante el juego y una reducción del consumo de agua.

Existen dos vías de utilización del GCR (Granulo de Caucho Reciclado) en la construcción de césped artificial.

- Capa de absorción de impacto 2-4 mm.
- Relleno de fibra sintética junto a áridos 0,5-2,5 mm.



**Figura 3 Zonas recreación y deportes**

Fuente: <http://www.innovaships.cl/caucho-ganulado/>

### ○ **Parques infantiles**

Evita lesiones a niños y da seguridad a adultos, la construcción de áreas de juegos infantiles está sometida a reglamentaciones de construcción.

En su elaboración se utiliza granulado junto con aglomerantes y pinturas especiales que convierten a estas zonas de juegos en lugares llamativos y seguros.



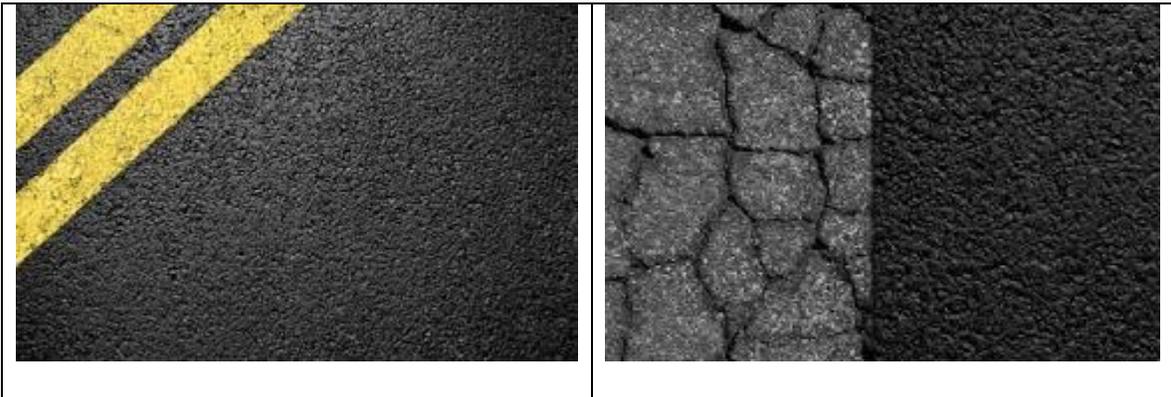
**Figura 4 Parques infantiles**

Fuente: <http://www.suelosdecaucho.com/>

- **Goma asfáltica para carreteras**

El material utilizado es GCR (Granulo de Caucho Reciclado) de granulometrías inferiores a 0,8 mm.

Las mejoras obtenidas mezclando el GCR junto con la mezcla asfáltica se reflejan con la reducción del agrietamiento de las carreteras, mejoras en la seguridad derivadas de la utilización de mezclas abiertas o drenantes.

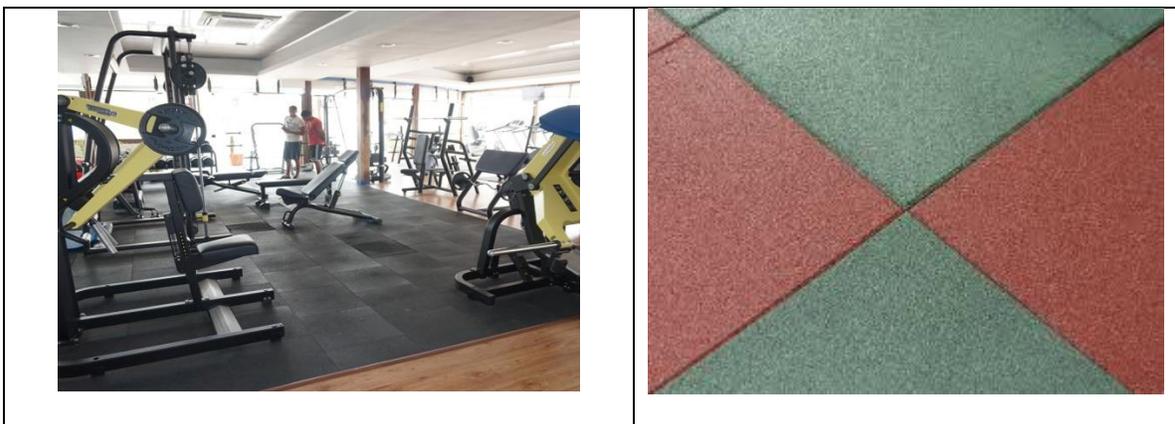


**Figura 5 Malla asfáltica**

Fuente: <http://www.innovaships.cl/caucho-ganulado/>

- **Baldosas GCR (Granulo de Caucho Reciclado)**

Son baldosas de 50 x 50 cms y 4 mm de espesor, principalmente se fabrica en color negro, instalados principalmente en lugares como gimnasios, ascensores, pasillos.



**Figura 6 Baldosas GCR**

Fuente: <http://pisosmamut.com/pisos/baldosas-amortiguantes/>

- **Condiciones de almacenamiento.**

Las llantas, como cualquier otro producto, requieren de condiciones especiales para su almacenamiento con la finalidad de preservar sus características iniciales y evitar daños o pérdidas.

¿Cómo debo almacenar las llantas?

- En un lugar con buena ventilación, seco, con una temperatura templada, evitando la luz directa del sol y alejadas de la intemperie con el fin de evitar su deterioro prematuro.
- Alejadas de cualquier sustancia química, disolvente o hidrocarburo susceptible de alterar el caucho.
- Lejos de cualquier objeto que pudiera penetrar en el caucho (puntas o salientes de metal, madera, etc.).
- Se debe evitar el apilamiento excesivo, ya que puede deformar las llantas que están en la base.
- Si se almacenan fuera de bodega, es recomendable poner las llantas sobre estibas para evitar el contacto con la humedad; así mismo se recomienda cubrirlas con un material impermeable.
- Las llantas contienen ceras y emolientes que evitan que se deterioren con las condiciones ambientales y el uso cotidiano; sin embargo, se ha comprobado que al no emplearse por más de un mes aumenta la probabilidad de resquebrajamiento y

deformación de sus partes; por esto, en caso tal que las llantas estén instaladas en el vehículo y éste deje de ser utilizado por un largo tiempo, se recomienda eliminar el peso que deben soportar las llantas elevando el vehículo o retirándolas para darle un almacenamiento adecuado.

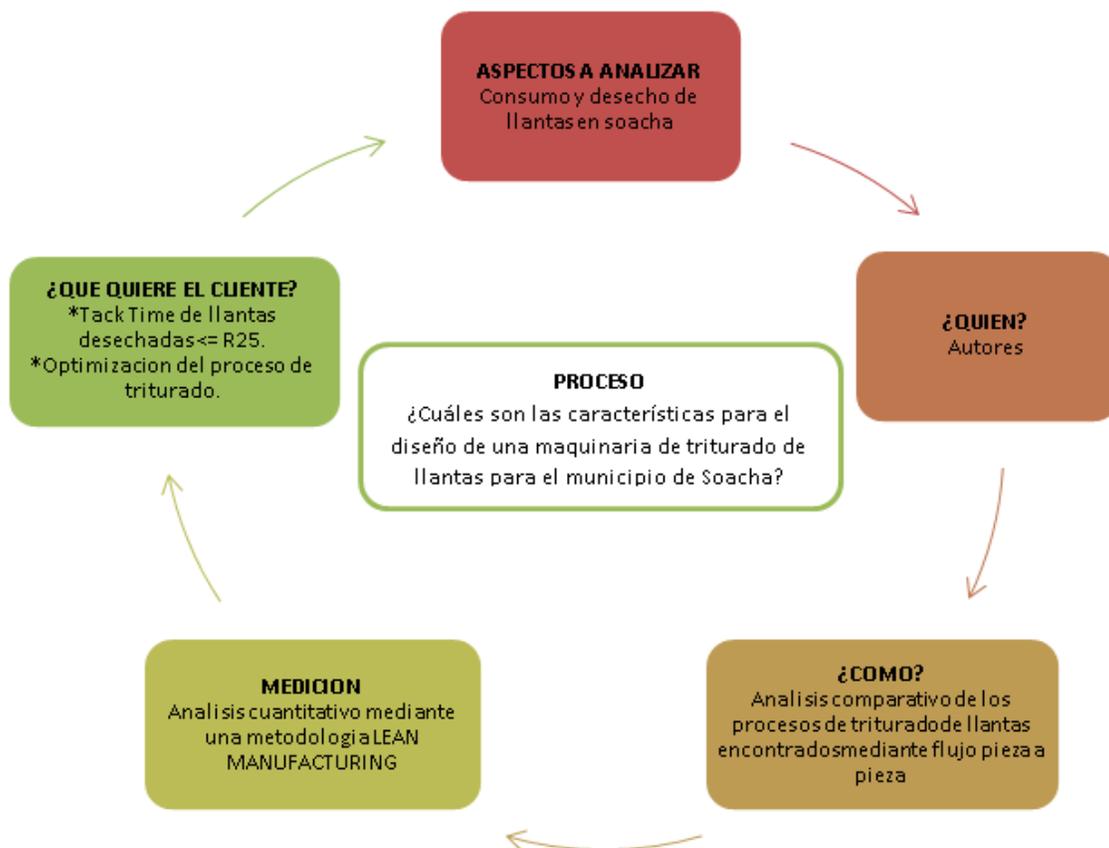
¿Qué no debo hacer al almacenar mis llantas?

- Apilar las llantas durante un largo periodo; esto solo debe hacerse si se trata de conjuntos montados e inflados.
- Almacenarlas cerca de las fuentes de calor y de equipos que puedan provocar chispas o descargas eléctricas (cargador de batería, aparatos de soldar), ya que supone un alto riesgo de incendio.
- Ubicarlas en lugares donde haya motores eléctricos y otras fuentes que generan ozono, ya que se favorece el deterioro de los materiales.
- Almacenar las llantas a la intemperie y sobre superficies que absorben calor como el asfalto o superficies reflectivas como arena (Guía para el manejo de llantas usadas, 2006, pp. 27-28).

### 3. CAPITULO III

#### 3.1.METODOLOGÍA DEL PROYECTO

El desarrollo del producto para este caso comprende un diagrama de tortuga el cual permite identificar la gestión de los procesos que se deseó lograr en el proyecto.



**Figura 7 Metodología del proyecto**  
Fuente: Elaboración propia

Los sujetos de estudio son las empresas dedicadas al triturado industrial de llantas en desuso que existan en Colombia; ya que se identificó desde el inicio del planteamiento del problema, que se debe tener pleno conocimiento de todos los procesos existentes aplicables a las llantas en desuso. Se planteó hacer una muestra, seleccionando 1 o 2 empresas más cercanas a Soacha, Cundinamarca.

- **Empresas de triturado industrial de llantas en Colombia**

**Tabla 2**

*Empresa de triturado industrial de llantas en Colombia*

UBICACIÓN	LOGO
<b>SISTEMA VERDE SAS</b>	
Se encuentra ubicada en el municipio de Madrid, Cundinamarca y Río claro, Antioquia	
<b>CORPAUL</b>	
Se encuentra ubicada en el municipio de Yumbo, Valle del Cauca	
<b>INDUTRADE RECYCLING</b>	
Se encuentra ubicada en el municipio de Albania, Guajira	
<b>GERCONS COLOMBIA S.A.S</b>	
Se encuentra ubicada en el barrio Villa Cecilia, Localidad Engativá, Bogotá.	

*Fuente: Elaboración autores*

### 3.2.MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Observación directa**

Se observó directamente el desecho de llantas en el municipio de Soacha, Cundinamarca identificando y clasificando los tipos de llantas más usados, sus propiedades generales, sus materiales de composición, ciclo de vida y sus adecuadas condiciones de almacenamiento.

Para la identificación de la información anteriormente mencionada se empleó fuentes de información primarias (Consulta de material bibliográfica y fotografías).



**Figura 8 Llanta estructura radial**  
*Fuente: Autores*



**Figura 9 Llantas estructura Radial en Soacha**

*Fuente: Autores*

Logrando identificar que las llantas de estructural radial de son las más comunes de usar y desechar por el parte de los habitantes del municipio de Soacha, Cundinamarca.

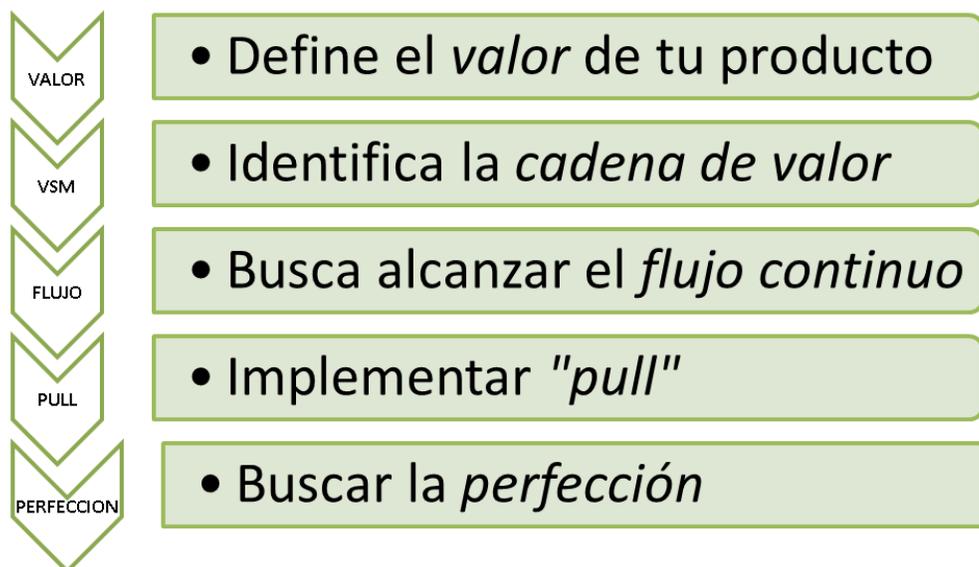
- **Observación de campo y de grupo**

Se realizó la visita de campo con el fin de lograr una recolección de información primaria referente a cuales son los diversos tipos de maquinaria encontradas en el mercado. Para ello se logró la visita a la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S, con el fin de identificar los diferentes sub-procesos para la

transformación de llantas a GCR (Granulo De Caucho Reciclado), por otro lado se determinaron los materiales para su diseño en donde se realizó una clasificación de acuerdo a la cantidad de máquinas, las cuales, conforman la línea producción de triturado de llantas, de igual forma se determinó un alcance respecto a la capacidad de producción y desempeño tomando como referencia para el proceso una llanta de estructural radial RIN 25.

- **Observación participante**

Se adentrara en el fenómeno del desecho de llantas en el municipio de Soacha, Cundinamarca identificando que define el valor en el sistema de triturado, así como su cadena de valor con el fin de lograr el flujo continuo en busca de la perfección como se ilustra en la **figura 10**.



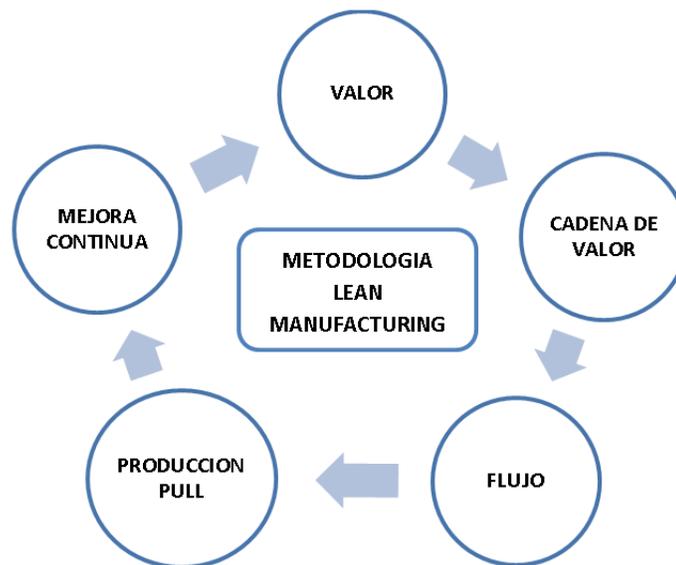
**Figura 10 Herramientas Lean Manufacturing**

Fuente: *Elaboración autores*

- **Observación estructurada**

Se comparó y clasificó diversos sub-procesos de triturado industrial encontrados respecto a las empresas TGMM ESPAÑA & GERCONS COLOMBIA S.A.S, para la obtención GCR (Granulo De Caucho Reciclado), donde se realizó una segmentación de la información relevante de lo irrelevante.

Para lo cual se implementó una metodología Lean Manufacturing con el fin de exponer las oportunidades de mejora identificadas mediante el VSM (Cadena de flujo de valor) del sistema de triturado industrial de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S.



**Figura 11 Metodología Lean Manufacturing**

*Fuente: Elaboración autores*

### **3.3.VARIABLES**

#### **3.3.1. Variables dependientes**

Variable manejada por el investigador, dentro de las cuales se enmarcará la composición de las llantas y su periodo de vida útil.

#### **3.3.2. Variables independientes**

Es aquella cuyo estudio no depende de otra variable en este caso se enmarcan las siguientes:

- El incremento poblacional en el municipio
- La responsabilidad social del propietario
- El clima
- El estado de las vías
- La disminución de aranceles en el país para vehículos.

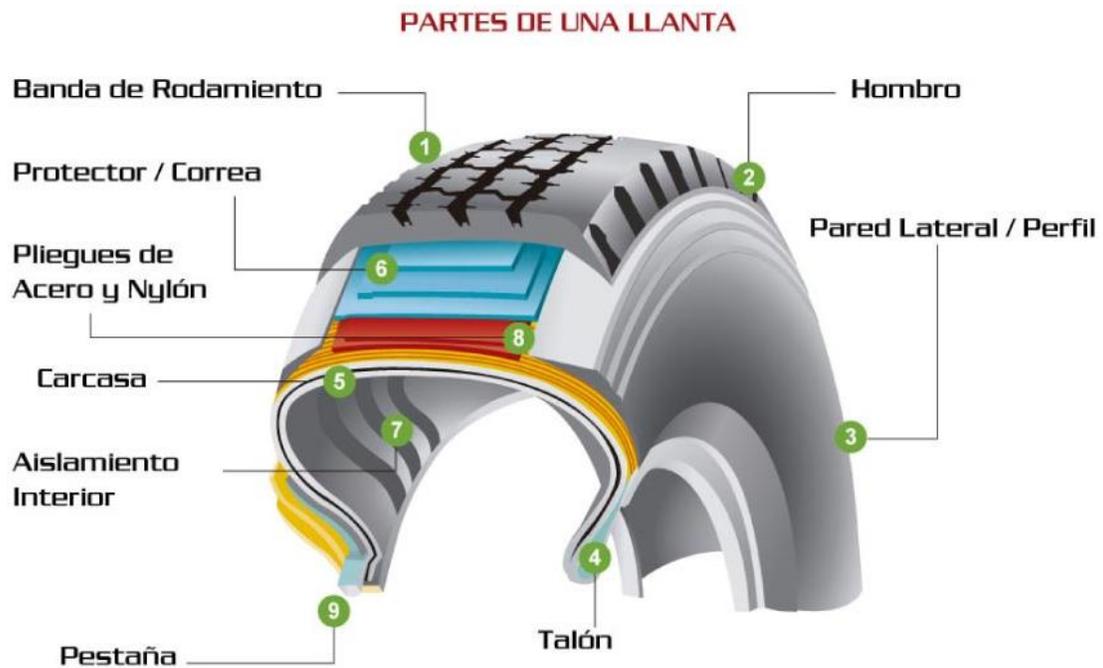
## 4. CAPITULO IV

### 4.1.CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DE LAS LLANTAS EN DESUSO PARA EL PROCESO DE TRITURADO INDUSTRIAL.

En este apartado se presentaran las características físicas y químicas de las llantas las cuales se han tenido en cuenta para este estudio determinando que las llantas requeridas van desde RIN 16 hasta RIN 25.

#### 4.1.1. Composición física de las llantas

En la **figura 12** se presenta la composición física de la llanta de estructural radial RIN 25 con la cual se ha desarrollado este estudio, se observa que la parte 1 (Banda de rodamiento) está constituida por la parte externa de la llanta bajo un proceso de inyección, de igual forma las partes: 2 (hombro), 3 (pared lateral) y 4 (talón))



**Figura 12 Partes de las llanta**

*Fuente: [www.michelin.es](http://www.michelin.es)*

A continuación en la **tabla 3** se presentan las características químicas de las llantas tomando como referencia una llanta de automóvil y una llanta de camión de RIN 16 y RIN 25.

#### 4.1.2. Composición química de las llantas

La llanta de camión presenta una mayor adición de acero y menos aditivos puesto que debe soportar una mayor carga a diferencia de una llanta de automóvil que le permite ser más flexible.

**Tabla 3**

*Materiales de composición de las llantas*

MATERIALES	AUTOMOVILES (%)	CAMIONES (%)
CAUCHO/ ELASTOMEROS	48	45
NEGRO DE HUMO Y SILICE	22	22
METAL	15	25
MATERIAL TEXTIL	5	0
OXIDO DE ZINC	1	2
AZUFRE	1	1
ADITIVOS	8	0

*Fuente: Elaboración autores*

Las llantas de camión contienen una menor proporción de caucho natural en relación con el caucho sintético que los neumáticos de automóvil. La composición de caucho podría obedecer al hecho de que los neumáticos para automóviles de pasajeros tienen que satisfacer normas de calidad más elevadas a fin de competir con éxito en el mercado. Los neumáticos de camión y de vehículos todo terreno, en cambio, deben soportar cargas más pesadas y recorrer mayores distancias, y no desplazarse a alta velocidad (Universidad Politecnica Salesiana, 2010, p. 29).

En promedio una llanta de automóvil pesa 11,5 kg cuando está nueva y 9,0 kg después de usada, lo que significa que se pierden por fricción cerca de 2,5 kg En

promedio una llanta de camión de carga pesa 54,5 kg cuando está nueva y 45,5 kg después de usada, lo que significa que se pierden por fricción cerca de 9,0 kg.

En el mercado encontramos llantas con estructuras convencionales y radiales, cada una con sus características y ventajas respecto al desempeño y facilidad de disposición (Guía para el manejo de llantas usadas, 2006, pp. 17-18).

#### **4.1.3. Estructura convencional**

Se caracteriza por tener una estructura diagonal, las fibras quedan inclinadas con respecto al centro. Esta estructura cuenta con mucha rigidez, impidiendo que se adhiera bien al suelo, menor agarre y estabilidad. (Guía para el manejo de llantas usadas, 2006, pp. 18-19).



**Figura 13 Estructura convencional**

*Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas, 2006.*

#### 4.1.4. Estructura radial

Se caracteriza por tener las fibras hacia el centro formando una especie de ovalo. Este tipo de estructura necesita menos materiales para soportar la misma carga, produce menos fricción interna y más estabilidad generando menor resistencia al desplazamiento. (Ibíd., pp. 18-19).



**Figura 14 Estructura radial**

*Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas, 2006.*

#### 4.1.5. Características generales de las llantas

Por norma, los fabricantes colocan información estandarizada sobre la cara de todas las llantas. Esta información identifica y describe las características de éstas, y proporciona un número de identificación conforme a las normas de seguridad e identificación por parte de la compañía (Guía para el manejo de llantas usadas, 2006, p. 26).



**Figura 15 Información suministrada en las llantas**

*Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas, 2006.*

## 4.2. ANÁLISIS DE MAQUINARIA DE LAS EMPRESAS TGMM ESPAÑA & GERCONS COLOMBIA S.A.S.

Para conocer las características de una maquinaria de triturado industrial fue necesario observar las máquinas vigentes en el mercado; durante el estudio se logró contactar a dos empresas: TGMM ESPAÑA la cual cuenta con una máquina de triturado industrial Ref.: BOMATIC. También, se logró analizar la máquina de triturado industrial Ref.: MAMUT SR-1T de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S.

En el estudio se encontró que las máquinas de triturado industrial es un sistema compuesto por diferentes sub-máquinas que en adelante las llamaremos sub-procesos de la máquina.

#### 4.2.1. Máquina de reciclaje de llantas BOMATIC

- AREA REQUERIDA: 1680 mts<sup>2</sup>
- RENDIMIENTO: 1,8 TONELADA/HORA

##### 4.2.1.1.Sub-procesos

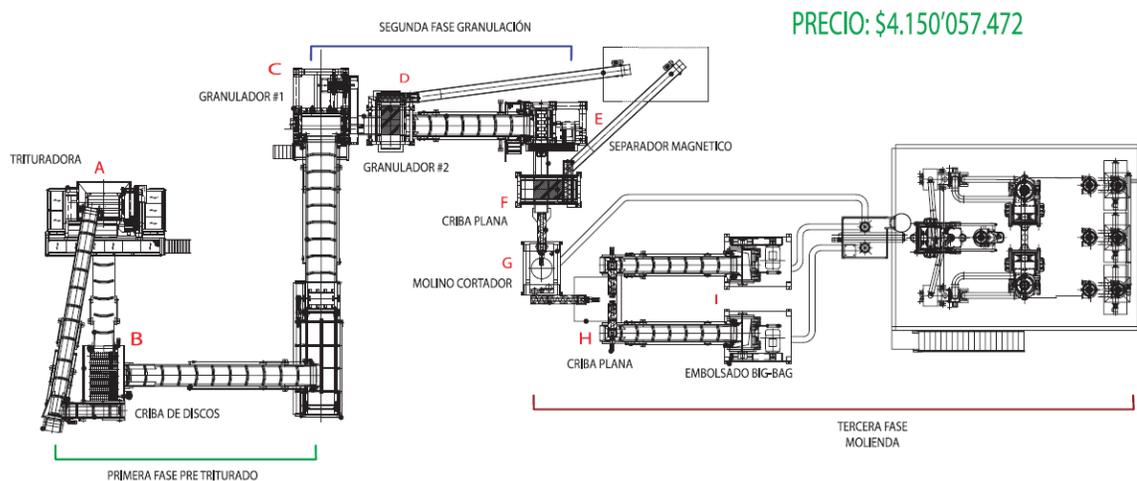
Tabla 4

Sub-procesos sistema de triturado TGMM España Ref.: BOMATIC.

Sub-procesos sistema de triturado TGMM España Ref.: BOMATIC.			
PRIMERA FASE	PRE-TRITURADO	A	TRITURADORA
			CINTA TRANSPORTADORA
		B	CRIBA DE DISCOS
			SISTEMA DE RETORNO DE LOS GRANOS
			CINTA TRANSPORTADORA DE EVACUACION
SEGUNDA FASE	GRANULACION	C	GRANULADOR U1700
		D	GRANULADOR U1200
		E	SEPARADOR MAGNETICO
TERCERA FASE	MOLIENDA	F	CRIBA PLANA
		G	MOLINO CORTADOR
			SISTEMA DE EXTRACION DE POLVO
		H	CRIBA PLANA
		I	SILO RECEPCION

Fuente: Elaboración autores

### 4.2.1.2. Dimensiones



**Figura 16 Planos del sistema de triturado industrial TGMM España**

Fuente: TGMM España

A continuación se detallan las dimensiones en largo, ancho y alto de los sub-procesos de la maquina triturado TGMM España Ref.: BOMATIC

**Tabla 5**

Sub-procesos sistema de triturado TGMM España Ref.: BOMATIC.

ETIQUETA	SUB-PROCESO	DIMENSIONES		
		LARGO (MTS)	ANCHO (MTS)	ALTO (MTS)
A	TRITURADORA	5,2	3	3,6
B	CRIBA DE DISCOS	3,34	1,7	4
C	GRANULADOR #1	5	3	-
D	GRANULADOR #2	3,52	2,35	-
E	SEPARADOR MAGNETICO	1	4,5	-
F	CRIBA DE DISCOS	1,5	1,5	-

<b>G</b>	MOLINO CORTADOR	2	1,7	-
<b>H</b>	CRIBA PLANA	1,5	1,5	-
<b>I</b>	EMBOLSADO BIG-BANG	2	2	3,2

Fuente: Elaboración autores

(Apéndice A. Planos del sistema de triturado TGMM España).

#### 4.2.1.3. Materiales

##### 4.2.1.3.1. Pre-triturado

Comprende una cortadora rotativa y una criba de disco con retorno del grano grueso.

#### TRITURADORA BOMATIC MODELO B1350 DD

**Tabla 6**

*Trituradora BOMATIC MODELO B1350DD*

<b>DIMENSIONES</b>	
<b>POTENCIA MOTRIZ</b>	110 kW (2 x 55 kW)
<b>CABLE CONEXIÓN</b>	2 x 4 x 70 mm <sup>2</sup>
<b>FUSIBLES</b>	2 x 160 A de acción lenta
<b>ABERTURA DEL MECANISMO CORTADOR</b>	1355 x 1500 mm
<b>ABERTURA DE LA TOLVA</b>	2100 x 1500 mm
<b>CONSTRUCCION</b>	
<b>BASTIDOR INFERIOR</b>	En construcción soldada robusta de acero perfilado, incluyendo plataforma de mantenimiento y escalera
<b>MECANISMO CORTADOR</b>	El bastidor del mecanismo cortador está compuesto de una construcción atornillada de acero perfilado y está unido mutuamente a prueba de escaso retorcimiento

	Los dos árboles porta cuchillas están equipados con cuchillas de buril individuales, sustituibles de acero especial a prueba de desgaste.
	Los dos árboles porta cuchillas marchan recíprocamente en forma asíncrona y, por tanto, se limpian automáticamente.
<b>TOLVA</b>	La tolva está conformada como construcción robusta de chapa de acero.
<b>ACCIONAMIENTO</b>	Accionamiento por motor reductor Motor eléctrico de 110 kW (2 x 55 kW) 400 V / 50 Hz arranque directo, tipo de protección IP 54.

Fuente: TGMM España

## CINTA TRANSPORTADORA

**Tabla 7**

*Cinta transportadora*

<b>DIMENSIONES</b>	
<b>LONGITUD TOTAL DE EJE A EJE</b>	8.200 mm
<b>ANCHO DE CINTA</b>	1.000 mm
<b>ACCIONAMIENTO</b>	2,2 kW/ 400 v / 50 Hz
<b>ALTURA DE LA PARED LATERAL</b>	350 mm
<b>MATERIAL</b>	
<b>CAJA</b>	Acero perfilado
<b>LATERALES</b>	Chapa de acero de 2.0 mm de grosor
<b>ARMAZÓN</b>	Hierro perfilado de 100 x 60 mm, soldado
<b>VELOCIDAD CINTA</b>	16 m/ min
<b>CONSTRUCCION</b>	
Una cinta de caucho lisa, resistente, provista de arrastradores y perfiles longitudinales es transportada sobre rodillos portantes. Los laterales están acodados doblemente y cerrados hacia los lados de la caja para evitar una evacuación de restos de desperdicios. Los laterales están montados perpendicularmente con respecto a la cinta y provistos de franjas coberteras (aprox. 100 mm) para garantizar un transporte sin problemas del material.	

Fuente: TGMM España

## CRIBA DE DISCOS

**Tabla 8**

*Criba de discos*

<b>DIMENSIONES EXTERIORES</b>	3.340 x 1.700 x 4.000 mm
<b>MATERIALES</b>	
<b>ARMAZÓN INFERIOR</b>	En construcción soldada robusta de acero perfilado
<b>BASTIDOR DE LA CRIBA</b>	El bastidor de la criba está diseñado como construcción auto-portante y es montado sobre el armazón inferior.
<b>CUERPO DE LA CRIBA</b>	El cuerpo de la criba está compuesto de discos de acero, los cuales están montados individualmente sobre los árboles.
<b>ACCIONAMIENTO</b>	Motor reductor de 5,0 kW con transmisión por cadena
<b>TENSIÓN</b>	400 v / 50 Hz
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	
<p>Los discos de la criba están fabricados de acero HAROX escaso de desgaste y montados sobre los ejes con cojinetes antifricción. El accionamiento se efectúa por un motor reductor, el cual, a su vez, impulsa a los otros árboles por medio de cadenas. La unidad de accionamiento está protegida de la suciedad por unas cubiertas protectoras.</p>	

*Fuente: TGMM España*

## SISTEMA DE RETORNO DE LOS GRANOS

**Tabla 9**

*Sistema de retorno de los granos*

<b>DIMENSIONES</b>	
<b>LONGITUD DE TRANSPORTE</b>	17.000 mm
<b>ANCHO DE LA CINTA</b>	800 mm
<b>TIPO DE CINTA</b>	Caucho, resistente al aceite y a la grasa
<b>TAMBOR DE ACCIONAMIENTO</b>	140 mm
<b>TAMBOR DE INVERSIÓN</b>	140 mm
<b>ACCIONAMIENTO</b>	3,0 KW / 400 V /50Hz
<b>VELOCIDAD</b>	0,4 m/ seg
<b>PAREDES LATERALES</b>	En ambos lados de 150 mm de altura con guarnición
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	
El sistema de retorno de los granos retenidos está compuesto de un resbaladero de unión fabricado de una construcción de chapa de acero fino, que une el rebose de la criba con la cinta transportadora de retorno.	

*Fuente: TGMM España*

## CINTA TRANSPORTADORA DE EVACUACIÓN

**Tabla 10**

*Cinta transportadora de evacuación*

<b>DIMENSIONES</b>	
<b>LONGITUD DE TRANSPORTE</b>	6.000 mm
<b>ANCHO DE BANDA</b>	1.200 mm
<b>TIPO DE CINTA</b>	Caucho, resistente al aceite y a la grasa
<b>TAMBOR DE ACCIONAMIENTO</b>	180 mm
<b>TAMBOR DE INVERSIÓN</b>	180 mm
<b>ACCIONAMIENTO</b>	2,5 KW / 400 V / 50 Hz
<b>VELOCIDAD</b>	0,4 m/seg Controlada por regulador
<b>PAREDES LATERALES</b>	En ambos lados de 150 mm de altura con guarnición

*Fuente: TGMM España*

**Tabla 11***Panel de control*

<b>TENSIÓN RED</b>	400 v / 50 Hz
<b>TENSIÓN DE MANDO</b>	230 v / 50 Hz
<b>TIPO DE PROTECCIÓN</b>	IP 54
<b>UNIDAD DE MANDO</b>	SIEMES S 7 200

*Fuente: TGMM España*4.2.1.3.2. *Granulación***GRANULADOR UNICREX U1700****Tabla 12***Granulador UNICREX U1700*

<b>POTENCIA MOTRIZ</b>	160 KW
<b>PESO</b>	20.700 kg
<b>CUCHILLAS DEL ROTOR</b>	48
<b>CUCHILLAS ESTÁTICAS</b>	4
<b>DIÁMETRO ROTOR</b>	600 mm
<b>APERTURA DEL MECANISMO DE CORTE</b>	1.700 x 800 mm

**FUNCIONAMIENTO**

El material alimenta la máquina a través de la tolva que cuenta con una abertura superior. A continuación pasa a ser triturado mediante cuchillas rotativas y dos líneas de cuchillas estáticas.

Tras el proceso de triturado, el material es seleccionado por la criba, ya que si éste cuenta con un tamaño menor que la perforación de la criba cae, pero si por el contrario el tamaño implica mayor grosor estas partículas serán de nuevo remitidas mediante las cuchillas del rotor a las cuchillas estáticas. A partir de este momento, se iniciaría de nuevo el proceso de triturado, el cual será repetido hasta que el material cuente con el tamaño requerido por los orificios de la criba.

<b>CONSTRUCCIÓN</b>	
<b>ARMAZÓN INFERIOR</b>	En robusta construcción soldada de acero perfilado, incluyendo plataforma de mantenimiento y escalera
<b>MECANISMO CORTADOR</b>	El bastidor del mecanismo cortador está compuesto de una construcción atornillada de acero perfilado y está unido mutuamente a prueba de escaso retorcimiento. El dispositivo de recepción de las cuchillas de estator está unido con el bastidor del mecanismo cortador mediante un asiento de ajuste
<b>ROTOR</b>	El árbol del rotor está equipado con soportes de rotor sustituibles individualmente de acero especial resistente al desgaste, los cuales sirven, a su vez, para la fijación exacta de las cuchillas de rotor.
<b>TOLVA</b>	La tolva está diseñada como una robusta construcción de chapa de acero.
<b>LUBRICACIÓN CENTRAL</b>	Bomba de engrase con vigilancia de la operación de engrase

Fuente: TGMM España

## GRANULADOR TIPO UNICREX U 1200

**Tabla 13**

*Granulador tipo UNICREX U1200*

<b>DATOS TECNICOS</b>	
<b>ESPACIO DE INSTALACIÓN</b>	3520x 2350 mm
<b>ALTURA</b>	3100 mm
<b>PESO</b>	10500 Kg
<b>POTENCIA</b>	90 KW
<b>APERTURA MECANISMO DE CORTE</b>	1.186 x 800 mm
<b>E-ROTOR</b>	500 mm
<b>REVOLUCIONES DEL ROTOR</b>	280/min
<b>CANTIDAD DE CUCHILLOS DEL ROTOR</b>	24

<b>CANTIDAD DE CUCHILLOS ESTADORES</b>	4
<b>PERFORACIÓN DE LA CRIBA OPCIONAL</b>	10-100 mm
<b>RENDIMIENTOS</b>	Aprox 2t/h

Fuente: TGMM España

## SEPARADOR MAGNÉTICO

**Tabla 14**

*Separador magnético*

<b>POTENCIA MOTRIZ</b>	1,5 KW
<b>LONGITUD DEL IMÁN</b>	1.000 mm
<b>ANCHO DEL IMÁN</b>	450 mm
<b>ALTURA DE LEVANTAMIENTO</b>	200 (Ajustable a la altura)
<b>ARMAZÓN INFERIOR</b>	En robusta construcción soldada de acero perfilado

Fuente: TGMM España

### 4.2.1.3.3. Molienda

## CRIBADORA PLANA

**Tabla 15**

*Cribadora plana*

<b>SUPERFICIE DE CRIBADO</b>	3,1 m <sup>2</sup>
<b>ACCIONAMIENTO</b>	7,5 kW /400v /50 Hz
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Modelo a prueba de polvo con manguitos de entrada y de salida. Incluyendo suspensión de caucho debajo de la respectiva armazón inferior. Incluyendo dispositivo golpeador de bola para mantener libre la criba de acero. El manguito de salida de los granos retenidos tiene una pieza distribuidora ajustable para la dosificación exacta.	

Fuente: TGMM España

## MOLINO CORTADOR

Molino cortador tipo alpine Rotoplex 80/125 Ro

**Tabla 16**

*Molino cortador*

<b>HERRAMIENTAS CORTADORAS</b>	<b>8 Hileras de cuchillas de rotor</b>
	5 Hileras de cuchillas de estador

*Fuente: TGMM España*

## SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO

**Tabla 17**

*Sistema de extracción de polvo*

<b>ALCACHOFAS</b>	En acero redondo de $D = 5$ mm con fondo de chapa redondeado, así como parte superior con anillo elástico para un montaje sencillo
<b>MANGAS FILTRANTES</b>	Con fondo cosido y anillo de sujeción inoxidable
<b>CÁMARA DE FILTRO</b>	En chapa de acero de 3 mm de grosor. La cámara de filtro está provista de una entrada en forma de espiral que está emplazada en la cámara
<b>CONO DE FONDO</b>	En chapa de acero de 3 mm de grosor. La punta cónica está provista de una escotilla de limpieza e interruptor de seguridad

*Fuente: TGMM España*

## CRIBADORA PLANA

**Tabla 18**

*Cribadora plana*

<b>SUPERFICIE DE CRIBADO</b>	3,1 m <sup>2</sup>
<b>ACCIONAMIENTO</b>	7,5 kW /400v /50 Hz
<b>CARACTERISTICAS</b>	
<p>Modelo a prueba de polvo con manguitos de entrada y de salida. Incluyendo suspensión de caucho debajo de la respectiva armazón inferior. Incluyendo dispositivo golpeador de bola para mantener libre la criba de acero. El manguito de salida de los granos retenidos tiene una pieza distribuidora ajustable para la dosificación exacta.</p>	

*Fuente: TGMM España*

## SILO RECEPCIÓN

**Tabla 19**

*Silo recepción*

<b>VOLUMEN</b>	9800 L
<b>LONGITUD</b>	2000 mm
<b>ANCHO</b>	2000 mm
<b>ALTURA</b>	3200 mm
<b>CONTRUCCION</b>	El silo de recepción está diseñado como robusta construcción soldada de acero

*Fuente: TGMM España*

#### ***4.2.1.4.Capacidad de producción***

A partir de los tiempos de operación (TO) se estableció la eficiencia y cuellos de botella de cada de los sub-procesos de la maquinaria de triturado de la empresa TGMM ESPAÑA.

**(Apéndice B. Diferenciación de etapas TGMM España Vs Gercons Colombia S.A.S).**

Tabla 20

Capacidad de producción TGMM España

MAQUINA DE RECICLAJE DE LLANTAS BOMATIC TRITURACION MECANICA EN CALIENTE RIN.25 FABRICA TGMM ESPAÑA							
<b>SUB-PROCESOS</b>	<b>PRIMERA FASE PRE-</b>	A	TRITURADORA (8500KG/H)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
				94	1800		
				1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)		
				3600	188,00		
	<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>				<b>19</b>		
	B	CRIBA DISCOS (3000KG/h)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)			
			94	1781,25			
			1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)			
			3600	189,98			
	<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>				<b>19</b>		
	<b>SEGUNDA FASE GRANULACION</b>	C	GRANULADOR #1 (3200KG/H)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
				94	1788,23		
				1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)		
				3600	189,24		
		<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>				<b>19</b>	
		D	GRANULADOR #2 (1900KG/H)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
				94	1805		
				1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)		
3600				187,48			
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>				<b>19</b>			
E	SEPARADOR MAGNETICO (1900KG/H)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)				
		94	1805				
		1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)				
		3600	187,48				
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>				<b>19</b>			
<b>TERCERA FASE MOLIENDA</b>	F	CRIBA PLANA (3200KG/H)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)			
			94	1788,25			
			1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)			
			3600	189,24			
	<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>				<b>19</b>		
	G	MOLINO CORTADOR (1900KG/H)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)			
			94	1805			
			1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)			
3600			187,48				
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>				<b>19</b>			
H	CRIBA PLANA (1900KG/H)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)				
		94	1805				
		1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)				
		3600	187,48				
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>				<b>19</b>			
I	EMBOLSADO BIG-BAG	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)				
		94	1000				
		1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)				
		3600	338,40				
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>				<b>11</b>			

Fuente: Elaboración Autores

#### 4.2.1.5. Desempeño

Eficiencia y cuellos de botella sistema de triturado industrial de la empresa TGMM ESPAÑA.

**Tabla 21**

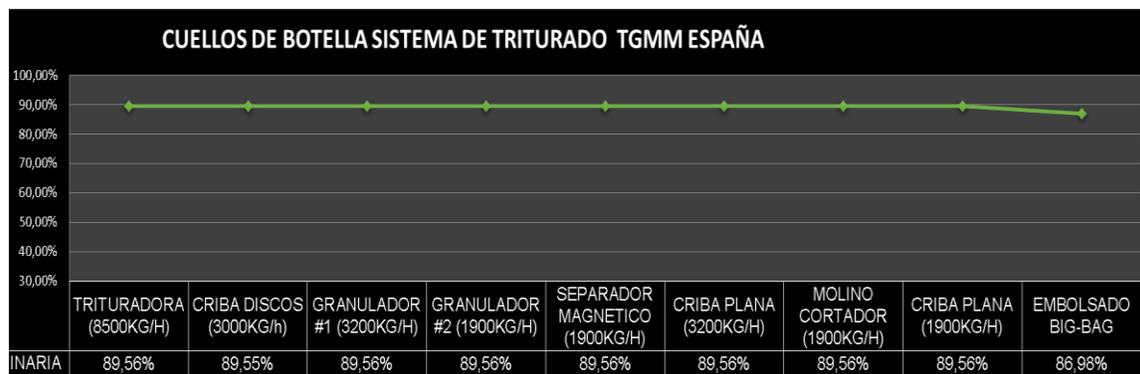
*Eficiencia sistema de triturado industrial TGMM España*

ETIQUETA	PROCESO	DURACION (SEG)	CANTIDAD LLANTAS	CAPACIDAD (KG)	PRECEDENCIA	(TO) TIEMPO DE OPERACIÓN	(TC) TIEMPO DE CICLO	EFICIENCIA DE LA MAQUINARIA
A	TRITURADORA (8500KG/H)	188,00	19	1800	B	30,0	3,13	89,56%
B	CRIBA DISCOS (3000KG/h)	189,98	19	1781	C	30,3	3,17	89,55%
C	GRANULADOR #1 (3200KG/H)	189,24	19	1788	D	30,2	3,15	89,56%
D	GRANULADOR #2 (1900KG/H)	187,48	19	1805	E	29,9	3,12	89,56%
E	SEPARADOR MAGNETICO (1900KG/H)	187,48	19	1805	F	29,9	3,12	89,56%
F	CRIBA PLANA (3200KG/H)	189,24	19	1788	G	30,2	3,15	89,56%
G	MOLINO CORTADOR (1900KG/H)	187,48	19	1805	H	29,9	3,12	89,56%
H	CRIBA PLANA (1900KG/H)	187,48	19	1805	I	29,9	3,12	89,56%
I	EMBOLSADO BIG-BAG	338	11	1000	-	43,3	5,64	86,98%
(TC) TIEMPO DE CICLO (min) TOTAL							30,75	
PROMEDIO EFICIENCIA DE LA MAQUINARIA								89,27%

*Fuente: Elaboración autores*

**Tabla 22**

*Cuellos de botella sistema de triturado industrial TGMM España*



*Fuente: Elaboración autores*

El sistema de triturado industrial de la empresa TGMM ESPAÑA no presenta cuellos de botella., actualmente el sistema cuenta con una producción diaria de 43,2 toneladas diarias y una eficiencia de máquina del 89,27%.

#### 4.2.2. Sistema tratamiento para reciclado de N.F.U

- AREA MINIMA REQUERIDA: 800 mts<sup>2</sup> (80 mts \* 10 mts)
- RENDIMIENTO: 1 TONELADA/ HORA

##### 4.2.2.1.Sub-procesos

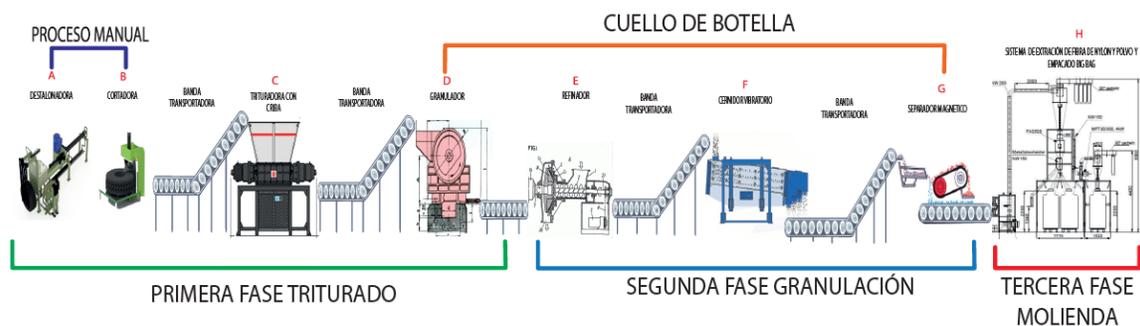
Tabla 23

Sub-procesos sistema de triturado GERCONS COLOMBIA S.A.S Ref.: MAMUT SR-1T

Sub-procesos sistema de triturado GERCONS COLOMBIA S.A.S Ref.: MAMUT SR-1T			
<b>PRIMER A FASE</b>	<b>PRE- TRITURADO</b>	<b>A</b>	<b>DESTALONADORA</b>
		<b>B</b>	<b>CORTADORA</b>
			<b>CINTA TRANSPORTADORA</b>
		<b>C</b>	<b>TRITURADORA</b>
<b>SEGUNDA FASE</b>	<b>GRANULACION</b>	<b>D</b>	<b>GRANULADOR</b>
		<b>E</b>	<b>REFINADOR</b>
		<b>F</b>	<b>CERNIDOR VIBRATORIO</b>
		<b>G</b>	<b>SEPARADOR MAGNETICO</b>
<b>TERCERA FASE</b>	<b>MOLIENDA</b>		<b>SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE FIBRA DE NYLON Y POLVO</b>
		<b>H</b>	<b>SISTEMA DE EMPACADO BIG BANG</b>
			<b>ALIMENTACIÓN DEL SILO POR MEDIO DE UN ELEVADOR DE CANGILONES</b>
			<b>SILO DE CARGA Y DESCARGA AUTOMÁTICA</b>
			<b>BÁSCULA</b>

Fuente: Elaboración autores

### 4.2.2.2. Dimensiones



**Figura 17 Planos del sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S**

*Fuente: Elaboración autores*

A continuación se detallan las dimensiones en largo, ancho y alto de los sub-procesos de la máquina de triturado GERCONS COLOMBIA S.A.S Ref.: MAMUT SR-1T.

**Tabla 24**

*Subprocesos sistema de triturado GERCONS COLOMBIA S.A.S Ref.: MAMUT SR-1T*

ETIQUETA	SUB-PROCESO	DIMENSIONES		
		LARGO (MTS)	ANCHO (MTS)	ALTO (MTS)
A	DESTALONADORA	5,6	2,3	2,5
B	CORTADORA TIPO PASTEL	2,27	1,72	2,46
C	TRITURADORA	5	1,9	2,3
D	GRANULADOR	5	1,9	2,3
E	REFINADOR	5	1,9	2,3
F	CERNIDOR VIBRATORIO	1,6	0,45	-
G	SEPARADOR MAGNETICO	0,8	0,4	-
H	EMBOLSADO BIG BANG	4,2	-	8,6

*Fuente: Elaboración autores*

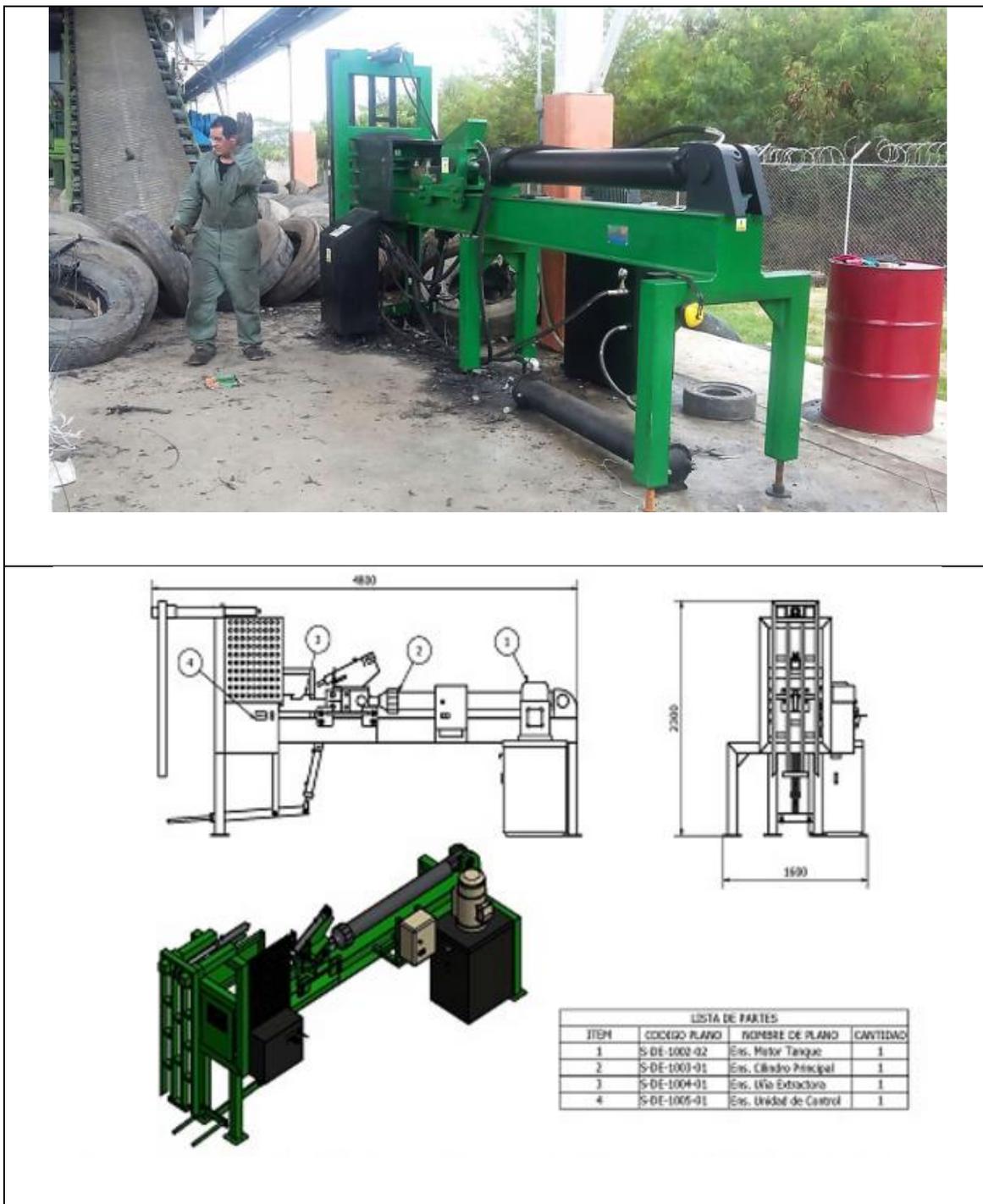
**(Apéndice C. Planos del sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S).****4.2.2.3. Materiales****4.2.2.3.1. Pre-Triturado:**

**DESTALONADORA: RETIRA EL ACERO DEL TALÓN DE LOS  
NEUMÁTICOS**

**Tabla 25***Destalonadora*

<b>DESTALONADORA - ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)</b>	5.60/ 2.30/ 2.50
<b>PESO</b>	3,1 toneladas
<b>POTENCIA DEL MOTOR (HP)</b>	30
<b>VOLTAJE (V)</b>	220/ 440
<b>AMPERAJE POR MOTOR (A)</b>	70/ 35
<b>CONSUMO ENERGÉTICO A 440 V</b>	23,3 kW/h
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN</b>	=16 llantas /h (Rin 25)
<b>GANCHO</b>	Acero AIS/SAE 1045
<b>CILINDRO HIDRÁULICO PRINCIPAL</b>	Hitachi 60T; Carrera 2m
<b>MATERIAL DE ESTRUCTURA</b>	ASTM A-36
<b>PANEL DE CONTROL ELECTRICO</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (MM)</b>	500/ 300/ 600
<b>ALIMENTACIÓN (V)</b>	400
<b>TIPO RECUBRIMIENTO PANEL</b>	Electrostático
<b>COMPONENTES ELÉCTRICOS</b>	Siemens
<b>NORMA</b>	RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

*Fuente: www.gerconscolombia.com*



**Figura 18 Ilustración destalonadora**

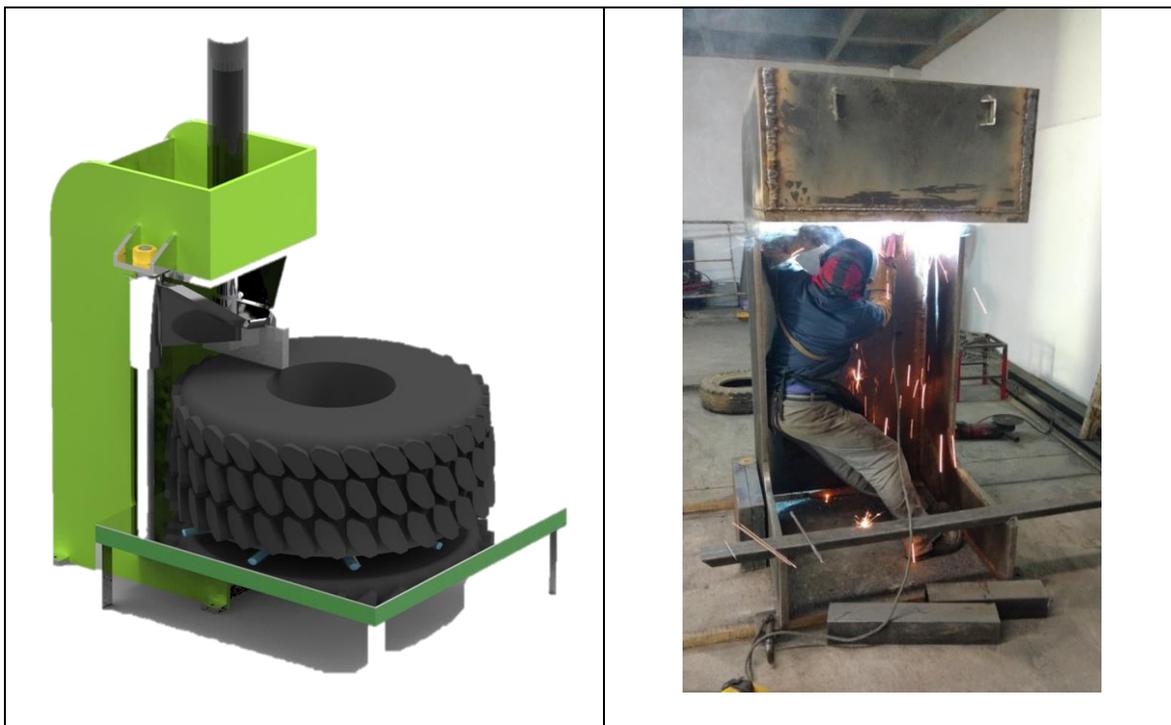
Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)

**CORTADORA: PERMITE EL CORTE DE LA LLANTA EN VARIAS PARTES****Tabla 26***Cortadora*

<b>CORTADORA - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)</b>	2.27/ 1.72/ 2.46
<b>PESO</b>	3,3 toneladas
<b>POTENCIA DEL MOTOR (HP)</b>	30
<b>VOLTAJE (V)</b>	220/ 440
<b>AMPERAJE POR MOTOR (A)</b>	70/ 35
<b>CONSUMO ENERGÉTICO A 440 V</b>	23,3 kW/ h
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN</b>	=16 llantas /h (Rin 25)
<b>CUCHILLAS</b>	Acero AIS/SAE 4140
<b>CILINDRO HIDRÁULICO PRINCIPAL</b>	Hitachi 60T; Carrera 0.7m
<b>MATERIAL DE ESTRUCTURA</b>	ASTM A-36

<b>PANEL DE CONTROL ELECTRICO</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (MM)</b>	500/ 300/ 600
<b>ALIMENTACIÓN (V)</b>	400
<b>TIPO RECUBRIMIENTO PANEL</b>	Electrostático
<b>COMPONENTES ELÉCTRICOS</b>	Siemens
<b>NORMA</b>	RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)



**Figura 19 Ilustración cortadora**  
*Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)*

## CINTA TRANSPORTADORA



**Figura 20 Ilustración cinta transportadora**

*Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)*

**TRITURADORA: TRITURA LOS NFU EN VIRUTAS DE CAUCHO  $\leq 100\text{MM}$**

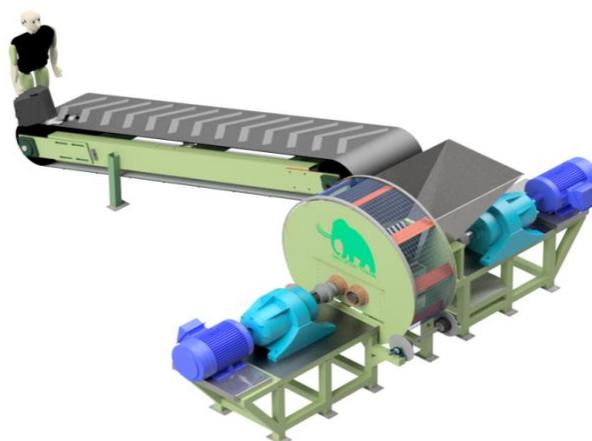
**Tabla 27**

*Trituradora*

<b>TRITURADORA - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)</b>	5,0/ 1,9/ 2,3
<b>PESO</b>	6 toneladas
<b>POTENCIA DEL MOTOR (HP)</b>	80 (40x2)
<b>VOLTAJE (V)</b>	220/ 440
<b>AMPERAJE POR MOTOR (A)</b>	101/ 50,1
<b>CONSUMO ENERGÉTICO A 440 V</b>	33 kW/ h
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (KG/H)</b>	900

<b>CUCHILLAS</b>	Acero AIS/SAE 4140
<b>CILINDRO HIDRÁULICO PRINCIPAL</b>	Hitachi 60T; Carrera 0.7m
<b>MATERIAL DE ESTRUCTURA</b>	ASTM A-36
<b>PANEL DE CONTROL ELECTRICO</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (MM)</b>	500/ 300/ 600
<b>ALIMENTACIÓN (V)</b>	400
<b>TIPO RECUBRIMIENTO PANEL</b>	Electrostático
<b>COMPONENTES ELÉCTRICOS</b>	Siemens
<b>NORMA</b>	RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)



**Figura 21 Ilustración trituradora**

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)

## 4.2.2.3.2. Granulación:

**GRANULADOR: GRANULA LAS VIRUTAS DE CAUCHO  $\leq 100$  MM A  $\leq 30$  MM.**

Tabla 28

Granulador

<b>GRANULADOR - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)</b>	5,0/ 1,9/ 2,3
<b>PESO</b>	8 toneladas
<b>POTENCIA DEL MOTOR (HP)</b>	50
<b>VOLTAJE (V)</b>	220/ 440
<b>AMPERAJE POR MOTOR (A)</b>	121/ 60,8
<b>CONSUMO ENERGÉTICO A 440 V</b>	40 kW/ h
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (KG/H)</b>	450
<b>CUCHILLAS</b>	Acero AIS/SAE 4140
<b>CANTIDAD DE CUCHILLAS</b>	50
<b>TAMAÑO DE SALIDA (MM)</b>	$\leq 30$

<b>PANEL DE CONTROL ELECTRICO</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (MM)</b>	600/ 400/ 800
<b>ALIMENTACIÓN (V)</b>	440
<b>TIPO RECUBRIMIENTO PANEL</b>	Electrostático
<b>COMPONENTES ELÉCTRICOS</b>	Siemens
<b>NORMA</b>	RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)

REFINADOR: GRANO DE CAUCHO DE  $\leq 30$  MM A  $\geq 1$ MM.

Tabla 29

Refinador

REFINADOR - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)	5,0/ 1,9/ 2,3
PESO	4 toneladas
POTENCIA DEL MOTOR (HP)	30
VOLTAJE (V)	220/ 440
AMPERAJE POR MOTOR (A)	70/ 35
CONSUMO ENERGÉTICO A 440 V	23.3 kW/ h
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (KG/H)	450
CUCHILLAS	Acero AIS/SAE 4140
CANTIDAD DE CUCHILLAS	45
TAMAÑO DE SALIDA (MM)	$\geq 1$
PANEL DE CONTROL ELECTRICO	
LARGO/ ANCHO/ ALTO (MM)	600/ 400/ 800
ALIMENTACIÓN (V)	440
TIPO RECUBRIMIENTO PANEL	Electrostático
COMPONENTES ELÉCTRICOS	Siemens
NORMA	RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

REFERENCIA DE EQUIPO GGC-500C	
DIMENSIONES (M)	1.6/ 0.45
INTENSIDAD CAMPO MAGNÉTICO (MT)	$>71$
PODER DE CONDUCCIÓN (KW)	$<4.0$
CINTURÓN DE VELOCIDAD (M/S)	$<0.25$
POTENCIA TOTAL (KW)	5

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)

## CERNIDOR VIBRATORIO: GRANO DE CAUCHO DE $\geq 1\text{MM}$ A $\leq 0,5\text{MM}$



**Figura 22** Cernidor vibratorio

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)

## SEPARADOR MAGNÉTICO

Elimina el desecho de acero por medio de imanes.

**Tabla 30**

*Separador magnético*

<b>CINTA IMANTADA - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
<b>DIÁMETRO IMPULSADOR (MM)</b>	400/ 800
<b>REVOLUCIONES POR MINUTO (RPM)</b>	3600
<b>RANGO DE PRESIÓN (KPA)</b>	5.03 – 4.83
<b>RANGO DE CAUDAL (M<sup>3</sup>/S)</b>	235 – 883
<b>POTENCIA MOTOR (HP)</b>	25
<b>VOLTAJE (V)</b>	220/ 440
<b>AMPERAJE (A)</b>	58.1/ 29.1
<b>IMPULSOR</b>	Acero de carbono
<b>CONSUMO ENERGÉTICO (KW/H)</b>	19

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)

#### 4.2.2.3.3. Molienda:

### SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE FIBRA DE NYLON Y POLVO.



Figura 23 Ilustración sistema de extracción de fibra de nylon y polvo

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)

## SISTEMA DE EMPACADO BIG BANG

Producto final empacado en big bang o en bolsa de 30 Kg.



**Figura 24 Ilustración sistema de embolsado big-bang**

*Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)*

## ALIMENTACIÓN DEL SILO POR MEDIO DE UN ELEVADOR DE CANGILONES.

**SILO DE CARGA Y DESCARGA AUTOMÁTICA.**

**BÁSCULA HASTA 500 KG.**

#### ***4.2.2.4.Capacidad de producción***

A partir de los tiempos de operación (TO) se estableció la eficiencia y cuellos de botella de cada de los sub-procesos de la maquinaria de triturado de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S.

**(Apéndice B. Diferenciación de etapas TGMM España Vs Gercons Colombia S.A.S).**

Tabla 31

Capacidad de producción Gercons Colombia S.A.S

SISTEMA TRATAMIENTO PARA RECICLADO DE N.F.U TRITURACIÓN MECÁNICA A TEMPERATURA AMBIENTE RIN. 25 REF. MAMUT SR-1T FABRICA GERCONS COLOMBIA						
<b>PROCESOS</b>	<b>PRIMERA FASE PRE-TRITURADORA</b>	A	DESTALONADORA	PESO 1 LLANTA (KG)	PESO LLANTAS (KG)	
				94	1504	
				1 HORA (SEG)	TIEMPO DESTALONADO X UNID. (SEG)	
				3600	225	
		<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>			<b>16</b>	
		B	CORTADORA TIPO PASTEL	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)	
	94			1504		
	1 HORA (SEG)			TIEMPO X UNID. (SEG)		
	3600			225		
	<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>			<b>16</b>		
	C	TRITURADORA	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
			94	900		
1 HORA (SEG)			TIEMPO X UNID.(SEG)			
3600			376			
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>			<b>10</b>			
<b>SEGUNDA FASE GRANULACION</b>	D	GRANULADOR	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
			94	450		
			1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)		
			3600	752		
	<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>			<b>5</b>		
	E	REFINADOR	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
94			450			
1 HORA (SEG)			TIEMPO X UNID. (SEG)			
3600			752			
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>			<b>5</b>			
F	CERNIDOR VIBRATORIO	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)			
		94	450			
		1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)			
		3600	752			
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>			<b>5</b>			
G	SEPARADOR MAGNETICO	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)			
		94	450			
		1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)			
		3600	752			
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>			<b>5</b>			
<b>TERCERA FASE</b>	H	EMBOLSADO BIG-BAG	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
			94	500		
			1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)		
			3600	720		
<b>CANTIDAD DE LLANTAS</b>			<b>5</b>			

Fuente: Elaboración autores

#### 4.2.2.5.Desempeño

Eficiencia y cuellos de botella sistema de triturado industrial de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S.

**Tabla 32**

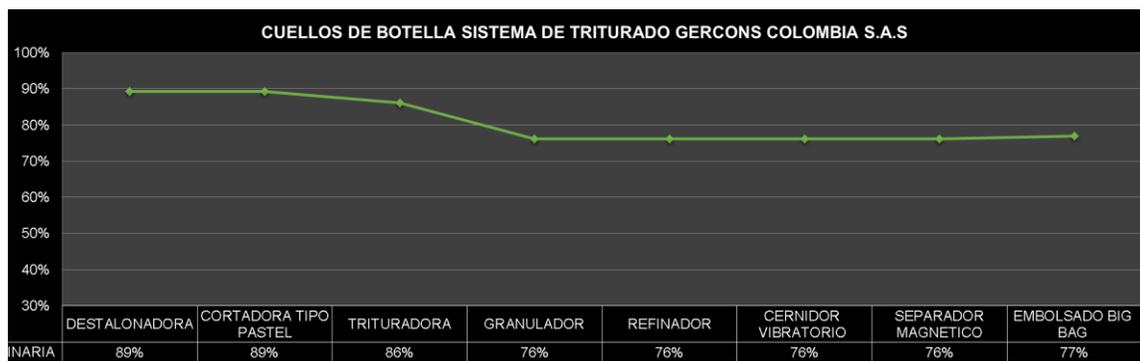
*Eficiencia sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S*

ETIQUETA	PROCESO	DURACION (SEG)	CANTIDAD LLANTAS	CAPACIDAD (KG)	PRECEDENCIA	(TO) TIEMPO DE OPERACIÓN (min)	(TC) TIEMPO DE CICLO (min)	EFICIENCIA DE LA MAQUINARIA
A	DESTALONADORA	225	16	1504	B	34,9	3,75	89%
B	CORTADORA TIPO PASTEL	225	16	1504	C	34,9	3,75	89%
C	TRITURADORA	376	10	900	D	45,0	6,27	86%
D	GRANULADOR	752	5	450	E	52,5	12,53	76%
E	REFINADOR	752	5	450	F	52,5	12,53	76%
F	CERNIDOR VIBRATORIO	752	5	450	G	52,5	12,53	76%
G	SEPARADOR MAGNETICO	752	5	450	H	52,5	12,53	76%
H	EMBOLSADO BIG BAG	720	10	940	-	52,2	12,00	77%
(TC) TIEMPO DE CICLO (min) TOTAL							75,90	
PROMEDIO EFICIENCIA DE LA MAQUINARIA								81%

*Fuente: Elaboración autores*

**Tabla 33**

*Cuellos de botella sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S*



*Fuente: Elaboración autores*

El sistema de triturado industrial de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S presenta solo un cuello de botella ubicado específicamente en el granulador, esto se debe a:

- La trituradora posee una capacidad de 900 kg/h lo cual equivale a la trituración de 10 llantas generando un stock de 5 llantas; puesto que el granulador presenta una capacidad de 450kg/h, siendo la mitad de la capacidad de la trituradora, aunque no presenta mayor impacto frente a la demanda de material necesario para los siguientes procesos no deja de ser un punto de mejora en el proceso de triturado industrial.
- El sistema de triturado industrial de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S cuenta con una producción diaria de 11,28 toneladas diarias y una eficiencia de máquina del 81%. Cabe destacar que la producción real del sistema es de 0,47 tn/h frente a lo estimado 1 tn/h.

#### **4.2.3. Flujograma**

Mediante la herramienta de registro y análisis “diagrama de flujo” se logró precisar las diferencias formales entre los sistemas de triturado industrial de las empresas TGMM ESPAÑA y GERCONS COLOMBIA S.A.S, ya que con estos resultados se logró encontrar nuevos y mejores procedimientos con el fin de optimizar la eficiencia en el sistema de trituración mecánica y así mismo satisfacer la demanda para el municipio de Soacha, Cundinamarca.

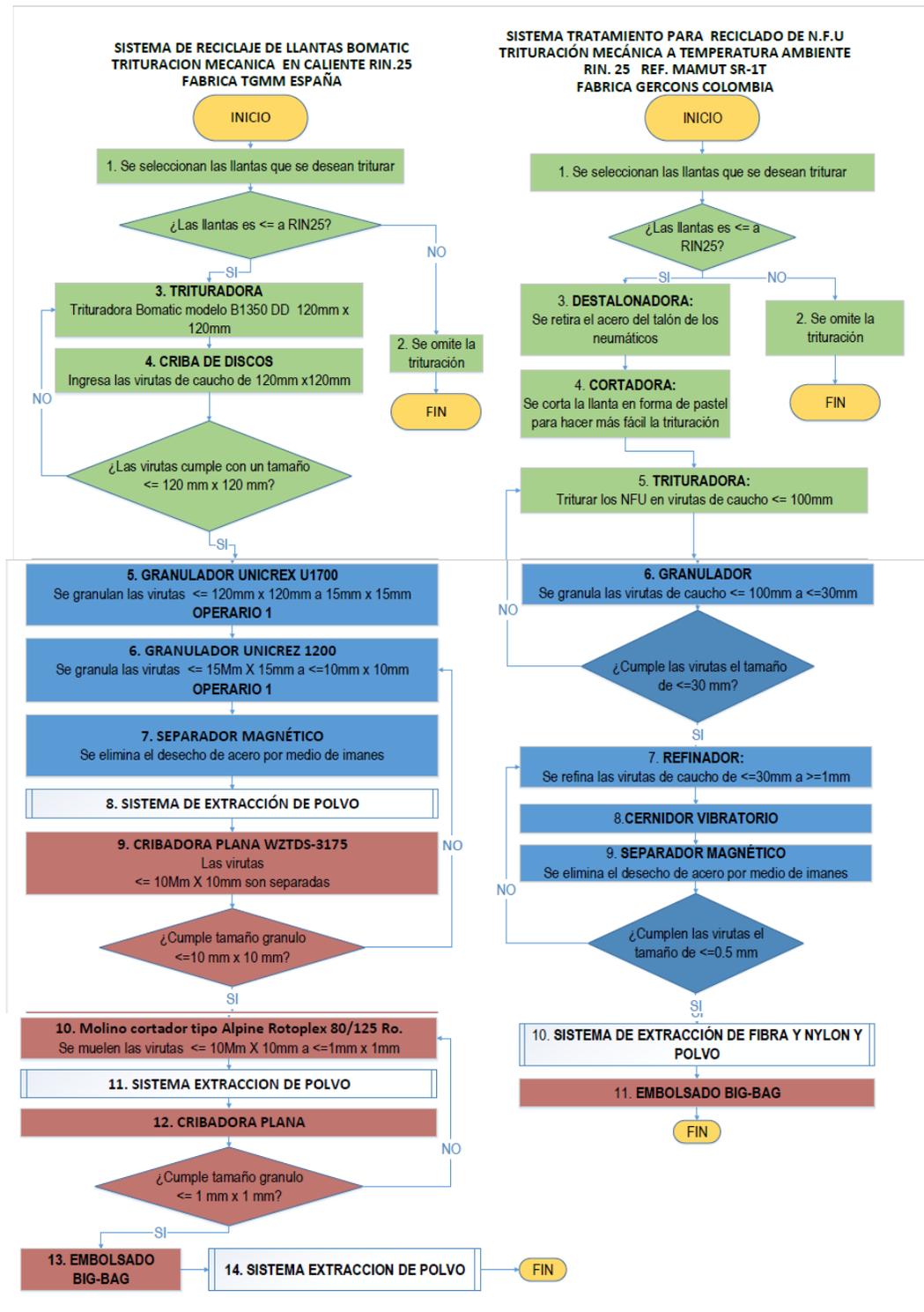


Figura 25 flujograma

Fuente: Elaboración autores

## (Apéndice D. Diagrama de flujo TGMM España Vs Gercons Colombia S.A.S).

Tabla 34

Resultado diferencia de procesos

<b>DIFERENCIA DE PROCESOS</b>		
<b>PROCESO</b>	<b>TGMM ESPAÑA</b>	<b>GERCONS COLOMBIA S.A.S</b>
<b>TRITURACION</b>		Antes de ser triturada, la llanta debe pasar por el proceso de destalonado y cortadora tipo pastel
	Tamaño del granulado triturado $\leq 120\text{mm}$	Tamaño del granulado triturado $\leq 100\text{mm}$
	Después de ser triturado las virutas pasan a criba de discos para que cumplan con la granulometría exigida	
<b>GRANULACION</b>	Cuenta con dos procesos de granulación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNICREZ U1700 el cual transforma las virutas de <math>\leq 120\text{mm}</math> a <math>15\text{mm}</math></li> <li>• UNICREZ 1200 el cual transforma las virutas de <math>\leq 15\text{mm}</math> a <math>10\text{mm}</math></li> </ul>	Cuenta con: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un granulador el cual transforma las virutas de <math>\leq 100\text{mm}</math> a <math>30\text{mm}</math></li> <li>• Un refinador el cual transforma las virutas de <math>\leq 30\text{mm}</math> a <math>\geq 1\text{mm}</math></li> </ul>
		Después de ser granulado y refinado pasa a cernidor vibratorio el cual transforma las virutas de $\geq 1\text{mm}$ a $\leq 0,5\text{mm}$
<b>SEPARADOR MAGNETICO</b>	Las virutas de caucho pasan a la criba plana WZTD-3175 después de pasar por el separador magnético	Las virutas de caucho pasan al cernidor vibratorio antes de iniciar la separación magnética del material
<b>CRIBADORA</b>	Las virutas $\leq 10\text{mm}$ son separadas de las virutas más grandes para seguir con el proceso	

<b>MOLIDO</b>	El molino cortador rotoplex transforma las virutas de $\leq 10$ mm a $\leq 1$ mm	
<b>EXTRACION DE POLVO</b>	Cuenta con (2) sistemas de extracción de polvo <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Después del proceso de molino cortador rotoplex.</li> <li>2. Después del embolsado BIG-BAG.</li> </ol>	Cuenta con (1) sistema de extracción de polvo: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Después del separador magnético.</li> </ol>

*Fuente: Elaboración autores*

#### **4.2.4. VSM (Value stream map)**

Con el fin de generar un plan futuro se utilizó el método de visualización VSM (Value stream map) actual de los sistemas de triturado industrial de la empresa TGMM ESPAÑA con un tiempo de ciclo total de 30,75 minutos frente a GERCONS COLOMBIA S.A.S, con un tiempo de ciclo total de 75,90 minutos una diferencia de un 40,51% donde se identifica las posibles oportunidades de mejora en cada uno de los procesos, en el cual se muestra el flujo del producto logrando evidenciar las actividades que agregan valor en el proceso.

**(Apéndice E. VSM sistemas de triturado industrial TGMM España vs Gercons Colombia S.A.S).**

Tabla 35

VSM (Value stream map) de las empresas TGMM ESPAÑA Y GERCONS COLOMBIA S.A.S

VSM				SIGLA	CONCEPTO
SISTEMA TRATAMIENTO PARA RECICLADO DE N.F.U. TRITURACIÓN MECÁNICA A TEMPERATURA AMBIENTE RIN. 25 REF. MAMUT SR-17 FABRICA GERCONS COLOMBIA		MAQUINA DE RECICLAJE DE LLANTAS BOMATIC TRITURACIÓN MECANICA EN CALIENTE RIN-17 FABRICA TGMM ESPAÑA		TC	Tiempo de ciclo
SUPERVISOR		SUPERVISOR		TO	Tiempo de operación
COLABORADORES		COLABORADORES		W	Trabajadores necesarios
AUTOMATIZADOS		AUTOMATIZADOS			
A	DESTALONADORA	A	TRITURADORA		
TC	3,75 min	TC	3,13 min		
TO	34,9 min	TO	30 min		
W	1	W	1		
B	CORTADORA DE PASTEL	B	CRIBA DE DISCOS		
TC	3,75 min	TC	3,17 min		
TO	34,9 min	TO	30,3 min		
W	1	W	1		
C	TRITURADORA	C	GRANULADOR #1		
TC	6,2 min	TC	3,15 min		
TO	45 min	TO	30,2 min		
W	1	W	0		
D	GRANULADOR	D	GRANULADOR #2		
TC	12,53 min	TC	3,12 min		
TO	52,5 min	TO	29,9 min		
W	0	W	0		
E	REFINADOR	E	SEPARADOR MAGNETICO		
TC	12,53 min	TC	3,12 min		
TO	52,5 min	TO	29,9 min		
W	0	W	0		
F	CERNIDOR VIBRATORIO	F	CRIBA PLANA		
TC	12,53 min	TC	3,15 min		
TO	52,5 min	TO	30,2 min		
W	0	W	0		
G	SEPARADOR MAGNETICO	G	MOLINO CORTADOR		
TC	12,53 min	TC	3,12 min		
TO	52,5 min	TO	29,9 min		
W	0	W	0		
H	EMBOLSADO BIG-BANG	H	CRIBA PLANA		
TC	12 min	TC	3,12 min		
TO	52,2 min	TO	29,9 min		
W	1	W	0		
I	EMBOLSADO BIG-BANG	I	EMBOLSADO BIG-BANG		
TC	5,64 min	TC	5,64 min		
TO	43,3 min	TO	43,3 min		
W	1	W	1		

Fuente: Elaboración autores

### 4.3.CARACTERÍSTICAS DE LA PROPUESTA DE DISEÑO

La intervención de este proyecto está orientado a un nuevo diseño en los sub-procesos del sistema total de la maquinaria de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S, se planteó crear un híbrido en el cual el sub-proceso B (Cortadora tipo pastel) será fusionada con el sub-proceso C (Trituradora) con el fin de simplificar los sub-procesos de cortado tipo pastel y triturado, también, para el correcto funcionamiento se planteó nivelar al sistema de triturado industrial los cuales son:

D (Granulador), E (Refinador), F (Cernidor vibratorio) y G (Separador magnético):

**Tabla 36**

*Maquinaria a nivelar*

SEGUNDA FASE GRANULADOR	FASE	SUB-PROCESO	CAPACIDAD ACTUAL	CAPACIDAD PROPUESTA	INTERVENCION	VALOR
	<b>D</b>	GRANULADOR	(450 kg/h)	(1500 kg/h)	NIVELACION DE PRODUCCION	\$30'114.000
	<b>E</b>	REFINADOR (1500 kg/h)	(450 kg/h)	(1500 kg/h)	NIVELACION DE PRODUCCION	\$28'680.000
	<b>F</b>	CERNIDOR VIBRATORIO (1500 kg/h)	(450 kg/h)	(1500 kg/h)	NIVELACION DE PRODUCCION	\$28'680.000
	<b>G</b>	SEPARADOR MAGNETICO (1900 kg/h)	(450 kg/h)	(1900 kg/h)	NIVELACION DE PRODUCCION	\$14'340.000

*Fuente: Elaboración autores*

Con un costo estimado de **(\$101'814.000)** “Ciento un millones ochocientos catorce mil pesos colombianos”.

#### **4.3.1. Costos e infraestructura**

La implementación del sistema de triturado industrial de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S requiere un espacio de  $800\text{mts}^2$  ( $80\text{mts} * 10\text{mts}$ ) necesarios para la instalación y adecuación de la máquina.

**(Apéndice C. Planos del sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S).**

A diferencia del espacio de la máquina de triturado industrial de la empresa TGMM ESPAÑA la cual requiere un espacio de  $1680\text{mts}^2$  ( $24\text{mts} * 70\text{mts}$ )

**(Apéndice B. Planos del sistema de triturado industrial TGMM España).**

Con base en los resultados obtenidos se opta por establecer el sistema de trituración de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S con modificaciones a su sistema de triturado industrial con el fin de nivelar la eficiencia de la línea de producción de triturado industrial. Puesto que la producción del sistema de triturado de esta empresa cuenta con una capacidad real de 11,28 toneladas diarias la cual es incapaz de suplir la demanda del municipio de Soacha, Cundinamarca de 26,89 toneladas diarias. No obstante en términos de costos el sistema de triturado de la empresa TGMM ESPAÑA es de:

<b>Pos.</b>	<b>Designación</b>
1.01	Troceadora B 1350 DD 2x55kW con convertidor de frecuencia
1.02	Pulsador Hidráulico
1.03	Cinta transportadora intermedia I
1.04	Criba 1600*5000
1.05	Cinta transportadora intermedia II
1.06	Retornador de granulado retenido
1.07	Cinta de evacuación
1.08	Granulador U 2100 con convertidor de frecuencia
1.09	Cinta transportadora mediante vibración
1.10	Separador magnético sobre cinta
1.11	Cinta transportadora intermedia III
1.12	Mando eléctrico, Armario distribuidor
2.01	Molino de Cuchillas AMIS, modelo GSH 800/1200 7-3
2.02	Equipo de aspiración
2.03	Cinta de alimentación
2.04	Detector de metales
2.05	Separador de metales
2.06	Equipo eléctrico
2.07	Inyección de agua
<b>TOTAL</b>	<b>1.310.796,00 €</b>

**Figura 26 Cotización TGMM España**

Fuente: [www.unoreciclaje.com](http://www.unoreciclaje.com)

(\$4.150'057.472) “Cuatro mil ciento cincuenta millones cincuenta y siete mil cuatrocientos setenta y dos pesos colombianos”.

**(Anexo 1. Cotización solicitada a la compañía TGMM España).**

Por otra parte el sistema de triturado industrial de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S cuenta con un costo estimado de (\$730.800.000) + IVA “Setecientos treinta millones ochocientos mil pesos colombianos”. Una diferencia de costos del 82,39% menor a comparación con el sistema de triturado industrial de la empresa TGMM ESPAÑA.

(Anexo 2. Cotización solicitada a la compañía Gercons Colombia S.A.S).

#### 4.3.1.1.Sub-procesos

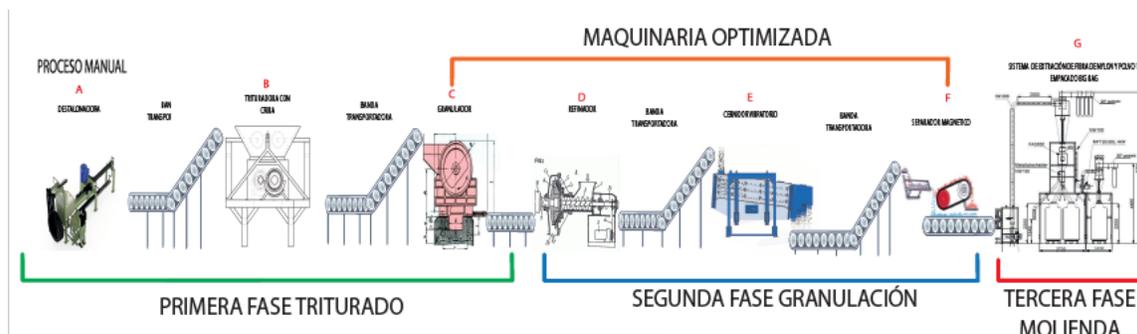
**Tabla 37**

*Sub-procesos sistema de triturado GERCONS COLOMBIA S.A.S Ref.: MAMUT SR-1T (PROCESO MEJORADO)*

<b>Sub-procesos sistema de triturado GERCONS COLOMBIA S.A.S Ref.: MAMUT SR-1T (PROCESO MEJORADO)</b>			
<b>PRIMERA FASE</b>	<b>PRE-TRITURADO</b>	<b>A</b>	<b>DESTALONADORA</b>
			<b>CINTA TRANSPORTADORA</b>
		<b>B</b>	<b>TRITURADORA</b>
<b>SEGUNDA FASE</b>	<b>GRANULACION</b>	<b>C</b>	<b>GRANULADOR</b>
		<b>D</b>	<b>REFINADOR</b>
		<b>E</b>	<b>CERNIDOR VIBRATORIO</b>
		<b>F</b>	<b>SEPARADOR MAGNETICO</b>
<b>TERCERA FASE</b>	<b>MOLIENDA</b>		<b>SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE FIBRA DE NYLON Y POLVO</b>
		<b>G</b>	<b>SISTEMA DE EMPACADO BIG BANG</b>
			<b>ALIMENTACIÓN DEL SILO POR MEDIO DE UN ELEVADOR DE CANGILONES</b>
			<b>SILO DE CARGA Y DESCARGA AUTOMÁTICA</b>
			<b>BÁSCULA</b>

*Fuente: Elaboración autores*

### 4.3.1.2. Dimensiones



**Figura 27 Planos del sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S (PROCESO MEJORADO)**

*Fuente: Elaboración autores*

A continuación se detallan las dimensiones en largo, ancho y alto de los sub-procesos de la máquina de triturado GERCONS COLOMBIA S.A.S Ref.: MAMUT SR-1T (PROCESO MEJORADO).

**Tabla 38**

*Subprocesos sistema de triturado GERCONS COLOMBIA S.A.S Ref.: MAMUT SR-1T (PROCESO MEJORADO)*

ETIQUETA	SUB-PROCESO	DIMENSIONES		
		LARGO (MTS)	ANCHO (MTS)	ALTO (MTS)
A	DESTALONADORA	5,6	2,3	2,5
B	TRITURADORA	3,0	1,5	1,6
C	GRANULADOR	5	1,9	2,3
D	REFINADOR	5	1,9	2,3
E	CERNIDOR VIBRATORIO	1,6	0,45	-
F	SEPARADOR MAGNETICO	0,8	0,4	-

<b>G</b>	<b>EMBOLSADO BIG BANG</b>	4,2	-	8,6
----------	---------------------------	-----	---	-----

Fuente: Elaboración autores

**(Apéndice F. Planos del sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S Modificado).**

#### 4.3.1.3. Materiales

##### 4.3.1.3.1. Pre-Triturado:

### DESTALONADORA: RETIRA EL ACERO DEL TALÓN DE LOS NEUMÁTICOS

**Tabla 39**

*Destalonadora*

<b>DESTALONADORA - ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)</b>	5.60/ 2.30/ 2.50
<b>PESO</b>	3,1 toneladas
<b>POTENCIA DEL MOTOR (HP)</b>	30
<b>VOLTAJE (V)</b>	220/ 440
<b>AMPERAJE POR MOTOR (A)</b>	70/ 35
<b>CONSUMO ENERGÉTICO A 440 V</b>	23,3 kW/h
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN</b>	=16 llantas /h (Rin 25)
<b>GANCHO</b>	Acero AIS/SAE 1045
<b>CILINDRO HIDRÁULICO PRINCIPAL</b>	Hitachi 60T; Carrera 2m
<b>MATERIAL DE ESTRUCTURA</b>	ASTM A-36
<b>PANEL DE CONTROL ELECTRICO</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (MM)</b>	500/ 300/ 600
<b>ALIMENTACIÓN (V)</b>	400
<b>TIPO RECUBRIMIENTO PANEL</b>	Electrostático
<b>COMPONENTES ELÉCTRICOS</b>	Siemens
<b>NORMA</b>	RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)

## CINTA TRANSPORTADORA



**Figura 28 Ilustración cinta transportadora**

*Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)*

**TRITURADORA: CORTA EN 4 PARTES LA LLANTA Y TRITURA LAS  
VIRUTAS DE CAUCHO  $\leq 100\text{MM}$**

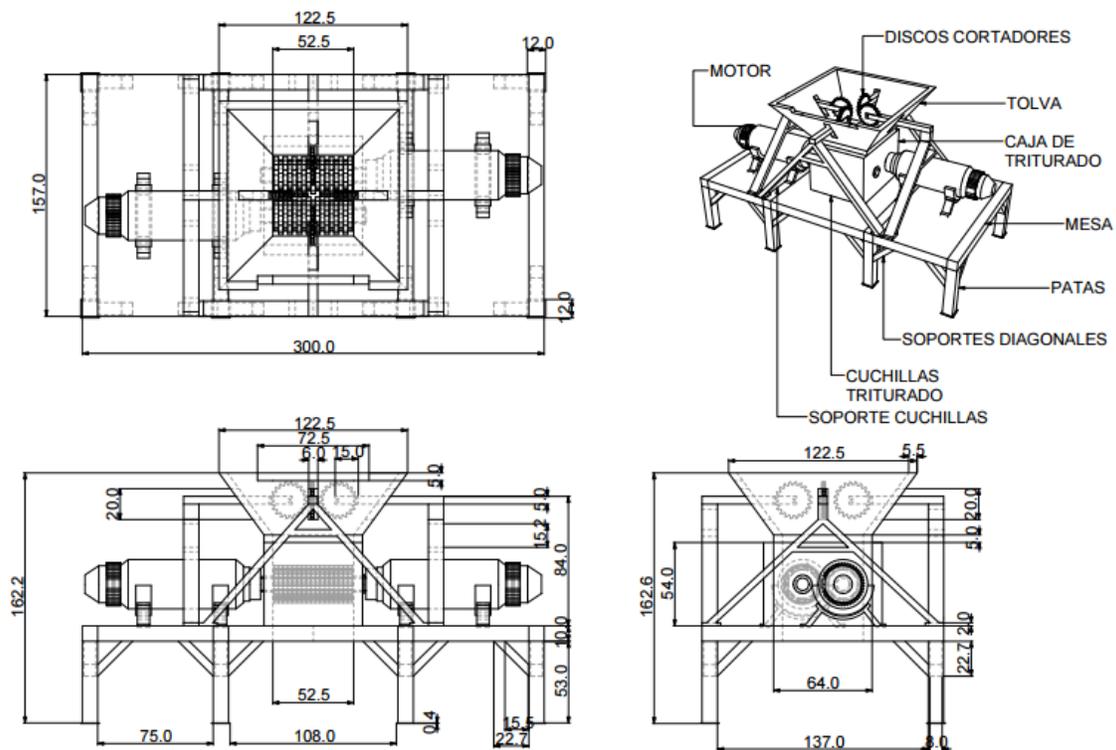
A continuación se presenta las especificaciones técnicas y partes de lo que se conforma el híbrido de la trituradora y la cortadora tipo pastel.

**Tabla 40**

*Trituradora*

<b>TRITUTADORA - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>		
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>		
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)</b>	3.00/ 1.50/ 1.60	
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCION (KG/H)</b>	900	
<b>TAMAÑO DE SALIDA (MM)</b>	$\leq 100\text{MM}$	
<b>No.</b>	<b>PARTE</b>	<b>ESPECIFICACION</b>
<b>1</b>	MOTOR	Motor eléctrico 110 kW (2*55 kW) 400 V
<b>2</b>	DISCOS CORTADORES	Discos profesionales 14"
<b>3</b>	TOLVA	Lamina HR 1,20*2,40*1/4"
<b>4</b>	CAJA TRITURADO	Lamina HR 1,20*2,40*1/4"
<b>5</b>	MESA	Lamina HR 1,00*2,00*1/4"
<b>6</b>	PATAS	Tubo estructural cuadrado HR 4"*1/4"
<b>7</b>	SOPORTES DIAGONALES	Tubo estructural cuadrado HR 4"*1/4"
<b>8</b>	CUCHILLAS TRITURADO	Cuchillas de buril individuales acero aprueba de desgaste
<b>9</b>	SOPORTE DISCOS	Tubo rectangular 3"*1"*1/4"

*Fuente: Elaboración autores*



AUTORES	MICHAEL ENRIQUE LOPEZ RODRIGUEZ	DANIEL ORLANDO BOADA VARGAS
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	FICHA TECNICA	MM TRITURADORA

**Figura 29 Planos trituradora**  
 Fuente: Elaboración autores

## 4.3.1.3.2. Granulación:

**GRANULADOR: GRANULA LAS VIRUTAS DE CAUCHO  $\leq 100$  MM A  $\leq 30$  MM.**

Tabla 41

*Granulador*

<b>GRANULADOR - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)</b>	5,0/ 1,9/ 2,3
<b>PESO</b>	8 toneladas
<b>POTENCIA DEL MOTOR (HP)</b>	50
<b>VOLTAJE (V)</b>	220/ 440
<b>AMPERAJE POR MOTOR (A)</b>	121/ 60,8
<b>CONSUMO ENERGÉTICO A 440 V</b>	40 kW/ h
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (KG/H)</b>	1500
<b>CUCHILLAS</b>	Acero AIS/SAE 4140
<b>CANTIDAD DE CUCHILLAS</b>	50
<b>TAMAÑO DE SALIDA (MM)</b>	$\leq 30$

<b>PANEL DE CONTROL ELECTRICO</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (MM)</b>	600/ 400/ 800
<b>ALIMENTACIÓN (V)</b>	440
<b>TIPO RECUBRIMIENTO PANEL</b>	Electrostático
<b>COMPONENTES ELÉCTRICOS</b>	Siemens
<b>NORMA</b>	RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

*Fuente: Elaboración autores*

**REFINADOR: GRANO DE CAUCHO DE  $\leq 30$  MM A  $\geq 1$ MM.****Tabla 42***Refinador*

<b>REFINADOR - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)</b>	5,0/ 1,9/ 2,3
<b>PESO</b>	4 toneladas
<b>POTENCIA DEL MOTOR (HP)</b>	30
<b>VOLTAJE (V)</b>	220/ 440
<b>AMPERAJE POR MOTOR (A)</b>	70/ 35
<b>CONSUMO ENERGÉTICO A 440 V</b>	23.3 kW/ h
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (KG/H)</b>	1500
<b>CUCHILLAS</b>	Acero AIS/SAE 4140
<b>CANTIDAD DE CUCHILLAS</b>	45
<b>TAMAÑO DE SALIDA (MM)</b>	$\geq 1$
<b>PANEL DE CONTROL ELECTRICO</b>	
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (MM)</b>	600/ 400/ 800
<b>ALIMENTACIÓN (V)</b>	440
<b>TIPO RECUBRIMIENTO PANEL</b>	Electrostático
<b>COMPONENTES ELÉCTRICOS</b>	Siemens
<b>NORMA</b>	RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

<b>REFERENCIA DE EQUIPO GGC-500C</b>	
<b>DIMENSIONES (M)</b>	1.6/ 0.45
<b>INTENSIDAD CAMPO MAGNÉTICO (MT)</b>	$>71$
<b>PODER DE CONDUCCIÓN (KW)</b>	$<4.0$
<b>CINTURÓN DE VELOCIDAD (M/S)</b>	$<0.25$
<b>POTENCIA TOTAL (KW)</b>	5

*Fuente: Elaboración autores*

### CERNIDOR VIBRATORIO: GRANO DE CAUCHO DE $\geq 1\text{MM}$ A $\leq 0,5\text{MM}$



**Figura 30 Cernidor vibratorio (1500 kg/h)**

*Fuente: Elaboración autores*

### SEPARADOR MAGNÉTICO (1900 kg/h)

Elimina el desecho de acero por medio de imanes.

**Tabla 43**

*Separador magnético*

<b>CINTA IMANTADA - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
<b>DIÁMETRO IMPULSADOR (MM)</b>	400/ 800
<b>REVOLUCIONES POR MINUTO (RPM)</b>	3600
<b>RANGO DE PRESIÓN (KPA)</b>	5.03 – 4.83
<b>RANGO DE CAUDAL (M<sup>3</sup>/S)</b>	235 – 883
<b>POTENCIA MOTOR (HP)</b>	25
<b>VOLTAJE (V)</b>	220/ 440
<b>AMPERAJE (A)</b>	58.1/ 29.1
<b>IMPULSOR</b>	Acero de carbono
<b>CONSUMO ENERGÉTICO (KW/H)</b>	19

*Fuente: Elaboración autores*

#### 4.3.1.3.3. Molienda:

### SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE FIBRA DE NYLON Y POLVO.



**Figura 31 Ilustración sistema de extracción de fibra de nylon y polvo**

Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)

## SISTEMA DE EMPACADO BIG BANG

Producto final empacado en big bang o en bolsa de 30 Kg.



**Figura 32 Ilustración sistema de embolsado big-bang**

*Fuente: [www.gerconscolombia.com](http://www.gerconscolombia.com)*

**ALIMENTACIÓN DEL SILO POR MEDIO DE UN ELEVADOR DE  
CANGILONES.**

**SILO DE CARGA Y DESCARGA AUTOMÁTICA.**

**BÁSCULA HASTA 900 KG.**

#### ***4.3.1.4.Capacidad de producción***

A partir de los tiempos de operación (TO) se estableció la eficiencia y cuellos de botella de cada de los sub-procesos de la maquinaria de triturado de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S (PROCESO MEJORADO).

**(Apéndice G. Sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S (MODIFICADO))**

Tabla 44

Capacidad de producción Gercons Colombia S.A.S (PROCESO MEJORADO)

SISTEMA TRATAMIENTO PARA RECICLADO DE N.F.U TRITURACIÓN MECÁNICA A TEMPERATURA AMBIENTE RIN. 25 REF. MAMUT SR-1T FABRICA GERCONS COLOMBIA (PROCESO MEJORADO)						
SUB-PROCESOS	PRIMERA FASE PRE-TRITURADORA	A	DESTALONADORA	PESO 1 LLANTA (KG)	PESO LLANTAS (KG)	
				94	1504	
				1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)	
				3600	225	
	CANTIDAD DE LLANTAS			16		
	B	TRITURADORA	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
			94	940		
			1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)		
			3600	360		
	CANTIDAD DE LLANTAS			10		
	SEGUNDA FASE GRANULACION	C	GRANULADOR (1500 kg/h)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)	
				94	940	
				1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)	
				3600	360	
		CANTIDAD DE LLANTAS			10	
D		REFINADOR (1500kg/h)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
			94	940		
			1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)		
			3600	360		
CANTIDAD DE LLANTAS			10			
E	CERNIDOR VIBRATORIO (1500 kg/h)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)			
		94	940			
		1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)			
		3600	360			
CANTIDAD DE LLANTAS			10			
F	SEPARADOR MAGNETICO (1900KG/H)	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)			
		94	940			
		1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)			
		3600	360			
CANTIDAD DE LLANTAS			10			
TERCERA FASE	G	EMBOLSADO BIG-BAG	PESO 1 LLANTA (KG)	CAPACIDAD (KG)		
			94	940		
			1 HORA (SEG)	TIEMPO X UNID. (SEG)		
			3600	360		
CANTIDAD DE LLANTAS			10			

Fuente: Elaboración autores

### 4.3.1.5.Desempeño

Eficiencia y cuellos de botella sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S (PROCESO MEJORADO).

**Tabla 45**

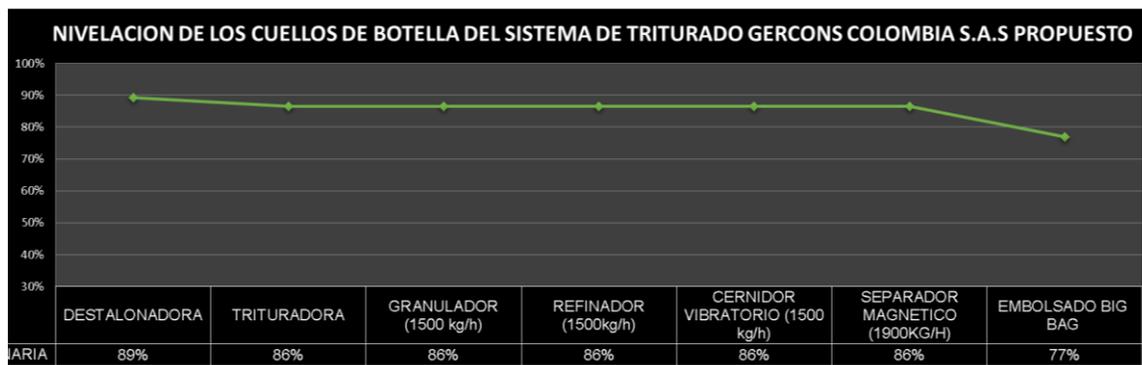
*Eficiencia sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S (PROCESO MEJORADO).*

EIQUETA	PROCESO	DURACION (SEG)	CANTIDAD LLANTAS	CAPACIDAD (KG)	PRECEDENCIA	(TO) TIEMPO DE OPERACIÓN (min)	(TC) TIEMPO DE CICLO (min)	EFICIENCIA DE LA MAQUINARIA
A	DESTALONADORA	225	16	1504	B	34,9	3,75	89%
B	TRITURADORA	360	10	940	C	44,3	6,00	86%
C	GRANULADOR (1500 kg/h)	360	10	940	D	44,3	6,00	86%
D	REFINADOR (1500kg/h)	360	10	940	E	44,3	6,00	86%
E	CERNIDOR VIBRATORIO (1500 kg/h)	360	10	940	F	44,3	6,00	86%
F	SEPARADOR MAGNETICO (1900KG/H)	360	10	940	G	44,3	6,00	86%
G	EMBOLSADO BIG BAG	720	10	940	-	52,2	12,00	77%
(TC) TIEMPO DE CICLO (min) TOTAL							45,75	
PROMEDIO EFICIENCIA DE LA MAQUINARIA								86%

*Fuente: Elaboración autores*

**Tabla 46**

*Nivelación de los cuellos de botella sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S (PROCESO MEJORADO)*



*Fuente: Elaboración autores*

La propuesta del sistema de triturado industrial para la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S cuenta con una producción diaria de 22,56 toneladas diarias y una eficiencia de máquina del 86%.

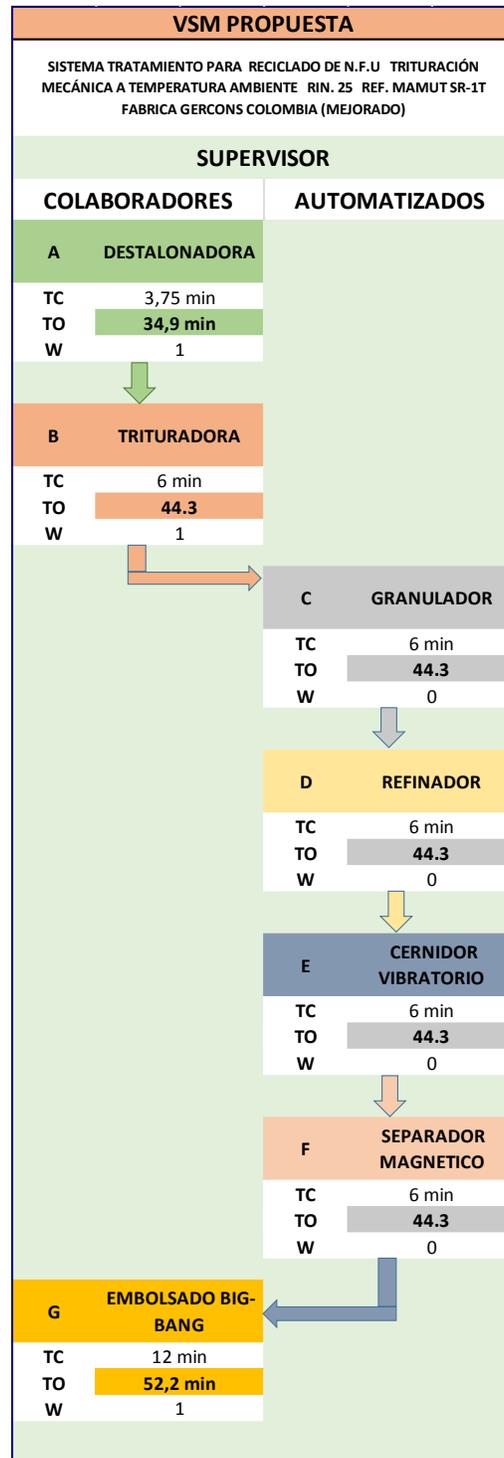
#### **4.3.2. VSM (Value stream map) Propuesta**

Con el fin de generar un estado actual de la propuesta al sistema de triturado de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S se utilizó el método de visualización VSM (Value stream map) generando una optimización en el tiempo de ciclo total de un 35%, pasando de un tiempo de ciclo total de 75,90 minutos a 45,75 minutos.

**(Apéndice H. VSM PROPUESTA).**

**Tabla 47**

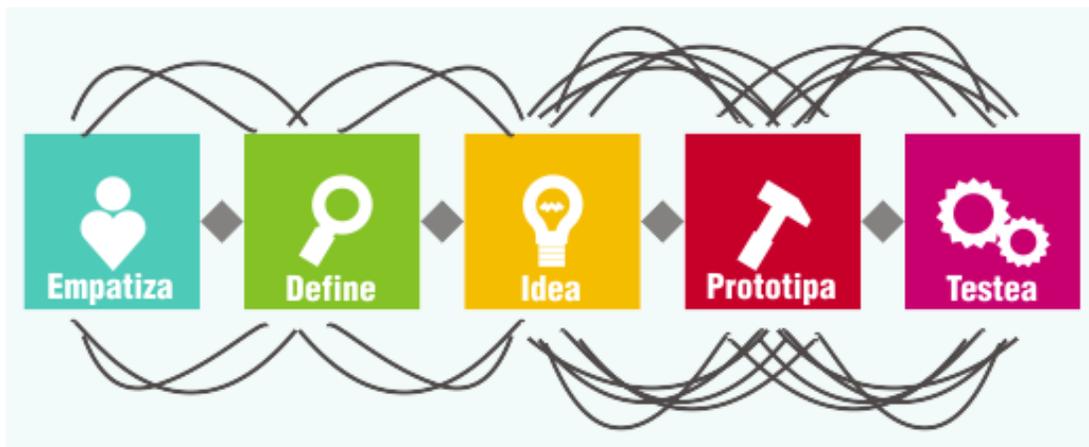
VSM (Value stream map) de las empresa Gercons Colombia S.A.S (PROCESO MEJORADO)



Fuente: Elaboración autores

#### **4.4.DISEÑO DE LA PROPUESTA DE LA MÁQUINA DE TRITURADO INDUSTRIAL ADECUADA PARA EL TRATAMIENTO DE LLANTAS EN DESUSO EN EL MUNICIPIO DE SOACHA, CUNDINAMARCA CON BASE A LAS CARACTERÍSTICAS FORMALES Y FUNCIONALES.**

Para el cumplimiento del cuarto objetivo específico se tomó como referencia el Design Thinking (Pensamiento de diseño) el cual se compone de cinco etapas (EMPATIZACION, DEFINICION, IDEACION, PROTITIPADO Y TESTEO), sin ser lineal, es decir, en cualquier momento de podrá ir hacia atrás, hacia adelante o incluso saltar etapas no consecutivas si se ve oportuno.



**Figura 33 Design Thinking (Pensamiento de diseño)**

*Fuente: <http://designthinking.es>*

Para efectos del desarrollo de este trabajo se empieza en la fase de (EMPATIAJE, DEFINICION hasta la fase de IDEACION el cual se tiene como

objetivo la generación de multiplex ideas de diseño favoreciendo el pensamiento expansivo y eliminando los juicios de valor).

#### 4.4.1. Planos técnicos del sub-proceso de triturado

En este apartado se puede observar la ideación de una máquina de triturado de llantas fusionada con una tolva cortadora de llantas tipo pastel el cual al introducir la llanta a la tolva se cortara en cuatro pedazos los cuales inmediatamente entraran a la caja de triturado para obtener un GCR (Granulo de Caucho Reciclado) de  $\leq 100\text{MM}$ .

#### (Apéndice I. Planos máquina de triturado (Sub-proceso B)).

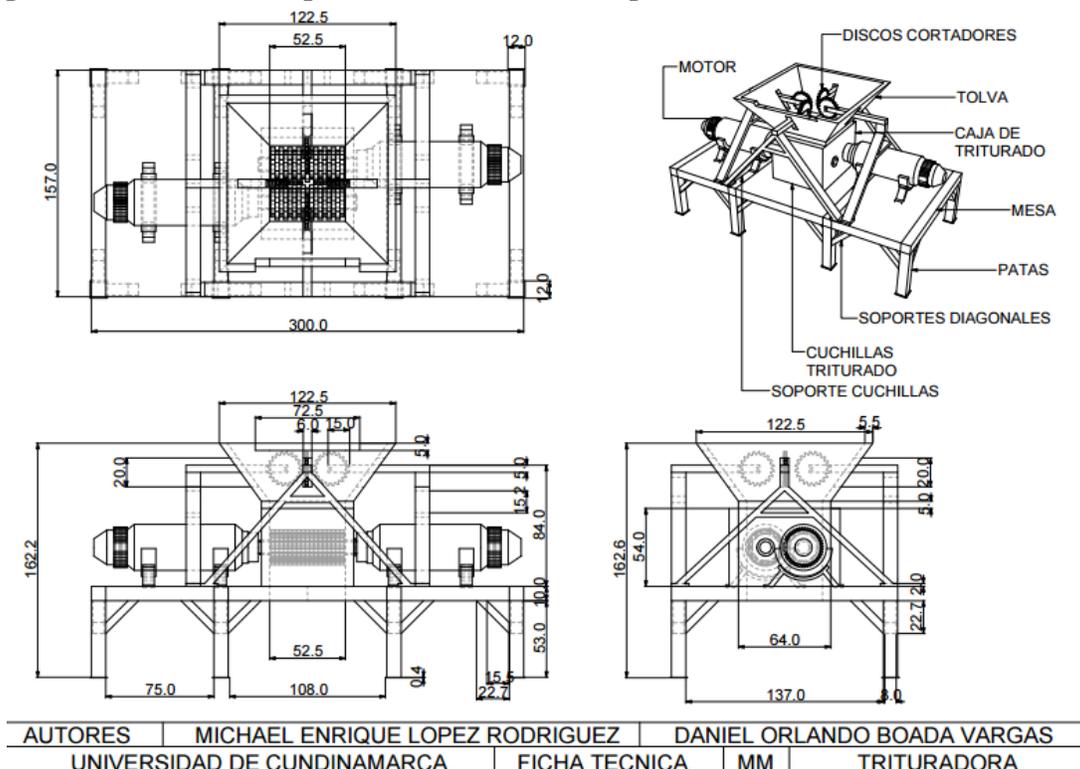
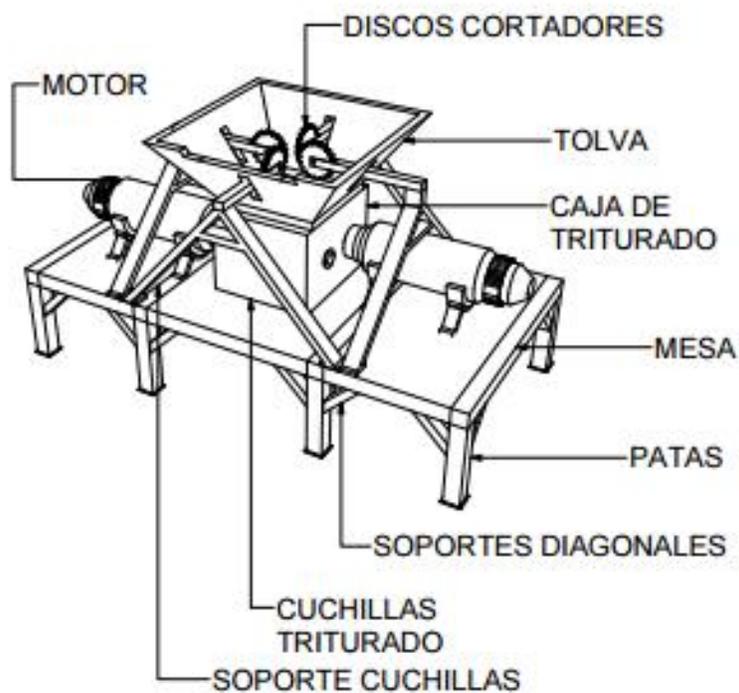


Figura 34 Planos trituradora

Fuente: Elaboración autores

#### 4.4.2. Máquina de triturado de llantas (Sub-proceso B)

Para su mayor comprensión en la **figura 35** se muestran las partes las cuales componen a la máquina de triturado (Sub-proceso B), sus especificaciones técnicas y acotaciones con sus principales vistas.



**Figura 35** Partes de la máquina de triturado (Sub-proceso B)

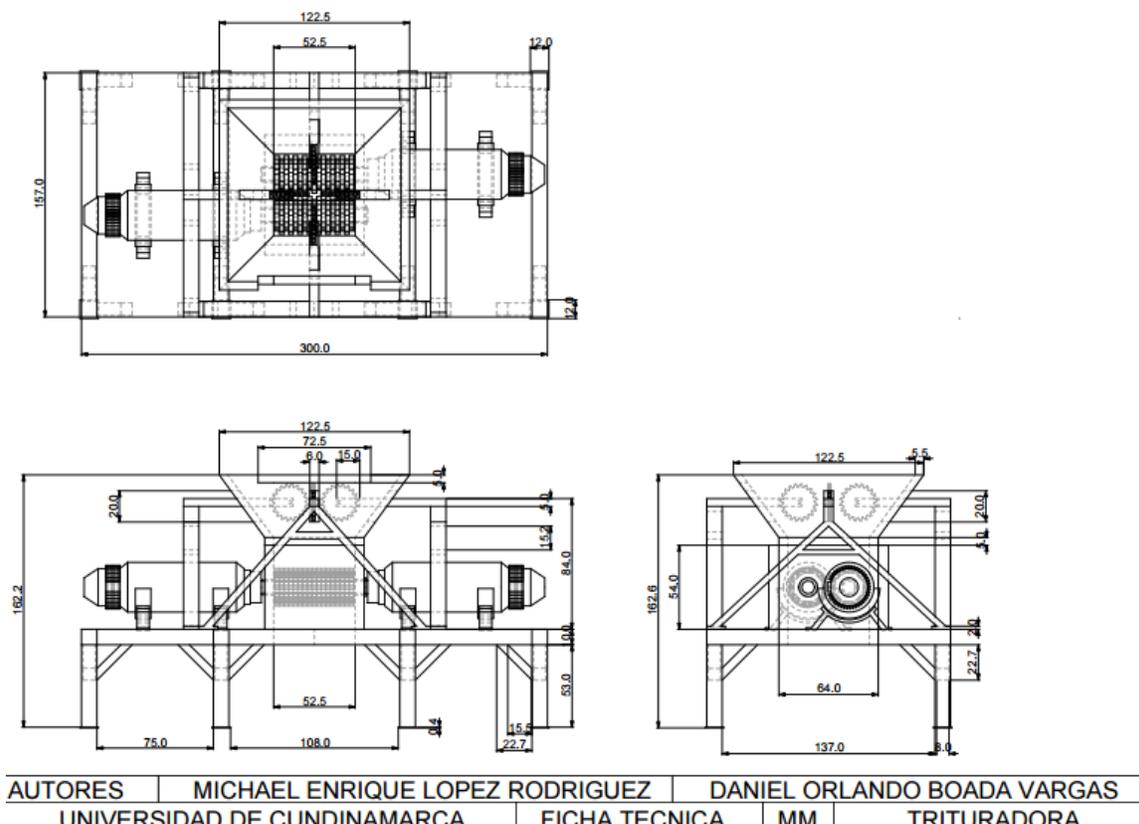
*Fuente: Elaboración autores*

Tabla 48

Trituradora

<b>TRITUTADORA - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>		
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>		
<b>LARGO/ ANCHO/ ALTO (M)</b>	3.00/ 1.50/ 1.60	
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCION (KG/H)</b>	900	
<b>TAMAÑO DE SALIDA (MM)</b>	≤ 100MM	
<b>No.</b>	<b>PARTE</b>	<b>ESPECIFICACION</b>
1	MOTOR	Motor eléctrico 110 kW (2*55 kW) 400 V
2	DISCOS CORTADORES	Discos profesionales 14"
3	TOLVA	Lamina HR 1,20*2,40*1/4"
4	CAJA TRITURADO	Lamina HR 1,20*2,40*1/4"
5	MESA	Lamina HR 1,00*2,00*1/4"
6	PATAS	Tubo estructural cuadrado HR 4"*1/4"
7	SOPORTES DIAGONALES	Tubo estructural cuadrado HR 4"*1/4"
8	CUCHILLAS TRITURADO	Cuchillas de buril individuales acero aprueba de desgaste
9	SOPORTE DISCOS	Tubo rectangular 3"*1"*1/4"

Fuente: Elaboración autores



**Figura 36** Planos máquina de triturado (Sub-proceso B)

*Fuente: Elaboración autores*

#### 4.4.3. Tabla lista de materiales y presupuesto.

Para la construcción de la estructura de la máquina de triturado (Sub-proceso B) se enuncian en la **tabla 49** los materiales principales, las cantidades de las partes, especificación de los materiales y costo de producción teniendo en cuenta el precio total de los materiales sin IVA y mano de obra requerida para su estudio, diseño y implementación, en esta tabla no se tuvo en consideración los costos indirectos de fabricación y utilidad.

Tabla 49

Materiales y presupuesto.

TABLA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO								
Nombre de las partes	Cantidad de partes	Especificaciones	Cantidad de lamina requerida	Cantidad de tubos requeridos (6mts)	Cantidad de angulos requeridos (6mts)	Cantidad platina requerida (6mts)	Precio	Total
Patas mesa	8	Tubo estructural cuadrado HR 4**1/4"		1			\$ 324.000	\$ 324.000
Estructura largo mesa	2	Tubo estructural cuadrado HR 4**1/4"		1			\$ 324.000	\$ 324.000
Estructura ancho mesa	4	Tubo estructural cuadrado HR 4**1/4"		1			\$ 324.000	\$ 324.000
Soportes diagonales mesa	20	Tubo estructural cuadrado HR 4**1/4"		1			\$ 324.000	\$ 324.000
Soportes cuchillas	2	Tubo rectangular 3**1**1/4"		1			\$ 94.000	\$ 94.000
Esqueleto tolva	4	Angulo 1 1/2**1 1/2**1/4			2		\$ 27.000	\$ 54.000
Esqueleto trituradora (alto)	4	Angulo 1 1/2**1 1/2**1/4						
Esqueleto trituradora (largo)	4	Angulo 1 1/2**1 1/2**1/4						
Platinas Refuerzo caja triturado	2	Platina 1 1/2**1/5				1	\$ 15.000	\$ 15.000
Platinas patas	8	Lamina platina antidesgastantes 120*120*6mm	8				\$ 15.000	\$ 120.000
Paredes de la tolva	4	Lamina HR 1,20*2,40*1/4"	1				\$ 347.000	\$ 347.000
Paredes caja triturado	4	Lamina HR 1,00*2,00*1/4"	1				\$ 237.000	\$ 237.000
Mesa	1	Lamina HR 1,00*2,00*1/4"	2				\$ 237.000	\$ 474.000
Discos tolva	4	Discos profesionales 14"					\$ 612.000	\$ 2.448.000
Cuchillas trituradora	2	Cuchillas de buril individuales acero aprueba de desgaste					\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
Motor	2	Motor electrico 110 kw (2'55 kw) 400 V					\$ 1.500.000	\$ 3.000.000
Pintura electrostatica	1						\$ 800.000	\$ 800.000
Soldadura robusta	1/2	1/2 de soldadura robusta					\$ 90.000	\$ 90.000
<b>TOTAL</b>								<b>\$11.375.000</b>
<b>Mano de obra</b>								<b>\$ 10.000.000</b>
<b>Costo de produccion</b>								<b>\$21.375.000</b>

Fuente: Elaboración autores

(Apéndice J. Tabla lista de materiales y presupuesto).

## 5. CAPITULO V

### 5.1.CONCLUSIONES

- Siendo la capacidad de producción de la línea del sistema de triturado de la empresa TGMM ESPAÑA de 43,2 toneladas diarias mayor al sistema de triturado de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S con una producción de 11,28 toneladas diarias. Se llega a la conclusión de que el sistema de la empresa TGMM es capaz de suplir la demanda de desechos de llantas de 26,89 toneladas diarias el cual genera el municipio de Soacha, Cundinamarca.
- El espacio requerido por el sistema de triturado de la empresa TGMM ESPAÑA es de 1680 mt<sup>2</sup> (24 mts \* 70 mts), mientras que el espacio requerido por el sistema de triturado de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S es de 800mt<sup>2</sup> (80 mts \* 10 mts). Siendo un 47,61 % menor del espacio requerido para su operación ahorrando costos en adecuación de terreno.
- El costo del sistema de triturado de la empresa TGMM ESPAÑA es de (\$4.150'057.472) “Cuatro mil ciento cincuenta millones cincuenta y siete mil cuatrocientos setenta y dos pesos colombianos”, por otra parte el costo del sistema de triturado de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S se encuentra sobre los (\$832'614.000) “Ochocientos treinta y dos millones seiscientos catorce mil pesos colombianos” según la propuesta planteada. Siendo un 79,93% menor al costo de la empresa TGMM ESPAÑA.

- La propuesta planteada a la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S logra una eficiencia de línea de un 86% siendo una mejora de línea del 5% frente a su estado actual en el mercado. Logrando una diferencia del 3% con respecto a la eficiencia generada por la empresa TGMM ESPAÑA.
- La propuesta planteada a la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S logra una producción de 22,56 toneladas diarias con respecto al sistema actual con 11,28 toneladas diarias, siendo así, una mejora al sistema actual de un 50% en su producción.
- Con la implementación de (2) dos propuestas del sistema de triturado de GERCONS COLOMBIA S.A.S se logra suplir la demanda del municipio de Soacha en un 100% y su costo no supera los (\$1.665'228.000) “mil seiscientos sesenta y cinco millones doscientos veintiocho mil pesos colombianos”, abarcando un área de 1600 mts<sup>2</sup> (24 mts \* 70 mts), el mismo espacio requerido por el sistema de triturado la empresa TGMM ESPAÑA.
- La propuesta de mejora que se planteó obtiene un tiempo de ciclo total de 45,9 min logrando una diferencia de 30 minutos con respecto al sistema actual de la empresa GERCONS COLOMBIA S.A.S, con un tiempo de ciclo total de 75,90 minutos logrando así ver la importancia en términos de tiempo con las modificaciones planteadas.
- El desarrollo de la propuesta al sistema de triturado de GERCONS COLOMBIA S.A.S requiere un trabajo interdisciplinar donde se requerirá profesionales relacionadas a las áreas de:

- Diseñadores industriales, para el diseño asistido por ordenador y generando la simulación de prototipos (Mecánicos, eléctricos, automatizados, etc.)
- Ingeniería mecánica, para el análisis estructural y de materiales más idóneos para la fabricación e instalación de la maquinaria.
- Ingeniería electrónica, para el diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de transformación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
- Ingeniería civil para el estudio y medición del terreno.
- Ingeniería industrial para la buena administración y optimización de la cadena de suministro, operaciones, procesos y recursos humanos, técnicos e informativos con la finalidad de obtener productos de alta calidad.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Lound, H.(1998) “Manual McGraw-hill de reciclaje”, vol. 1
- Congreso de la república. Ley No. 1333; procedimiento sancionatorio ambiental. (21 de julio del 2009)
- Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Resolución numero; (1457): sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas. (29 de julio del 2010)
- Corporación de Fomento Asistencial del Hospital Universitario San Vicente de Paúl, (CORPAUL)- [en línea] <  
[http://www.corpaul.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=116%3Areciclaje-llantas&catid=14%3Agestion-ambiental&Itemid=33](http://www.corpaul.com/index.php?option=com_content&view=article&id=116%3Areciclaje-llantas&catid=14%3Agestion-ambiental&Itemid=33) > [citado 22 de febrero de 2016]
- Gercons Colombia- [en línea] <  
<http://www.gerconscolombia.com/index.php/productos/reciclaje-llantas> > [citado 22 de febrero de 2016]
- Cámara de comercio de Bogotá. Guía para el manejo de llantas usadas, primera edición- [en línea ] <  
[http://www.ambientebogota.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=ab80a611-f997-4864-bd6e-7aa0d8680067&groupId=10157](http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=ab80a611-f997-4864-bd6e-7aa0d8680067&groupId=10157) >; (septiembre de 2006)

## 7. ANEXOS

**(Anexo 1. Cotización solicitada a la compañía TGMM España)..... 77**

**(Anexo 2. Cotización solicitada a la compañía Gercons Colombia S.A.S)..... 78**

## 8. APÉNDICE

(Apéndice A. Planos del sistema de triturado TGMM España).....	51
(Apéndice B. Diferenciación de etapas TGMM España Vs Gercons Colombia S.A.S).	60
(Apéndice C. Planos del sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S). .....	65
(Apéndice D. Diagrama de flujo TGMM España Vs Gercons Colombia S.A.S).....	72
(Apéndice E. VSM sistemas de triturado industrial TGMM España vs Gercons Colombia S.A.S).....	73
(Apéndice F. Planos del sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S Modificado).....	80
(Apéndice G. Sistema de triturado industrial Gercons Colombia S.A.S (MODIFICADO)) .....	89
(Apéndice H. VSM PROPUESTA). .....	92
(Apéndice I. Planos máquina de triturado (Sub-proceso B)). .....	95
(Apéndice J. Tabla lista de materiales y presupuesto). .....	99