

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**DISEÑO PRELIMINAR DE UNA PLANTA RECUPERADORA, PARA USOS  
ALTERNOS, DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES DE NEUMATICOS USADOS**

PRESENTADO POR:

**SONIA MAIRENY BELTRE NINA**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito parcial para  
optar al título de:

**INGENIERO QUÍMICO**

Puerto la Cruz, julio de 2011

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**DISEÑO PRELIMINAR DE UNA PLANTA RECUPERADORA, PARA USOS  
ALTERNOS, DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES DE NEUMATICOS USADOS**

**ASESORES**

---

Ing. Químico Osvaldo Ochoa  
**Asesor académico**

---

Ing. Químico Pedro Infante  
**Asesor industrial**

Puerto la Cruz, julio de 2011

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



DISEÑO PRELIMINAR DE UNA PLANTA RECUPERADORA, PARA USOS  
ALTERNOS, DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES DE NEUMATICOS USADOS

JURADO

---

Ing. Quím. Osvaldo Ochoa  
**Asesor académico**

---

Ing. Quím. Héctor Silva., (M.Sc)  
**Jurado principal**

---

Ing. Quím. Arturo Rodolfo (M.Sc)  
**Jurado principal**

Puerto la Cruz, julio de 2011



## RESOLUCIÓN

DE ACUERDO AL ARTICULO 41 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO

**“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA  
UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES  
CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO  
PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”**

## **RESUMEN**

En el presente proyecto se propone diseñar una planta recuperadora, para usos alternos, de los materiales constituyentes de los neumáticos usados en las instalaciones de Oxialquilados Venezolanos. Para ello, se procedió a recopilar datos sobre la cantidad de neumáticos susceptibles a ser reciclados, mediante un estudio del parque automotor venezolano, por el cual se determinó que se genera una cantidad de 24.167 toneladas de este residuo en la zona oriental del país. Luego se revisaron los requerimientos nacionales de caucho como materia prima para dimensionar de una manera adecuada la instalación; dicha planta se dimensionó para tratar desde un principio el 30% de la cantidad total de neumáticos que se desechan en la zona oriental, lo que corresponde a 3,8 ton/h o 7.296 ton/año de neumáticos aproximadamente, trabajando una jornada laboral de 5 días a la semana, un turno de 8 horas, 240 días/año. Los procesos básicos de la planta son la trituración, granulación y molienda, donde se obtiene el caucho en distintas granulometrías (entre 0,7 mm – 5 mm); adicionalmente se diseñó una campana de extracción de polvo para cintas transportadoras y un filtro de mangas para asegurar el correcto funcionamiento de la planta y evitar la contaminación debido a los polvos generados en el proceso. La campana se diseñó para aspirar un caudal de 10.525 pies<sup>3</sup>/min a una velocidad de captura de 238,07 pies/min y el filtro de mangas diseñado tiene un área total filtrante de 1.883,24 pie<sup>2</sup> y una velocidad de filtración de 4,68 pie/min. Finalmente mediante un análisis económico se pudo determinar la viabilidad del proyecto y el capital necesario a invertir, obteniéndose una tasa interna de retorno del 22,08% antes de impuesto y del 14,85% después de impuesto.

## **CONTENIDO**

RESOLUCIÓN .....	iv
RESUMEN .....	v
CONTENIDO .....	v
LISTA DE TABLAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
CAPITULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Reseña histórica de la empresa .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.3 Objetivos .....	2
CAPITULO 2 .....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. Antecedentes .....	3
2.2. Caucho natural .....	4
2.2.1. Clasificación de cauchos .....	4
2.3. Fibras textiles .....	4
2.4 Acero .....	6
2.4.1 Clasificación del acero .....	6
2.5 Los neumáticos usados .....	6
2.5.1. Clasificación y composición de los neumáticos .....	7
2.6. Valorización de los neumáticos fuera de uso .....	7
2.6.1. Valorización material .....	8
2.6.2 Valorización energética .....	8
2.6.3 Renovado .....	8
2.6.4. Reciclaje directo de materiales .....	8
2.7. Reciclaje .....	8
2.8. Reciclaje de neumáticos .....	9
2.9. Reciclaje mecánico o físico .....	9
2.9.1. Descripción del proceso de reciclaje de neumáticos usados .....	10
2.9.2 Trituradoras y molino de rodillos .....	11
2.10. Alternativas de gestión integral .....	11
2.11. Comercialización del producto generado .....	12
2.12. Diseño de campanas de extracción .....	14
2.12.1. Principios sobre el diseño de campanas .....	14

2.12.2. Velocidad mínima en el ducto .....	16
2.12.3. Flujo de aire .....	17
2.12.4. Coeficiente de entrada y presión estática de la campana .....	18
2.13. Filtros de mangas.....	20
2.13.1. Entrada y distribución de flujo .....	21
2.13.2. Velocidad de filtración .....	22
2.13.3. Velocidad ascendente.....	23
2.13.4. Dimensionamiento del filtro de mangas .....	23
2.13.5. Distancia entre mangas .....	24
2.13.6. Número de mangas por columnas .....	24
2.13.7. Pérdidas de presión en el filtro.....	24
2.14. Diseño de una planta .....	26
2.15. Estudio de mercado .....	27
2.15.1. Objetivos del estudio de mercado.....	28
2.15.2. Etapas del estudio del mercado.....	28
2.16. Estudio económico .....	29
2.16.1. Determinación de la inversión capital .....	29
2.16.2. Determinación del costo en inversión de capital.....	29
2.16.3. Estimación de la inversión de capital fijo .....	30
2.17. Costos de producción.....	30
2.18. Tasa de retorno de la inversión.....	31
CAPITULO 3.....	33
DESARROLLO DEL TRABAJO.....	33
3.1. Recopilación de datos sobre la cantidad de neumáticos usados susceptibles a ser reciclados .....	33
3.2. Revisión de los requerimientos nacionales de caucho.....	35
3.3. Establecimiento de la capacidad de la planta .....	36
3.4. Dimensionamiento de los equipos principales involucrados en el proceso de reciclaje de neumáticos usados .....	37
3.4.1. Sección I pre-triturado.....	37
3.4.1.1. Destalonadores.....	37
3.4.1.2. Trituradora .....	38
3.4.1.3. Cinta transportadora .....	38
3.4.1.4. Criba de disco.....	38
3.4.1.5. Sistema de retorno de los granos retenidos .....	38
3.4.1.6. Cinta transportadora de evacuación.....	39

3.4.2. Sección II granulado .....	39
3.4.2.1. Primer granulador marca Unicrex U 1700 .....	39
3.4.2.2. Segundo granulador marca Unicrex U 1200.....	39
3.4.2.3. Separador magnético sobre cinta.....	40
3.4.3. Sección III molienda.....	40
3.4.3.1. Cribadora plana .....	40
3.4.3.2. Molino cortador .....	40
3.4.3.3. Silo de recepción .....	40
3.4.3.4. Tornillos transportadores .....	41
3.4.3.5. Separación de textiles.....	41
3.5. Diagramación cualitativa del proceso de producción .....	41
3.6 Elaboración de un análisis de viabilidad económica .....	42
3.6.1. Determinación de los costos de inversión.....	43
3.6.1.1. Costos directos .....	43
3.6.1.2. Costos indirectos .....	43
3.6.2. Estimación del costo de producción.....	44
3.6.2.1. Costos de manufactura.....	44
3.6.2.2. Costos directos de fabricación.....	44
3.6.2.3. Costos fijos de fabricación.....	45
3.7. Muestra de cálculo .....	46
3.7.1. Trituradora y molino .....	46
3.7.1.1. Capacidad de la trituradora.....	46
3.7.1.2. Capacidad del molino .....	46
3.7.2. Campana de extracción de polvos.....	47
3.7.2.1. Flujo de aire .....	47
3.7.2.2. Coeficiente de entrada y presión estática.....	48
3.7.3. Filtro de manga .....	49
3.7.3.1. Velocidad de filtración.....	49
3.7.3.2. Velocidad ascendente.....	49
3.7.3.3. Pérdidas de presión en el filtro .....	50
3.7.4. Tasa de retorno de la inversión.....	51
CAPITULO 4.....	53
DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES.....	53
Y RECOMENDACIONES .....	53
4.1. Recopilación de datos sobre la cantidad de neumáticos usados susceptibles a ser reciclados .....	53



4.2. Revisión de los requerimientos nacionales de caucho.....	55
4.3. Establecimiento de la capacidad de la planta .....	56
4.4. Dimensionamiento de los equipos principales involucrados en el proceso de reciclaje de neumáticos usados .....	57
4.5. Diagramación cualitativa del proceso de producción .....	58
4.6. Elaboración de un análisis de viabilidad económica .....	59
4.7. Conclusiones.....	61
4.3. Recomendaciones.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63
ANEXOS.....	65

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Composición de los neumáticos usados. ....	7
Tabla 2.2. Composición química de los neumáticos usados. ....	7
Tabla 2.3. Rango de velocidad de captura. ....	15
Tabla 2.4. Rango de velocidad mínima de diseño. ....	16
Tabla 2.5. Factores de resistencia Ko de fieltros selectos para filtros de pulso inverso. ....	25
Tabla 3.1. Exportaciones de neumáticos usados y renovados. Instituto Nacional de Estadística. ....	33
Tabla 3.2. Distribución del parque automotor venezolano por zonas geográficas 2009 (unidades vehiculares). Cámara de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores. ....	34
Tabla 3.3. Peso promedio y número de neumáticos para los distintos tipos de autos. ....	34
Tabla 3.4. Porcentaje de distribución del parque automotor venezolano para el año 2009. Cámara de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores. ....	35
Tabla 3.5. Importaciones de caucho natural, estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno en el año 2009. Instituto Nacional de Estadística. ....	36
Tabla 3.6. Importaciones de caucho natural, estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno en el año 2010. Instituto Nacional de Estadística. ....	36
Tabla 3.7. Parámetros técnicos de los destalonadores. ....	37
Tabla 3.8. Parámetros técnicos del triturador de rodillos. ....	38
Tabla 3.9. Parámetros técnicos de la cinta transportadora. ....	38
Tabla 3.10. Parámetros técnicos de la criba de discos. ....	38
Tabla 3.11. Parámetros técnicos del sistema de retorno. ....	38
Tabla 3.12. Parámetros técnicos de la cinta transportadora de evacuación. ....	39
Tabla 3.13. Parámetros técnicos del granulador. ....	39
Tabla 3.14. Parámetros técnicos del granulador. ....	39
Tabla 3.16. Parámetros técnicos de la cribadora plana. ....	40
Tabla 3.17. Parámetros técnicos del molino de rodillos. ....	40
Tabla 3.18. Parámetros técnicos de los silos. ....	41
Tabla 3.19. Parámetros técnicos de los tornillos transportadores. ....	41
Tabla 3.20. Parámetros técnicos de las mesas separadoras. ....	41
Tabla 3.21. Porcentaje de cada rubro de la inversión de capital fijo con respecto al total de la inversión. ....	44
Tabla 3.22. Valores de flujo de aire y área. ....	47
Tabla 3.23. Características del filtro de mangas. ....	49
Tabla 4.1. Neumáticos por zonas geográficas para el 2009 (toneladas). ....	54
Tabla 4.2. Neumáticos desechados en el país 2003-2009 (toneladas). ....	54
Tabla 4.3. Cantidad de neumáticos a recolectar y capacidad de la planta. ....	54
Tabla 4.4. Capacidad de los equipos de trituración y molienda. ....	57
Tabla 4.5. Características de la campana de extracción de polvo. ....	57
Tabla 4.6. Características del filtro de mangas. ....	58
Tabla 4.7. Estimación por rubros de la inversión de capital para la planta. ....	59
Tabla 4.8. Gastos de operación de la planta. ....	59
Tabla 4.9. Ganancias por venta del producto y ganancias netas antes y después de impuesto. ....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Estructura repetitiva del caucho natural. ....	4
Figura 2.2. Tipos de Elastómeros.....	4
Figura 2.3. Esquema de gestión de los neumáticos usados .....	12
Figura 2.4. flujo de aire en la vena contacta.....	18
Figura 2.5. Elementos mecánicos de un colector de polvos. ....	20
Figura 2.6. Diseño típico en la entrada del filtro.....	21
Figura 2.7. Diseño mejorado en la entrada del filtro.....	22
Figura 2.8. Caída de presión versus relación aire/tela para un ciclo de limpieza de 60 minutos.....	25
Figura 3.1. Diagrama de bloques del proceso de recuperación de estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno a partir de neumáticos usados.....	42
Figura 4.1. Parque automotor venezolano 2009. ....	54
Figura 4.2. Neumáticos desechados en el país 2003-2009. ....	55
Figura 4.3. Terreno disponible para la construcción de la planta. ....	56
Figura 4.4. Diagrama de bloques del proceso de recuperación de estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno a partir de neumáticos usados.....	58

# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Reseña histórica de la empresa

Oxialquilados Venezolanos, C.A, es una empresa de capital venezolano fundada en el año 1998, dando inicio a sus operaciones en las instalaciones donde estuvo ubicada con anterioridad una planta de productos químicos especializados llamada Oilchem.

La planta llegó a tener una capacidad de producción de unos 30 mil tambores/año hasta el 2006, lo cual permitió proveer a la industria petrolera de una diversa gama de productos tales como: desemulsificantes, emulsificantes, inhibidores de corrosión, inhibidores asfáltenos, inhibidores de parafinas, entre otros. En la actualidad Oxialquilados Venezolanos C.A, es una empresa ambiental, ubicada en la zona industrial Los Montones en el estado Anzoátegui, que presta servicios de manejo, tratamiento y disposición final de desechos petrolizados, efluentes, suelos, entre otros, a la industria petrolera y al público en general, con asistencia técnica para ofrecer soluciones a clientes en aquellos procesos que requieran mejoramiento ambiental y que son regulados por entidades gubernamentales.

### 1.2 Planteamiento del problema

Por ser una empresa ambiental y comprometida con el desarrollo sustentable del oriente venezolano, Oxialquilados Venezolanos C.A se ha interesado por la cantidad de desechos sólidos que se generan en el país, específicamente en las principales ciudades del estado Anzoátegui, y a los cuales no se les da un correcto tratamiento ni una adecuada disposición. El enfoque del presente trabajo se dirige principalmente a tomar parte de esos desechos y convertirlos en un producto útil y capaz de generar ingresos y fuentes de empleo. Esos desechos son los neumáticos usados.

Si bien es cierto que en principio los neumáticos usados no generan ningún peligro inmediato, su eliminación de manera inapropiada o su producción en grandes cantidades, puede contaminar gravemente el medio ambiente debido a la generación de gases producto de la combustión, ocasionando problemas para eliminarlos. No en vano, los neumáticos han sido diseñados para resistir condiciones mecánicas duras (son resistentes al ozono, la luz y las bacterias), lo que les hace prácticamente indestructibles por el paso del tiempo. Por las razones antes expuestas, Oxialquilados Venezolanos se ha planteado como objetivo la construcción de una planta recuperadora de los materiales constituyentes de neumáticos usados, para lo cual se requiere como primer paso el diseño de la misma.

En líneas generales el proceso de reciclaje consiste en la recolección de los neumáticos usados para posteriormente ser transformados mediante operaciones de trituración y molienda, obteniéndose además gránulos que varían desde 5 mm hasta polvos de 0,7 mm, acero y fibras textiles. Dependiendo de la granulometría obtenida, el caucho puede ser utilizado para la construcción de superficies deportivas, en asfaltos de carreteras, o en la industria cementera.

Para llevar a cabo el diseño preliminar de la planta se desarrollaron una serie de actividades o de etapas que incluyeron una revisión bibliográfica con la finalidad de conocer todos los aspectos relacionados con el diseño, recopilación de datos sobre la cantidad de neumáticos usados susceptibles a ser reciclados y la recopilación de cifras que indiquen de manera aproximada la demanda del producto en el país. Una vez establecidas las cifras de materia prima y la demanda de los productos, se estimó la capacidad de la planta para luego realizar un diagrama cualitativo del proceso. De igual forma se procedió al dimensionamiento de los equipos principales que forman parte del proceso. Finalmente, se solicitaron cotizaciones de los equipos de las plantas ofrecidas por empresas especializadas en el ramo, proponiendo así un presupuesto para dichos equipos y se realizó un análisis de viabilidad económica que permitió determinar la factibilidad de la planta.

Con el resultado de este trabajo se pretende ofrecer una alternativa de reciclaje para los neumáticos usados, pues en una cultura como la venezolana, donde no existe la mentalidad del reciclaje, se hace necesario fomentar esta actitud, mostrando la gran utilidad que puede tener un objeto considerado como desecho. Al mismo tiempo, se pretende disminuir el impacto ambiental que causan los neumáticos usados en concordancia con las políticas gubernamentales promulgadas en la Ley de Manejo Integral de Basura.

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo general**

Diseñar preliminarmente una planta recuperadora, para usos alternos, de los materiales constituyentes de neumáticos usados.

#### **Objetivos específicos**

1. Recopilar datos sobre la cantidad de neumáticos usados susceptibles a ser reciclados.
2. Revisar los requerimientos nacionales de caucho.
3. Establecer la capacidad de la planta.
4. Realizar el dimensionamiento de los equipos principales involucrados en el proceso de reciclaje de neumáticos usados.
5. Diagramar de forma cualitativa el proceso de producción.
6. Elaborar un análisis de viabilidad económica.

## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

PDVSA Intevep (2009) empezó a trabajar en el diseño e implantación de un proceso integral que garantice la recolección y recuperación de caucho proveniente de neumáticos usados. Este proyecto abarca el desarrollo de la cadena productiva, la selección de tecnología para la recuperación del caucho, el apoyo en las distintas fases de ingeniería y construcción o adquisición de las plantas, además del acompañamiento en la conformación y el fortalecimiento de las empresas de propiedad social necesarias para la operación de las instalaciones, el manejo de los centros de acopio y el funcionamiento total de la cadena de recolección.

Albano, (2008) analizó la influencia de la adición de la raspadura de las bandas de rodamiento de los neumáticos a los compuestos de concreto, a través de ensayos destructivos y no destructivos. En la investigación previamente definida se hace referencia a los resultados obtenidos del estudio de las propiedades mecánicas y las mediciones de pulso ultrasónico de un concreto al cual se le incorporó la raspadura de las bandas de rodamiento provenientes de neumáticos en un 5%, variando el tamaño de la partícula. Se prepararon compuestos de concreto tradicional, formados por agregados finos (arena sílice con impurezas de mica) y gruesos, agua y cemento.

Gascón (2008) diseñó desde un punto de vista económico y financiero, una planta de reciclado y valoración energética de neumáticos fuera de uso en Aragón España. Para ello procedió a realizar un estudio del mercado preliminar que le aportó la demanda existente de este residuo en el estado y un estudio de viabilidad en el cual analizó la sostenibilidad económica-financiera de la actividad que supone su gestión; con ello dimensionó la instalación para determinar con mayor precisión el capital a invertir, con lo que consiguió optimizar las tarifas del servicio y de forma indirecta aumentar la productividad y la competitividad de la instalación.

Quezada (2003) estudió las posibilidades económicas de utilizar neumáticos desechados como combustible alternativo en fábricas de cemento realizando análisis económico y de sensibilidad. Con esto planteó una solución viable para enfrentar el problema de la contaminación del medioambiente, mediante la transformación de residuos industriales que no tienen posibilidad de ser reciclados para su propósito original, en un combustible de alto poder calorífico y de menor costo comparativo en relación a los combustibles tradicionales.

El proyecto de PDVSA Intevep y el trabajo de Gascón tienen mucha similitud con el trabajo a realizar ya que se plantea el diseño de una planta para el reciclaje de neumáticos usados donde se obtendrá caucho en polvo, acero y fibras textiles, requiriendo de estudios para la determinación de neumáticos usados, estudios de factibilidad económica y un plan adecuado para el almacenamiento de los neumáticos a procesar y los productos; sin embargo se diferencian con este trabajo en el hecho de que no se diseñan los equipos sino que se hace una descripción de la maquinaria y de su consumo eléctrico. De igual forma, el proyecto se diferencia con el estudio de Albano y Quezada ya que en este proyecto no se estudia las posibilidades de la adición de

caucho en el cemento pero si se señala las distintas utilidades que se le puede dar al caucho triturado y las ventajas que tiene la reutilización del caucho triturado en las carreteras logrando disminuir así la contaminación que se genera debido a este pasivo ambiental.

## 2.2. Caucho natural

El caucho natural (cis-poliisopreno), se extrae comercialmente a partir del látex del árbol *hevea brasiliensis*, que se cultiva en plantaciones de regiones tropicales del sudeste de Brasil. La materia prima del caucho natural es un líquido lechoso denominado látex. La estructura de la goma natural es principalmente cis-poli(1,4-isopreno), un polímero de cadena larga, mezclado con pequeñas cantidades de proteínas, lípidos, sales inorgánicas además de otros componentes. En la figura 2.1 se muestra la estructura repetitiva del caucho natural. (Carno, et ál).

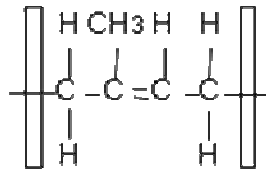


Figura 2.1. Estructura repetitiva del caucho natural. (Carno, et ál).

### 2.2.1. Clasificación de cauchos

Los elastómeros o caucho son materiales poliméricos cuyas dimensiones pueden variar mucho si son sometidos a tensiones mecánicas, de manera que vuelve a sus dimensiones originales cuando las tensiones cesan. A continuación, en la figura 2.2 se esquematizan los diferentes tipos de cauchos (Carno, et ál).

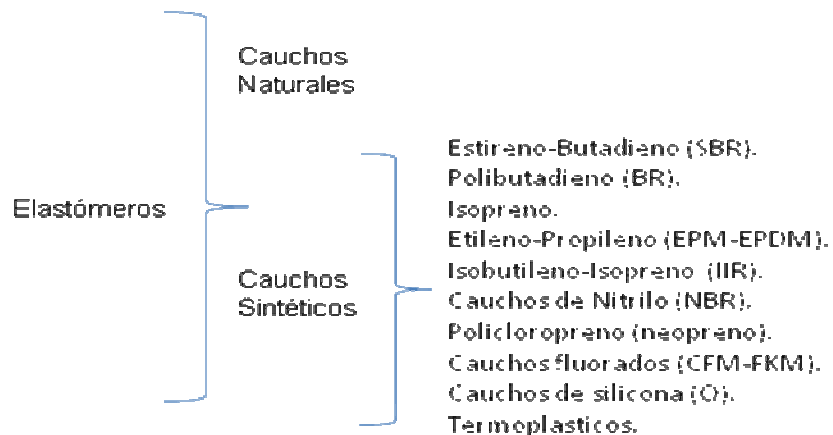


Figura 2.2. Tipos de Elastómeros (Carno, et ál).

## 2.3. Fibras textiles

Se denomina fibra textil a los materiales compuestos de filamentos y susceptibles de ser usados para formar hilos o telas, bien sea mediante tejido o mediante otros procesos físicos o químicos.

En general las fibras están compuestas por polímeros de alto peso molecular, en que la forma de la molécula es alargada. (Rentería Rogriguez, 2007)

### **Clasificación de las fibras textiles**

La clasificación concreta de las fibras textiles se divide en tres áreas: las de origen natural (entre éstas la vegetal, animal y mineral), las semisintéticas (por ejemplo la viscosa) y las sintéticas (poliésteres (PES), PA6, PA66).

Origen natural

*De origen animal: generalmente proteicas, diferenciándose principalmente de las fibras vegetales porque su sustancia fundamental y característica es la albúmina, de modo parecido a como la celulosa lo es de las fibras vegetales. Arden con la llama viva desprendiendo un olor característico a cuerno quemado y dejando cenizas oscuras.*

Lana

Pelos: cabra, camélidos, angora.

Seda: *bombyx mori* (gusano de seda), tussah.

De origen vegetal: generalmente celulósicas. Son monocelulares (como el algodón), o se componen de haces de células (como el lino, cáñamo, yute, etc.). Arden con llama luminosa despidiendo un olor característico a papel quemado y dejando cenizas blanquecinas en pequeña cantidad.

Fruto: algodón, coco, kapoc.

Tallo: lino, yute, cáñamo, ramio.

Hoja: henequén o sisal, formio, abacá, Esparto.

Raíz: Agave tequilana.

Minerales: generalmente inorgánicas amianto, asbesto, fibra de vidrio, fibra cerámica.

### **Origen artificial**

Utilizan para su creación un componente natural.

Proteicas: caseína, lanital.

Celulósicas: rayón viscosa y tencel, rayón acetato, rayón cuproamonio, rayón nitrocelulosa, rayón triacetato.

Minerales: fibra de vidrio, hilo metálico.

### **Origen sintético**

No utilizan componentes naturales.

Monocomponentes: poliamida, fibras poliéster, poliacrílico, fibras modacrílicas, fibras olefínicas, fibras spandex, fibras aramídicas.

Bicomponentes: fibras poliéster, fibras acrílicas, fibras olefínicas, fibras poliamídica.

Microfibras: fibras poliamídicas, fibras poliéster, fibras acrílicas.

### **Según su composición química**

Inorgánicas: asbesto, fibra de vidrio, hilos metálicos.

Orgánicas.

Celulósicas: algodón, lino, viscosa.

Proteicas: lana, seda, rayón.

Parafínicas: nylon, poliéster, polipropileno. (Rentería Rogriguez, 2007).



## **2.4 Acero**

El acero es una aleación de hierro y carbono, en la que el carbono no supera el 2,1% en peso de la composición de la aleación, alcanzando normalmente porcentajes entre el 0,2% y el 0,3%. Porcentajes mayores que el 2,0% de carbono dan lugar a las fundiciones, aleaciones que al ser quebradizas y no poderse forjar (a diferencia de los aceros), se moldean. (Infoacero, 2001).

### **2.4.1 Clasificación del acero**

Los diferentes tipos de acero se clasifican de acuerdo a los elementos de aleación que producen distintos efectos en el acero:

**Aceros al carbono.** Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques y horquillas.

**Aceros aleados.** Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales.

**Acero de baja aleación ultrarresistente.** Esta familia es la más reciente de las cuatro grandes clases de acero. Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación.

**Acero Inoxidable.** Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. (Infoacero, 2001).

## **2.5 Los neumáticos usados**

La estructura del neumático está formada en la parte interior por láminas de caucho, una malla de acero y/o textil y una capa exterior de caucho macizo moldeado, que constituye la banda de rodadura. Esta banda es la que va en contacto con la superficie del camino, tiene una alta resistencia al desgaste y a través de su diseño proporciona las características de tracción, frenado y adherencia.

Durante su uso se produce un desgaste de la banda de rodadura, volviendo insegura la conducción, por lo que el neumático debe ser cambiado. Generalmente los fabricantes de neumáticos recomiendan como mínimo 3 mm de profundidad de dibujo o huella para garantizar la seguridad del vehículo. Con ese mismo objetivo, en algunos países existen normas de seguridad de tránsito que establecen la profundidad mínima de dibujo o huella en 1,6 mm. Esta es la razón por la cual existe un significativo mercado mundial de neumáticos usados, hacia aquellos países que no cuentan con este tipo de normas. (Neumáticos Usados, 2005).

Los neumáticos generalmente tienen hilos que los refuerzan. Dependiendo de la orientación de estos hilos, se clasifican en diagonales o radiales. Los de tipo radial son el estándar para casi todos los automóviles modernos. (Neumáticos, 2007).

### 2.5.1. Clasificación y composición de los neumáticos

Según el estado del neumático después de su utilización, éstos se pueden clasificar en (Carno, *et ál*):

Neumáticos reutilizables

Renovados (pueden ser renovados y las especificaciones técnicas determinantes son fijadas por las empresas especializadas.

·Neumáticos no reutilizables.

Dependiendo del uso y del vehículo, los neumáticos varían en tamaño y diseño, sin embargo la composición de los productos de los distintos fabricantes es muy similar. En las tablas 2.1 y 2.2 se presenta un resumen de las principales características de los neumáticos usados en autos y camiones.

**Tabla 2.1. Composición de los neumáticos usados. (Carno, et ál).**

Composición	
<b>Caucho</b>	45-47%
<b>Negro de carbón</b>	21,5-22%
<b>Acero</b>	16,5-25%
<b>Textil</b>	5,5% (solo para autos)
<b>Oxido de zinc</b>	1-2%
<b>Azufre</b>	1%
<b>Aditivos</b>	5-7,5%

**Tabla 2.2. Composición química de los neumáticos usados. (Carno, et ál).**

Elemento/Compuesto	Contenido
<b>C %</b>	70
<b>Fe %</b>	16
<b>H %</b>	7
<b>O %</b>	4

**Tabla 2.2. Composición química de los neumáticos usados (continuación). (Carno, et ál).**

Elemento/Compuesto	Contenido
ZnO %	1
S %	1
N <sub>2</sub> %	0,5
Ácido Esteárico %	0,3
Halógenos %	0,1
Ligandos Cupríferos ppm(m)	200
Cd ppm(m)	10
Cr ppm(m)	90
Ni ppm(m)	80
Pb ppm(m)	50

### 2.6. Valorización de los neumáticos fuera de uso

Para valorizar los neumáticos usados se privilegian los procedimientos que permiten reciclar directamente los materiales y en consecuencia usar con moderación los recursos naturales. Se pueden citar (Carno, *et ál*):

### **2.6.1. Valorización material**

Los neumáticos pueden ser reutilizados enteros, troceados, molidos, y valorizados en diversas aplicaciones. Puede destacarse su uso en arrecifes de los neumáticos enteros, como aislante térmico y acústico de los neumáticos triturados, o las aplicaciones en materiales bituminosos. La utilización del polvo de neumático usado, en aplicaciones en la red vial a través de betunes modificados, puede seguir otras posibles vías:

Vía húmeda, mediante la cual se fabrica un ligante betún-caucho de neumático reciclado.

Vía seca, el triturado de neumático usado se emplea como sustituto de una fracción de los áridos utilizados para la fabricación del asfalto.

Vía mixta, todavía en estudio, unifica las dos vías citadas.

### **2.6.2 Valorización energética**

Los neumáticos se pueden utilizar enteros o triturados como combustible de sustitución en las cementeras, siempre que se respeten las disposiciones para la protección ambiental. También se pueden reutilizar en otras unidades de incineración, calderas industriales y centrales térmicas.

### **2.6.3 Renovado**

Si los neumáticos están todavía en buen estado, pueden revestirse de una nueva superficie de rodadura.

### **2.6.4. Reciclaje directo de materiales**

Valorización de los productos resultantes de la preparación de neumáticos fuera de uso.

El negro de carbono, utilizado en caucho, pinturas, y en la fabricación de carbono activo.

El polvo de neumático, utilizado en la fabricación de neumáticos nuevos, pero también en adhesivos a base de látex, y revestimientos “silenciosos”.

Granulado de neumático, con posibles utilizaciones en la construcción ferroviaria, también para reducir emisiones sonoras (Carno, *et ál*).

## **2.7. Reciclaje**

El reciclaje debe entenderse hoy en día como una estrategia de gestión de residuos sólidos ambientalmente más deseable que la incineración o el vertido.

La incógnita de cómo disponer los desechos sólidos, data de tiempos remotos cuando el ser humano comienza su asentamiento en núcleos poblados donde el número de individuos y sus actividades crecían y con esto la cantidad de desechos sólidos.

Con el pasar del tiempo, los desechos producidos por los núcleos poblados alcanzaron niveles cada vez más altos, convirtiéndose en un problema de salud pública en muchos lugares, pero la solución que se buscaba era la más rápida y económica: poner los desechos fuera del alcance de la vista y lejos de los núcleos poblados. No es sino después de la Segunda Guerra Mundial cuando el concepto de los recursos limitados, el incremento del conocimiento científico y rápido incremento de las poblaciones, obligan a pensar en el reciclaje como una alternativa para un planeta ya bastante contaminado por todos los años de vertido e incineración de desechos sólidos de forma indiscriminada.

El reciclaje se produce por tres motivos básicos: razones altruistas, imperativos económicos y consideraciones legales. En la primera de ellas es evidente que la

protección del medio ambiente y la conservación de los recursos responden a los intereses generales de todo el mundo, el segundo y el tercero varían de un sector a otro del reciclaje pero se han constituido en razones de peso para decidirse por él como alternativa. (H. Lund, 1996).

## **2.8. Reciclaje de neumáticos**

Los neumáticos usados es uno de los problemas de primer orden para el ambiente.

Hoy en día, la industria del renovado ha logrado tener avances significativos en el proceso de reciclaje de los neumáticos, logrando excelentes compuestos de hule que consiguen el mayor aprovechamiento de la carcasa o casco.

Pero el secreto en el reciclaje de los neumáticos todavía depende en un 80% del cuidado que se le dé en su primer periodo de utilización. También es muy importante el proceso de inspección de la carcasa o casco.

El reciclado de neumáticos usados consiste en una valorización mecánica, limpia y respetuosa con el medio ambiente. Esta valorización separa los tres componentes básicos del neumático; fibra textil, acero y caucho. El acero y caucho (en diferentes granulometrías) tienen diversas aplicaciones como en pavimentos de seguridad para infantes, mezcla en betunes asfálticos para carreteras, en centros hípicas (para la comodidad de los caballos), como camisas que rellenan las vías de los tranvías, aislantes, relleno en campos de fútbol de césped artificial, incluso como relleno de sacos de boxeo. (Poliak, 2005).

## **2.9. Reciclaje mecánico o físico**

El reciclaje mecánico involucra cambio de tamaño y/o forma de los materiales, remoción de contaminantes, mezcla de aditivos si se desea y actividades similares que representen un cambio de apariencia en el material reciclado pero que no alteren (a menos a gran escala) su estructura química básica.

En el reciclaje mecánico, los productos resultantes son de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación de los residuos de neumáticos.

Este proceso normalmente se realiza a través de trituradoras formadas por dos o más ejes paralelos de cuchillas que giran a distintas velocidades para favorecer la incorporación del neumático. La separación de los ejes define el tamaño de los trozos conseguidos. La utilización de este tipo de trituradoras es un paso previo a la molienda y en los vertederos o centros de recogida para disminuir el volumen de los neumáticos.

Los tres mayores procesos empleados para producir polvo de caucho son la molienda mecánica a temperatura ambiente, la molienda criogénica y la molienda húmeda. El polvo de caucho también se puede obtener mediante *buffings* a partir de la industria del renovado del neumático, siendo normalmente el tamaño de partícula mayor.

La molienda a temperatura ambiente se suele llevar a cabo en un molino de dos rollos tipo "cracker", donde los rollos contienen ranuras con bordes afilados que rompen el caucho. Son molinos clásicos constituidos por un rotor y el estator que lo rodea. Previamente al molido es necesario separar el componente metálico para evitar daños al molino, lo que se hace normalmente con separadores magnéticos dispuestos sobre las cintas. Para eliminar la parte textil se suele emplear cintas o bandejas vibratorias que

originan el apelmazamiento de las fibras, que después se separan por tamizado u otros dispositivos.

A muy bajas temperaturas (-200°C) el caucho se fragiliza desapareciendo su elasticidad característica, siendo posible por tanto, desintegrarlo fácilmente. El proceso de molienda criogénica viene acompañado por un primer paso de enfriamiento de las piezas de caucho (menores de 7,62 mm) con nitrógeno líquido, congelándolas. Los trozos (*shreds*) congelados pasan por un molino de impacto (similar a un percutor o martillo) donde son molidos en elementos más finos, pasantes a través de un tamiz de 1 mesh. El polvo obtenido se seca, se separa la fibra y el metal y se clasifica el polvo según lo tamaños obtenidos.

En cuanto a la molienda húmeda no se ha escrito demasiado acerca de este tipo de molienda, aunque alguno de los procesos de reducción de tamaño a temperatura ambiente incluye extrusoras. El procedimiento seguido normalmente consiste en una serie de ruedas de molienda con agua pulverizada inyectada continuamente para asegurar el enfriamiento del polvo. Después de este proceso se separa el agua del polvo y se seca (Carno, *et ál*).

### **2.9.1. Descripción del proceso de reciclaje de neumáticos usados**

El proceso de reciclaje de neumáticos usados no se halla documentado en detalle pues los procesos varían de una empresa a otra; sin embargo, un proceso básico de reciclaje se describe a continuación en cada una de sus etapas:

#### **Pre-trituración**

La sección de pre-triturado comprende una cortadora rotativa que opera eficientemente y una criba de disco con retorno del grano grueso.

Los neumáticos son conducidos a la tolva del módulo de corte, donde se trocean. El material troceado es aportado a una criba de disco por medio de una cinta transportadora. Los trozos superiores a 150x150mm son retenidos y retornados de nuevo a la cortadora rotativa; los trozos más pequeños son conducidos a un vaciadero por otra cinta transportadora. Desde aquí, son transportados a la sección de granulado.

#### **Granulación y Molienda**

Desde el vaciadero, una cargadora sobre ruedas lleva los trozos de neumáticos con un tamaño equivalente a la palma de la mano, a un silo automático. Los trozos de neumáticos ya cortados son llevados del silo a través de una abertura a la sección de granulación y molienda. Esta sección consta principalmente, de dos eficientes granuladores y dos segmentos de corte paralelos. El primer granulador está equipado con una criba cuyo tamaño de perforación es de 22 mm. El segundo granulador tiene una criba con un tamaño de perforación de 15 mm.

El primer granulador es más grande y más potente que el segundo, ya que éste hace la mayor parte del trabajo y se le aporta mayor cantidad de metal que al segundo.

Tras la segunda granulación y otra fase de separación de metales, el material es transportado a una cribadora, donde los materiales que tienen un tamaño inferior a los 4 mm son retenidas para su descarga en el molino. El resto es transportado a un molino cortador dotado de una criba con agujeros de 4 mm para su molienda.

Para la protección del medio ambiente, los granuladores y los molinos de corte están dotados de sistemas de extracción con una capacidad de aspirado de 5.000 m<sup>3</sup>/h. Con ello se garantiza un entorno casi exento de polvo y, al mismo tiempo, se refrigeran los

componentes de la instalación. El sistema de filtrado se suministra en forma de cápsula a presión.

### **Cribado y limpieza**

El material es aspirado del molino y aportado a otro silo, donde es transportado dosificadamente por un canal de evacuación y depositado en un tambor magnético, para separar de nuevo las partes de acero más pequeñas del flujo de material. La cribadora instalada sobre amortiguadores de caucho anti-vibraciones separa el flujo de material en tres fracciones: textil-granulado, 0,25 - 4 mm y > 0,25 mm. Otro elevador transporta el granulado a otra cribadora para separar el granulado con la fracción final. Desde aquí cada fracción será conducida a las mesas de selección para extraer los minerales del granulado. El siguiente estadio será la separación de los textiles que permitirá extraer la pelusa del granulado. Finalmente el producto será procesado por una criba vibrante y embolsado.

Tanto la granuladora como también la sección de limpieza están equipadas con un eficiente sistema de extracción de polvo, cuya función es aspirar las secciones en las cuales se produce polvo y filtrar el aire.

### **2.9.2 Trituradoras y molino de rodillos**

La capacidad real de una trituradora y los molinos de rodillos depende del diámetro de los rodillos, irregularidades y dureza de la alimentación y puede variar entre el 25 y 75% del valor teórico. (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$Q = \frac{d \cdot Ls}{2.96} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

donde:

Q = capacidad en cm<sup>3</sup>/min.

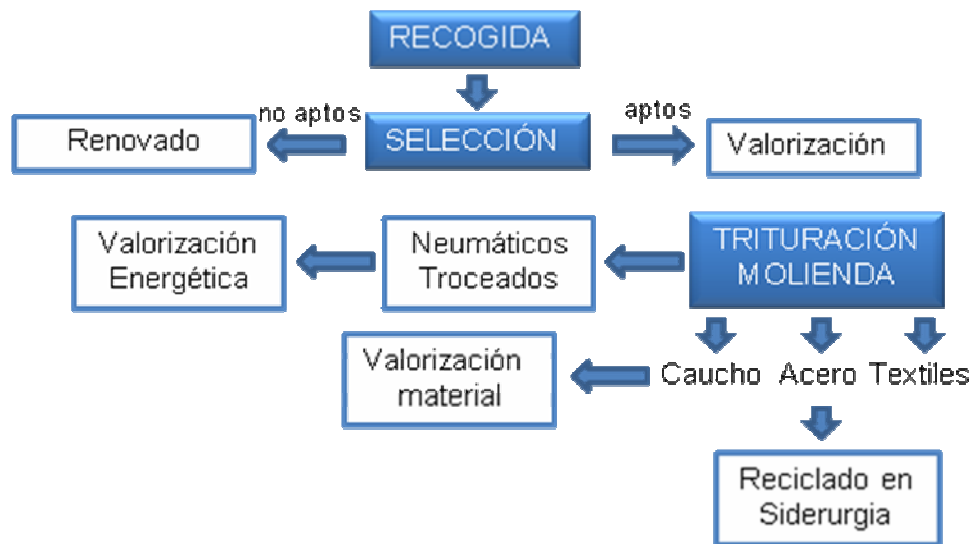
d = distancia entre rodillos, cm.

L = longitud de los rodillos, cm.

s = velocidad líneal, cm/min.

### **2.10. Alternativas de gestión integral**

De acuerdo al análisis de ciclo de vida de los neumáticos y de las alternativas disponibles de reciclado, reutilización y valorización energética de los neumáticos usados, se representa en el siguiente esquema un sistema de gestión integrado (López et ál, 2009):



**Figura 2.3. Esquema de gestión de los neumáticos usados (López et ál, 2009).**

### 2.11. Comercialización del producto generado

Los usos más factibles que se le pueden dar a este caucho triturado (estireno-butadieno, butadieno e isopropeno-isobuteno) son:

- Materiales de embalaje, cajas de baterías, cintas transportadoras.
- Neumáticos de bicicletas, industria y agricultura.
- Como aditivos de betunes asfálticos en carreteras.
- Conos para señalización de tráfico y pies de señales.
- Pavimentos en zonas deportivas o en zonas de juegos infantiles en donde por su elasticidad y resistencia reducen la fatiga y el riesgo de lesiones.
- Industria zapatera (suelas y tacones).
- Pistas de atletismos.
- Pistas de baloncestos y tenis.
- Tapetes para golf-tees.
- Superficies no deslizantes en cubiertas de barcos.
- Sub-base para pistas de carreras de caballos.
- Protección de zonas peatonales, alrededores de piscinas.
- Alfombrillas de coches, felpudos.
- Tuberías de drenaje.
- Tuberías porosas de irrigación.
- Aislantes y revestimiento de tuberías.
- Pavimentos estriados para suelos de edificios, aeropuertos, etc.
- Losetas y paneles acústicos y antivibraciones.
- Como aditivos en la fabricación de gomas.
- Compuesto impermeabilizantes para tejados, paredes, silos y balsas.
- Acolchado antichoques para maquinarias.
- Componentes sellantes y adhesivos.
- Pintura antideslizante texturizada.
- Ingrediente de relleno para moldes y extrusiones de goma y plástico.
- Guardabarros en coches y camiones.

Zapatas de frenos.  
 Equipamiento para minas y forro de abrasión.  
 Mangueras de jardín.  
 Zócalos (rodapiés) y base en suelos de madera.  
 Macetas.

Actualmente existe una línea de investigación abierta en diversos países europeos para emplear los neumáticos usados en piscifactoría como zonas favorecedoras del establecimiento y cría de algunas especies.

A continuación se clasifica el mercado de salida del caucho, en función de la granulometría:

### **De 5 a 2 mm**

Superficies deportivas.  
 Circuitos de carreras para caballos y zonas destinadas a equitación.  
 Modificaciones en terrenos agrícolas.  
 Tapetes y alfombrillas.

### **De 2 a 0,85 mm**

Conos para señalización de tráfico.  
 Pies de señales.  
 Ladrillos entrelazables.  
 Tapetes para golf-tees.  
 Pavimentos deportivos.  
 Asfalto carreteras (uso limitado).

### **De 0,85 a 0,60 mm**

Asfalto carreteras.  
 Zapatas de frenos.  
 Productos moldeados <50% goma reciclada.  
 PVC, PE.  
 Guardabarros.  
 Revestimientos de suelos.  
 Sellador de grietas: arreglos de carreteras, barreras de agua.  
 Pintura antideslizante.

### **Menor de 0,60 mm**

Neumáticos de nueva fabricación.  
 Asfalto carreteras.  
 Mangueras.

De todo lo expuesto, se resaltaré una de las aplicaciones más importantes. Esta es la aplicación de los neumáticos usados triturados en la construcción de carreteras y en suelos para polideportivos, colegios, parques, etc., un uso que no tiene ningún riesgo de posible contaminación, siendo un procedimiento ecológico que permite utilizar la mayor parte de los neumáticos usados (Pomar 2008).



A continuación se listan las ventajas de la reutilización del caucho triturado en la construcción de carreteras:

Ahorro en la cantidad de aglomerado asfáltico necesario. Como aditivo de betunes asfálticos en carreteras, en una proporción que puede alcanzar el 2,5% en capas de rodadura.

Tiene una duración de 2 a 4 veces superior al asfalto convencional. El polvo de caucho absorbe los componentes más ligeros del betún, retardando o impidiendo su pérdida por volatilización.

Aligera el peso de los tableros en los puentes.

Tiene excelentes propiedades contra el deslizamiento de vehículos y contra la formación de hielo.

La rugosidad de la banda de rodadura, le proporciona un excelente drenaje, de forma que se reduce el riesgo de que el neumático pierda contacto con la superficie debido al agua y las proyecciones de partículas de agua que reducen la visibilidad.

Las superficies de las bandas de rodadura, preparadas con este asfalto, presentan un acabado mate, lo que significa una importante reducción en la reflexión de la luz de los automóviles.

Se reduce el nivel del ruido del tráfico.

Soporta mejor la intensidad del tráfico. Mayor resistencia mecánica del asfalto (70% mayor).

Disminución del desgaste de los neumáticos de los vehículos que ruedan por ellas.

Menor riesgo de agrietado porque se adaptan mejor a los cambios de temperatura.

Mayor flexibilidad del pavimento.

## **2.12. Diseño de campanas de extracción**

El diseño adecuado de campanas de extracción es necesario si un sistema de aspiración debe controlar con eficacia la contaminación atmosférica en su origen, con un flujo de aire y un consumo de energía mínimo. (Industrial Ventilation, 1980).

La teoría de la velocidad de captura depende de la creación de un flujo de aire que sea capaz de eliminar el aire altamente contaminado alrededor de la fuente, o la emisión de esa fuente y extraer el aire en la campana de extracción.

Se puede demostrar que las partículas de polvo en tamaño de micras, aunque son impulsadas a velocidades originales extremadamente altas, pueden recorrer una distancia muy corta en el aire, sólo unos pocos centímetros como máximo. Por lo tanto las partículas de polvo fino siguen las corrientes de aire y se les llama a menudo como "air-borne dust". Las mismas consideraciones se aplican a las nieblas y humos, vapores y gases, por supuesto, mezclado íntimamente con las corrientes de aire.

Las partículas más grandes de polvo que son liberadas a altas velocidades tienen una trayectoria notable en el aire. Estas partículas más grandes no pueden ser capturadas al menos en la campana. La dispersión también se puede prevenir por barreras colocadas correctamente. Es conveniente para recoger este polvo, utilizar la ventilación para mejorar la situación de limpieza y mantenimiento en la planta. (Industrial Ventilation, 1980).

### **2.12.1. Principios sobre el diseño de campanas**

El diseño de la campana de captura en los puntos de succión deberá otorgar el tiro suficiente para levantar las partículas que están en combinación con el aire ambiente

pero sin capturar el material que forma parte del flujo principal. (Industrial Ventilation, 1980).

Es posible optimizar las campanas de captura considerando los siguientes puntos:

La campana debe estar ubicada lo más cercano posible a la fuente de contaminación  
La entrada de la campana debe estar ubicada de tal manera que haga que al menos, el patrón de movimiento del fluido se desvíe hacia ella.

El ancho de la campana debe ser mayor que el de la fuente de contaminación.

Se pueden colocar aletas dentro de la campana para llevar el flujo hacia el ducto con menores pérdidas.

Para el diseño de la campana de captura, hay que considerar que a la salida de ésta y entrada al ducto, la velocidad de transporte de las partículas deberá llegar a 18 m/s como mínimo, siendo ésta la velocidad promedio para polvos industriales proveniente de molindas y manejo general de materiales.

La velocidad de captura es el nombre con que se conoce a la velocidad de las partículas flotantes sobre el lecho de material en sistemas transportadores antes de entrar a la campana de captura. El polvo se mezcla con el aire en el punto de generación y es transportado a lo largo del ducto; tomas experimentales de datos han determinado los valores para las velocidades de captura en condiciones ideales para la mayoría de operaciones en la industria. Los rangos de velocidad de captura en algunos polvos y humos se muestran en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3. Rango de velocidad de captura. (Industrial Ventilation, 1980).**

<b>RANGO DE VELOCIDAD DE CAPTURA</b>		
<b>CONDICION DE LA DISPERSIÓN DEL CONTAMINANTE</b>	<b>APLICACIÓN</b>	<b>VELOCIDAD DE CAPTURA (pies/s)</b>
Sueltas sin velocidad en el aire	Evaporación de tanques	50 a 100
Sueltas con velocidad baja del aire	Transportadores de baja velocidad	100 a 200
Generación activa dentro de la zona de generación	Chutes de carga/descarga de transportadores, trituradoras	200 a 500
Alta velocidad dentro de la zona	Molienda, sandblasting	500 a 2.000

Se tiene también otros tipos de velocidades a considerar:

Velocidad de frente, es la velocidad del aire en la abertura de la campana.

Velocidad de ranura, es la velocidad del aire a través de las aberturas en una campana tipo ranura. Se utiliza principalmente como un medio para obtener la distribución uniforme del aire en la cara de la campana.

Velocidad del pleno, es la velocidad del aire en el pleno. Para la buena distribución del aire en campanas de ranuras, la velocidad máxima del pleno debe ser de un 1/2 de la velocidad de ranura o menos.

Velocidad del conducto, es la velocidad del aire a través de la sección del conducto. Cuando el material sólido se presente en la corriente de aire, la velocidad del conducto debe ser igual a la velocidad mínima del conducto.

Velocidad mínima en el conducto, es la velocidad del aire mínima necesaria para mover las partículas de la corriente de aire.

### 2.12.2. Velocidad mínima en el ducto

Para sistemas que manejan partículas, se requiere una velocidad mínima en el ducto para prevenir la sedimentación y la obstrucción de los ductos. Por otro lado, velocidades excesivas son un desperdicio de energía y puede causar la rápida abrasión de los ductos. Las velocidades mínimas son más altas que los valores teóricos y experimentales para prevenir ciertas contingencias tales como:

Tapar o cerrar una o más entradas reducirá el volumen total en el sistema y en consecuencia reducirá la velocidad de por lo menos algunas secciones de los conductos del sistema.

El daño en el ducto, por abolladuras por ejemplo, incrementará la resistencia y disminuirá el volumen y la velocidad en el sistema.

Escuchar

Leer fonéticamente

Las fugas en el ducto incrementará el volumen y la velocidad aguas abajo de la fuga, pero decrecerá aguas arriba y en otras partes del sistema.

La erosión o la corrosión de la rueda del ventilador e incluso en una unidad de la correa del ventilador reducirá el volumen y la velocidad.

Escuchar

Leer fonéticamente

La velocidad debe ser adecuada para recoger o arrastrar el polvo que ha establecido un mal funcionamiento en el sistema de extracción.

El diseñador debe entender que para algunas condiciones, tales como materiales pegajosos, condiciones de condensación en presencia de polvo, fuertes efectos electrostáticos, etc., la velocidad por sí sola no puede ser suficiente para prevenir la obstrucción. Los rangos de velocidad de diseño en algunos polvos y humos se muestran en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4. Rango de velocidad mínima de diseño. (Industrial Ventilation, 1980).**

Naturaleza del contaminante	Aplicaciones	Velocidad (pies/min)
Vapores, gases, humos	Todos los vapores, gases y humos	Cualquier velocidad deseada. velocidad óptima 1.000-1.200
Humos	Humos de zinc y óxido de aluminio	1.400-2.000
Polvos finos	Fibra de algodón, harina de madera, polvo de litografía	2.000-2.500
Polvo seco	Polvo de caucho fino, pelusas, polvo de algodón, virutas, polvo de jabón, virutas de cuero, polvo de baquelitas	2.500-3.500

**Tabla 2.4. Rango de velocidad mínima de diseño (continuación).** (Industrial Ventilation, 1980)

Naturaleza del contaminante	Aplicaciones	Velocidad (pies/min)
Polvo industrial	Aserrín (pesado y húmedo), polvo de pulido, esmerilado pelusa (seco), lana (residuo agitadoras), granos de café, polvo del calzado, polvo de granito, polvo de sílice, manejo de materiales en general, corte de ladrillo, polvo de arcilla, fundición (general), polvo de piedra caliza	3.500-4.000
Polvo grueso	Virutas de metal, fundición de barriles. Polvo de arena, bloques de madera, polvo de hierro fundido, polvo de plomo	4.000-4.500
Polvo grueso o húmedo	Polvo de plomo con pequeñas virutas, polvo de cemento húmedo, trozos de asbestos en máquinas de corte, pulido, polvo de cal viva	Hasta 4.500

### 2.12.3. Flujo de aire

El aire se mueve en todas direcciones hacia las aberturas bajo succión. Por definición, los contornos de flujo son líneas de igual velocidad en la entrada de una campana. La ecuación de flujo para campanas redondas, rectangulares y campanas que son esencialmente cuadrados, es:

$$V = \frac{Q}{10X^2 + A} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

donde:

V= velocidad a X distancia de la campana, pies/min.

X= Distancia desde la cara del ducto que da hacia la fuente y el punto más lejano, pies.

Q = Caudal necesario en el punto de desempolvado de la fuente, pies<sup>3</sup>/min.

A = Área de la entrada de la campana, pies<sup>2</sup>.

Se sabe que:

$$Q = A \cdot V_d \quad (\text{Ec. 2.3})$$

siendo:

Q= flujo de aire, pies<sup>3</sup>/m.

A= área de sección transversal, pies<sup>2</sup>.

V<sub>d</sub>= velocidad de diseño pies/min.

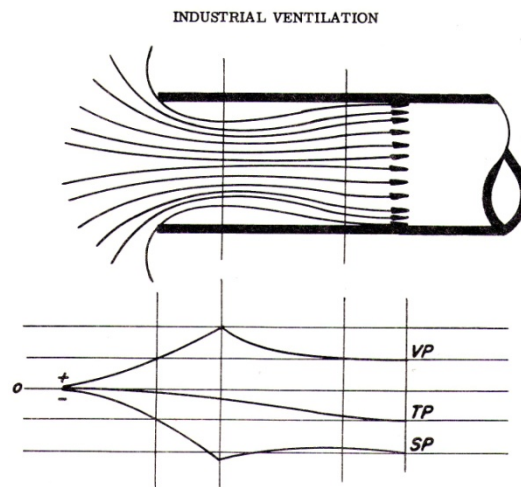
En la figura C.3 se muestra el flujo de aire utilizado en campanas de extracción para distintas cintas transportadoras.

#### 2.12.4. Coeficiente de entrada y presión estática de la campana

Si mediante la creación de la succión, el aire entra en una abertura, se produce un flujo típico patrón como se muestra en la figura 2.4. La máxima convergencia de la corriente de aire se produce a una corta distancia aguas abajo en el plano de la vena contracta, cuando el diámetro del chorro es más pequeño que el diámetro del conducto. (Industrial Ventilation, 1980).

La formación de la vena contracta es acompañada por la conversión de la presión estática a la velocidad de presión y de la velocidad de presión de nuevo a la presión estática.

Las pérdidas causadas por la conversión de estas dos presiones resultan en un decrecimiento de la tasa de flujo como es indicado por el coeficiente de entrada,  $C_e$ . El coeficiente de entrada,  $C_e$ , se define como la tasa real del flujo causado por una determinada presión estática en comparación con la corriente teórica que se produciría si la presión estática se pudiera convertir a la velocidad de presión con 100% de eficiencia. Es la relación entre el flujo actual y el flujo real teórico. (Industrial Ventilation, 1980).



**Figura 2.4. flujo de aire en la vena contracta. (Industrial Ventilation, 1980).**

El coeficiente de entrada representa el porcentaje de flujo que se producirá en una campana determinada, basándose en la presión estática desarrollada en la rama.

$$V = 4005\sqrt{VP} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

donde:

$V$ = velocidad pies/min.

$VP$ =presión de velocidad, pulg  $H_2O$ .

Sustituyendo la ecuación 2.3 en la ecuación 2.4 se tiene:

$$Q = 4.005A\sqrt{VP} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

En la tabla C.1 se presentan los valores de presión de velocidad ( $VP$ ) para diferentes velocidades.

El coeficiente de entrada es igual a

:

$$C_e = \sqrt{\frac{VP}{SP_h}} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

donde:

$C_e$  = coeficiente de entrada.

$SP_h$  = presión estática, pulg  $H_2O$ .

Por lo tanto, sustituyendo la ecuación 2.6 en la ecuación 2.5 se tiene:

$$Q = 4005A \cdot C_e \cdot \sqrt{SP_h} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Cuando el aire entra en la campana, ocurren pérdidas dinámicas, causando caídas de la presión total. Están dadas por:

$$h_e = F \cdot VP \quad (\text{Ec. 2.8})$$

donde:

$h_e$  = pérdidas a la entrada de la campana, pulgadas  $H_2O$ .

$F$  = factor de pérdida (de acuerdo a la geometría).

$VP$  = presión de velocidad, pulg  $H_2O$ .

También se tiene que:

$$F = \frac{1 - C_e^2}{C_e^2} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

siendo:

$C_e$  = coeficiente de entrada.

$F$  = factor de pérdida (de acuerdo a la geometría).

El valor absoluto de la presión estática en la succión de la campana es el siguiente:

$$SP_h = VP + h_e \quad (\text{Ec. 2.10})$$

siendo:

$SP_h$  = presión estática, pulg  $H_2O$ .

Para campanas simples, la fórmula es la siguiente:

$$SP_h = (1 + F) \cdot VP \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Para el factor de pérdida, existen tablas y/o gráficas de donde se obtiene su valor de acuerdo a las dimensiones y forma de la campana. En la figura C.4 se encuentran valores de coeficientes de entrada ( $C_e$ ) y de factor de pérdida para algunos tipos de campanas.

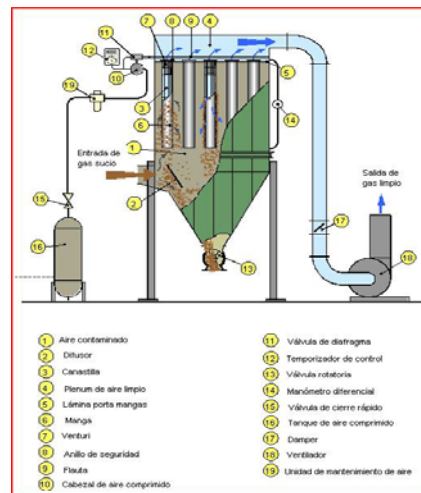
### 2.13. Filtros de mangas

Los filtros de tela, denominados casi siempre “filtros de bolsa” o “filtros de mangas”, son sistemas para recolección en los que el polvo es retirado de la corriente de gas al pasar a través de un tejido de cualquier tipo. Estos dispositivos son filtros de “superficie”, porque el polvo se recolecta en una capa sobre la superficie del medio filtrante y la capa de polvo en sí se convierte a su vez en un medio filtrante eficaz. (Perry & Green, 2001).

Los diseños actuales de filtros de tela son de tres tipos y dependen del método de limpieza utilizado: limpieza por vibración, limpieza por flujo inverso y limpieza por pulsos inversos. (Arias LLorenty).

El cuerpo principal de los filtros de pulso invertido tiene tres secciones; una sección de aire limpio (plenum limpio) en la parte superior, la cámara de filtrado que contiene un número de mangas cilíndricas en la parte central, y una tolva para alojar el polvo en la parte inferior. Las tres partes mencionadas están separadas por una lámina que tiene como fin mantener la cámara de filtrado separada del plenum de aire limpio.

En la figura 2.5 se muestra los elementos mecánicos en un filtro de pulso invertido.



**Figura 2.5. Elementos mecánicos de un colector de polvos. (Arias LLorenty).**

El aire contaminado entra al colector pasando por un difusor, que absorbe el impacto de las partículas debido a su velocidad al ingresar, distribuyendo el aire y reduciendo la velocidad. Al reducir la velocidad de las partículas, causa que las más pesadas se precipiten a la tolva para ser descargadas posteriormente fuera del filtro. El aire con las partículas más finas fluye hacia la unidad o cámara de filtrado depositando las partículas del polvo fino en la parte exterior de las mangas. El aire limpio continúa hacia el plenum limpio y finalmente llega a la atmósfera.

Las mangas periódicamente se limpian por un momentáneo pulso de alta presión de aire comprimido que viene desde la parte limpia del filtro. Las flautas, ubicadas de acuerdo con un arreglo rectangular formando filas sobre cada fila de las mangas, son las encargadas de llevar el aire comprimido y generar el pulso.

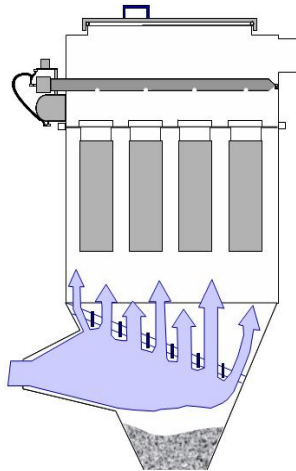
### 2.13.1. Entrada y distribución de flujo

Una buena distribución del flujo de gas no necesariamente significa tener también una buena distribución del polvo, sin embargo, una buena distribución de gas va de la mano con una mejora en la distribución del polvo. No es recomendable que el flujo de gas con polvo entre en contacto directo con las paredes internas del filtro y con las mangas; tal como se muestra en la figura 2.6, una mala distribución da como resultado cortos ciclos de limpieza, alto consumo de aire comprimido y una vida de mangas corta. (Arias LLorenty).

Usualmente se acostumbra a colocar una plancha deflectora a la entrada al filtro, causando que el polvo con gas impacte contra ella precipitando las partículas grandes a la parte inferior de la tolva, pero debido al tiro producido por el ventilador, el flujo de aire con polvo fino sigue su camino hacia las mangas pero no lo hace de manera distribuida (figura 2.6).

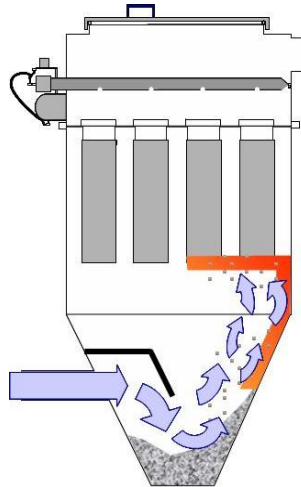
La corriente de aire con polvo circula bastante cerca de las paredes de la tolva y siempre en dirección de las mismas mangas causando un desgaste prematuro en ellas. Este caso es más crítico en tolvas angostas. Las tolvas y las mangas sufren desgaste por abrasión.

Un mejor diseño consiste en colocar deflectores de manera escalonada uniformemente, figura 2.7.



**Figura 2.6. Diseño típico en la entrada del filtro. (Arias LLorenty).**





**Figura 2.7. Diseño mejorado en la entrada del filtro. (Arias LLorenty).**

### 2.13.2. Velocidad de filtración

La máxima velocidad de filtración permitida depende de la resistencia al flujo producido por la capa de material recolectado que se forma en la manga y por la habilidad del sistema de limpieza de las mangas. Es necesario controlar los aumentos de la presión diferencial, que aumenta cuando:

Aumenta la velocidad de filtración.

Aumenta el espesor de la capa de polvo en las mangas.

Es mayor la finura del polvo.

Es mayor la humedad del polvo.

Es mayor el tiempo de servicio de las mangas.

Para una efectiva limpieza de las mangas, es necesario que exista un flujo de gas reverso hacia las mangas; esto se puede conseguir con alta presión de limpieza en los filtros de pulso invertido, o también con grandes volúmenes de gas fluyendo en la dirección contraria, como los filtros de aire reverso. Cuando la presión diferencial a través de las mangas es muy alta, la limpieza es insuficiente, logrando que las mangas se taponen rápidamente. (Danielson, 1973).

Existen relaciones aire-tela estándares basadas en el mecanismo de limpieza, utilizándolas para determinar los límites operacionales de un filtro de mangas; para el filtro de pulso invertido es de 4,92 – 5,90 pies<sup>3</sup>/pies<sup>2</sup>/min.

Para determinar la relación aire-tela se tiene las siguientes expresiones:

$$\frac{A}{T} = \frac{Q}{A_T} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

donde:

A/T= relación aire tela, pies<sup>3</sup>/pies<sup>2</sup>/min.

Q= caudal de diseño del filtro y del sistema, pies<sup>3</sup>/min.

A<sub>T</sub>= área total filtrante, pies<sup>2</sup>.

$$A_T = \pi C_m D_m L_m \quad (\text{Ec. 2.13})$$

donde:

$C_m$ = cantidad de mangas en el filtro.

$D_m$ = diámetro de las mangas, pies.

$L_m$ = longitud de las mangas, pies.

En la tabla C.2 se muestra una tabla con velocidades máximas de filtración y velocidades de transporte de polvos para algunos polvos y humos.

### 2.13.3. Velocidad ascendente

La máxima velocidad ascendente permitida depende de la dirección del flujo de gas entre las mangas y la velocidad final de las partículas grandes que han caído a la tolva por gravedad luego de ser impactadas contra los deflectores. Usualmente, el valor de la velocidad ascendente que debe mantenerse en sistemas colectores auxiliares es de 3,3 pies/s (1 m/s) o 4,3 pies/s (1,3 m/s).

Para el cálculo de la velocidad ascendente se tiene:

$$V_a = \frac{Q}{A_i} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

donde:

$V_a$ = velocidad ascendente, m/s.

$Q$ = caudal de diseño del filtro y del sistema,  $m^3/s$ .

$A_i$ = área de la cámara,  $m^2$ .

$$A_i = a \cdot b - C_m \left( \frac{\pi \cdot D_m^2}{4} \right) \quad (\text{Ec. 2.15})$$

siendo:

$a$ = ancho de la cámara, m.

$b$ = largo de la cámara, m.

$C_m$ = cantidad de mangas en el filtro.

$D_m$ = diámetro de las mangas, m.

### 2.13.4. Dimensionamiento del filtro de mangas

Las dimensiones de las mangas dependen de la eficiencia de limpieza y de las dimensiones de la cámara de filtrado. Generalmente el diámetro de las mangas se encuentra entre un rango de 4,72 pulgadas (120 mm) y 6,29 pulgadas (160 mm). Por efectos de estandarización por parte de los proveedores de mangas, la mayoría de los filtros deben coincidir de cierta manera para que solamente una medida y tipo de mangas sea utilizado.

Para evitar que las mangas no queden perfectamente verticales en el montaje, debido a la longitud de las mismas, causando que se toquen entre ellas en la parte inferior y provocando desgaste debido a la fricción, se recomienda cumplir la siguiente relación:

$$\frac{L_m}{D_m} \leq 25 \quad (\text{Ec. 2.16})$$

siendo:

$L_m$ = longitud de las mangas, pies.

$D_m$ = diámetro de las mangas, pies.

En cuanto a las costuras de las mangas, deben ser colocadas a 45° con respecto al pasillo entre mangas debido a que por efectos del sacudido durante la limpieza, las mangas tienden a generar un movimiento leve hacia el lado opuesto de la costura. Al colocar las mangas a 45°, se produce una mayor distancia entre los lados opuestos de las costuras, evitando el contacto entre ellas.

### 2.13.5. Distancia entre mangas

La distancia mínima debe ser de 1,96 pulgadas (50 mm) y 2,95 pulgadas (75 mm) como mínimo entre mangas y paredes. Esta consideración es muy importante debido a que va de la mano con la velocidad ascendente

### 2.13.6. Número de mangas por columnas

El número máximo de mangas por columna no debe ser mayor a 16. Mientras mayor sea el número de mangas, la longitud de la flauta que transporta el aire comprimido para la limpieza será mayor, con esto las pérdidas serán mayores al llegar a la última columna de mangas, afectando la limpieza.

### 2.13.7. Pérdidas de presión en el filtro

La pérdida total de presión a través del filtro de tela puede ser calculada como la suma de la resistencia básica de la tela y la resistencia básica del polvo.

$$R_o = K_o \cdot V_f \quad (\text{Ec. 2.17})$$

donde:

$R_o$ = resistencia básica de la tela, pulg H<sub>2</sub>O.

$K_o$ = factor de resistencia, pulg H<sub>2</sub>O/pies/min.

$V_f$ = velocidad de filtración, pies/min.

$$R_d = K_d \cdot V_f \cdot W = \frac{K_d \cdot Q \cdot W}{A} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

donde:

$R_d$ = resistencia básica del polvo, pulg H<sub>2</sub>O.

$K_d$ = coeficiente de resistencia, pulg H<sub>2</sub>O. pies. min/ oz de polvo.

$W$ = carga de polvo, oz/pies<sup>2</sup>.

Sumando las dos resistencias básicas (Ec 2.17 y Ec. 2.18) resulta:

$$R = K_o \cdot V_f + K_d \cdot V_f \cdot W \quad (\text{Ec. 2.19})$$

donde:

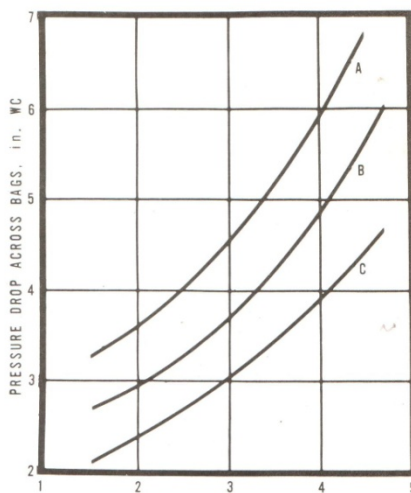
R= pérdida total de presión, pulg H<sub>2</sub>O.

En la tabla 2.5 se muestran valores del factor de resistencia K<sub>0</sub>, observado en algunas fibras.

**Tabla 2.5. Factores de resistencia K<sub>0</sub> de fieltros selectos para filtros de pulso inverso. (Peters & Timmerhaus, 1991).**

Fibras	K <sub>0</sub> (pulg H <sub>2</sub> O.min/pies)
Lana	1,03
Lana	0,93
Orlón	1,11-1,39
Orlón	1,39-1,85
Orlón	1,39-2,78
Acilán	1,39-1,85
Dynel	0,70-0,93
Dracón	1,39-1,85
Dracón	0,11-0,14
Dracón	0,93-1,39
Nylon	0,70-0,93
Arnel	0,70-0,93
Teflon	0,34
Teflon	1,29

En la figura 2.8 se muestra una relación no lineal entre la velocidad y la resistencia de filtrado, donde las líneas A y C representan mangas con fibras de vidrio y B representa mangas con fibra de dacrón.



**Figura 2.8. Caída de presión versus relación aire/tela para un ciclo de limpieza de 60 minutos. (Industrial Ventilation, 1980).**

## 2.14. Diseño de una planta

El desarrollo de un proyecto comienza siempre a partir de una idea inicial, la cual debe definirse de una forma muy clara y concisa. Existen tipos de diseño dependiendo de la exactitud requerida y se describen brevemente a continuación:

**Diseño preliminar o de estimaciones rápidas.** Suelen utilizarse como base para determinar la conveniencia de continuar un proceso propuesto inicialmente. Se basa en métodos aproximados, preparándose estimaciones gruesas de los costos. Se incluyen muy pocos detalles, reduciéndose al mínimo el tiempo destinado a los cálculos.

**Diseño con estimaciones detalladas.** Es la segunda etapa luego de comprobar que se justifica continuar con el proyecto; se determinan los costos y ganancias potenciales del proceso mediante análisis y cálculos particularizados, mas no se establecen especificaciones exactas para los equipos.

**Diseño definitivo del proceso.** Es aquel que se realiza antes de comenzar con los planos de construcción de la planta. Se preparan las especificaciones completas de todos los componentes y se establecen los costos exactos con base en las cotizaciones de los fabricantes. (Peters & Timmerhaus, 1991).

Antes de realizar el trabajo detallado deben tenerse en cuenta una serie de aspectos que constituyen un estudio de factibilidad, el cual se realiza con el fin de obtener una indicación directa del probable éxito del proyecto y también señalar que información adicional se requiere para realizar una evaluación más completa. Los temas que deben considerarse para su realización se mencionan a continuación:

Materias primas (disponibilidad, cantidad, calidad, costo).

Termodinámica y cinética de las reacciones químicas involucradas (datos de equilibrio, conversiones, velocidades y condiciones óptimas).

Instalaciones y equipos actualmente disponibles.

Instalaciones y equipos que deben adquirirse.

Estimaciones de los costos de producción y de la inversión total.

Ganancias (probables y óptimas. Por unidad de volumen o masa del producto y por año, tasa de retorno y la inversión).

Materiales de construcción.

Consideraciones sobre la seguridad.

Mercados (oferta, demanda actual y futura, usos actuales y futuros, hábitos de los compradores actuales, precios actuales, precios máximos y mínimos de los productos y subproductos, ubicación y número de los posibles clientes).

Competencia (estadística completa de la producción, comparación de los diversos procesos de fabricación y especificaciones correspondientes a los productos de la competencia).

Propiedades de los productos (propiedades químicas y físicas, especificaciones, impurezas y efectos del almacenamiento).

Ventas y servicios de ventas (métodos de venta y distribución, publicidad necesaria y servicios técnicos necesarios).

Restricciones para el embarque y contenedores.

Localización de la planta.

Situación desde el punto de vista de las patentes y restricciones legales.

El diseño preliminar se lleva a cabo conjuntamente con el estudio de factibilidad. El ingeniero químico debe establecer un método de producción o fabricación adecuado para la obtención del producto propuesto.

El primer paso en la preparación del diseño preliminar consiste en establecer las bases del diseño. Además de las especificaciones conocidas para el producto y de la disponibilidad de materias primas. El paso siguiente consiste en preparar un diagrama de flujo simplificado que debe contener los procesos que intervienen y permite decidir las operaciones unitarias requeridas.

Luego conviene establecer los flujos y condiciones de circulación de fluidos mediante balance de masa completo, balance de energía y el conocimiento de las especificaciones para la materia prima y productos.

Los cálculos relacionados con el diseño preliminar se completan con una estimación del capital que deberá invertirse y el costo total de producción. (Peters & Timmerhaus, 1991).

### **2.15. Estudio de mercado**

El estudio de mercado es uno de los factores críticos en la elaboración de un proyecto, ya que en este paso es donde se analizan las variables decisorias para seguir adelante con el proyecto que van más allá de la determinación de la oferta y la demanda o de los precios.

Al estudiar el mercado de un proyecto es preciso reconocer todos y cada uno de los agentes que, con su actuación tendrán algún grado de influencia sobre las decisiones que se tomarán al definir su estrategia comercial.

Son cuatro los submercados que se analizan al realizar un estudio de factibilidad.

**Mercado proveedor.** Para el estudio de este mercado deberán tomarse en cuenta todas las alternativas de obtención de materia prima, sus costos, condiciones de compra, sustitutos, necesidad de infraestructura especial para su almacenamiento, oportunidad, seguridad y demoras en la recepción, entre otros. Hay que tener en cuenta que el mercado proveedor es aquel que provee de insumos al mercado competidor y que en el futuro podría proveer a la empresa creada mediante el proyecto en cuestión.

**Mercado competidor.** Corresponde a aquellas empresas que satisfacen las necesidades de una parte o el total de los consumidores potenciales que tendría el proyecto. Se refiere directamente a la situación actual del mercado en que participaría la empresa objeto del proyecto. A pesar de que su definición es concisa, el mercado competidor es muy complejo ya que no necesariamente se haya conformado solo por las empresas que elaboran y venden productos similares a los del proyecto sino también por aquellas cuyas actividades de producción estén relacionadas de manera parcial con las actividades que se llevarán en la empresa objeto del proyecto.

**Mercado distribuidor.** Está constituido por un grupo de empresas que se encargan de entregar los productos de los competidores a los consumidores. La disponibilidad de un sistema que garantice la entrega oportuna de los productos al consumidor ocupa un papel importante en la elaboración de un proyecto., si bien es uno de los mercados que requiere el estudio de un menor número de variables.

**Mercado consumidor.** Se refiere tanto a los consumidores actuales como aquellos que potencialmente podrían incorporarse demandando los productos y/o servicios del mercado competidor o del propio proyecto. Es probablemente el mercado que más tiempo de estudio requiere. Los hábitos y motivaciones de compra serán

determinantes al definir al consumidor real (el que toma la decisión de compra). (Sapag & Sapag, 1991) (Sliver & Carter, 1999).

### **2.15.1. Objetivos del estudio de mercado**

Ratificar la existencia de una necesidad insatisfecha en el mercado, o la posibilidad de brindar un mejor servicio que el que ofrecen los productos existentes en el mercado.

Determinar la cantidad de bienes o servicios provenientes de una nueva unidad de producción que la comunidad estaría dispuesta a adquirir a determinados precios.

Conocer cuáles son los medios que se emplean para hacer llegar los bienes y servicios a los usuarios.

Como último objetivo, tal vez el más importante, pero por desgracia intangible, el estudio de mercado se propone dar una idea al inversionista del riesgo que su producto corre de ser o no aceptado en el mercado. Una demanda insatisfecha clara y grande, no siempre indica que puede penetrarse con facilidad ese mercado, ya que éste puede estar en manos de un monopolio u oligopolio. Un mercado aparentemente saturado indicará que no es posible vender una cantidad adicional a la que normalmente consume. (Sliver & Carter, 1999).

### **2.15.2. Etapas del estudio del mercado**

Aunque hay diversas formas de definir el proceso de estudio del mercado, la más simple es aquella que está en función del carácter cronológico de la información que se analiza. (Peters & Timmerhaus, 1991).

Análisis histórico. Siempre es necesario saber acerca de hechos pasados, debido a que su potencialidad está reflejada en el pasado. En este sentido el análisis histórico pretende lograr dos objetivos específicos. Primero, recoger información de carácter estadístico que pueda servir para proyectar esa situación a futuro, ya se trate de crecimiento de la demanda, oferta o precio de algún factor o cualquier otra variable que se desee conocer a futuro.

El segundo objetivo del análisis histórico se refiere a evaluar el resultado de algunas decisiones tomadas por otros agentes del mercado para identificar los efectos positivos o negativos que se lograron.

Análisis de la situación vigente. Es importante porque es la base de cualquier predicción. Sin embargo su importancia relativa es baja, ya que difícilmente permitirá usar la información para algo más que eso. Dado que la evolución del mercado es permanente, cualquier estudio de la situación actual puede tener cambios sustanciales cuando el proyecto se esté desarrollando.

Se analiza:

Cuánto se está comercializando.

Los precios vigentes.

Qué opinan los consumidores del producto actual.

Los canales de distribución que se están actuando.

Análisis de situación proyectada. Es lo que se espera que vaya a suceder en el futuro.

Constituye el estudio más relevante en el análisis de factibilidad del proyecto; sin embargo, cabe destacar que la información histórica y vigente analizada permite proyectar una situación suponiendo un mantenimiento de un orden de cosas que con la sola puesta en marcha del proyecto se debería modificar. Esto obliga entonces a que en la situación proyectada se diferencie la situación futura sin el proyecto y luego con la participación de él para concluir con la definición del mercado para el mismo.

Las etapas antes explicadas debería realizarse para identificar y proyectar todos los mercados, sin embargo, la participación que pueda lograr el proyecto estará determinado por la reacción del consumidor frente a éste y por la propia estrategia comercial que plantee la empresa promotora del proyecto. (Peters & Timmerhaus, 1991).

## **2.16. Estudio económico**

Un proceso industrial (o un proceso nuevo) sólo tiene estabilidad en el mercado (o perspectiva de comercialización) si el análisis económico es favorable.

Se pueden identificar tres tipos de niveles para el diseño de un proceso:

Diseño preliminar.

Estudio de preinversión.

Diseño final, o ingeniería de detalle.

En el diseño preliminar, se toma información básica del proyecto, con diseños aproximados y escenarios económicos simples para llegar a un diagnóstico preliminar sobre el potencial económico del proceso. Esta etapa debe hacerse de forma tan rápida como sea posible para tomar la decisión de continuar con el proyecto si existe un potencial favorable, o terminarlo y no invertir tiempo adicional en él si es claro que el proceso no tiene perspectivas económicas razonables.

Para establecer una actividad económica se requiere de una inversión. A cambio de esa inversión se obtienen ingresos en forma de ventas y/o servicios, las cuales deben ofrecer un excedente adecuado sobre los costos que implican la operación del proceso para que éste tenga un potencial favorable de comercialización. (Peters & Timmerhaus, 1991).

### **2.16.1. Determinación de la inversión capital**

Antes de que una planta pueda ser puesta en marcha, se debe invertir cierta cantidad de recursos para adquirir e instalar los equipos necesarios, se debe procurar asimismo el terreno, su preparación, incluyendo todos los sistemas (equipos, tuberías, instrumentación y control) y servicios requeridos. La inversión de capital fijo representa la inversión necesaria para los equipos e instalaciones auxiliares de la planta. Gastos relativos al aislamiento, tuberías, instrumentación, preparación del terreno y levantamiento de la obra pertenecen a la categoría de inversión de capital fijo; se incluyen además todos los servicios auxiliares necesarios para el funcionamiento del proceso completo. (Peters & Timmerhaus, 1991).

Se denomina inversión de capital fijo no directamente relacionado con la producción, a los gastos generales de construcción y a los componentes de la planta no vinculados directamente con la operación del proceso, como por ejemplo: terreno, obras civiles de la planta, oficinas, laboratorios, servicios auxiliares, talleres y otras partes permanentes de la planta.

### **2.16.2. Determinación del costo en inversión de capital**

La inversión de capital, es la cantidad total de dinero necesario para el suministro de la planta y los servicios necesarios de fabricación más la cantidad de dinero que se requiere como capital de trabajo para el funcionamiento de las instalaciones.



### **2.16.3. Estimación de la inversión de capital fijo**

Para el análisis del costo de inversión total es necesario tomar en cuenta dos rubros principales: costos directos y costos indirectos.

Existen variados métodos para estimar la inversión de capital. La elección del método depende de la cantidad de información detallada disponible y la exactitud que se desea obtener. A continuación se describen brevemente siete métodos, que se han ordenado de forma decreciente de acuerdo a la información requerida y el tiempo que demanda su preparación.

Información detallada de cada rubro. Con este método puede obtenerse un máximo de exactitud del + 5% de la inversión real del capital. Las necesidades de equipos y materiales se determinan a partir de planos y especificaciones completas y los costos a partir de informaciones disponibles o preferentemente, a partir de las cotizaciones de los fabricantes. Incluye un estudio topográfico del terreno donde se erigirá la planta y presentación detallada de los costos por mano de obra de todo tipo.

Estimación mediante costos de trabajo. Este método permite obtener buenas estimaciones acerca de la inversión de capital fijo, a partir de información proveniente de experiencia previa en costos. Los datos correspondientes a costos por servicios e instalaciones eléctricas, aislamiento e instrumentación y control, se obtienen de los planos ya elaborados.

Porcentaje del costo del equipo ya entregado. Como su nombre lo indica, se basa en el costo del equipo entregado. Los demás rubros se estiman como un porcentaje de éste. Los componentes adicionales de la inversión de capital se basan en porcentajes promedio del costo directo total de la planta, en los costos totales directo e indirecto, o en la inversión total del capital.

Factores de Lang para calcular aproximadamente la inversión de capital. Esta técnica es frecuentemente utilizada para la obtención de la estimación del orden de magnitud del costo y parte del hecho de que es posible obtener el costo de una planta de proceso multiplicando el costo de los equipos básicos por un factor, para obtener aproximadamente la inversión de capital; dicho factor depende del tipo de planta que se este considerando.

Exponente aplicado a la relación de capacidades entre plantas. Este método, utilizado para estudio o estimaciones de orden de magnitud, relaciona la inversión del capital fijo de una planta de proceso nueva con la inversión de capital fijo de una planta similar elevando esta relación a una potencia específica.

Costo de inversión por unidad de producción. Una estimación del orden de inversión de capital fijo se obtiene multiplicando el costo de la inversión por unidad de producción (tabulados) por la capacidad de producción anual de la planta propuesta.

Índice de producción. Es un método rápido de evaluación de la inversión de capital para estimaciones aproximadas. Se define como la relación entre las ventas brutas anuales y la inversión de capital fijo. Los índices pueden ser tan altos como 5 y tan bajos como 0,2. Para las industrias químicas se pueden estimar en 1.

### **2.17. Costos de producción**

La determinación de la inversión de capital es sólo una parte de una estimación completa de costos. Otra parte igualmente importante es la estimación de costos de operación de la planta y venta de producción. Estos costos generalmente se agrupan bajo el título de costos total del producto. Sin embargo, el costo de venta del producto se divide generalmente en dos categorías: costos de manufactura (también conocidos

como costos de producción o de operación) y gastos generales. (Peters & Timmerhaus, 1991).

### 2.18. Tasa de retorno de la inversión

La tasa de retorno (TR), es la tasa de interés ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión, de manera que el pago o entrada final iguala exactamente a cero el saldo con el interés considerado.

En ingeniería económica, la tasa de retorno de la inversión se expresa generalmente como un porcentaje anual. La utilidad anual dividida entre la inversión total y llevada a base porcentual representa el retorno de la inversión. En los cálculos de la tasa interna de retorno el objetivo es encontrar la tasa de interés  $i$  a la cual la cantidad presente y la futura son equivalentes.

Para la determinación de la tasa de retorno, se realiza un procedimiento de tipo iterativo, utilizando la siguiente ecuación:

$$A = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (\text{Ec.2.20})$$

El término dentro de corchetes se denomina factor de recuperación del capital y produce el valor anual uniforme equivalente  $A$  durante  $n$  años de una inversión dada  $P$  cuando la tasa de interés es  $i$ .

Es necesario conocer los flujos de efectivo anuales antes y después de impuestos para saber las respectivas tasas de retorno. (Blank & Tarquin, 1998).

Dichos flujos se expresan mediante los siguientes términos: flujo de efectivos antes de impuesto ( $FEAI$ ) y flujo de efectivo después de impuesto ( $FEDI$ ). Las relaciones entre estos dos términos y algunas relaciones pertinentes de secciones anteriores que afectan de manera directa los impuestos sobre la renta corporativos, son:

$$FEAI = \text{ingreso bruto} - \text{costos de producción} \quad (\text{Ec.2.21})$$

El ingreso bruto es el ingreso total que se obtiene por la venta del producto.

Los ingresos gravables vienen dados por:

$$\text{Ingresos Gravables} = FEAI - \text{depreciación} \quad (\text{Ec.2.22})$$

Y los impuestos se calculan mediante la siguiente expresión:

$$\text{Impuestos} = (\text{ingresos gravables})t \quad (\text{Ec.2.23})$$

donde:

$t$ : tasa de impuesto según los ingresos gravables.

$$FEDI = FEAI - \text{impuestos} \quad (\text{Ec.2.24})$$

Para estimar el precio del producto en base a los gastos de producción se utiliza la siguiente expresión:

$$CPU = \frac{CTP}{\quad} \quad (\text{Ec.2.25})$$

*#unidad*

donde:

CPU: costo total del producto por unidad (Bs.F/t).

CTP: costo total del producto (Bs.F/año).

#unidad: producción anual de la planta (t/año).

Para el cálculo de los años de recuperación dinámica del capital se utiliza la ecuación 2.20

$$-P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + A = 0$$

donde:

n: años de recuperación dinámica del capital.

i: tasa mínima atractiva de retorno (Tmar).

La tasa mínima atractiva de retorno se calcula de la siguiente manera:

$$Tmar = Tasa\ riesgo\ país + inflación \quad (Ec.2.26)$$

## CAPITULO 3 DESARROLLO DEL TRABAJO

### 3.1. Recopilación de datos sobre la cantidad de neumáticos usados susceptibles a ser reciclados

Para determinar la cantidad tentativa de neumáticos usados que podrían reciclarse en el estado Anzoátegui, se consultó vía electrónica páginas web de entes que pudieran manejar las cifras o alguna referencia tales como el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, y Vitalis, una organización no gubernamental dedicada a la conservación del ambiente y a promover el desarrollo sustentable, para indagar si existía una base de datos que permitiera estimar la composición de los desechos sólidos, pero no se encontraron datos de interés correspondiente al estado Anzoátegui, solo se encontró en la página web del Instituto Nacional de Estadística (INE) la cantidad de neumáticos usados y renovados que se exportan e importan anualmente en el país (tabla3.1).

**Tabla 3.1. Exportaciones de neumáticos usados y renovados. Instituto Nacional de Estadística (INE).**

Período	Neumáticos renovados (kg)	Neumáticos usados (kg)
2003	40	656
2004	24.747	207.149
2005	157.427	364.401
2006	14.615	18.000
2007	130	60
2008	0	3.000
2009	0	0

Por otro lado, con la finalidad de recopilar cifras precisas se hicieron consultas a través de internet a la Cámara de Fabricantes de Productos Automotores (FAVENPA). Dicha cámara maneja estadísticas sobre el parque automotor venezolano por zonas geográficas desde el año 2003 hasta el 2009. Las cifras del parque automotor pertenecientes al año 2010 no se han hecho oficiales, ya que la cámara las hace públicas en la segunda mitad del año en curso, por lo tanto se trabajó con el parque del año 2009. Estas cifras suministradas se pueden tomar como representativas para tener una noción de la cantidad de neumáticos desechados, que pueden reciclarse, y que pueden ser la materia prima para la planta objeto de diseño en este proyecto. En la tabla 3.2 se muestra el parque automotor dividido por zonas geográficas para el año 2009.

**Tabla 3.2. Distribución del parque automotor venezolano por zonas geográficas 2009 (unidades vehiculares). Cámara de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores (FAVENPA).**

Tipo	Zona geográfica				Total
	Metropolitana	Central	Occidental	Oriental	
Pasajero	891.905	483.192	693.684	288.706	2.357.487
Rústico	256.430	146.376	175.153	92.550	670.509
Livianos	169.704	101.268	119.834	55.691	446.497
Medianos	92.019	57.376	79.231	29.791	258.417
Pesados	14.364	7.994	10.803	4.684	37.845
Bus	24.614	10.175	11.668	5.553	52.010
<b>Total</b>	<b>1.449.036</b>	<b>806.381</b>	<b>1.090.373</b>	<b>476.975</b>	<b>3.822.765</b>

El parque automotor venezolano representado en unidades vehiculares, se transforman en toneladas anuales de neumáticos, al definir el número de éstos para autos y camionetas como igual a 4, para autobuses igual a 6 y para los camiones igual a 10. Estos datos, junto con los pesos promedio de los diferentes tipos de neumáticos (tabla 3.3), permitieron cuantificar, en toneladas, las cantidades de neumáticos en el país durante dicho periodo; estos resultados se muestran en la tabla 4.1.

**Tabla 3.3. Peso promedio y número de neumáticos para los distintos tipos de autos.**

Tipo	Número de neumáticos	Peso promedio (kg)
Pasajero	4	7,0
Rústico	4	8,6
Livianos	4	15,0
Medianos	6	32,0
Pesados	10	50,0
Bus	6	45,0

Para obtener un indicador que refleje la cantidad de neumáticos susceptibles a ser desechados en Venezuela, se restó a estas cifras, la cantidad de neumáticos usados y renovados que se exportan al extranjero. De este modo se obtuvo la cantidad de neumáticos usados disponibles para el reciclaje (tabla 4.2).

Luego, la cantidad de neumáticos desechados disponibles para el reciclaje en la zona oriental del país se determinó en función del porcentaje del parque automotor correspondiente a dicha zona, de acuerdo con los datos suministrados por FAVENPA y representados en la tabla 3.4. En la tabla 4.3 se muestran los resultados.

**Tabla 3.4. Porcentaje de distribución del parque automotor venezolano para el año 2009. Cámara de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores (FAVENPA).**

Región	Distribución
Zona oriental	12.17 %
Zona central	21.36%
Zona occidental	28.44%
Zona metropolitana	38.03%

En el anexo A se muestra el parque automotor venezolano en unidades vehiculares y los neumáticos desechados en el período 2003-2008 respectivamente.

### **3.2. Revisión de los requerimientos nacionales de caucho**

Para la obtención de dicha información, se investigaron las aplicaciones que tiene el caucho triturado en la industria y las principales empresas en el País que utilizan caucho como materia prima para la producción de sus productos; una vez hecho esto, se consultó con algunas de las empresas y se encontró que la materia prima que utilizan es importada. En el anexo B se muestran los usos que se les puede dar al caucho triturado y las principales empresas en el país que utilizan caucho y sus manufacturas como materia prima.

Debido a que la información suministrada sólo se refiere a la manera en que es obtenido el caucho mas no a su cantidad, se procedió a consultar al Instituto Nacional de Estadística (INE). Este instituto posee la información sobre la cantidad de caucho natural, estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno que se importa en el país anualmente.

En la tabla 3.5 y 3.6 se muestran la importación de caucho natural, estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno en el año 2009 y 2010 respectivamente.

**Tabla 3.5. Importaciones de caucho natural, estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno en el año 2009. Instituto Nacional de Estadística (INE)**

Caucho	2009		
	kg	FOB (BsF)	CIF (BsF)
Natural	189.587,80	706.461,37	734.046,98
Estireno-butadieno	18.289.897,94	713.423,50	771.492,92
Butadieno	5.693.434,71	28.572.860,57	30.251.934,49
Isobuteno-isopropeno	352.747,17	6.280.461,83	6.447.293,94
<b>Total</b>	<b>24.525.667,62</b>	<b>36.273.207,27</b>	<b>38.204.768,33</b>

**Tabla 3.6. Importaciones de caucho natural, estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno en el año 2010. Instituto Nacional de Estadística (INE)**

Caucho	2010		
	kg	FOB	CIF
Natural	21.012,71	118.228,84	125.186,90

**Tabla 3.6. Importaciones de caucho natural, estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno en el año 2010 (continuación). Instituto Nacional de Estadística (INE).**

Caucho	2010		
	kg	FOB (BsF)	CIF (BsF)
Estireno-butadieno	16.144.951,68	6.166.960,22	6.227.745,36
Butadieno	4.148.630,44	33.389.525,14	35.845.941,88
Isobuteno-isopropeno	1.232.273,50	24.753.765,59	25.423.185,41
<b>Total</b>	<b>21.546.868,33</b>	<b>64.428.479,79</b>	<b>67.622.059,55</b>

### 3.3. Establecimiento de la capacidad de la planta

Resulta clave en la concreción de un proyecto de diseño de una planta recuperadora de caucho sintético, la cantidad aproximada de éste, que potencialmente podría venderse. De estas estimaciones dependen el área de almacenamiento así como también la capacidad de la planta. Debido a que la demanda de caucho en el país (tabla 3.5) es mayor que la materia prima disponible para procesar en la planta (tabla 4.3), la capacidad de la misma se determinó en base a los neumáticos desechados

disponibles para ser reciclados. Esto indica que la producción anual de la planta, estimada en 7.300 toneladas (tomando en cuenta 240 días laborables al año) tiene mercado suficiente.

Hay una gran cantidad de neumáticos desechados que no será posible recolectar, pues son destinados a otras prácticas usuales como quemas en protestas o en rellenos sanitarios. Se ha supuesto para efectos de este estudio, que debido a las distintas limitantes que en la práctica se presentarán, no es posible recolectar íntegramente las cantidades de neumáticos que anualmente se desechan, sino una cifra significativamente menor, la cual se estableció en un 30% del total. Es decir, la planta de recuperación y reciclaje de neumáticos desechados no será capaz de recolectar cantidades de neumáticos superiores al 30% del total desechado por año. En la tabla 4.3 se muestra la cantidad de neumáticos desechados que se puede recolectar y procesar en la empresa, considerando una jornada laboral de 5 días a las semanas y 8 horas al día. Por lo tanto se tomó como referencia esta cantidad para establecer la capacidad de la planta.

### **3.4. Dimensionamiento de los equipos principales involucrados en el proceso de reciclaje de neumáticos usados**

Los equipos principales involucrados en el proceso se enumeran a continuación, indicando la cantidad de neumáticos desechados que se procesará en cada etapa. Esto se realizó con base a la información suministrada por la empresa Unoreciclaje.

La producción aproximada de esta planta es de 4t/h, el tamaño final del granulado es menor a 4mm.

La instalación se divide en cuatro partes:

- Pre- triturado
- Granulación
- Molienda
- Cribado y limpieza

#### **3.4.1. Sección I pre-triturado**

Producto: 30% neumáticos de camión y 70% neumáticos de coche.

Tamaño del granulado: aproximadamente 120x120 mm.

Rendimiento: 3 ton/h.

##### **3.4.1.1. Destalonadores**

**Tabla 3.7. Parámetros técnicos de los destalonadores.**

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Longitud (mm)</b>	<b>3.740</b>
<b>Anchura (mm)</b>	<b>1.070</b>
<b>Peso (kg)</b>	<b>1.280</b>
<b>Diámetro máximo del talón (mm)</b>	<b>980</b>



<b>Alimentación del motor</b>	<b>Trifásico</b>
<b>Tensión (V)</b>	<b>380</b>
<b>Velocidad del motor (rpm)</b>	<b>1.400</b>
<b>Potencia del motor (kW)</b>	<b>30</b>
<b>Diámetro del cilindro (mm)</b>	<b>200</b>
<b>Diámetro del tallo (mm)</b>	<b>70</b>

#### 3.4.1.2. Trituradora

Tabla 3.8. Parámetros técnicos del triturador de rodillos.

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Diámetro de trabajo del rodillo frontal (mm)</b>	<b>510</b>
<b>Diámetro de trabajo del rodillo trasero (mm)</b>	<b>560</b>
<b>Longitud de los rodillos (mm)</b>	<b>800</b>
<b>Velocidad lineal del rodillos frontal (m/min)</b>	<b>23,37</b>
<b>Relación de fricción de los rodillos</b>	<b>1:1,55</b>
<b>Máxima abertura de rodillo (mm)</b>	<b>15</b>
<b>Potencia (kW)</b>	<b>110</b>
<b>Velocidad de rotación del motor (r/min)</b>	<b>740</b>
<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>5.500x2.330x2.100</b>
<b>Peso (kg)</b>	<b>20.000</b>

#### 3.4.1.3. Cinta transportadora

Tabla 3.9. Parámetros técnicos de la cinta transportadora.

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Longitud total de eje a eje (mm)</b>	<b>8.200</b>
<b>Ancho de la cinta (mm)</b>	<b>1.000</b>
<b>Accionamiento kW/ V/ Hz</b>	<b>2,2/ 400/60</b>
<b>Altura de la pared lateral (mm)</b>	<b>350</b>

Tabla 3.9. Parámetros técnicos de la cinta transportadora (continuación).

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Velocidad de la cinta (m/min)</b>	<b>16</b>

#### 3.4.1.4. Criba de disco

Tabla 3.10. Parámetros técnicos de la criba de discos.

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Motor (kW)</b>	<b>5,0</b>
<b>Tensión (V)</b>	<b>400</b>
<b>Dimensiones exteriores (mm)</b>	<b>3.340 x 1.700 x 4.000</b>

#### 3.4.1.5. Sistema de retorno de los granos retenidos

Tabla 3.11. Parámetros técnicos del sistema de retorno.

<b>Parámetros técnicos</b>	
----------------------------	--

Longitud de transporte (mm)	17.000
Ancho de la cinta (mm)	800
Tambor de accionamiento (mm)	140
Tambor de inversión (mm)	140
Accionamiento (kW/V/Hz)	3,0 / 400/ 60
Velocidad (m/s)	0,4
Paredes laterales (mm)	150

#### 3.4.1.6. Cinta transportadora de evacuación

El bastidor de la cinta está compuesto de una construcción de acero y lleva rodillos portantes. El retorno de la cinta se efectúa en el armazón inferior, igualmente sobre rodillos portantes.

**Tabla 3.12. Parámetros técnicos de la cinta transportadora de evacuación.**

Parámetros técnicos	
Longitud de transporte (mm)	6.000
Ancho de la cinta (mm)	1.200
Tambor de accionamiento (mm)	180
Tambor de inversión (mm)	180
Accionamiento (kW/V/Hz)	2,5 / 400/ 60
Velocidad (m/s)	0,4
Paredes laterales (mm)	150

#### 3.4.2. Sección II granulado

Tamaño del granulado: aprox. 15 mm.

Rendimiento: aprox. 2 ton/h.

##### 3.4.2.1. Primer granulador marca Unicrex U 1700

**Tabla 3.13. Parámetros técnicos del granulador.**

Parámetros técnicos	
Potencia motriz (kW)	160,0
Peso (kg)	20.700
Cuchillas del rotor	48
Cuchillas estáticas	4
Diámetro del rotor (mm)	600
Apertura del mecanismo de corte (mm)	1.700x800
Capacidad (ton/h)	3 – 4

##### 3.4.2.2. Segundo granulador marca Unicrex U 1200

**Tabla 3.14. Parámetros técnicos del granulador.**

Parámetros técnicos	
Potencia motriz (kW)	90

<b>Peso (kg)</b>	<b>10.500</b>
<b>Cuchillas del rotor</b>	<b>24</b>
<b>Cuchillas estáticas</b>	<b>4</b>
<b>Altura (mm)</b>	<b>3.100</b>
<b>Apertura del mecanismo de corte (mm)</b>	<b>1.186x800</b>
<b>Perforación de la criba opcional (mm)</b>	<b>10-100</b>
<b>Capacidad (ton/h)</b>	<b>2</b>

### 3.4.2.3. Separador magnético sobre cinta

Tabla 3.15. Parámetros técnicos del separador magnético.

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Potencia motriz (kW)</b>	<b>1,5</b>
<b>Longitud del imán (mm)</b>	<b>1.000</b>
<b>Ancho del imán (mm)</b>	<b>450</b>
<b>Altura de levantamiento (mm)</b>	<b>200</b>

### 3.4.3. Sección III molienda

Tamaño del granulado: aprox. 4 mm

Entrada: aprox. 2 ton/h

#### 3.4.3.1. Cribadora plana

Sirve para el cribado previo del granulado retenido.

Tabla 3.16. Parámetros técnicos de la cribadora plana.

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Superficie de cribado (m<sup>2</sup>)</b>	<b>3,1</b>
<b>Accionamiento (kW / V / Hz)</b>	<b>7,5/ 400 / 60</b>

#### 3.4.3.2. Molino cortador

Tabla 3.17. Parámetros técnicos del molino de rodillos.

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Diámetro de trabajo del rodillo frontal (mm)</b>	<b>480 (acanalado)</b>
<b>Diámetro de trabajo del rodillo trasero (mm)</b>	<b>610 (acanalado)</b>
<b>Longitud de los rodillos (mm)</b>	<b>800 (acanalado)</b>
<b>Velocidad lineal del rodillos frontal (m/min)</b>	<b>22</b>
<b>Relación de fricción de los rodillos</b>	<b>1:2,1</b>
<b>Máxima abertura de rodillo (mm)</b>	<b>15</b>
<b>Potencia (kW)</b>	<b>110</b>
<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>6.280x2.330x2.100</b>
<b>Peso (kg)</b>	<b>20.000</b>

#### 3.4.3.3. Silo de recepción

Sirve para recibir el granulado de los neumáticos.

**Tabla 3.18. Parámetros técnicos de los silos.**

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Volumen (L)</b>	<b>9.800</b>
<b>Longitud (mm)</b>	<b>2.000</b>
<b>Ancho (mm)</b>	<b>2.000</b>
<b>Altura (mm)</b>	<b>3.200</b>

#### 3.4.3.4. Tornillos transportadores

**Tabla 3.19. Parámetros técnicos de los tornillos transportadores.**

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Longitud de transporte (mm)</b>	<b>4.700</b>
<b>Longitud de la rosca (mm)</b>	<b>5.100</b>
<b>Diámetro de la rosca (mm)</b>	<b>108</b>
<b>Paso de la rosca (mm)</b>	<b>80</b>
<b>Accionamiento kW / V / Hz</b>	<b>2,2 / 400/ 60</b>
<b>Tabuladora de entrada (mm)</b>	<b>250</b>
<b>Tabuladora de salida (mm)</b>	<b>250x250</b>

#### 3.4.3.5. Separación de textiles

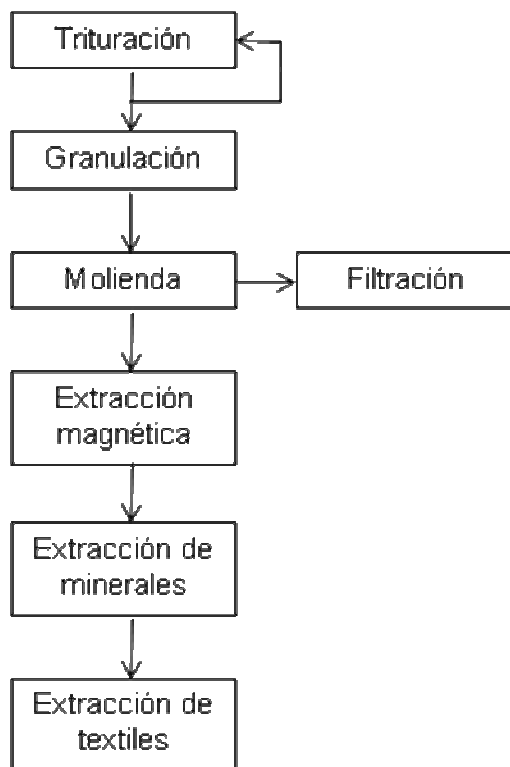
**Tabla 3.20. Parámetros técnicos de las mesas separadoras.**

<b>Parámetros técnicos</b>	
<b>Flujo de aire (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>4.000</b>
<b>Soplador de impulsión (kW / V/ Hz)</b>	<b>8,0 / 400 / 50</b>
Salida/pelusas	<b>por codo de 250 mm de diámetro nominal</b>
Salida/granulado	<b>por codo de 250 mm de diámetro nominal</b>

### 3.5. Diagramación cualitativa del proceso de producción

Un diagrama de flujo es un instrumento que se utiliza para indicar la secuencia de equipos y operaciones unitarias en el proceso completo, para facilitar la visualización de los procedimientos de producción.

En la figura 3.1 se muestra un diagrama de bloques del proceso de producción, donde se detalla la secuencia de las operaciones unitarias del proceso de reciclaje de neumáticos usados.



**Figura 3.1. Diagrama de bloques del proceso de recuperación de estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno a partir de neumáticos usados.**

### 3.6 Elaboración de un análisis de viabilidad económica

Para la realización del análisis de viabilidad económica se utilizó el método de la tasa de retorno de la inversión.

En primer lugar se determinó la inversión de capital necesaria para la planta; para esto, (extraídos de la cotización de la compañía Tpa Trituratori, S.A y Shredderhotline, disponibles en el anexo D). A partir de la inversión de capital se realizó la estimación de los demás costos relativos a la inversión, asumiendo un porcentaje del costo total de la inversión para cada rubro; luego estos porcentajes fueron normalizados para obtener el monto real de la inversión de capital fijo. Los rubros se especifican a continuación:

Costos directos

Incluyen los siguientes rubros:

Equipos.

Instalación de los equipos.

Instrumentación y control (instalados).

Tuberías (instaladas).

Instalaciones eléctricas (instaladas).  
 Edificaciones (incluyen servicios).  
 Urbanismos (mejoras del terreno).  
 Instalaciones de servicios (instaladas).  
 Terreno.

Costos indirectos

Se consideran como costos indirectos los siguientes:

Ingeniería y supervisión.  
 Construcción.  
 Honorarios contratista.  
 Contingencias.

### **3.6.1. Determinación de los costos de inversión**

#### **3.6.1.1. Costos directos**

Equipos. Entre los equipos se consideran: equipos de procesamiento, de manejo y almacenaje de material, de manejo y almacenaje del producto terminado. También se incluyen equipos y materiales auxiliares. Lo más recomendable es tener en cuenta precios obtenidos a partir de cotizaciones; puede representar de un 15 a un 40% de la inversión total. El costo de instalación de los equipos involucra costos por mano de obra, bases, plataformas, gastos de construcción y cualquier otro factor relacionado con el levantamiento y ensamblaje del equipo adquirido.

Instrumentación y control. El costo total de instrumentación depende de la cantidad de elementos de control que se requieran en el proceso. El rango es de 2 a 8% del costo total de la inversión.

Tuberías. Para el caso de plantas que manejan fase sólida y líquida, el rango está ubicado alrededor del 7% de la inversión de capital fijo.

Estructuras (incluyendo servicios). Se refiere a los gastos por mano de obra, materiales y suministros involucrados en el levantamiento de todos los edificios que se hallen conectados con la planta. El rango se halla entre 3 y 18%.

Urbanismos (mejoras del terreno). Incluyen costos por caminos, cercado, nivelación del terreno, aceras, estacionamiento. Representa generalmente de un 2 a 5% de la inversión de capital fijo.

Instalaciones de servicios. Se refiere a las instalaciones de suministro de agua, energía, aire comprimido, vapor y combustible. También se incluyen instalaciones referentes a: cafetería, enfermería. Los costos totales varían en un rango del 8 al 20%.

Terreno. El costo del terreno depende de su ubicación principalmente; generalmente oscila entre un 1 o 2% de la inversión. (Peters & Timmerhaus, 1991).

#### **3.6.1.2. Costos indirectos**

Ingeniería y supervisión. Se incluyen los costos por diseño y construcción, ingeniería, dibujo de planos, ingeniería de costos; debido a que este costo no puede cargarse directamente a materiales, equipos o manos de obra, se considera un costo indirecto en la inversión de capital fijo y representa desde un 4 hasta un 20% de la inversión.

Gastos de construcción y honorarios de contratista. Dicho costo incluye lo referente a nómina transitoria para construcción, herramientas, transporte, impuestos y seguros derivados del proceso de construcción de la planta. Se puede tomar un rango indicativo de 6 a 20% de la inversión.

Contingencia. Siempre debe considerarse un factor de contingencia para eventos imprevistos, cambios pequeños de diseño, errores de estimación y otros hechos fortuitos. Representa un rango del 5 al 15% de la inversión total.

En la tabla 3.21 se muestra cada rubro del capital de inversión fijo con el porcentaje asumido correspondiente.

**Tabla 3.21. Porcentaje de cada rubro de la inversión de capital fijo con respecto al total de la inversión.**

INVERSIÓN	
Costos directos	% del total de la inversión de capital fijo
Equipos adquiridos e instalación	40,6
Instrumentación y control	0,095
Tuberías instaladas	6,57
Sistema eléctrico (instalado)	0,76
Estructura	10,68
Mejoras de terreno (urbanismo)	2,8
Instalaciones de servicio	0,96
Terreno	25,97
Ingeniería y supervisión	1,42
Gastos de construcción y contratistas	5,83
Contingencias	4,28

### 3.6.2. Estimación del costo de producción

En ausencia de información específica sobre los costos de producción, se pueden agrupar los costos como se indican a continuación:

#### 3.6.2.1. Costos de manufactura

Estos costos incluyen: costos directos de producción, cargos fijos y costos operativos de la planta.

#### 3.6.2.2. Costos directos de fabricación

Materia prima. Debido a que la materia prima de la planta es un material de desecho en el país, se decidió colocarle un precio de incentivo de 10 Bsf/neumático, que correspondería a 380,66 Bsf/tonelada con la finalidad de recolectar la mayor cantidad posible de neumáticos.

Mano de obra. Para determinar la cantidad de empleados necesarios para la operación de la planta, se tomó como referencia el proyecto de reciclaje y valoración de neumáticos fuera de uso realizado en España, para el cual está previsto que trabajen en la planta 9 personas, cuya distribución sería la siguiente:

Un gestor encargado de la dirección de la planta.

Un técnico para oficina técnica, producción y aseguramiento de la calidad.

Un técnico comercial.

Dos personas encargada de la administración.

Una persona encargada del almacenaje y clasificación de la materia prima.

Dos personas para producción.

Una persona encargada del almacenaje y clasificación del producto acabado.

Supervisión de operación. Para fines de estimación, este costo se considera estrechamente relacionado con el costo por mano de obra. El promedio oscila entre 10 a 15% del costo de mano de obra.

Servicios. Los gastos por servicios tales como: electricidad, agua de proceso, aire comprimido, vapor gas natural y combustibles varía ampliamente dependiendo del consumo.

Electricidad. Para estimar el costo por servicio eléctrico, se utilizaron los datos de potencia suministrado por la cotización solicitada. La potencia total instalada de la planta es de aproximadamente 700 kW.

Mantenimiento y reparaciones. Dentro de este ítem se engloban los gastos correspondientes a mantener la planta en condiciones eficientes de operación. En las industrias de proceso, el costo total por año puede estimarse como un promedio del 5 o 6% de la inversión fija de capital.

Suministros para operaciones. Se refiere a todos aquellos suministros tales como lubricantes, detergentes, químicos y afines que se requieren en la planta y que no pueden incluirse entre la materia prima ni materiales de reparación. El costo anual se este renglón es aproximadamente el 15% de los costos de mantenimiento y reparación.

### **3.6.2.3. Costos fijos de fabricación**

Depreciación. Representa la pérdida de valor debido al paso del tiempo y desgaste que tiene un activo, propiedad, planta o equipo. Este valor se asume para fines contables. En este caso, se tomó como referencia una vida fiscal de 5 años.

Gastos generales de la planta. Son todos aquellos gastos misceláneos que hacen que la planta funcione completa y eficientemente, pero que no se pueden incluir en las demás clasificaciones tales como: maquinarias auxiliares, mantenimiento.



Gastos administrativos. Se refiere a todos aquellos gastos relacionados con actividades administrativas que no pueden adicionarse directamente a los gastos de manufactura. En este rubro se incluyen los salarios del personal como: secretarías, contadores y personal adicional, además de los suplementos de oficina, comunicaciones exteriores, y cualquier otra actividad de tipo administrativas. Cuando no se disponga de la información suficiente, puede estimarse como un 20 a 30% de la mano de obra.

Gastos por distribución y mercadeo. Varían muchísimo de una planta a otra dependiendo del material que se produzca. Para la mayoría de las plantas químicas, estos gastos están dentro del rango del 2 al 20% del costo total del producto.

**Nota:** Los costos por transporte (recolección de los neumáticos usados hasta la planta) no están incluidos en el análisis de viabilidad económica, esto puede causar que la planta no sea rentable económicamente. Por lo tanto es recomendable que haya una cooperación del gobierno nacional y los gobiernos locales para que incentiven a los usuarios a por lo menos almacenar los cauchos para luego ser recolectados por la empresa.

### 3.7. Muestra de cálculo

#### 3.7.1. Trituradora y molino

##### 3.7.1.1. Capacidad de la trituradora

Tomando los datos de la tabla 3.8 y utilizando la ecuación 2.1 expuesta en la sección 2.9, se tiene:

$$Q = \frac{1,5 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \times 2.430 \text{ cm} / \text{min}}{2,96}$$

$$Q = 98.513,51 \text{ cm}^3 / \text{min}$$

Para obtener este valor en unidades de Ton/h, se tiene que la densidad promedio del caucho natural es  $0,934 \text{ g/cm}^3$ , por lo tanto:

$$Q = 98.513,51 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \times 0,934 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1.000 \text{ kg}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 5,52 \frac{\text{ton}}{\text{h}}$$

$$Q = 5,52 \frac{\text{ton}}{\text{h}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{2,204 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}$$

$$Q = 12.166,08 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$$

##### 3.7.1.2. Capacidad del molino

Tomando los datos de la tabla 3.17 y utilizando la ecuación 2.1 expuesta en la sección 2.9, se tiene:

$$Q = \frac{1,5 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \times 2.200 \text{ cm}/\text{min}}{2,96}$$

$$Q = 89.189,18 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Utilizando la densidad promedio del caucho natural de  $0,934 \text{ g/cm}^3$ , se tiene que:

$$Q = 89.189,18 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \times 0,934 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1\text{kg}}{1000\text{g}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 4,99 \frac{\text{ton}}{\text{h}}$$

$$Q = 4,99 \frac{\text{ton}}{\text{h}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{2,204 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}$$

$$Q = 10.997,96 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$$

En la tabla 4.4 se reflejan los resultados de la capacidad del molino y del triturador.

### 3.7.2. Campana de extracción de polvos

#### 3.7.2.1. Flujo de aire

Para conocer el caudal necesario en el punto de desempolvado se tomo como referencia el modelo de campana para cintas transportadoras mostrado en el anexo C.3.

Utilizando una velocidad mínima de diseño de 2.500 pies/min para polvo fino de caucho (tabla 2.4) y una distancia mínima X de 2 pies (figura C.3), se calculó mediante la ecuación 2.2 la velocidad a la distancia X. Para ello fue necesario fijar valores de flujo (Q) y de área (A) en una hoja de excel, de manera que la división entre ellos resulte la velocidad mínima de diseño ( $V_d$ ). Los datos se muestran en la tabla 3.22.

**Tabla 3.22. Valores de flujo de aire y área.**

Q (ft <sup>3</sup> /min)	A (ft <sup>2</sup> )	Q/A (pies/min)
10.505	1,2	8.754,17
10.510	2,2	4.777,27
10.515	3,2	3.285,93
10.520	4,2	2.504,76
10.525	4,21	2.500
10.530	5,2	2.025

Sustituyendo los valores correspondientes de la tabla 3.22 en la ecuación 2.2 se tiene:

$$V = \frac{10.525 \text{ pies}^3 / \text{min}}{4,21 \text{ pies}^2 + 10x(2 \text{ pies})^2}$$

$$V = 238,07 \text{ pies} / \text{min}$$

### 3.7.2.2. Coeficiente de entrada y presión estática

Para la determinación del coeficiente de entrada se utilizaron los datos mostrados en el anexo C.4, donde se tiene que para campanas con ductos normales (*plain duct end*) el coeficiente de entrada ( $C_e$ ) es de 0,72.

La presión de velocidad se determinó usando una velocidad mínima de diseño para polvos de caucho fino de 2.500 pies/min (tabla 2.4). Sustituyendo en la ecuación 2.4 se tiene que:

$$2.500 \text{ pies} / \text{min} = 4.005 \sqrt{VP}$$

$$VP = 0,38 \text{ pulg } H_2O.$$

Con la ecuación 2.6, sustituyendo los valores correspondientes, se puede obtener la presión estática  $SP_h$ :

$$0,72 = \sqrt{\frac{0,38 \text{ pulg } H_2O}{SP_h}}$$

$$SP_h = 0,73 \text{ pulg } H_2O$$

Las pérdidas en la entrada depende del factor de pérdida y de la presión de velocidad; el factor de pérdida a su vez depende del coeficiente de entrada, por lo tanto sustituyendo el valor de coeficiente de entrada, en la ecuación 2.9 se tiene:

$$F = \frac{1 - (0,72)^2}{(0,72)^2}$$

$$F = 0,93$$

Por consiguiente se puede determinar las pérdidas en la entrada ( $h_e$ ) sustituyendo los valores pertinentes en la ecuación 2.8:

$$h_e = 0,93 \times 0,38 \text{ pulg } H_2O$$

$$h_e = 0,36 \text{ pulg } H_2O$$

Todos los resultados pertenecientes a la campana de extracción se muestran en la tabla 4.5.

### 3.7.3. Filtro de manga

Para el dimensionamiento del filtro de mangas se procedió a investigar las características de los filtros utilizados en plantas de reciclaje de neumáticos usados, datos que son necesarios para el dimensionamiento del mismo; en la tabla 3.23 se muestran las características del filtro de mangas.

**Tabla 3.23. Características del filtro de mangas.**

Características	
Cantidad de mangas	144
Diámetro de mangas	6,00 pulgadas (0,5 pies)
Longitud de mangas	100,00 pulgadas (8,33 pies)
Número de cámaras	2
Ancho de cámara	8,00 pies
Largo de cámara	8,00 pies
Numero de canastillas	12 varillas verticales
Material de las mangas	Dracón (poliéster)
Capacidad del filtro	8.828,34 pies <sup>3</sup> /min

#### 3.7.3.1. Velocidad de filtración

Para el cálculo de la velocidad de filtración se requiere conocer el área total filtrante, por lo tanto, sustituyendo los valores de la tabla 3.23 en la ecuación 2.13 se tiene:

$$At = 3.14 \times 144 \times 0,5 \text{ pies} \times 8,33 \text{ pies}$$

$$At = 1883,24 \text{ pies}^2$$

Utilizando el área total de filtración obtenida y la capacidad del filtro, en la ecuación 2.12 se obtiene la velocidad de filtración:

$$Vf = \frac{8.828,34 \text{ pies}^3 / \text{min}}{1883,24 \text{ pies}^2}$$

$$Vf = 4,68 \text{ pies}^3 / \text{pies}^2 / \text{min}$$

Los resultados se reflejan en la tabla 4.6

#### 3.7.3.2. Velocidad ascendente

Tomando los datos correspondientes al ancho y largo de la cámara, así como también el diámetro de las mangas y la capacidad del filtro de la tabla 3.23 y haciendo las conversiones de las unidades al sistema internacional se puede obtener el área entre

mangas utilizando la ecuación 2.15 y por consiguiente la velocidad ascendente aplicando la ecuación 2.14.

$$a = b = 8,00 \text{ pies} \times \frac{0,3048 \text{ metros}}{1 \text{ pies}}$$

$$a = b = 2,44 \text{ m}$$

$$Dm = 0,5 \text{ pies} \times \frac{0,3048 \text{ metros}}{1 \text{ pies}}$$

$$Dm = 0,15 \text{ m}$$

$$A_i = 2,44 \text{ m} \times 2,44 \text{ m} - 144 \left( \frac{3,14 \cdot 0,15^2 \text{ pies}^2}{4} \right)$$

$$A_i = 3,41 \text{ m}^2$$

$$Q = 8.828,34 \frac{\text{pies}^3}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{(0,3048 \text{ m})^3}{(1 \text{ pies})^3}$$

$$Q = 4,16 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Va = \frac{4,16 \text{ m}^3/\text{s}}{3,41 \text{ m}}$$

$$Va = 1,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Va = 1,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ pies}}{0,3048 \text{ m}}$$

$$Va = 4,00 \frac{\text{pies}}{\text{s}}$$

Los resultados obtenidos del área entre mangas y de la velocidad ascendentes se reflejan en la tabla 4.6

### 3.7.3.3. Pérdidas de presión en el filtro

De la tabla 2.5 se tomó el Dacrón como tipo de fibra a utilizar en las mangas, con un factor de resistencia ( $K_o$ ) de 0,14 pulg  $H_2O$ .min/pies. Sustituyendo este dato y la velocidad de filtración calculada en el apartado 3.7.3.1, en la ecuación 2.17 se obtiene la resistencia básica de la tela.

$$R_o = 0,14 \frac{\text{pulg } H_2O \times \text{min}}{\text{pies}} \times 4,68 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

$$R_o = 0,66 \text{ pulg } H_2O$$

Con la figura 2.8 se pudo determinar la pérdida de presión total en el filtro utilizando dacrón como material de las mangas. Entrando a la gráfica con una velocidad de filtración de 4,68 pies/min, la pérdida de presión fue aproximadamente de 6 pulgadas de agua.

Despejando la resistencia básica del polvo de la ecuación 2.19 y sustituyendo los datos correspondientes de  $R_0$  y  $R$ , se tiene:

$$R_d = 6 \text{ pulg } H_2O - 0,66 \text{ pulg } H_2O$$

$$R_d = 5,34 \text{ pulg } H_2O$$

En la tabla 4.6 se muestran la resistencia básica de la tela y del polvo así como también la pérdida total de presión en el filtro.

### 3.7.4. Tasa de retorno de la inversión

Para determinar el flujo de efectivo antes de impuesto se utilizó la ecuación 2.21, tomando los valores de las tablas 4.8 y 4.9, se tiene:

$$FEAI = 17.530.000 - 7.125.207,59$$

$$FEAI = 10.404.792,41$$

Con la ecuación 2.20 se determina la tasa de retorno, sustituyendo los valores respectivos, tomando en cuenta que FEAI representa la anualidad  $A$  en la ecuación y  $P$  representa la inversión inicial cuyo valor se toma de la tabla 4.7.

$$10.404.792,41 = 44.748.828,11 \left[ \frac{i(1+i)^{15}}{(1+i)^{15} - 1} \right]$$

A partir de esta ecuación, se calculo la tasa de interés  $i$ , a través de un proceso iterativo para un flujo de caja proyectado en un tiempo de 15 años.

La tasa de interés antes de impuesto es:

$$i = 22,08 \%$$

Los ingresos gravables se calculan mediante la ecuación 2.22, donde la depreciación se hizo en base a los costos de los equipos.

$$\text{Depreciación} = \frac{16.970.977,37 \text{ Bs}}{5 \text{ años}}$$

$$\text{Depreciación} = 3.394.195,47 \text{ Bs/año}$$

$$\text{Ingresos Gravables} = 10.404.792,41 - 3.394.195,47$$

$$\text{Ingresos Gravables} = 7.010.596,94 \text{ Bs}$$

Mediante la ecuación 2.23 se calcula los impuestos, donde la tasa de impuestos se fijo en un 40% según la ley de impuestos sobre la renta.

$$\text{Impuestos} = 7.010.596,94 \times 0,4$$

$$\text{Impuestos} = 2.804.238,77 \text{ Bs}$$

El flujo efectivo después de impuesto (FEDI) se calcula mediante la ecuación 2.24 como sigue:

$$\text{FEDI} = 10.404.792,41 - 2.804.238,77$$

$$\text{FEDI} = 7.600.553,64 \text{ Bs}$$

La tasa de interés después de impuesto se calcula del mismo modo que la tasa de interés antes de impuesto pero sustituyendo el flujo de efectivo después de impuesto (FEDI).

$$i = 14,85 \%$$

Los valores de la tasa de retorno y de ganancias netas antes y después de impuesto se reportan en la tabla 4.9.

Utilizando la ecuación 2.26 se calculó la tasa mínima atractiva de retorno, asumiendo una tasa riesgo país del 11%.

Debido a que los cálculos para la determinación de la tasa interna de retorno y los cálculos para la determinación de los costos y los ingresos se realizaron a dinero constante, los valores obtenidos no tienen inflación, por lo tanto:

$$T_{mar} = \text{Tasa riesgo país} = 11\%$$

Sustituyendo el valor obtenido en la ecuación 2.20 se obtiene:

$$-44.748.828,11 \left[ \frac{i(1+0,11)^n}{(1+0,11)^n - 1} \right] + 10.404.792,41 = 0$$

$$n = 6 \text{ años}$$

Los valores de la tasa mínima atractiva de retorno y los años de recuperación dinámica del capital se refleja en la tabla 4.9.

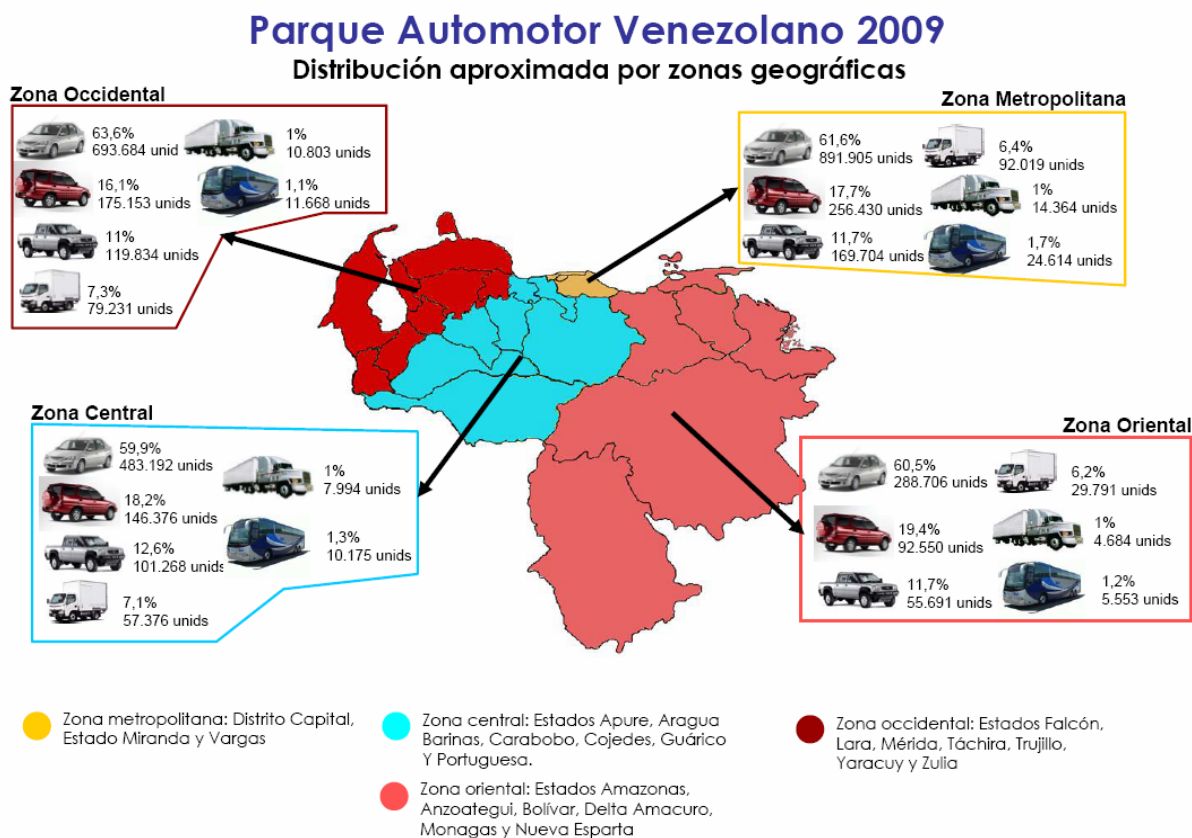
## CAPITULO 4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Recopilación de datos sobre la cantidad de neumáticos usados susceptibles a ser reciclados

La principal fuente de generación de neumáticos usados es la industria automovilística, por lo tanto la cantidad de neumáticos usados susceptibles a ser reciclados en la entidad se estableció con base al parque automotor venezolano del año 2009 suministrado por la Cámara de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores (FAVENPA), mostrado en la figura 4.1. Según esta cámara para el año 2009 el parque vehicular del país se estimó en 3.822.765 unidades, de las cuales el oriente del país contaba con 476.975 unidades (anexo A). De acuerdo a las premisas señaladas del capítulo 3, se estima un desecho anual de 198.438 toneladas de neumáticos.

En la tabla 4.1 se muestra los neumáticos circulantes por zonas geográficas en toneladas para el año 2009.

La totalidad de neumáticos desechados en toneladas durante el período 2003-2009 se muestra en la tabla 4.2. y en la figura 4.2.





**Figura 4.1. Parque automotor venezolano 2009. (Favenpa).**

**Tabla 4.1. Neumáticos por zonas geográficas para el 2009 (toneladas).**

Tipo	Zona geográfica				Total
	Metropolitan a	Centr al	Occident al	Orient al	
Pasajer o	24.973	13.529	19.423	8.083	66.008
Rústico	8.821	5.035	6.025	3.183	23.064
Livianos	10.182	6.076	7.190	3.341	26.789
Mediano s	17.667	11.016	15.212	5.719	49.614
Pesados	7.182	3.997	5.401	2.342	18.922
Bus	6.645	2.747	3.150	1.499	14.041
<b>Total</b>	75.470	42.400	56.401	24.167	198.43 8

**Tabla 4.2. Neumáticos desechados en el país 2003-2009 (toneladas).**

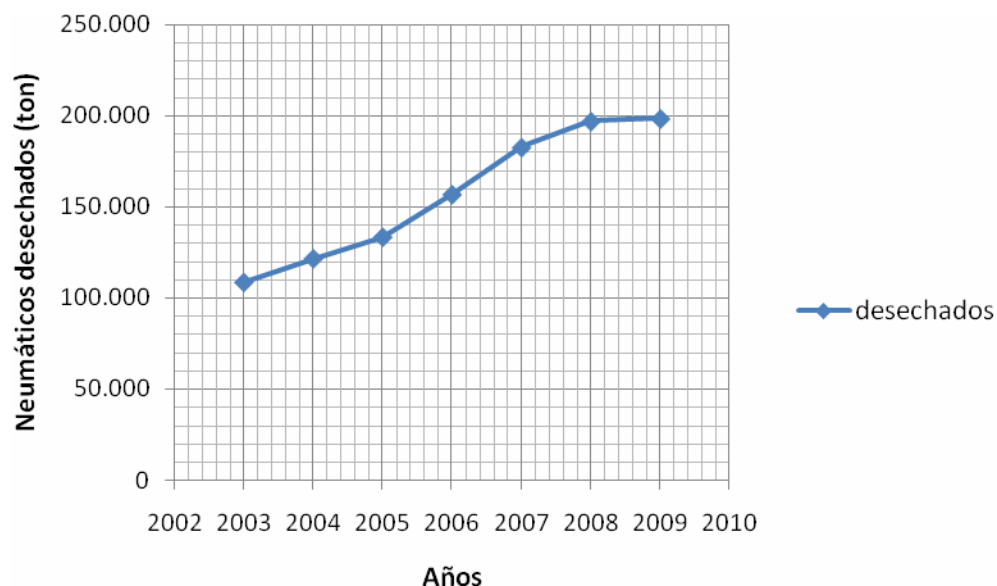
Perí odo	Parque automotor	Exportaciones de neumáticos (ton)		Desechad os
		Recauchados	Usados	
2003	108.750	0,04	0,67	108.750
2004	121.944	24,74	207,15	121.713
2005	134.062	157,42	364,40	133.541
2006	156.940	14,16	18,00	156.907
2007	182.719	0,130	0,60	182.720
2008	197.032	0,00	3,00	197.030
2009	198.438	0,00	0,00	198.438

Las toneladas de neumáticos usados en el país para el año 2009 fueron de 198.438 de las cuales la zona oriental contribuyó con una cantidad de 24.167 toneladas (12,17%).

De las 24.167 toneladas de neumáticos usados existentes en la zona oriental, se consideró como cifra porcentual intermedia un 30% de dicho valor, como una cantidad segura de neumáticos de los que se dispone para reciclar (ver tabla 4.3).

**Tabla 4.3. Cantidad de neumáticos a recolectar y capacidad de la planta**

Peso equivalente de neumáticos usados en el oriente	Peso equivalente de neumáticos a recolectar	Capacidad de la planta
24.167 ton/año	7.250 ton/año	3,77 ton/h



**Figura 4.2. Neumáticos desechados en el país 2003-2009.**

Como puede visualizarse, la generación de neumáticos usados es considerable y preocupante en el período 2003-2009, a la cual debe agregarse los neumáticos usados generados en el año 2010, por lo que se estima que a la fecha hay más de 200.000 toneladas de neumáticos usados sin una adecuada disposición final.

Es a partir de estos datos de generación que puede comprenderse la importancia de iniciar programas orientados a mitigar los impactos de la generación de neumáticos fuera de uso, iniciativas que deben enfocarse en el aprovechamiento de lo que hoy por hoy es considerado como un desecho y en disminuir la generación de los mismos, ya que en la actualidad el neumático fuera de uso es, en su mayoría arrojado a los cauces de ríos y quebradas, o acumulado en los vertederos a cielo abierto donde son quemados al aire libre porque no existe una política gubernamental ó municipal sobre la disposición de éstos de manera específica.

#### **4.2. Revisión de los requerimientos nacionales de caucho**

Como se indicó en el capítulo 3 se investigaron los usos del caucho triturado y se consultaron con las principales empresas que utiliza caucho como materia prima, de lo que se obtuvo que este caucho es importado, siendo los principales países proveedores Brasil y Estados Unidos.

La importación desde otros países (no sólo Brasil y Estados Unidos) ocupa casi el 100% de este mercado en el país, lo cual indica que urgentemente debe incrementarse la producción nacional de caucho, que es lo que se pretende mediante el diseño de la planta.

#### **4.3. Establecimiento de la capacidad de la planta**

La capacidad de la planta se estableció con base en la cantidad de neumáticos susceptibles a ser reciclados y a los requerimientos nacionales de caucho. El dimensionamiento de la misma se hizo para poder tratar desde el inicio 3,8 ton/h, es decir, debe procesar aproximadamente unas 7250 ton/año de neumáticos, trabajando una jornada laboral de 5 días a la semana, un turno de 8 horas lo que corresponde a 240 días/año.

La ubicación de la planta sería en las instalaciones de Oxialquilados Venezolanos C.A, en la zona industrial Los Montones, Barcelona-Edo. Anzoátegui, la cual cuenta con un área de 42.397,16 m<sup>2</sup>, lo que hace posible la construcción de la misma. En la figura 4.3 se muestra el terreno disponible para la construcción de la planta. En la figura E.1 se muestra el plano de la empresa Oxialquilados Venezolanos, C.A.



**Figura 4.3. Terreno disponible para la construcción de la planta.**

Las empresas Tpa Trituratori S.A y Unoreciclaje, proporcionaron los planos de las plantas de reciclaje de neumáticos usados tipo que ellos han construido, los cuales se muestran también en las figuras E.3, E.4 y E.5.

#### 4.4. Dimensionamiento de los equipos principales involucrados en el proceso de reciclaje de neumáticos usados

La descripción de cada uno de los equipos principales se halla en la sección 3.4 y debido a que los equipos ya existen, sus dimensiones se tomaron de las cotizaciones solicitadas.

Se determinó la capacidad del molino y la trituradora atendiendo a la cantidad de neumáticos que se procesará en la planta. En la tabla 4.4 se muestra la capacidad de ambos equipos.

**Tabla 4.4. Capacidad de los equipos de trituración y molienda.**

Capacidad (lb/h)	
Triturador	12.166,08
Molino	10.997,96

Con base en las recomendaciones bibliográficas, se pudo determinar el flujo de aire en la campana de extracción para cintas transportadoras, estableciendo una velocidad mínima de diseño para el polvo fino de caucho de 2.500 pies/min de manera de no provocar la sedimentación de los mismos en el ducto; asimismo se determinó la velocidad de captura necesaria para dirigir hacia la campana el polvo de manera que no se presente contaminación (ver tabla 4.5); dicha velocidad se calculó a 2 pies de distancia de la cinta transportadora.

En el diseño del filtro uno de los factores más importantes que se consideró fue la caída de presión o carga que resultó ser de 6 pulgadas de agua (ver tabla 4.6), la cual está en un rango aceptable ya que se estima que la resistencia del flujo de aire a través del filtro de mangas debe ser de 4 a 8 pulgadas de agua. De igual manera se calculó la velocidad de filtración la cual resultó ser de 4,68 pies/min (ver tabla 4.6). Según la bibliografía, las velocidades más comunes de filtración para este tipo de filtro están en un rango de 4 pies/min a 8 pies/min, (Perry & Green, 2001), esta velocidad obtenida depende de la resistencia del flujo debido a la capa de polvo recolectado que se forma en la manga y de la eficiencia del sistema de limpieza de las mismas, por lo tanto esta velocidad puede variar en la realidad.

Se debe tener en cuenta que el proceso puede sufrir diversas modificaciones como por ejemplo aumento o disminución de la producción, cambios en el material recolectado, etc., que puede alterar el buen funcionamiento tanto de la campana de extracción como el del filtro de mangas.

**Tabla 4.5. Características de la campana de extracción de polvo.**

Campana de extracción	
Velocidad de captura	238,06 pies/min
Velocidad mínima de diseño	2.500 pies/min
Flujo de aire	10.525 pie <sup>3</sup> /min
Coefficiente de entrada	0,72

Presión de velocidad	0,38 pulg H <sub>2</sub> O
Presión estática	0,73 pulg H <sub>2</sub> O
Factor de pérdida	0,93
Pérdidas en la entrada	0,36 pulg H <sub>2</sub> O

**Tabla 4.6. Características del filtro de mangas.**

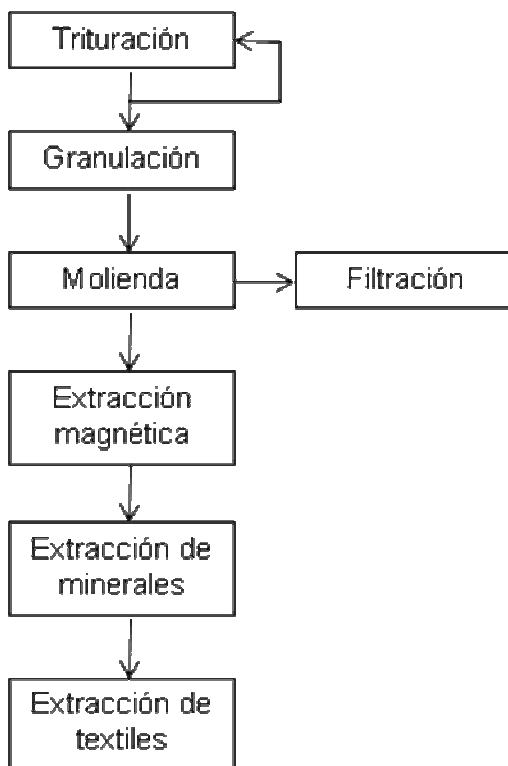
Filtro de mangas	
Velocidad de filtración	4,68 pies/min
Área total filtrante	1.883,24 pies <sup>2</sup>
Área entre mangas	11,18 pies

**Tabla 4.6. Características del filtro de mangas (continuación).**

Filtro de mangas	
Velocidad ascendente	4,00 pies/min
Resistencia de la tela	0,66 pulg H <sub>2</sub> O
Resistencia del polvo	5,34 pulg H <sub>2</sub> O
Pérdida de presión total	6 pulg H <sub>2</sub> O

#### 4.5. Diagramación cualitativa del proceso de producción

En la figura 4.4 se muestra un diagrama de bloques que indica cada una de las etapas del proceso de producción.



**Figura 4.4. Diagrama de bloques del proceso de recuperación de estireno-butadieno, butadieno e isobuteno-isopropeno a partir de neumáticos usados.**

#### 4.6. Elaboración de un análisis de viabilidad económica

Se consultaron diversas compañías proveedoras de equipos para este tipo de plantas, tanto americanas, europeas y asiáticas y los presupuestos más satisfactorios fueron lo de la compañía italiana Tpa Trituratori S.A, y la americana SHREDDERHOTLINE respectivamente, Las dos compañías ofrecen la planta completa con cada uno de sus equipos instalados en el sitio y capacitación de los ingenieros expertos en el funcionamiento de la planta. En la tabla D.1 y D.2 se muestra las cotizaciones de las empresas.

Los costos de instalación de la planta fueron estimados a través del capital de la inversión, dando un aproximado de 41.800.000 BsF.

La distribución por renglones de los costos fijos se puede apreciar en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7. Estimación por rubros de la inversión de capital para la planta.**

Rubro	%	Costo BsF
Equipos adquiridos e instalados	40,6	16.970.977,37
Instrumentación y control	0,095	40.072,81
Tuberías (instaladas)	6,57	2.747.656,23
Sistema eléctrico (instalado)	0,76	318.446,58
Estructura (incluyendo servicios)	10,68	4.466.858,89
Mejoras del terreno	2,8	1.171.175,52
Instalación de servicios	0,96	403.167,91
Terreno	25,97	10.857.142,86
<b>Total de costos directos</b>		<b>36.975.498,17</b>
Ingeniería y supervisión	1,42	596.551,48
Gastos de construcción y contratista	5,83	2.438.087,17
Contingencias	4,28	1.789.751,29
<b>Total de costos indirectos</b>		<b>4.824.389,94</b>
<b>Total de costos fijos de Inversión</b>		<b>41.799.888,11</b>
Capital de trabajo		2.948.940,00
<b>Total general</b>		<b>44.748.828,11</b>

Los gastos anuales de operación de la planta se calcularon como se describe en la sección 3.6 del capítulo 3 y se reportan, indicando cada rubro en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8. Gastos de operación de la planta.**

Costos directos de fabricación (Bs.F)	
Materia prima	2.777.312,52
Mano de obra	743.040,00
Supervisión de operaciones	111.456,00
Servicios	311.976,00
Mantenimiento y reparaciones	2.089.944,00
Suministros para operaciones	313.499,00

<b>Total</b>	<b>6.347.277,52</b>
<b>Costos fijos de fabricación (Bs.F)</b>	
Gastos generales de la planta	60.176,64
Gastos administrativos	185.760,00
Distribución y mercadeo	531.993,43
<b>Total</b>	<b>777.930,07</b>
<b>Total de costos de producción</b>	<b>7.125.207,59</b>

Para determinar los ingresos anuales por la venta del producto se estableció como precio de venta 2.500 Bs/ton de caucho, el cual representa aproximadamente un 15% menor del precio actual en el mercado internacional. De esta manera con una capacidad de 7.012 toneladas de caucho triturado/año se calculó el ingreso anual por venta del producto, el cual se muestra en la tabla 4.9.

Para los cálculos de las ganancias antes y después de impuesto se aplicó el procedimiento descrito en la sección 3.7.2, cuyos resultados se muestran en la tabla 4.9.

Los ingresos gravables resultaron de la diferencia entre la ganancia antes de impuesto y la depreciación de los equipos, a este resultado se le aplicó la tasa de impuesto según los ingresos gravables para obtener el valor a pagar por concepto de impuestos.

Para determinar la rentabilidad del proyecto se aplicó el método de la tasa de retorno de la inversión, obteniéndose un retorno de 22,08% antes de impuesto y 14,85% después de impuestos.

**Tabla 4.9. Ganancias por venta del producto y ganancias netas antes y después de impuesto.**

<b>Ganancias</b>	
Ingresos por venta del producto (Bs.F)	17.530.000
Precio de venta del producto (Bs.F/Ton)	2.500,00
Ganancia antes de impuesto (Bs.F)	10.404.792,11
Ingresos gravables (Bs.F)	7.010.596,94
Impuestos (Bs.F)	2.284.238,77
Ganancia después de impuesto (Bs.F)	7.600.553,64
Tasa de retorno antes de impuestos	22,08%
Tasa de retorno después de impuestos	14,85%
Tasa mínima atractiva de retorno (Tmar)	11 %
Años de recuperación dinámica	6

#### 4.7. Conclusiones

La cantidad de neumáticos susceptibles a ser reciclados en la zona oriental del país es de 7.250 ton/año.

El requerimiento nacional de caucho estireno- butadieno, butadieno e isopropeno- isobuteno para el año 2010 fue de 21.525,85 toneladas, lo cual es mayor a la cantidad de caucho a reciclar.

La capacidad de la planta es de aproximadamente 3,8 ton/h y fue estimada en un 30% del total de neumáticos usados debido a que por diversos factores no se podrá recolectar toda la cantidad de neumáticos usados existente en la zona oriental del país.

La capacidad de la máquina trituradora y del molino es de 5,52 ton/h y 4,99 ton/h respectivamente.

Es caudal aspirado por la campana de extracción es de 10.525 pies<sup>3</sup>/min con una velocidad de captura de 238,07 pies/min.

La pérdida de presión en la entrada de la campana es igual a 0,36 pulgadas H<sub>2</sub>O.

La velocidad de filtración del filtro de mangas es de 4,68 pies/min con un área total filtrante de 1.883,24 pies<sup>2</sup>.

La pérdida total de presión en el filtro de mangas es de 6 pulgadas H<sub>2</sub>O basado en un ciclo de limpieza de 60 minutos.

La tasa interna de retorno de la inversión antes de impuestos fue de 22,08% y la tasa de retorno de la inversión después de impuestos fue de 14,85%, la cual resultó ser mayor que la tasa mínima atractiva de retorno.



### **4.3. Recomendaciones**

Llevar a cabo un análisis más profundo sobre la cantidad de neumáticos desechados en la zona oriental, principalmente en el estado Anzoátegui, ya que los datos encontrados fueron del parque automotor venezolano mas no se encontró información más precisa.

Con la finalidad de que el proyecto sea más atractivo desde el punto de vista económico y con base de que la planta contribuye a la limpieza del país mediante el reciclaje de neumáticos usados, es fundamental solicitar que el estado financie el proyecto o en su defecto lo exonere del pago de impuestos.

Con la finalidad de obtener la materia prima para la planta se debe crear un sistema de recolección de los neumáticos usados, el cual permita el acopio de estos desechos. Para el caso específico de la zona metropolitana del estado Anzoátegui, donde no existe plan concreto de separación de residuos sólidos ni una cultura de reciclaje, conviene incluir a todos los sectores de la población, con la finalidad de lograr la mayor ayuda posible por parte del colectivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albano C, C. N. (marzo de 2008). *Construcción y tecnología: Posibilidades del Concreto*. Recuperado el 4 de diciembre de 2010, de Construcción y tecnología: <http://www.imcyc.com/revistacyt/nov10/posibilidad.htm>.
- Arias LLorenty, J. Á. (s.f.). *Auditoria Al Sistema De Desempolvado Del Área De Trituración De Caliza En La Planta Cerro Blanco De Holcim Ecuador S.A.* Recuperado el 24 de Marzo de 2011, de Red de universidades Universia: <http://biblioteca.universia.net>
- Berenguer, Á. (2008). *Reciclado de neumáticos por pirólisis y combustión*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2010, de Universidad de Alicante: <http://www.ua.es>.
- Blank, L., & Tarquin, A. (1998). *Ingeniería Económica*. Colombia: Mc. Graw Hill.
- Carno Serrano, E., Cerezo García, L., & Urbina Fraile, M. (s.f.). *Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2010, de madri+d: <http://www.madrimasd.com>.
- Danielson, J. A. (1973). *Air Pollution Engineering Manual*. Los Angeles.
- H. Lund, J. T. (1996). *Manual Mc Graw Hill de Reciclaje*. Mc Graw Hill.
- Industrial Ventilation*. (1980). Michigan: Edwards Brother incorporated.
- Infoacero*. (Febrero de 2001). Recuperado el 28 de Enero de 2011, de Acero: [www.infoacero.cl](http://www.infoacero.cl).
- López Gómez, F. A., López Delgado, A., & Manso, F. J. (2009). *Situación actual del tratamiento de neumáticos fuera de uso y posibilidades de obtención de negro de humo de alta pureza*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2010, de Digital.CSIC: <http://digital.csic.es>.
- Miranda, R., & Segovia, C. (2006). *Pirólisis de llantas usadas: Estudio cinético e influencia de variables de operación*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2010, de Dialnet: <http://dialnet.unirioja.es/>.
- Morales. (29 de octubre de 2009). *Estrategia para la reutilización y conservación del ambiente: venezolana de televisión*. Recuperado el octubre de 2010, de sitio web venezolana de televisión: <http://www.vtv.gob.ve/noticias-ciencia-y-salud/25547>.
- Myhre, M., & Mackillop, D. A. (2002). *Rubber Chemistry and Technology*.
- Neumáticos*. (2007). Recuperado el 30 de Noviembre de 2010, de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org>.

*Neumáticos Usados*. (2005). Recuperado el 30 de Noviembre de 2010, de <http://www.idrc.ca>.

Perry, R. H., & Green, D. W. (2001). *Manual del Ingeniero Químico* (Séptima ed., Vol. III). Madrid, España: Mc Graw Hill.

Peters, M., & Timmerhaus, K. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. Mc Graw Hill International.

Poliak, R. (Mayo de 2005). *Saber como: Instituto Nacional de Tecnología*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2010, de Instituto Nacional de Tecnología: <http://www.inti.gov.ar>.

Pomar Gascón, J. (Febrero de 2008). *Planta de reciclaje y valorización de neumáticos fuera de uso en aragón*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2010, de Universia: <http://biblioteca.universia.net>.

Pomar Gascón, J. (Febrero de 2008). *Planta de reciclaje y valorización de neumáticos fuera de uso en aragón*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2010, de Universia: <http://biblioteca.universia.net>.

*Procesos Termoquímicos*. (2003). Recuperado el 30 de Noviembre de 2010, de Universidad de Zaragoza: <http://www.cps.unizar.es>

Quezada, D. A. (18 de Julio de 2003). *La recolección y utilización de neumáticos desechados como combustible alternativo en fábricas de cemento*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2010, de Alipso: <http://www.alipso.com>.

*Reciclado químico de cauchos*. (21 de Febrero de 2008). Recuperado el 20 de Diciembre de 2010, de Energrou: <http://www.energrou.com>.

Rentería Rogriguez, C. (Agosto de 2007). *Departamento Nacional de Planeación*. Recuperado el 28 de Enero de 2011, de Algodón, Fibras textiles y Confecciones: [www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co).

Sapag, N., & Sapag, R. (1991). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. México: Mc Graw Hill.

Slier, L., & Carter, A. (1999). *Apuntes de clase: Evaluación de proyectos*. Chile: Centro de formación técnica LOTA-ARAUCO.



### Dirección de Operaciones

Evolución aproximada del Parque Automotor Venezolano por Zona Geográfica y Categoría  
Año: 2009

Zona Geográfica	Categorías (Unidades)						TOTALES
	Pasajeros	Rústicos	Comerciales			Bus/Minibus	
			Livianos	Medianos	Pesados		
Metropolitana	891.905	256.430	169.704	92.019	14.364	24.614	1.449.036
Central	483.192	146.376	101.268	57.376	7.994	10.175	806.381
Occidental	693.684	175.153	119.834	79.231	10.803	11.668	1.090.373
Oriental	288.706	92.550	55.691	29.791	4.684	5.553	476.975
<b>TOTALES:</b>	<b>2.357.487</b>	<b>670.509</b>	<b>446.497</b>	<b>258.417</b>	<b>37.845</b>	<b>52.010</b>	<b>3.822.765</b>

Año: 2008

Zona Geográfica	Categorías (Unidades)						TOTALES
	Pasajeros	Rústicos	Comerciales			Bus/Minibus	
			Livianos	Medianos	Pesados		
Metropolitana	902.946	281.970	152.916	86.074	14.216	23.163	1.461.285
Central	475.229	142.873	93.822	55.787	9.912	9.628	787.251
Occidental	684.559	173.354	110.602	75.147	14.693	11.379	1.069.734
Oriental	287.890	91.600	47.991	27.819	6.689	5.476	467.465
<b>TOTALES:</b>	<b>2.350.624</b>	<b>689.797</b>	<b>405.331</b>	<b>244.827</b>	<b>45.510</b>	<b>49.646</b>	<b>3.785.735</b>

Año: 2007

Zona Geográfica	Categorías (Unidades)						TOTALES
	Pasajeros	Rústicos	Comerciales			Bus/Minibus	
			Livianos	Medianos	Pesados		
Metropolitana	820.850	236.001	156.184	84.688	13.219	22.653	1.333.595
Central	444.698	134.715	93.200	52.805	7.357	9.364	742.139
Occidental	638.421	161.199	110.827	72.919	9.943	10.738	1.004.047
Oriental	267.705	85.177	51.254	27.418	4.311	5.092	440.957
<b>TOTALES:</b>	<b>2.171.674</b>	<b>617.092</b>	<b>411.465</b>	<b>237.830</b>	<b>34.830</b>	<b>47.847</b>	<b>3.520.738</b>

Año: 2006

<b>Categorías (Unidades)</b>								
			<b>Comerciales</b>					
<b>Zona Geográfica</b>	<b>Pasajeros</b>	<b>Rústicos</b>	<b>Livianos</b>	<b>Medianos</b>	<b>Pesados</b>	<b>Bus/Minibus</b>	<b>TOTALES</b>	
Metropolitana	705.614	202.885	134.198	72.831	11.349	19.419	1.146.296	
Central	382.268	115.811	80.080	45.412	6.316	8.027	637.914	
Occidental	548.615	138.399	94.762	62.709	8.536	9.205	862.226	
Oriental	228.404	73.219	44.039	23.579	3.701	4.365	377.307	
<b>TOTALES:</b>	<b>1.864.901</b>	<b>530.314</b>	<b>353.079</b>	<b>204.531</b>	<b>29.902</b>	<b>41.016</b>	<b>3.023.743</b>	

Año: 2005

<b>Categorías (Unidades)</b>								
			<b>Comerciales</b>					
<b>Zona Geográfica</b>	<b>Pasajeros</b>	<b>Rústicos</b>	<b>Livianos</b>	<b>Medianos</b>	<b>Pesados</b>	<b>Bus/Minibus</b>	<b>TOTALES</b>	
Metropolitana	608.254	168.835	115.674	65.935	8.632	14.490	981.820	
Central	333.973	93.988	68.582	36.707	4.804	8.071	546.125	
Occidental	453.071	127.041	91.210	49.616	6.494	10.907	738.339	
Oriental	195.973	55.590	42.361	21.710	2.843	4.774	323.251	
<b>TOTALES:</b>	<b>1.591.271</b>	<b>445.454</b>	<b>317.827</b>	<b>173.968</b>	<b>22.773</b>	<b>38.242</b>	<b>2.589.535</b>	

Año: 2004

<b>Categorías (Unidades)</b>								
			<b>Comerciales</b>					
<b>Zona Geográfica</b>	<b>Pasajeros</b>	<b>Rústicos</b>	<b>Livianos</b>	<b>Medianos</b>	<b>Pesados</b>	<b>Bus/Minibus</b>	<b>TOTALES</b>	
Metropolitana	553.642	153.676	105.288	60.015	7.857	13.189	893.667	
Central	303.987	85.549	62.424	33.411	4.373	7.346	497.090	
Occidental	412.392	115.635	83.021	45.161	5.911	9.928	672.048	
Oriental	181.419	50.615	35.763	19.767	2.587	4.345	294.496	
<b>TOTALES:</b>	<b>1.451.440</b>	<b>405.475</b>	<b>286.496</b>	<b>158.354</b>	<b>20.728</b>	<b>34.808</b>	<b>2.357.301</b>	

Año: 2003

Zona Geográfica	Categorías (Unidades)						TOTALES
	Pasajeros	Rústicos	Comerciales			Bus/Minibus	
			Livianos	Medianos	Pesados		
Metropolitana	493.770	137.057	93.902	53.525	7.007	11.762	797.023
Central	271.113	76.298	55.674	29.798	3.900	6.551	443.334
Occidental	367.795	103.130	74.043	40.277	5.272	8.853	599.370
Oriental	161.559	45.141	31.895	17.630	2.307	3.878	262.411
TOTALES	1.1294.237	361.626	255.514	141.230	18.486	31.044	2.102.138

Zona Metropolitana, constituida por el Distrito Capital, Estado Miranda y Vargas

Zona Central, conformada por los Estados Apure, Aragua, Barinas, Carabobo, Cojedes, Guárico y Portuguesa

Zona Occidental, constituida por los Estados Falcón, Lara, Mérida, Táchira, Trujillo, Yaracuy y Zulia

Zona Oriental, conformada por los Estados Amazonas, Anzoategui, Bolívar, Delta Amacuro, Monagas y Nueva Esparta

## Anexo A.2. Parque automotor venezolano por zonas geográficas y categorías en toneladas

Año 2008

Tipo	Zona geográfica				Total
	Metropolitana	Central	Occidental	Oriental	
Pasajero	25.282	13.306	19.167	8.060	65817
Rústico	9.699	4.914	5.963	3.151	23.729
Livianos	9.174	5.629	6.636	2.879	24.319
Medianos	16.526	10.711	14.428	5.341	47.006
Pesados	7.108	4.956	7.346	3.344	22.755
Bus	6.254	2.599	3.072	1.478	13.404
<b>Total</b>	<b>74.045</b>	<b>42.117</b>	<b>56.614</b>	<b>24.255</b>	<b>197.032</b>

Año 2007

Tipo	Zona geográfica				Total
	Metropolitana	Central	Occidental	Oriental	
Pasajero	22.983	12.451	17.875	7.495	60.806
Rústico	8.118	4.634	5.545	2.930	21.227
Livianos	9.371	5.592	6.649	3.075	24.687
Medianos	16.260	10.138	14.000	5.264	45.663
Pesados	6.609	3.678	4.971	2.155	17.415
Bus	6.116	2.528	2.899	1.374	12.918
<b>Total</b>	<b>69.459</b>	<b>39.023</b>	<b>51.941</b>	<b>22.295</b>	<b>182.719</b>

Año 2006

Tipo	Zona geográfica				Total
	Metropolitana	Central	Occidental	Oriental	
Pasajero	19.757	10.703	15.361	6.395	52.217
Rústico	6.979	3.983	4.760	2.518	18.242
Livianos	8.051	4.804	5.685	2.642	21.184
Medianos	13.983	8.719	12.040	4.527	39.269
Pesados	5.674	3.158	4.268	1.850	14.951
Bus	5.243	2.167	2.485	1.178	11.074
<b>Total</b>	<b>59.689</b>	<b>33.536</b>	<b>44.601</b>	<b>19.112</b>	<b>156.940</b>

Año 2005

Tipo	Zona geográfica				Total
	Metropolitana	Central	Occidental	Oriental	
Pasajero	17.031	9.351	12.685	5.487	44.555
Rústico	5.807	3.233	4.370	1.912	15.323
Livianos	6.940	4.114	5.472	2.541	19.069
Medianos	12.659	7.047	9.526	4.168	33.401
Pesados	4.316	2.402	3.247	1.421	11.386
Bus	3.912	2.179	2.944	1.288	10.325
<b>Total</b>	<b>50.667</b>	<b>28.328</b>	<b>38.246</b>	<b>16.820</b>	<b>134.062</b>

Año 2004

Tipo	Zona geográfica				Total
	Metropolitana	Central	Occidental	Oriental	
Pasajero	15.501	8.511	11.546	5.709	40.640
Rústico	5.286	2.942	3.977	1.741	13.948
Livianos	6.317	3.745	4.981	2.145	17.189
Medianos	11.522	6.414	8.670	3.795	30.403
Pesados	3.928	2.186	2.955	1.293	10.364
Bus	3.561	1.983	2.680	1.173	9.398
<b>Total</b>	<b>46.118</b>	<b>25.784</b>	<b>34.813</b>	<b>15.228</b>	<b>121.944</b>

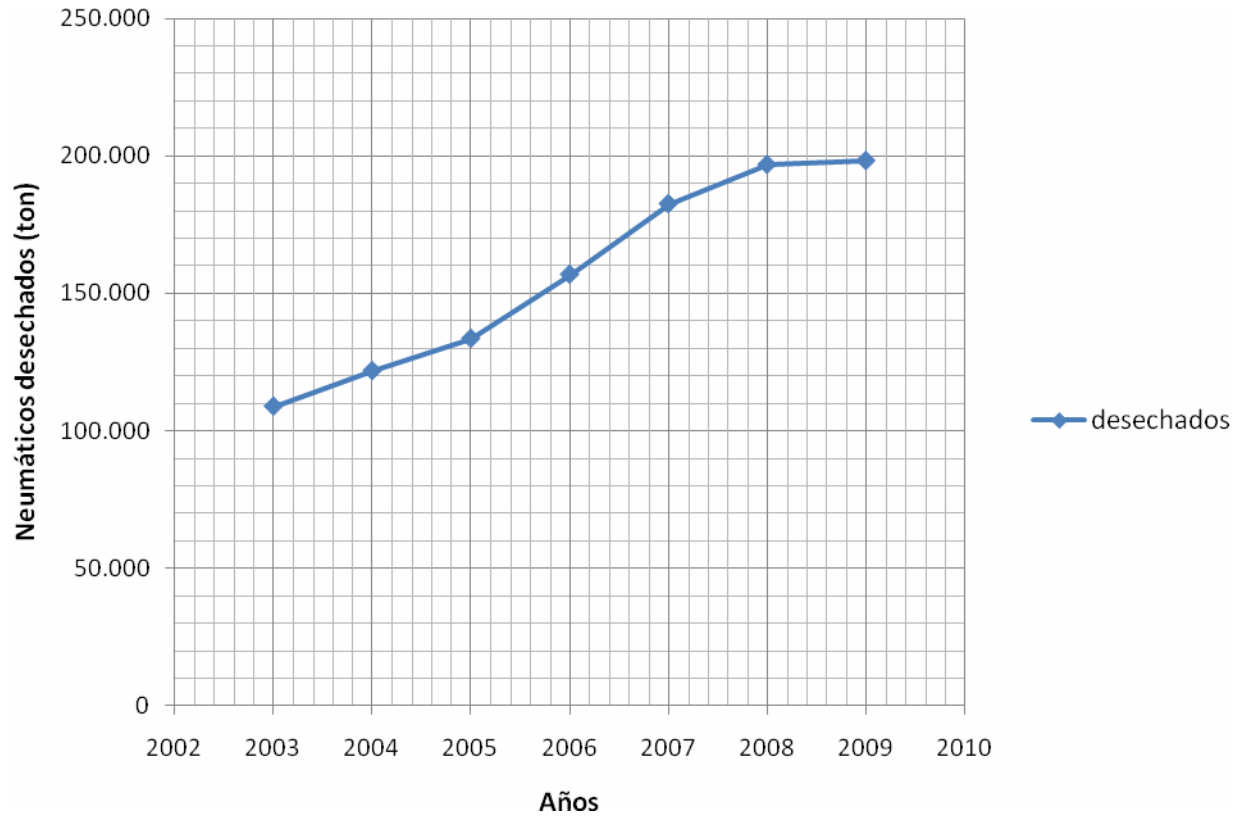
Año 2003

Tipo	Zona geográfica				Total
	Metropolitana	Central	Occidental	Oriental	
Pasajero	13.825	7.591	10.298	4.523	36.238
Rústico	4.714	2.624	3.547	1.552	12.439
Livianos	5.634	3.340	4.442	1.913	15.330
Medianos	10.276	5.721	7.733	3.384	27.116
Pesados	3.503	1.950	2.636	1.153	9.243
Bus	3.175	1.768	2.390	1.047	8.381
<b>Total</b>	<b>41.130</b>	<b>22.996</b>	<b>31.048</b>	<b>13.575</b>	<b>108.750</b>



**Tabla A.3. Neumáticos desechados para el período 2003-2008**

<b>Parque Automotor</b>						
	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
Turismo y familiar	64.009	71.778	78.948	91.644	106.722	113.866
Autobuses	44.741	50.166	55.113	65.295	75.997	83.166
<b>Total</b>	<b>108.750</b>	<b>121.944</b>	<b>134.062</b>	<b>156.940</b>	<b>182.719</b>	<b>197.032</b>
<b>Exportaciones</b>						
Neum. Recauchados	40	24.747	157.427	14.615	130	0
Neumáticos Usados	656	207.149	364.401	18.000	60	3.000
<b>Desechados</b>	<b>108.750</b>	<b>121.713</b>	<b>133.541</b>	<b>156.907</b>	<b>182.720</b>	<b>197.030</b>



**Figura A.4 Neumáticos desechados para el período 2003-2009 en la zona oriental del país.**

## **Anexo B.1. Comercialización del producto generado**

Los usos más factibles que se le pueden dar a este caucho triturado son:

- Materiales de embalaje, cajas de baterías, cintas transportadoras.
- Neumáticos de bicicletas, industria y agricultura.
- Como aditivos de betunes asfálticos en carreteras.
- Conos para señalización de tráfico y pies de señales.
- Pavimentos en zonas deportivas o en zonas de juegos infantiles en donde por su elasticidad y resistencia reducen la fatiga y el riesgo de lesiones.
- Industria zapatera (suelas y tacones).
- Pistas de atletismos.
- Pistas de baloncestos y tenis.
- Tapetes para golf-tees.
- Superficies no deslizantes en cubiertas de barcos.
- Sub-base para pistas de carreras de caballos.
- Protección de zonas peatonales, alrededores de piscinas.
- Alfombrillas de coches, felpudos.
- Tuberías de drenaje.
- Tuberías de porosas de irrigación.
- Aislantes y revestimiento de tuberías.
- Pavimentos estriados para suelos de edificios, aeropuertos, etc.
- Losetas y paneles acústicos y antivibraciones.
- Como aditivos en la fabricación de gomas.
- Compuesto impermeabilizantes para tejados, paredes, silos y balsas.
- Acolchado antichoques para maquinarias.
- Componentes sellantes y adhesivos.
- Pintura antideslizante texturizada.
- Ingrediente de relleno para moldes y extrusiones de goma y plástico.
- Guardabarros en coches y camiones.
- Zapatas de frenos.
- Equipamiento para minas y forro de abrasión.
- Mangueras de jardín.
- Zócalos (rodapiés) y base en suelos de madera.
- Macetas.
- Actualmente existe una línea de investigación abierta en diversos países europeos para emplear los neumáticos usados en piscifactoría como zonas favorecedoras del establecimiento y cría de algunas especies.

A continuación se clasifica el mercado de salida del caucho, en función de la granulometría:

#### **De 5 a 2 mm**

- Superficies deportivas.
- Circuitos de carreras para caballos y zonas destinadas a equitación.
- Modificaciones en terrenos agrícolas.
- Tapetes y alfombrillas.

#### **De 2 a 0,85 mm**

- Conos para señalización de tráfico.
- Pies de señales.
- Ladrillos entrelazables.
- Tapetes para golf-tees.
- Pavimentos deportivos.
- Asfalto carreteras (uso limitado).

#### **De 0,85 a 0,60 mm**

- Asfalto carreteras.
- Zapatas de frenos.
- Productos moldeados <50% goma reciclada.
- PVC, PE.
- Guardabarros.
- Revestimientos de suelos.
- Sellador de grietas: arreglos de carreteras, barreras de agua.
- Pintura antideslizante.

#### **Menor de 0.60 mm**

- Neumáticos de nueva fabricación.
- Asfalto carreteras.
- Mangueras.

De todo lo expuesto, queremos resaltar una de las aplicaciones más importantes. Esta es la aplicación de los neumáticos usados triturados en la construcción de carreteras y en suelos polideportivos, colegios, parques, etc., es un método que no tiene ningún riesgo de posible contaminación, siendo un procedimiento ecológico que permite utilizar la mayor parte de los neumáticos usados.

A continuación comentaremos las ventajas de la reutilización del caucho triturado en la construcción de carreteras:

- Ahorro en la cantidad de aglomerado asfáltico necesario. Como aditivo de betunes asfálticos en carreteras, en una proporción que puede alcanzar el 2,5% en capas de rodadura.

- Tiene una duración de 2 a 4 veces superior al asfalto convencional. El polvo de caucho absorbe los componentes más ligeros del betún, retardando o impidiendo su pérdida por volatilización.
- Aligera el peso de los tableros en los puentes.
- Tiene excelentes propiedades contra el deslizamiento de vehículos y contra la formación de hielo.
- La rugosidad de la banda de rodadura, le proporciona un excelente drenaje. Reduciendo de esta forma los riesgos de "acuaplaning" y las proyecciones de partículas de agua que reducen la visibilidad.
- Las superficies de las bandas de rodadura, preparadas con éste asfalto, presentan un acabado mate, lo que significa una importante reducción en la reflexión de la luz de los automóviles.
- Se reduce el nivel del ruido del tráfico.
- Soporta mejor la intensidad del tráfico. Mayor resistencia mecánica del asfalto (70% mayor).
- Disminución del desgaste de los neumáticos de los vehículos que ruedan por ellas.
- Menor riesgo de agrietado porque se adaptan mejor a los cambios de temperatura.
- Mayor flexibilidad del pavimento.

## PAVIMENTOS DEPORTIVOS

Los gránulos de caucho procedentes de la trituración de los neumáticos usados son uno de los componentes básicos en la composición de una gran mayoría de pavimentos deportivos y de seguridad, utilizados bien sean aglomerados con un ligante elástico o bien como material suelto.

En sus orígenes, la mayoría de los deportes se practicaban sobre la hierba natural o sobre materiales naturales sueltos debidamente seleccionados y acondicionados como la tierra batida, el albero, el polvo de ladrillo, las cenizas etc.... en general materiales estabilizados de origen próximo a la instalación.

Con la popularización de los deportes fueron necesarias instalaciones de uso intensivo, con pavimentos duraderos que permitieran su utilización sin excesivos costos de mantenimiento y que permitiera igualmente su uso en climas lluviosos especialmente en instalaciones al aire libre.

Factores de seguridad relacionados con la interacción (deportista – superficie) como la absorción de impactos, la deformación vertical y la fricción debían ser tenidos en cuenta a la hora de proyectar un pavimento deportivo, así como en los deportes donde interviene un balón o una pelota factores que pudieran afectar a la interacción ( balón – pavimento o pelota – pavimento ), como el bote vertical del balón , la rodadura del balón y el bote angular del mismo.

Basándose en estos principios, han ido apareciendo en el mercado pavimentos sintéticos adaptados en muchos casos a cada deporte en particular y donde como veremos a continuación, las partículas de caucho procedentes de la trituración de neumáticos usados juegan un papel importante como material básico con excelentes prestaciones.

Los gránulos de caucho procedentes de neumáticos usados son una materia prima básica en la composición de los distintos revestimientos sintéticos que aparecieron en el mercado siendo el primero y más conocido el Tartan marca ya desaparecida del mercado, pero que sigue teniendo continuidad como sistema constructivo bajo otras marcas comerciales.

El revestimiento sintético en una pista de atletismo se coloca en la mayoría de los casos sobre un firme flexible pavimentado con un aglomerado asfáltico en caliente aplicado en dos capas con el fin de conseguir una buena planimetría.

Los distintos revestimientos sintéticos los podemos clasificar en revestimientos realizados in “situ”, mixtos y prefabricados, atendiendo a su puesta en obra, que a su vez pueden ser compactos o multicapas si el tipo de mezclas que lo componen es homogéneo o compuesto por capas de distintas calidades.

En el primero de los casos, “in situ”, el procedimiento de puesta en obra se realiza a pie de obra en su totalidad mezclando gránulos de caucho con un aglomerante a base de resinas de poliuretano, formando un mortero que se extiende mediante medios mecánicos en obra en una o más capas, en el sistema mixto la capa elástica de gránulos de caucho viene prefabricada en forma de rollos y se terminan el resto de las capas a pie de obra y en el tercer caso el producto viene de fábrica ya listo para ser colocado en obra y adherido al soporte base mediante un adhesivo.

El espesor de los revestimientos para las pistas de atletismo es de 12mm y permite el uso de zapatos con clavos resultando altamente confortable por su alta flexibilidad y elasticidad evitando gran número de lesiones al usuario.

En la construcción de una pista de atletismo se emplean aproximadamente de setenta a ochenta toneladas de gránulos de caucho, según el sistema que se instale y de la superficie de la pista, siendo las partículas de caucho de un tamaño comprendido entre 1,5 y 4,0 mm.

## **PISTAS MULTIUSO**

**Destinadas a instalaciones donde se practican diferentes especialidades deportivas y diferentes tipos de usuarios, pueden estar al aire libre o al interior.**

Las características generales que deben cumplir todos los pavimentos deportivos son:

Elasticidad, Resistencia al deslizamiento y Durabilidad.

La elasticidad permite que el pavimento juegue un papel importante absorbiendo parte de la energía que el deportista transmite en sus impactos con el pavimento evitando así lesiones en sus articulaciones y en sus caídas.

Las capas elásticas de mejor calidad se fabrican con gránulos de caucho procedentes de la trituración de neumáticos usados, utilizando generalmente como aglomerante una resina de poliuretano, se fabrican en distintos espesores a pie de obra o se suministran prefabricadas en forma de rollos.

La capa final de acabado debe garantizar la correcta estabilidad del deportista en contacto con el pavimento así como el bote de la pelota por lo que la textura y calidad de ésta capa varía en función de distintos factores como son, la ubicación de la pista, en interior o al aire libre, y de cada deporte, siendo especialmente sensible la textura final del acabado en el caso de las pistas de tenis, por lo que puede afectar al bote de la bola y consecuentemente a su la velocidad.

## **PISTAS DE TENIS**

La práctica del tenis de alta competición es especialmente sensible al tipo de pavimento, siendo el sistema de superficie artificial más aceptado universalmente el realizado sobre una infraestructura flexible acabada con una pavimentación asfáltica sobre la que se aplican una serie de capas finas parte de las cuales tienen como componente principal polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos y que utilizan como aglomerantes resinas de latex en emulsión.

La combinación de las capas con contenido de caucho ( cushion coats ) y las capas finales en color con un alto contenido en cargas minerales finas permiten realizar revestimientos cómodos para el jugador y donde el bote de la pelota se ajusta al gusto del practicante.

Tabla B.2. Ejemplo de aplicaciones, tecnologías y propiedades de los productos

Producto/Aplicación	Material													Fuente-Neumático	Tecnología	Propiedades físicas/químicas			
	W	X	S	C	G	P	B	R	D	Y	Z								
<b>Ingeniería Civil (no carreteras)</b>																			
Arrecifes artificiales	•																Entero de coche	M	D, CL, S, Z, CH, pH, aplamiento
Contrfuerte de puentes	•	•	•	•													Entero de coche-camión	M, A	D, C, DC, CH, CTE, GE, SS
Aditivos de hormigón en la construcción																	• Todas	P	pH, S, CTAB, DBT, CC, EA, H
Balás para la construcción	•																Entero de coche-camión	M	DC, CP, CH, pH, ME, GE, aplamiento
Sistemas de drenaje en alcantarillas																	Entero de coche-camión	A	DC, CP, CH, SS, AA
Diques	•	•	•	•	•												Entero de coche-camión, mezcla neumáticos	M, A	P, pH, ME, DC, CP, CH, SS, AA
Aislamientos (p.e. ruido)	•	•	•	•	•												Entero de coche-camión	M, A	CL, pH, S, Z
Capa drenante en verdeiro	•	•	•	•													Entero de coche-camión	A	DC, CP, CH, S, Z, pH, SS, AA
Ingeniería para confinamiento y estabilización de superficies	•	•	•	•													Entero de coche-camión	M, A	Depende del uso específico
Estabilización de pendientes	•	•	•	•													Entero de coche-camión	M, A	DC, CP, CH, SS, AA
Aislamiento térmico	•	•	•	•													Entero de coche-camión, mezcla neumáticos	M, A	D, CH, GE, CTE, ME
Base para ralles de tranvías y trenes																	• Entero de coche-camión	A	C, DA, DC, CP, T



**Tabla B.2. Ejemplo de aplicaciones, tecnologías y propiedades de los productos (continuación).**

Producto/Aplicación	Material													Fuente-Neumático	Tecnología	Propiedades físicas/químicas	
	W	X	S	C	G	P	B	R	D	Y	Z						
<b>Ingeniería Civil (carreteras)</b>																	
Aditivos del asfalto						•	•	•	•	•	•	•	•	•	Todas	C, D, P	pH, S, CTAB, DBT, CC, EA, H
Caucho del asfalto						•	•								Entero de coche, mezcla neum. coche/camión	A, C	EA, CC, C, NC, HC, S/M, DA, DC, CP, T
Recubrimientos											•	•	•	•	Enteros de coche, neum. pisados de camión	A, C, R, D, P	CC, NC, CT, VC, S, V, Z, D, DP, GE, SS, DBT, H
Bareras de choque						•	•	•	•	•	•	•	•	•	Todas	M, A	S, CP, CH, H, CTE, P, ME
Juntas de expansión											•	•	•	•	Entero de coche-camión	A, C, R, D	EA, CC, NC, HC, pH, S, Z, DA, DC, CP, CH, T, S/M, VI, RT
Rellenos ligeros						•	•	•	•						Entero de coche-camión, mezcla neumáticos coche/camión	M, A	D, CH, CTE, GE, ME
Bareras de ruido						•	•	•	•	•					Entero de coche-camión, mezcla neumáticos coche/camión	M, A	D, DC, CP, GE, AA
Equipamientos viales y ferroviarios						•	•	•	•	•	•	•	•	•	Todas	A, C, R, D	Depende del producto específico
Sellantes											•	•	•	•	Entero de coche	A, C, R, D, P	CC, NC, CT, S, V, Z, D, DP, GE, SS, CTAB, DBT, H, pH
Capas superficiales (firme)						•	•	•	•	•	•	•	•	•	Entero de coche-camión, mezcla neumáticos coche/camión	A, C, R, D, P	pH, S, CTAB, DBT, CC, EA, H, NC, HC, S/M, DA, DC, CP, VI, T
Carreteras provisionales						•	•	•	•	•	•	•	•	•	Entero de coche-camión	M, A	S, V, Z, CP, CH, P, CTE, AA
Capa superior del pavimento											•	•	•	•	Entero de coche-camión, neum. de coche pisado	A, C, R, D	CC, NC, HC, S/M, DA, DC, CP, VI, T

Tabla B.2. Ejemplo de aplicaciones, tecnologías y propiedades de los productos (continuación).

Producto/Aplicación	Material													Fuente-Neumático	Tecnología	Propiedades físicas/químicas						
	W	X	S	C	G	P	B	R	D	Y	Z											
<b>Ingeniería Civil (deportes y superficies de seguridad)</b>																						
Vías ecuestres																		•	Picado coche, entero camión, A mezcla coche/camión	C, S, Z, NC, HC, DCA, S/N		
Campos de fútbol/Hockey																		•	Entero coche-camión	A	C, S, pH, Z, CQ, CH, H, S/N, ME, AA	
Pavimentos de seguridad																		• •	Entero coche-camión	A, C	NC, HC, DCA, S/N	
Superficies de recreo																		• • •	Entero coche-camión	A, C	C, S, pH, Z, CQ, CH, H, S/N, ME, AA	
<b>Productos industriales/consumidor</b>																						
Carbon activo																			•	Todas, Z	0	CC, EA, NC, CTAB, DBP, COBP, H, T, D, S
Usos agrícolas																			•	Entero coche	A	pH, S, Z, CP, CH, AA, otras dependiendo del uso
Pilas domésticas																			• • • • •	Todas	A, C, R, D, P, 0	CC, EA, NC, CTAB, DBP, COBP, H, T, D, S, VI
Componentes para cableado																			• • • • •	Cámara de aire, Y	A, R, D, 0	NC, HC, DCA, RT, ER, VI, CTE, CQ, EA, CTAB, DBP, COBP, H, T
Productos de carbono																			•	Todas	0	CC, EA, NC, CTAB, DBP, COBP, H, T, D, S
Cintas transportadoras																			• • • • •	Todas	R, D, 0	CC, NC, EA, RT, ER, VI, CTAB, DBP, COBP, H, T, S, V, Z, D, DP, SS
Materiales para solado																			• • • • •	Pisado camión	R, D	NC, HC, S/N, DCA, RT, ER, VI
Baldosas																			• • • • •	Todas	A, C, R, D	S/N, S, DA, IV, CP, H, AA, DCA, RT
Calzado																			• • • • • • • • • •	Todas	A, C, B, R, D, P, 0	CC, DA, EA, D, S/N, C, CP, CTAB, DBP, DN, H, T, RT, DCA, ER, VI
Recubrimientos industriales																			• • • • •	Entero coche, Y	D, 0	CC, NC, CT, S, V, Z, DP, GE, SS, EA, CTAB, DBP, COBP, H, T, D, VI
Alfombras para animales																			• • • • •	Mezcla coche/camión	A	pH, CP, H

Tabla B.2. Ejemplo de aplicaciones, tecnologías y propiedades de los productos (continuación).

Producto/Aplicación	Material													Tecnología	Propiedades físicas/químicas	
	W	X	S	C	G	P	B	R	D	Y	Z					
<b>Productos industriales/consumidor</b>																
Productos moldeados	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	A, B, R, D, P, 0	EA, NC, S/N, D, GE, SS, DCA, RT, ER, VI, CTAB, DBP, CDBP, H, T
Pigmentos										• Y					0	S, V, Z, DP, CC, EA, pH, C, CTAB, CDBP, DBP, H, T, CL, D
Tinta de imprenta										•	•	•	•	•	C, P, 0	CC, EA, CL, NC, CT, S, V, Z, D, DP, GE, SS, DBP, CTAB, H, T
Materiales para techos/Aejados	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	A, C, R, D	S/N, H, C, Z, V, pH, RT, ER
Cauchos buenas características técnicas										•	•	•	•	•	R, D, 0	CC, NC, S, V, Z, D, DP, GE, SS, CTAB, CDBP, DBP, T, EA, H, DCA, RT, ER, VI
Componentes bajo la banda de rodamiento										•	•	•	•	•	R, D	EA, CC, NC, H, C, DC, DP, GE, S/N, SS, DCA, RT, ER, VI
Componentes del revestimiento interior del neumático										•	•	•	•	•	R, D, 0	EA, CC, NC, H, C, DCA, RT, ER, VI, CTAB, DBP, CDBP, H, T, D, S
Componentes de las lonas del neumático										•	•	•	•	•	R, D	EA, CC, NC, H, C, S/N, DCA, RT, ER, VI
Alfombrillas para los vehículos	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	A, C, B, R, D	NC, S/N, S, Z, D, GE, DCA, RT, ER, VI
Partes del vehículo (extruidas o moldeadas)										•	•	•	•	•	C, R, D, P, 0	EA, NC, S/N, D, GE, SS, DCA, RT, ER, VI, CTAB, DBP, CDBP, H, T
Mantas antivibración	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	A, C, 0	S, V, Z, DC, CP, SS, CC, NC, EA, CTAB, DBP, CDBP, H, T, VC, GE

## Material

<i>Abreviatura</i>	<i>Definición</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Definición</i>
W	Neumático entero	F	Polvo fino de neumático
X	Neumático en trozos	B	Buffing
S	Neumático en tiras	R	Recuperado
C	Neumático en astillas	D	Desvulcanizado
G	Granulado de neumático	Y	Pirólítico
P	Polvo de neumático	Z	Productos de carbón

## Tecnología

<i>Abreviatura</i>	<i>Definición</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Definición</i>
M	Mecánica	D	Desvulcanización
A	Reducción a temperatura ambiente	B	Buffing
C	Reducción criogénica	P	Pirólisis
R	Recuperación	O	Otras tecnologías

## Propiedades físicas/químicas

<i>Abreviatura</i>	<i>Definición</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Definición</i>
EA	Extracción con acetona	DBP	Absorción DBP
CC	Contenido de ceniza	ER	Deformación de rotura
VC	Valor calorífico	DN	Dureza para negro de carbono
NC	Contenido de negro de carbono	DCA	Dureza para caucho
CT	Carbón total	CH	Conductividad hidráulica
CL	Cloro	AI	Absorción de yodo
S/N	Relación caucho natural y sintético	H	Humedad
pH	pH	TP	Tamaño de partícula
SE	Solventes extraíbles	P	Coefficiente de Poisson
S	Azufre	DP	Densidad de poro
CS	Caucho sintético	I	Impureza
V	Volátiles	ME	Módulo elástico
Z	Zinc	T	Tamizado
DA	Dimensión de agregados	GE	Gravedad específica
D	Densidad	SS	Superficie específica
IVC	Índice del volumen comprimido	N <sub>2</sub>	Área superficial por absorción de N <sub>2</sub>
CDBP	Absorción CDBP	RR	Resistencia a la rotura
C	Consistencia de color	RT	Resistencia a la tracción
DC	Densidad de compacto	CTE	Conductividad térmica
CP	Compresibilidad	VI	Viscosidad
CTAB	Área superficial CTAB	AA	Absorción de agua

**Tabla B.3. Principales empresas en el país que utilizan caucho y sus manufacturas como materia prima**

<b>EMPRESA</b>	<b>TELÉFONO</b>
AKRON Gomas de Venezuela	(0276)5165650/3565977
GOMELAST	(0212)4616370/4614552/4516483/4616949
GOODYEAR	(0241)8393169/(0258)7665755
Industrias INCAPECA GOMA	(0212)2385537/2349878
Industrias RIGA	(0212)2353365/2355332
Industrias RUBER PLAST	(0212)2343925/2358689
PIRELLI de Venezuela	(0245)5601211/5601388
Primo contacto PECA	(0212)2392580
Representaciones WIGOQUIM	(0212)2372790
SUELATEX	(0212)4710070

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	“DISEÑO PRELIMINAR DE UNA PLANTA RECUPERADORA, PARA USOS ALTERNOS, DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES DE NEUMATICOS USADOS”
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
SONIA MAIRENY BELTRE NINA	<b>CVLAC:</b> 18.299.770 <b>E MAIL:</b> sonia_1526@hotmail.com

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

Diseño preliminar

Materiales recuperados

Neumáticos

Granulación

Dimensionamiento de Equipos

Molienda

Vialidad Económica

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>ÀREA</b>	<b>SUBÀREA</b>
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	
	INGENIERÍA QUIMICA

**RESUMEN (ABSTRACT):**

En el presente proyecto se propone diseñar una planta recuperadora, para usos alternos, de los materiales constituyentes de los neumáticos usados en las instalaciones de Oxialquilados Venezolanos. Para ello, se procedió a recopilar datos sobre la cantidad de neumáticos susceptibles a ser reciclados, mediante un estudio del parque automotor venezolano, por el cual se determinó que se genera una cantidad de 24.167 toneladas de este residuo en la zona oriental del país. Luego se revisaron los requerimientos nacionales de caucho como materia prima para dimensionar de una manera adecuada la instalación; dicha planta se dimensionó para tratar desde un principio el 30% de la cantidad total de neumáticos que se desechan en la zona oriental, lo que corresponde a 3,8 ton/h o 7.296 ton/año de neumáticos aproximadamente, trabajando una jornada laboral de 5 días a la semana, un turno de 8 horas, 240 días/año. Los procesos básicos de la planta son la trituración, granulación y molienda, donde se obtiene el caucho en distintas granulometrías (entre 0,7 mm – 5 mm); adicionalmente se diseñó una campana de extracción de polvo para cintas transportadoras y un filtro de mangas para asegurar el correcto funcionamiento de la planta y evitar la contaminación debido a los polvos generados en el proceso. La campana se diseñó para aspirar un caudal de 10.525 pies<sup>3</sup>/min a una velocidad de captura de 238,07 pies/min y el filtro de mangas diseñado tiene un área total filtrante de 1.883,24 pie<sup>2</sup> y una velocidad de filtración de 4,68 pie/min. Finalmente mediante un análisis económico se pudo determinar la viabilidad del proyecto y el capital necesario a invertir, obteniéndose una tasa interna de retorno del 22,08% antes de impuesto y del 14,85% después de impuesto.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Ochoa, Osvaldo	CVLAC:	3.995.379			
	E_MAIL	Ochoa.osvaldo@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
Silva, Hector	CVLAC:	3.955.146			
	E_MAIL	hectorsu@yahoo.es			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Rodulfo, Arturo	CVLAC:	8.300.709			
	E_MAIL	rodulfo99@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

2011	07	21
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
TESIS. Diseño preliminar de una planta recuperadora de materiales.doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H I J K L M N O P  
Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .

**ALCANCE**

**ESPACIAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TEMPORAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero Químico

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pregrado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de Química

**INSTITUCIÓN:**

Universidad de Oriente/Núcleo de Anzoátegui

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS:**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado:

*“Los Trabajos de grado son propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario”*

Beltre, Sonia

**AUTOR**

Ochoa Osvaldo

**TUTOR**

Silva, Hector

**JURADO**

Rodulfo, Arturo

**JURADO**

Salas, Yraima

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**