

**SÍNTESIS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS TÉCNICO-FINANCIERO PARA LA  
PRODUCCIÓN DE SUELAS DE CALZADO A PARTIR DE MATERIAL  
SINTÉTICO DESECHADO DE LAS FÁBRICAS DE CALZADO**

**WALTER JESÚS RIVERA MORAD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2017**

**SÍNTESIS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS TÉCNICO-FINANCIERO PARA LA  
PRODUCCIÓN DE SUELAS DE CALZADO A PARTIR DE MATERIAL  
SINTÉTICO DESECHADO DE LAS FÁBRICAS DE CALZADO**

**WALTER JESÚS RIVERA MORAD**

Trabajo de grado como requisito para optar al título de ingeniero químico

**Directores:**

**Gustavo Ramírez Caballero**

**Ivonne Hincapié Zarate**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2017**

## DEDICATORIA

*En estos momentos no alcanzan las palabras para agradecer a todas aquellas personas que me acompañaron en este duro y largo proceso.*

*A mi padre Walter Manuel Rivera Pérez por ser aquella persona que me apoyó y me guió a lo largo de todo el proceso de formación tanto académicamente como persona, gracias a él, he logrado un sueño, un objetivo, una realidad que pocos alcanzan, gracias padre por todo tu apoyo incondicional.*

*A mi madre Juana María Morad Pérez y hermana Luisa Helena Rivera Morad por ser aquellas mujeres que siempre estuvieron apoyándome emocional y sentimentalmente para no desistir.*

*A todos mis familiares, amigos, colegas y compañeros que estuvieron en los momentos difíciles y fáciles en todo el proceso de formación. Solo el éxito acompañado con la perseverancia es logrado al lado de grandes amistades que te acompañan y guían por el camino*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la universidad industrial de Santander por el desarrollo integral que me brindo a lo largo de todo el proceso de formación.

A la escuela de ingeniería química y a todos sus profesores por el crecimiento y enseñanzas que me suministraron para llegar a cumplir este objetivo.

Al señor Carlos lotero por compartir incondicionalmente una pequeña parte de todo su conocimiento que me permitió llevar a cabo el desarrollo de este proyecto.

Al profesor Gustavo Ramírez caballero, director del grupo de investigación en polímero por blindarme su confianza y todos los equipos utilizados para el desarrollo del presente trabajo

A la profesora Ivonne Hincapié Zarate por su conocimiento empresarial, su tiempo dedicado a mi orientación e infundir en mi todo ese sentimiento de emprendimiento

A los miembros del grupo de investigación de polímeros y demás compañeros que me ayudaron al desarrollo del proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 14 |
| 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....   | 17 |
| 2.1 ENSAYOS MECÁNICOS Y TÉRMICOS APLICADOS PARA POLÍMEROS<br>.....                             | 17 |
| 2.2 PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS.....  | 17 |
| 2.2.1 Extrusión de plásticos.....  | 18 |
| 2.2.2 Proceso de inyección. ....   | 18 |
| 3. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....   | 19 |
| 3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL .....  | 19 |
| 3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....  | 19 |
| 3.3 EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS.....  | 22 |
| 3.4 NOMENCLATURA .....   | 23 |
| 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....  | 24 |
| 4.1. TIEMPO DE INYECCIÓN.....  | 24 |
| 4.2. ANÁLISIS DIFERENCIAL MECÁNICO. ....   | 24 |
| 4.2.1 Análisis de las pruebas de tensión .....   | 24 |
| 4.2.2. Análisis de las pruebas de compresión. ....   | 26 |
| 4.3. ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO.....   | 29 |
| 4.4. CONCLUSIONES DE LOS ANÁLISIS DMA Y TGA PARA EL<br>DESARROLLO DE LAS SUELAS DE ZAPATO..... | 30 |
| 5. ANÁLISIS TÉCNICO-FINANCIERO .....   | 31 |
| 5.1 ANÁLISIS DE MERCADO.....   | 31 |
| 5.2 ANÁLISIS TÉCNICO. ....   | 32 |
| 5.2.1. Capacidad diseñada:.....  | 32 |
| 5.2.2 Capacidad real: .....  | 33 |
| 5.2.3. Capacidad utilizada y/o proyectada:.....  | 33 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2.4. Diagrama del proceso. ....                          | 35 |
| 5.2.5. Etapas del proceso.....                             | 36 |
| 5.2.6. Caracterización de los equipos .....                | 38 |
| 5.3. ANÁLISIS FINANCIERO. ....                             | 39 |
| 5.3.1 Índices económicos aplicados al proyecto. ....       | 39 |
| 5.3.2 Maquinaria y equipos utilizados en el proyecto. .... | 40 |
| 5.3.3 Recursos humanos directos e indirectos.....          | 41 |
| 5.3.4 Materia prima directa e indirecta. ....              | 42 |
| 5.3.5. Gastos en servicios. ....                           | 43 |
| 5.3.6. Gastos en suministros. ....                         | 44 |
| 5.3.7. Depreciación e impuestos. ....                      | 44 |
| 5.3.8. Ingresos del proyecto. ....                         | 45 |
| 5.3.9. Factibilidad económica del proyecto. ....           | 45 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                    | 49 |
| 6.1 CONCLUSIONES.....                                      | 49 |
| 6.2 RECOMENDACIONES. ....                                  | 49 |
| BIBLIOGRAFÍA. ....   | 50 |
| ANEXOS .....   | 54 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Esquema de una extrusora .....  | 18 |
| <b>Figura 2.</b> Diagrama del procedimiento experimental .....   | 21 |
| <b>Figura 3.</b> Variación del módulo de tensión con respecto a la relación %p/p del material sintético en la mezcla. ....   | 26 |
| <b>Figura 4.</b> Variación de la deformación máxima con respecto al tiempo a las diferentes concentraciones relación %p/p del material sintético en la mezcla. ....  | 28 |
| <b>Figura 5.</b> Variación de la recuperación máxima con respecto al tiempo a las diferentes concentraciones relación %p/p del material sintético en la mezcla. .... | 28 |
| <b>Figura 6.</b> Termogramas obtenido del análisis termogravimétrico (TGA) del composite a diferentes concentración del material sintético.....                      | 30 |
| <b>Figura 7.</b> Diagrama PFD del proceso. ....  | 36 |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Diseño experimental de la materia prima utilizada en el proyecto. ....  | 19 |
| <b>Tabla 2.</b> Nomenclatura utilizada en el proyecto. ....   | 23 |
| <b>Tabla 3.</b> Variación del tiempo de inyección con respecto a la relación %p/p del material sintético en la mezcla. ....       | 24 |
| <b>Tabla 4.</b> Variación del módulo de tensión con respecto a la relación %p/p del material sintético en la mezcla. ....         | 25 |
| <b>Tabla 5.</b> Variación de la deformación máxima (%) y recuperación de la deformación (%) con respecto a la relación %p/p. .... | 27 |
| <b>Tabla 6.</b> Capacidad diseñada del proyecto. ....   | 32 |
| <b>Tabla 7.</b> Capacidad real del proyecto. ....   | 33 |
| <b>Tabla 8.</b> Proyección de la capacidad real utilizada. ....   | 35 |
| <b>Tabla 9.</b> Característica de las corrientes del diagrama de procesos PFD. ....   | 35 |
| <b>Tabla 10.</b> Caracterización de los equipos utilizados en el proyecto. ....   | 38 |
| <b>Tabla 11.</b> Índices económicos utilizados para proyección de variables como gastos, costos e ingresos. ....                  | 40 |
| <b>Tabla 12.</b> Costo de maquinaria y equipos utilizados en proyecto. ....   | 40 |
| <b>Tabla 13.</b> Recursos humanos directos necesarios para cada proceso. ....   | 41 |
| <b>Tabla 14.</b> Recursos humanos indirectos necesarios para el proyecto. ....  | 42 |
| <b>Tabla 15.</b> Costo de la materia prima directa necesitado para la síntesis del composite .....                                | 42 |
| <b>Tabla 16.</b> Costo de la materia prima indirecta. ....  | 43 |
| <b>Tabla 17.</b> Proyección de la materia prima directa necesitada en el proyecto. .  | 43 |
| <b>Tabla 18.</b> Gasto total en servicios necesarios para el desarrollo del proyecto. ....  | 44 |
| <b>Tabla 19.</b> Suministros utilizados en el proyecto. ....  | 44 |
| <b>Tabla 20.</b> Proyección anual de ingresos. ....   | 45 |
| <b>Tabla 21.</b> Flujo de caja. ....  | 46 |
| <b>Tabla 22.</b> Flujo de caja (continuación). ....   | 47 |
| <b>Tabla 23.</b> Valor presente neto (VPN) del proyecto. ....   | 48 |
| <b>Tabla 24.</b> Tasa interna de retorno del proyecto. ....   | 48 |

## LISTA DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| <b>ANEXO A.</b> Equipos y maquinarias utilizadas en el proyecto.....                           | 54 |
| <b>ANEXO B.</b> Proyección de la demanda y oferta de suelas en la ciudad de Bucaramanga.....   | 56 |
| <b>ANEXO C.</b> Proyección de los diferentes índices económicos utilizados en el proyecto..... | 57 |
| <b>ANEXO D.</b> Estructura salarial vigente en el año 2016.....                                | 58 |

## RESUMEN

**TÍTULO:** Síntesis, evaluación y análisis técnico-financiero para la producción de suelas de calzado a partir de material sintético desechado de las fábricas de calzado.<sup>1</sup>

**AUTOR:** Walter Jesús Rivera Morad.<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** síntesis, polímeros, cuero sintético, policloruro de vinilo (PVC), composite, análisis diferencial mecánico (DMA), análisis termogravimétrico (TGA), análisis técnico-financiero.

### DESCRIPCIÓN:

El cuero sintético o material sintético utilizado en la manufactura del calzado es un producto derivado del petróleo que por lo general no es utilizado al 100% en la fabricación del zapato, produciendo desechos o residuos que generan contaminación ambiental. Por lo tanto el objetivo de la presente investigación es producir un material compuesto a partir del cuero sintético desechado y policloruro de vinilo por medio de un proceso de inyección de moldeo con el fin de producir suelas para zapatos.

Se sintetizaron diferentes relaciones %p/p del material sintético con policloruro de vinilo con el fin de aplicar análisis diferencial mecánico (DMA) y análisis termogravimétrico (TGA) para obtener propiedades mecánicas y térmicas en función de la concentración del cuero sintético en el material compuesto.

Los resultados demostraron que la relación %p/p que mostraron mejores propiedades mecánicas fue la relación MS-60/40-PVC, es decir, una concentración del 60% de cuero sintético y 40% de PVC en el composite sintetizado, por lo tanto, con base a esta relación se diseñó un proceso industrial aplicando conocimientos ingenieriles para producir suelas de zapatos con este nuevo composite, al final se realizó un estudio técnico financiero que demostró que el proyecto si es factible financieramente.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado

<sup>2</sup> Facultad de ingenierías fisicoquímicas. Escuela de ingeniería química, Director PhD Gustavo Emilio Ramírez Caballero. Codirector Ivonne Paola Hincapié Zarate

## ABSTRACT

**TITLE:** Synthesis, evaluation and technical-financial analysis for the production of shoe soles from synthetic leather discarded from footwear factories.<sup>1</sup>

**AUTHOR:** Walter Jesús Rivera Morad. <sup>2</sup>

**KEY WORDS:** Synthesis, polymers, synthetic leather, polyvinyl chloride (PVC), composite, mechanical differential analysis (DMA), thermogravimetric analysis (TGA), technical-financial analysis.

### DESCRIPTION:

Synthetic leather or synthetic material used in the manufacture of footwear is a product derived from petroleum, which is generally not used 100% in the manufacture of the shoe, producing waste or residues that cause environmental contamination. Therefore the aim of the present investigation is to produce a composite material from discarded synthetic leather and polyvinyl chloride by means of a mold injection process in order to produce shoe soles.

Different % w / w ratios of the synthetic material were synthesized with polyvinyl chloride in order to apply mechanical differential analysis (DMA) and thermogravimetric analysis (TGA) to obtain mechanical and thermal properties as a function of the concentration of the synthetic leather in the composite material.

The results showed that the % w/w ratio which showed better mechanical properties was the MS-60/40-PVC ratio, that is a concentration of 60% synthetic leather and 40% PVC in the synthesized composite, therefore, Based on this relationship was designed an industrial process applying engineering skills to produce shoe soles with this new composite, in the end a technical and financial study was carried out which showed that the project if it is feasible financially.

---

<sup>1</sup> Degree thesis

<sup>2</sup> Phisyc-chemist Faculty. Chemical Engineering School. Director PhD Gustavo Emilio Ramírez Caballero. Codirector Ivonne Paola Hincapié Zarate

## 1. INTRODUCCIÓN

Los materiales sintéticos utilizados en la industria del calzado, son por lo general fibras textiles poliméricas elaboradas usualmente de un recubrimiento de PVC o poliuretano que tienen un soporte de nylon o poliéster; estas fibras poliméricas son vendidas comercialmente en rollos que vienen por 1,20 metro de ancho y 50 metros de largo no son utilizadas en un 100 % en la fabricación del zapato, por ejemplo; la empresa de calzado **LUISA SPORT** que se encuentra en la ciudad de Sincelejo-Colombia, sólo para la temporada del zapato colegial produce por promedio de 20 a 25 kilogramos de residuos por cada rollo de cuero sintético de 50 metros de largo. Estos subproductos son desechados a vertederos o zonas rurales generando contaminación ambiental.

La industria del calzado es uno de los sectores que muestran mayores cambios en la última década, mundialmente se están produciendo 24 mil millones de pares anuales, con un promedio de 2 pares por persona y esta cifra va en crecimiento; entre los países con mayor producción se registran; china que produce 9.500 millones de pares/año e india con 700 millones de pares/año<sup>3</sup>, por otra parte, Colombia en el 2012 registro una demanda interna de 49 millones de pares y en el 2014 registró ventas de más de 110 millones de pares de calzado anuales, por consiguiente, el cuero sintético o material sintético utilizado en la manufactura del calzado es un insumo altamente demandado dadas a su características de facilidad de montaje en el zapato que ha llegado a tal grado que están reemplazando a pieles como el cuero, capelladas, contrafuertes, entre otras, por lo tanto, las propiedades no biodegradables de este producto están generando una fuerte problemática de contaminación ambiental en el planeta tierra; por esta razón, en la presente investigación, se plantea como objetivo principal producir suelas de calzado por medio de un proceso de inyección de moldeo a partir de la mezcla de cuero sintético desechado de las fábricas de calzado y policloruro de vinilo (PVC) reciclado, así elaborando un material

---

<sup>3</sup> IMEBU (instituto municipal de empleo y fomento empresarial). "Industria del calzado y su visualización internacional". [En línea]. Bucaramanga. [Citado el 21 de agosto del 2016]. Disponible en internet: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4929/1090397204-2014.pdf?sequence=1>

compuesto polimérico que sea capaz de disminuir la llegada de estos subproductos a vertederos y zonas rurales

Los materiales compuestos poliméricos o composites han tomado una amplia importancia en las últimas décadas, ya que generalmente se utilizan materias primas que no tienen ningún valor agregado, disminuyendo el costo de producción del producto, además, se ha demostrado en algunos casos que las propiedades mecánicas del material compuesto es más alta que sus componentes individuales, así lo demuestra por ejemplo: M. Ramesh y K. Palanikumar,<sup>4</sup> que evaluaron las propiedades mecánicas de un composite a partir de fibras de yute reforzado con fibras de vidrio, ellos demostraron que el material es mucho más tenaz y menos quebradizo que su materia prima, a diferencia del trabajo realizado por Basim Abu-Jdayil y Abdel-Hamid I. Mourad<sup>5</sup> en el cual analizaron un material compuesto de poliéster insaturado y residuos de caucho revelando que al mezclar las partículas de caucho con la matriz de poliéster disminuyó la resistencia a la compresión y tensión debido a la dificultad de dispersión de las partículas en la matriz polimérica.

El objetivo general de este trabajo es sintetizar, evaluar y realizar un análisis técnico-financiero de un composite, que este conformado a partir del material sintético desechado de las fabricas manufactureras de calzados y policloruro de vinilo reciclado con el fin de obtener suelas de zapatos, por consiguiente, para cumplir con el objetivo general se ha planteado los siguientes objetivos específicos:

- Sintetizar un composite mezclando cuero sintético desechado de las fábricas y PVC reciclado y posteriormente peletizado en un proceso de moldeo por inyección variando las concentraciones iniciales del material sintético y PVC en la mezcla.

---

<sup>4</sup> M. Ramesh and K. Palanikumar. Mechanical property evaluation of sisal-jute-glass fiber reinforced polyester composite. En: composite part B. [en línea]. 20 de diciembre del 2012. [consultado el 18 de noviembre del 2016]. Disponible en: [www.elsevier.com/locate/compositeb](http://www.elsevier.com/locate/compositeb).

<sup>5</sup> Abu-Jdayil and Abdel-Hamid I. Mourad. Investigation on the mechanical behavior of polyester-scrap tire composites. En: construction and building materials. [en línea]. 15 de octubre del 2016. [consultado el 18 de noviembre del 2016]. Disponible en: [www.elsevier.com/locate/conbuildmat](http://www.elsevier.com/locate/conbuildmat).

- Evaluar y caracterizar las diferentes mezclas de composites obtenidas del proceso de inyección con pruebas que midan las propiedades mecánicas (DMA) y térmicas (TGA y DSC)
- Realizar un estudio de mercado a partir de fuentes primarias y secundarias respecto al comportamiento del material sintético en el mercado de Bucaramanga
- Elaborar un estudio técnico y una evaluación financiera proyectada a 5 años que permita determinar los principales indicadores, inversiones y criterios de viabilidad económica para poder llevar el proceso a un nivel industrial.

Para el desarrollo del proyecto Inicialmente se recogió el material sintético de los desperdicios de la fábrica de calzado ubicada en el sector de San Francisco en la ciudad de Bucaramanga-Colombia, se obtuvieron en total 17,6 kg de desperdicio en el cual sólo se utilizaron 10 kg para el diseño experimental. Estos materiales fueron trasladados a la empresa **INCOPLASTICO** localizada en la ciudad de Bogotá para realizar el respectivo proceso de trituración, ya que en el proceso de inyección estos materiales deben estar en pequeño fragmentos; una vez terminado el proceso de trituración es distribuido en 4 fracciones para posteriormente mezclar con las diferentes cantidades del policloruro de vinilo (PVC) peletizado planteadas en el diseño experimental (*ver metodología y procedimiento*), cada una de las mezclas se agregó a una máquina de inyección para obtener así las respectivas suelas de calzado, hay que especificar que se realizó tres replicas a cada mezcla en el proceso de inyección para así obtener mayor veracidad en los datos.

Obtenidas las respectivas suelas se realizó pruebas de tensión y compresión aplicando análisis diferencial mecánico (DMA) con el fin de observar el comportamiento de las propiedades mecánicas del nuevo composite obtenido, además, se ejecutó un análisis termogravimétrico (TGA) con el objetivo de conocer la temperatura de descomposición del material compuesto; los equipos utilizados fueron suministrados por el laboratorio del grupo de investigación de polímeros en la sede de Guatiguarà. Todos los valores y análisis de los resultados se especifican en el capítulo “Análisis de resultados”.

## **2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.1 ENSAYOS MECÁNICOS Y TÉRMICOS APLICADOS PARA POLÍMEROS**

Para obtener las propiedades de los polímeros se utilizan ensayos fiables que permiten tener conocimiento de sus propiedades físico-mecánicas y térmicas del material, por lo tanto para evitar el mal uso de los polímeros en algunas aplicaciones se deben aplicar ensayos, diseños y control de calidad. Los ensayos permiten conocer propiedades del material como eléctricas y mecánicas, también determinaciones sencillas como el punto de fusión y de transición vítrea. Un ensayo térmico disponible es la calorimetría diferencial de barrido (DSC, Differential Scanning Calorimetry), el cual es un tipo de ensayo que permite determinar calores específicos, puntos de ebullición, fusión, transición vítrea entre otros, en general, el DSC mide el flujo de calor diferencial requerido para mantener a la misma temperatura una muestra del material y una muestra inerte, la prueba se realiza en un intervalo de temperatura a una velocidad determinada. La termogravimetría (TGA), otro análisis térmico, es un método dinámico en el que se determina la evolución (variación) de la masa de una muestra en función de la temperatura (a velocidad de calentamiento o enfriamiento constante) en una atmósfera controlada. El análisis mecánico dinámico conocido por sus siglas en inglés como DMA es un análisis utilizado en estudios de procesos de relajación, respuestas ante impulsos, estrés, deformación en tiempo y frecuencia, además, es posible realizar las mediciones en todos los modos de deformación estándar (flexión, tensión, cizalladura y compresión), incluso en líquidos o a unos niveles de humedad relativamente definidos.

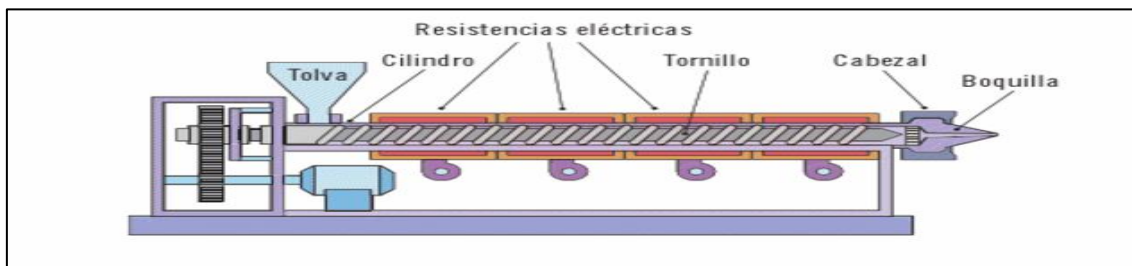
### **2.2 PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS**

Consiste en las diferentes formas al que el plástico es sometido o transformado para poderle darle algún tipo de forma. Los métodos empleados para la transformación de plástico como lo son: la extrusión, la inyección, compresión, moldeo rotacional, soplado y termo-conformado son los más comunes, sin embargo, en este libro sólo se especificarán el procesamiento de extrusión e

inyección ya que son los utilizados para el desarrollo de la presente investigación.

**2.2.1 Extrusión de plásticos.** El proceso de extrusión para plásticos consiste en la fundición del material plástico por medio de un tornillo sin fin conocido como husillo, este es transportado a lo largo de un cilindro en el cual están conectadas unas resistencias eléctricas que derriten el material hasta llevarlo a su punto de fusión, a la vez es obligado a pasar por un extrusor o boquilla para darle la forma de un espagueti o la forma como está la boquilla. Este tipo de transformado es muy utilizado para polímeros termoplásticos y en pocas ocasiones en termoestables.

Figura 1. Esquema de una extrusora



Fuente: CAMUÑA, Jesús. Acondicionado de materiales termoplásticos para su transformación: operaciones de transformación de polímeros termoplásticos (MF0329\_2)

**2.2.2 Proceso de inyección.** El proceso de inyección es muy parecido al de extrusión con la única diferencia que el material plástico fundido es inyectado a un molde para darle la forma deseada. En las máquinas convencionales como se muestra en la figura 1, el material plástico en forma de granos entra al cilindro de calefacción a través de una tolva de alimento. El material se calienta por acción de las resistencias eléctricas y es inyectado en un molde en el cual da la forma deseada al plástico derretido. El tiempo en que demora el tornillo girando en el cilindro es llamado **tiempo de inyección o extrusión**, ya con el material dentro del molde este comienza a plastificar, el tiempo suficiente para que el plástico solidifique en el molde es llamado **tiempo de enfriamiento**.

### 3. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En esta sección se describe de manera detallada la forma como se realizó el procedimiento experimental. Comprende el diseño experimental, el procedimiento y la replicación de la experimentación).

#### 3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Uno de los objetivos específicos de la presente investigación es estudiar el efecto de la concentración del material sintético desechado de las fábricas de calzado en las propiedades mecánicas y térmicas de las suelas obtenidas. El diseño experimental consistió en variar cuatro niveles de relación %p/p del material sintético (variable independiente) (20, 40, 60 y 80 %p/p) mezcladas con PVC peletizado, cada mezcla pesaba en total 5 kilogramos como se puede observar en la tabla #1; las variables de respuesta son propiedades mecánicas (tensión y compresión) del composite las cuales fueron obtenidas por medio del análisis diferencial mecánico (DMA), propiedades térmicas (temperatura de descomposición) que se obtuvo por medio del análisis termogravimétrico (TGA) y el tiempo de inyección o extrusión obtenidas en el proceso de inyección.

Tabla 1. Diseño experimental de la materia prima utilizada en el proyecto.

| RELACION en %P/P   |                | RELACION en kilogramos |                | TOTAL (kg) |
|--------------------|----------------|------------------------|----------------|------------|
| material sintético | PVC peletizado | material sintético     | PVC peletizado |            |
| 20                 | 80             | 1                      | 4              | 5          |
| 40                 | 60             | 2                      | 3              | 5          |
| 60                 | 40             | 3                      | 2              | 5          |
| 80                 | 20             | 4                      | 1              | 5          |

#### 3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para llevar a cabo la investigación de manera satisfactoria, inicialmente se alisto la materia prima para la fabricación de suelas, pesando cada uno de los componentes (material sintético triturado y PVC reciclado peletizado). Para el acondicionamiento de la materia prima inicialmente se pesó el material sintético

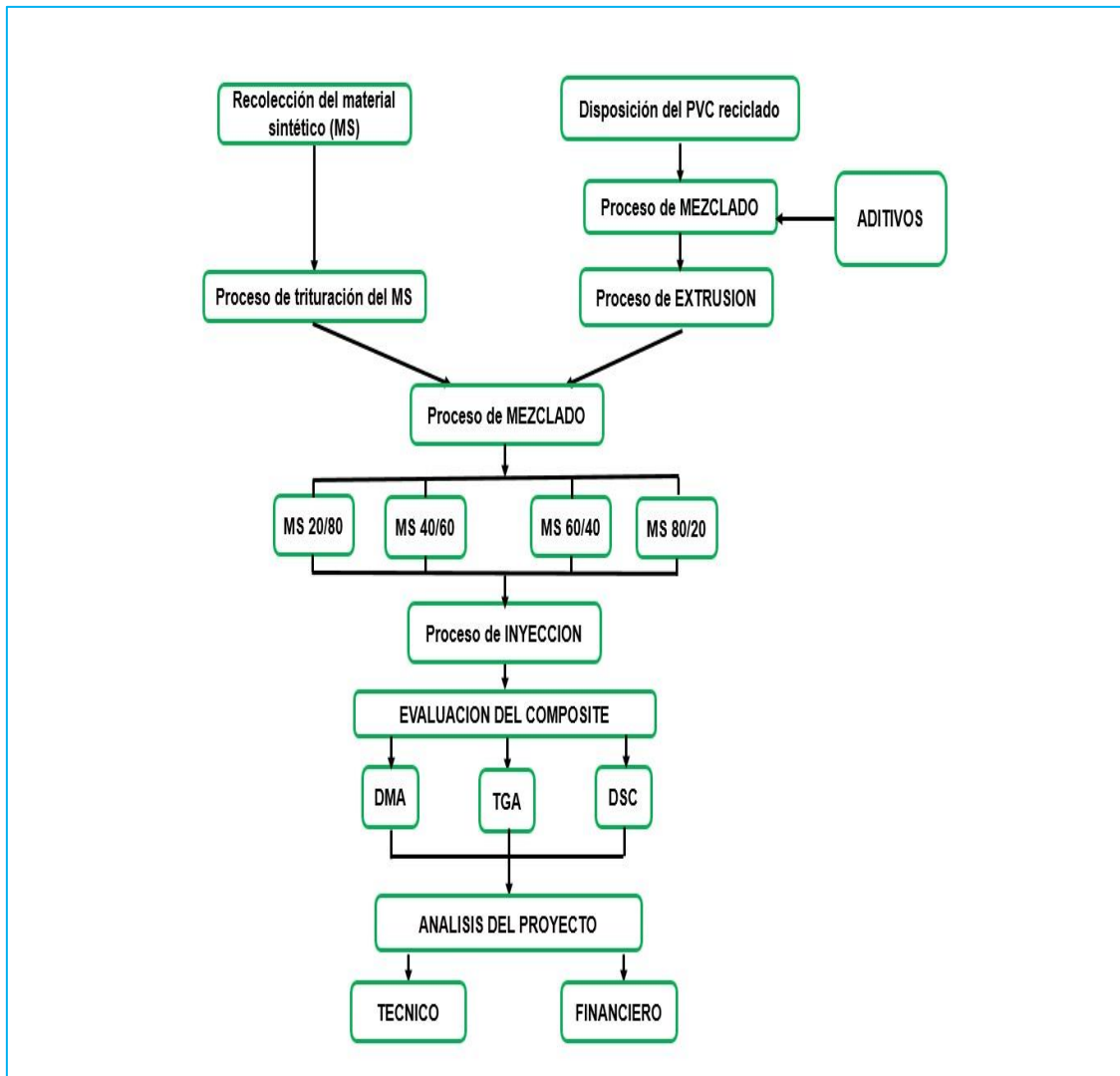
recogido de las fábricas de calzado, el PVC reciclado se pasó por un proceso de mezclado donde se agregó sus respectivos aditivos, para luego pasar por la extrusora donde se obtuvo ya el PVC peletizado utilizado en el proyecto, hay que especificar que el material sintético no se le pudo realizar este procedimiento ya que la extrusora que se encuentra en la empresa no maneja este tipo de materiales, no obstante, para llevar el proceso a nivel industrial se tiene que aplicar el proceso de extrusión a este material sintético. Ya pesado el material sintético se pasó por un triturador de cuchillas (ver ANEXO A), que se encuentra en la empresa, después de obtener el material sintético ya triturado se introdujo en un saco de polipropileno y se pesaron los 10 kilogramos utilizados en el diseño experimental; triturado el material sintético se dividió en 4 sacos de polipropileno agregándole a cada uno PVC peletizado para que cumpliera con las condiciones planteadas en el diseño experimental, por consiguiente, en el primer empaque se agregó 1 kg de material sintético y 4 kg de PVC, el segundo saco tenía 2 kg de material sintético y 3 kg de PVC, en el tercero se le adicionó 3 kg de material sintético y 2 kg de PVC y el cuarto empaque tenía 4 kg de material sintético y 1 kg de PVC, ya separados de esta forma se agregaron durante 5 minutos en un mezclador para que el composite tuviese una combinación homogénea. Separadas y mezcladas las diferentes proporciones, se llevaron a una inyectora monocolor para ser transportadas a lo largo del cilindro de la máquina que es calentado por la acción de las resistencias eléctricas alcanzando las siguientes temperaturas:

- Zona de alimentación: 175°C
- Zona de compresión: 178°C
- Zona de dosificación: 174 ° C

Debido al comportamiento pseudoplastico del PVC y el material sintético, al final del cilindro la mezcla está completamente fundida la cual es inyectada en un molde de acero que se encuentra unido con el cabezal de la inyectora. En este proceso se tuvo mucho cuidado para que no se combinaran las diferentes concentraciones planteadas en el diseño experimental , para ello se esperaba más de dos minutos para que el cilindro se vaciara y así poder verter la otra mezcla con una composición totalmente diferente a la anterior; el orden en el que se vertieron las mezclas en la tolva de la inyectora fue en orden creciente con

respecto a la concentración del material sintético, es decir, primero se vertió la mezcla que contenía el 20% p/p del material sintético, de segundo la que tenía 40%p/p, de tercero la de 60% p/p y por último la de 80% p/p, el diagrama del procedimiento experimental es el que se encuentra en la figura 2.

Figura 2. Diagrama del procedimiento experimental



Ya obtenidas las diferentes suelas con su respectiva relación %p/p de material sintético y policloruro de vinilo, se le aplicaron a cada una análisis diferencial mecánico (DMA) y análisis termogravimétrico con el fin de obtener propiedades de tensión, compresión y condiciones de temperatura óptimas. Este último, brinda información importante ya que suministra el rango de temperatura de descomposición del composite sintetizado, por lo tanto, en el proceso de

inyección este rango es esencial ya que permite saber la temperatura máxima al que se puede llevar el composite en el cilindro del inyector. Los análisis aplicados cumplen la función de suministrar información del comportamiento de las propiedades mecánicas y térmicas (variables de respuesta) en función de la variación del cuero sintético presente en el composite, de esta forma, encontrar la mejor relación posible del cuero sintético y PVC para la formulación del material compuesto. Obtenidos los resultados de los análisis aplicados se escoge la relación %p/p que brinden las mejores propiedades para poder llevar a cabo el análisis técnico financiero con el objetivo de diseñar el proceso a nivel industrial y ver si es factible económicamente.

### 3. 3 EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS.

A cada par de suelas obtenidas del proceso de inyección se les realizó análisis de DMA y TGA con los siguientes ensayos:

- **Resistencia a la tensión:** medida con un analizador mecánico diferencial (DMA) serie Q 800 de la marca TA instruments según la norma ASTM D3039/D3039M-14. La velocidad de prueba fue de 5%/min a una temperatura de 50°C.
- **Resistencia a la compresión:** medida con un analizador mecánico diferencial (DMA) serie Q 800 de la marca TA instruments según la norma ASTM D3039/D3039M-14. La velocidad de prueba fue de 2 N/min designando una isoterma de 50°C durante 5 minutos; después aplicando un esfuerzo de compresión de 0,0390 MPA durante 20 minutos y un tiempo de recuperación de deformación durante otros 20 minutos.
- **Análisis termogravimétrico (TGA):** se realizó en una balanza termogravimétrica serie DISCOVERY de la marca TA instruments. La velocidad de ensayo fue de 10 °C/min en un rango de temperatura de 25°C hasta 400°C.

Las replicaciones se realizaron con el fin de garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto. La presente investigación se desarrolló con tres replicas diferentes de cada composición del

material sintético en el composite que se muestran como M1, M2 y M3 en las tablas de resultados.

### 3.4 NOMENCLATURA

Tabla 2. Nomenclatura utilizada en el proyecto.

| <b>Nomenclatura</b> | <b>Descripción</b>   |
|---------------------|--|
| <b>MS</b>           | Cuero sintético desechado de las fábricas de calzado   |
| <b>PVC</b>          | Policloruro de vinilo peletizado   |
| <b>Muestra- REF</b> | Describe a un PVC comercial que es empleado en la fabricación de suelas para calzado         |
| <b>MS-20/80-PVC</b> | Especifica el material compuesto cuya proporción es 20% de cuero sintético y 80 % p/p de PVC |
| <b>MS-40/60-PVC</b> | Material compuesto cuya proporción es 40% de cuero sintético y 60 % p/p de PVC               |
| <b>MS-60/40-PVC</b> | Describe al composite cuya proporción es 60% de cuero sintético y 40 % p/p de PVC            |
| <b>MS-80/20-PVC</b> | Composite cuya proporción es 80% de cuero sintético y 20 % p/p de PVC                        |

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se presenta los resultados y el análisis de las diferentes concentraciones de los materiales compuestos obtenidos, se analiza desde los resultados obtenidos en el proceso de inyección hasta la caracterización de la temperatura de descomposición, ensayos de tensión y compresión.

### 4.1. TIEMPO DE INYECCIÓN.

El tiempo de inyección es una variable de respuesta de la variación de la concentración del material sintético en la mezcla, como se puede observar en la tabla 3, al incrementar la concentración del material sintético en la muestra provoca un aumento en el tiempo de inyección en la inyectora, esto es debido a que el material sintético es muy liviano para bajar por si solo desde la tolva hasta el husillo, por consiguiente, el tornillo sin fin debe que demorar más tiempo para poder llevar la mezcla a lo largo del cilindro e inyectarlo en el molde encontrado al final de la boquilla, por ende, aumenta el tiempo de inyección del proceso.

Tabla 3. Variación del tiempo de inyección con respecto a la relación %p/p del material sintético en la mezcla.

| Relación %p/p de las muestras | tiempo de inyección (segundos) |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Muestra- REF                  | 10                             |
| MS-20/80-PVC                  | 11                             |
| MS-40/60-PVC                  | 20                             |
| MS-60/40-PVC                  | 30                             |
| MS-80/20-PVC                  | 30-40                          |

### 4.2. ANÁLISIS DIFERENCIAL MECÁNICO.

El objetivo principal del análisis diferencial mecánico fue obtener propiedades mecánicas de tensión y compresión como variables de respuestas a las diferentes concentraciones del material sintético presente en el composite.

#### 4.2.1 Análisis de las pruebas de tensión

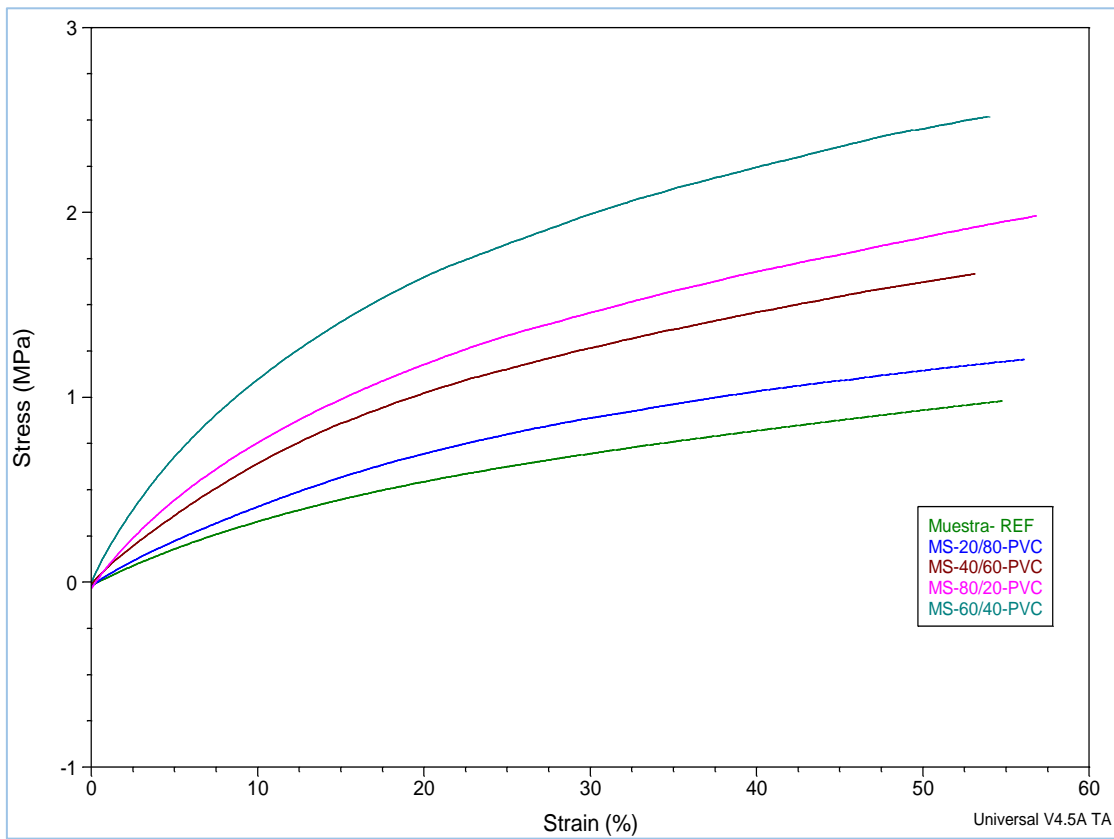
Como se presenta en la tabla 4 y en la figura 3 el módulo de tensión (variable de respuesta) obtenido por el análisis diferencial mecánico, aumenta a medida

que incrementa la concentración del material sintético en la mezcla polimérica, sin embargo al llegar a la relación MS-80/20-PVC se ve notablemente un disminución en el esfuerzo de tensión y de su módulo respectivamente, por lo tanto se puede plantear que la mejor relación de material sintético y PVC peletizado es de 60/40 %p/p ya que proporciona los mejores resultados mecánico; este comportamiento del módulo de tensión es debido a las excelentes propiedades mecánicas de tensión que presenta las fibras de poliéster presente en el cuero sintético, sin embargo a haber más cantidad de fibras textiles y menos PVC peletizado en el composite existe poca disminución sin histéresis de la viscosidad aparente debido a la menor proporción del PVC, además aumenta el gradiente de la velocidad de cizalla que se presenta en el tornillo sin fin de la inyectora generando una menor compactación de las muestras presente en el molde de inyección.

Tabla 4. Variación del módulo de tensión con respecto a la relación %p/p del material sintético en la mezcla.

| ANÁLISIS DMA                  | MÓDULO DE TENSIÓN |        |        |               |
|-------------------------------|-------------------|--------|--------|---------------|
| Relación %p/p de las muestras | M1                | M2     | M 3    | PROM          |
| <b>MS-20/80-PVC</b>           | 4.200             | 3.607  | 8.409  | <b>5.405</b>  |
| <b>MS-40/60-PVC</b>           | 4.214             | 6.619  | 6.335  | <b>5.723</b>  |
| <b>MS-60/40-PVC</b>           | 13.724            | 12.477 | 10.942 | <b>12.381</b> |
| <b>MS-80/20-PVC</b>           | 8.142             | 8.9276 | 13.696 | <b>10.255</b> |
| <b>Muestra- REF</b>           | <b>3.466</b>      |        |        |               |

Figura 3. Variación del módulo de tensión con respecto a la relación %p/p del material sintético en la mezcla.



#### 4.2.2. Análisis de las pruebas de compresión.

Como se mencionó en la metodología experimental a cada muestra, se le aplicó un esfuerzo de compresión de 0,0390 MPA durante 20 minutos y un tiempo de recuperación de deformación durante otros 20 minutos obteniendo curvas de deformación en función del tiempo, por lo tanto, como se presenta en la figura 4 y figura 5, la deformación máxima y la máxima recuperación de deformación que se produjo en cada muestra del material compuesto aumentan y disminuyen respectivamente a medida que incrementa la concentración del material sintético en la mezcla polimérica, es decir, que al aumentar la concentración del material sintético tiende a haber una mayor deformación y una menor recuperación de esa deformación a una carga constante de compresión durante el tiempo, no obstante, existe un posible error en las muestras de relación MS-20/80-PVC y MS-40/60-PVC ya que esta tendencia de crecimiento no cumple para estas

relaciones %p/p, esto es debido a que posiblemente no hubo una buena dispersión de los fragmentos del material sintético en el proceso de mezclado para estas relaciones másicas. Al analizar las propiedades de compresión el enfoque varía sustancialmente comparado con las pruebas de tensión analizadas anteriormente, esto es debido a que las fibras en general poseen alta resistencia a la tensión pero exhiben una baja resistencia a la compresión ya que sus propiedades son buenas solo cuando la deformación es aplicada a lo largo de la dirección de la fibras, por tanto, en el nuevo material sintetizado (material sintético con policloruro de vinilo) se ve reflejada la pobre propiedad de compresión del poliéster en la mezcla, en la siguiente tabla se observa las diferentes deformaciones y recuperación máxima (variable de respuesta) a las diferentes relaciones %p/p propuestas en el diseño experimental.

Tabla 5. Variación de la deformación máxima (%) y recuperación de la deformación (%) con respecto a la relación %p/p.

| Análisis DMA                         | Deformación máxima (%) |       |       |              | Máxima recuperación de la deformación (%) |       |       |              |
|--------------------------------------|------------------------|-------|-------|--------------|---|-------|-------|--------------|
|                                      | M1                     | M2    | M 3   | PROM         | M1  | M2    | M 3   | PROM         |
| <b>Relación %p/p de las muestras</b> |                        |       |       |              |   |       |       |              |
| <b>MS-20/80-PVC</b>                  | 17.20                  | 14.28 | 18.88 | <b>16.79</b> | 72.09                                     | 78.07 | 77.76 | <b>75.97</b> |
| <b>MS-40/60-PVC</b>                  | 11.92                  | 11.02 | 13.61 | <b>12.18</b> | 66.14                                     | 67.93 | 76.75 | <b>70.27</b> |
| <b>MS-60/40-PVC</b>                  | 17.29                  | 12.12 | 16.00 | <b>15.14</b> | 72.44                                     | 72.53 | 62.97 | <b>69.31</b> |
| <b>MS-80/20-PVC</b>                  | 21.64                  | 13.02 | 13.14 | <b>15.93</b> | 69.96                                     | 73.29 | 64.35 | <b>69.20</b> |
| <b>Muestra- REF</b>                  | <b>8.93</b>            |       |       |              | <b>77.44</b>                              |       |       |              |

Figura 4. Variación de la deformación máxima con respecto al tiempo a las diferentes concentraciones relación %p/p del material sintético en la mezcla.

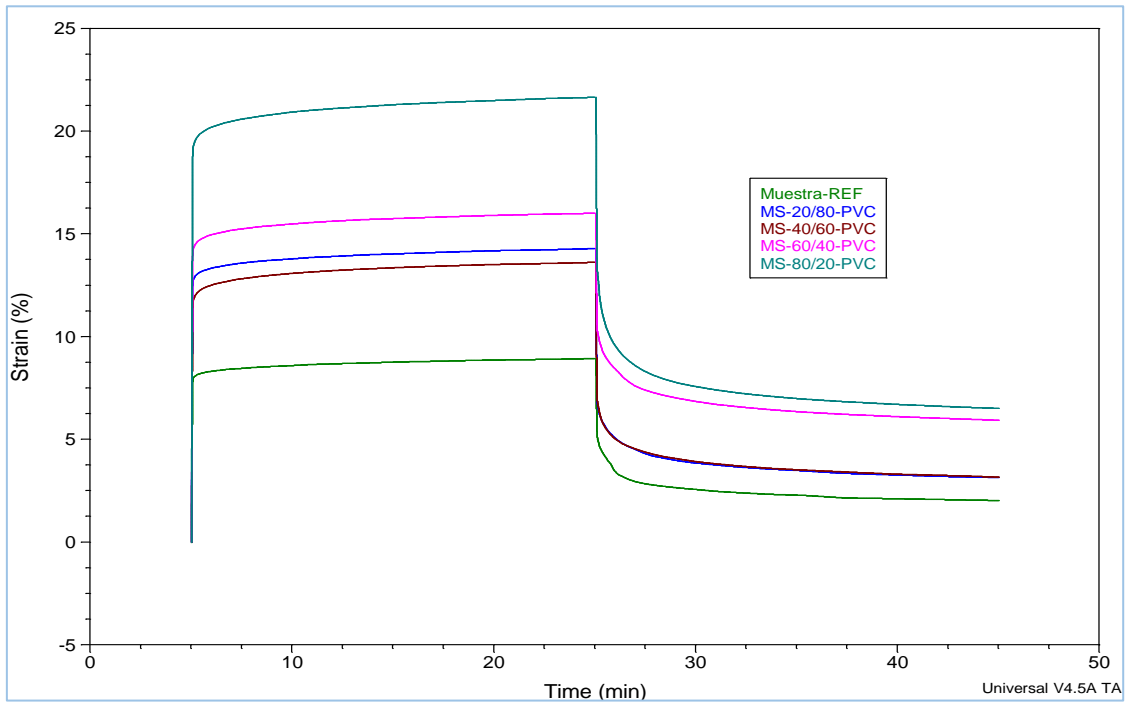
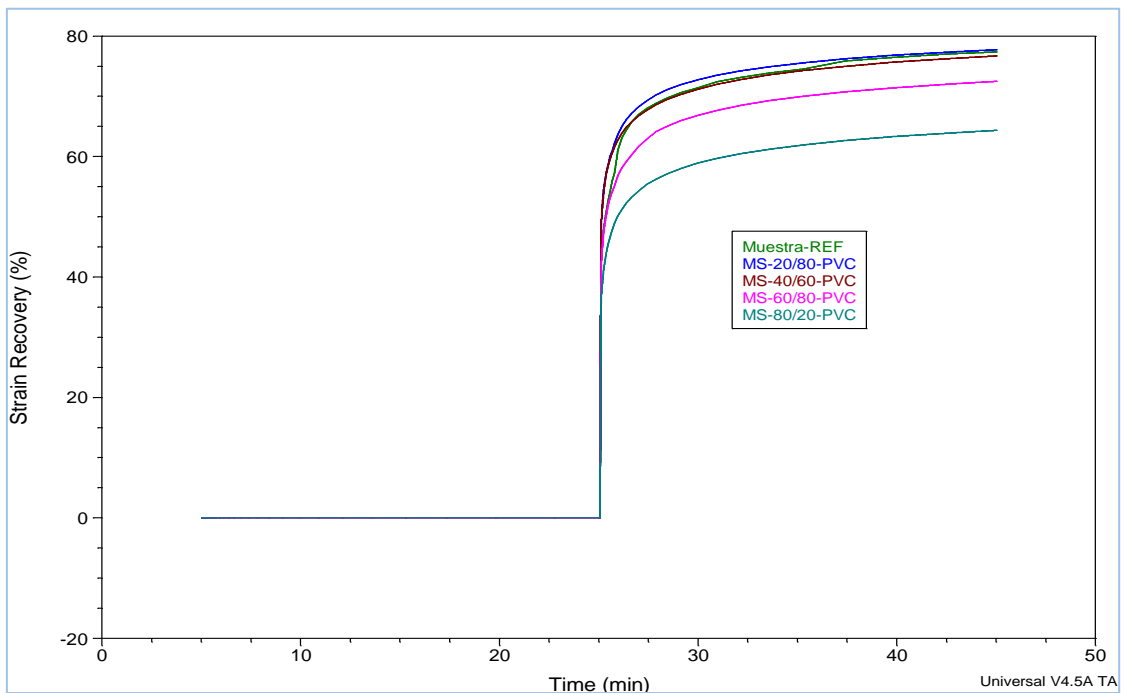


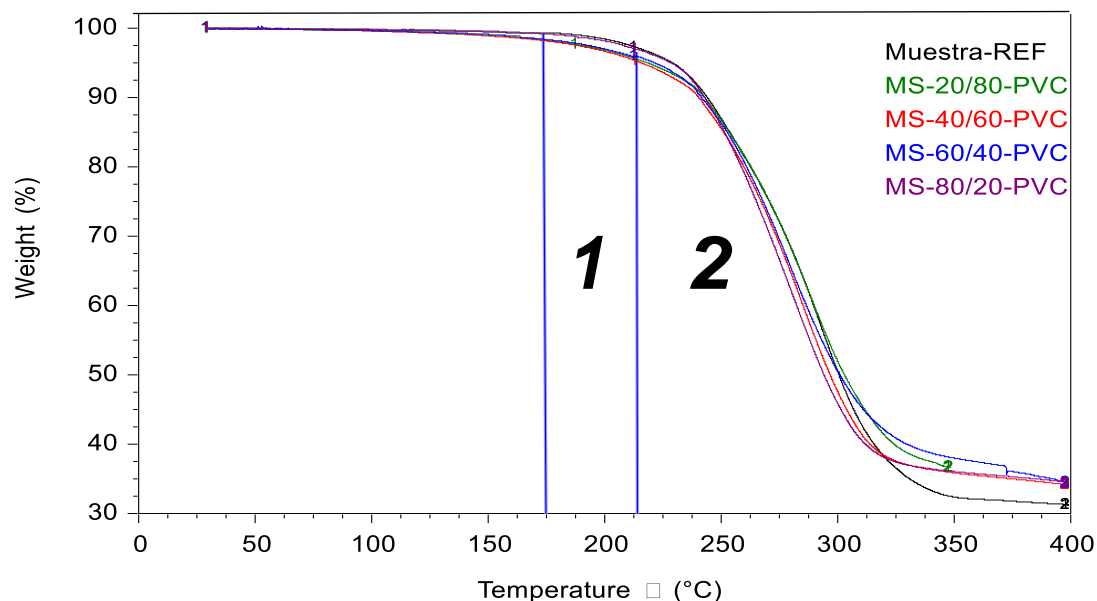
Figura 5. Variación de la recuperación máxima con respecto al tiempo a las diferentes concentraciones relación %p/p del material sintético en la mezcla.



### **4.3. ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO.**

El principal objetivo del análisis termogravimétrico es encontrar la temperatura de descomposición de este nuevo composite, con el fin de obtener la máxima temperatura de trabajo para el proceso de inyección, ya que si se llega a tener temperaturas de descomposición en el cilindro de la inyectora, este material comienza a degradarse y descomponerse generando contaminación y menor eficiencia en el producto terminado, además, produciendo pérdidas a nivel energético y económico a lo largo de todo el proceso de inyección. La figura 6 son termogramas obtenidos del análisis termogravimétrico, en el cual se determina la variación de la masa de las diferentes relaciones %p/p planteada en el diseño experimental, en una atmósfera controlada con nitrógeno, a una velocidad de calentamiento constante de 10°C/min en un rango de temperatura de 25 hasta 400°C, por tanto, se pueden diferenciar dos sectores en los termogramas; el primero, es el que comprende una temperatura desde 170°C hasta 210°C, que corresponde la pérdida de sustancias volátiles que se encuentran en el material compuesto, estas posibles sustancias volátiles son ácido clorhídrico e hidrocarburos clorados; la segunda zona es la de 210°C hacia adelante, corresponde a la temperatura de descomposición del material compuesto que es proporcionada por las propiedades térmicas del policloruro de vinilo que según la bibliografía se encuentra en un rango de 190 a 220 grados centígrados, por consiguiente, se puede deducir, que las proporciones del material sintético encontrado en el composite no afectan en nada las propiedades térmicas del material compuesto, esto es debido a que la resistencia térmica del PVC es menor que las fibras textiles encontrada en el cuero sintético, por lo tanto, el PVC se comporta como agente limitante en las propiedades térmicas del composite.

Figura 6. Termogramas obtenido del análisis termogravimétrico (TGA) del composite a diferentes concentración del material sintético.



#### 4.4. CONCLUSIONES DE LOS ANÁLISIS DMA Y TGA PARA EL DESARROLLO DE LAS SUELAS DE ZAPATO.

Para llevar a cabo el análisis técnico-financiero se debe plantear la mejor relación %p/p del material sintético y PVC, por tanto, los análisis DMA y TGA realizados en el proyecto suministran esta información ya que plantean las variables de respuestas (propiedades mecánicas y térmicas) en función de la variación del cuero sintético en el material compuesto, entonces, los análisis realizados anteriormente demuestran que la mejor proporción que mostro mejores resultados en la prueba de tensión fue la mezcla MS-60/40-PVC, sin embargo en las propiedades de compresión esta relación muestra bajos resultados comparados con proporciones que tienen 20 y 40 %p/p de material sintético en el composite diseñado, no obstante, no existe una variación apreciable para descartar esta relación a la aplicación que se quiere ejecutar que es para la fabricación de suelas de zapato, por otra parte, la relación MS-60/40-PVC fue la máxima proporción que mostro un buen comportamiento en el proceso de inyección, en conclusión, tomando como base los análisis propuestos, la relación MS-60/40-PVC es la escogida para el diseño a nivel industrial y viabilidad económica.

## **5. ANÁLISIS TÉCNICO-FINANCIERO**

El objetivo principal de esta sección es identificar la cantidad demandada, la oferta de las suelas de calzado en la ciudad de Bucaramanga, el mercado objetivo y el potencial del proyecto, También realizar un análisis técnico con el fin de obtener los requerimientos de obras físicas, maquinaria y equipos, materia prima y recursos humanos los cuales deberían ser cuantificados monetariamente para proyectar los flujos de caja que posibilitaran las evaluaciones financieras como son la TIR y el VPN.

### **5.1 ANÁLISIS DE MERCADO.**

El mercado objetivo del proyecto son todas aquellas fábricas manufactureras de calzado que utilizan material sintético en la ciudad de Bucaramanga, según cifras tomadas del centro de documentación de la cámara de comercio de Bucaramanga, el número de empresas registradas que cumplen con este requisito es de 513 empresas, por consiguiente el mercado potencial son todas aquellas empresas manufactureras de calzado a nivel nacional que según registros del DANE las principales ciudades en las que se encuentran son Bogotá, Medellín, Cali y Bucaramanga. La demanda del calzado a nivel local y nacional se caracteriza por ser muy diversificada, sin embargo, el estudio realizado por Martínez, Tomás y Ramírez, Juan<sup>6</sup> concluyen que las empresas fabricantes de calzados en Bucaramanga tienen una producción diaria de 100 hasta 1000 pares de calzado diarios, este amplio rango de producción es debido a las temporadas bajas y altas que se encuentran en el año. La cantidad demanda de suelas en el 2016 es de 122.472.000 pares por año la cual 58.174.200 corresponden solo a fábricas de calzado que utilizan material sintético en su manufactura. La proyección fue tomada con base en el crecimiento de la industria en dicho subsector manufacturero, este valor es obtenido a partir de las estadísticas del DANE (cuentas departamentales) de la aportación de la industria manufacturera en el PIB (producto interno bruto) en la

---

<sup>6</sup> MARTINEZ, Tomás y RAMIREZ, Juan. “estudio prospectivo de las MIPYMES del subsector calzado de Bucaramanga y su área metropolitana”. Bucaramanga, 2006, 345 h. Trabajo de grado (ingeniera industrial). Universidad industrial de Santander. Facultad físico-mecánicas. Escuela de estudios industriales y empresariales.

región de Santander, estos valores se pueden observar en las tablas encontradas en el ANEXO B. Para lograr un conocimiento amplio de la oferta de suelas en Bucaramanga se tuvo que recurrir a lecturas y análisis de estadísticas referente a las empresas dedicadas a la distribución de insumos para calzado (en la jerga son conocidas como peleterías), por lo tanto la información suministrada por el DANE y la cámara del comercio de Bucaramanga registran legalmente 150 empresas en el actual año, estas empresas tienen como actividad la venta de materiales, pegante, suelas y todo tipo de insumo para el calzado, la cual sólo 50 de ellas venden suelas de todo tipo a los fabricante de calzado, la estimación de la cantidad de suelas ofertadas en Bucaramanga fue tomada con base a la tasa de crecimiento del índice de ventas del sector de calzado, partes y artículos de cuero obtenidos por el DANE (muestra trimestral manufacturera regional MTMR) el cual se registró una tasa de cambio del 0,41%.

## 5.2 ANÁLISIS TÉCNICO.

**5.2.1. Capacidad diseñada:** hace referencia a la capacidad teórica que la fábrica podría obtener trabajando a una eficiencia del 100% de la planta, en donde no exista contratiempo de ningún índole que afecten el tiempo básico de producción, por lo tanto, en la capacidad diseñada se tendrá en cuenta con la capacidad de la maquinara, el tiempo de inyección de la suelas y el tipo de material con que se fabrica la suela que en el proyecto.

- Tiempo productivo: 365 días
- Tiempo productivo (horas): 24
- Tiempo de producción de par de suela (segundo) : 20
- Capacidad de la maquinaria ( par de suelas/día): 4,320
- Numero de máquinas (inyectora): 1

Tabla 6. Capacidad diseñada del proyecto.

| Producto          | Tiempo productivo (días) | Capacidad maquinaria (1 máquina) | Capacidad diseñada (par de suelas x año) |
|-------------------|--------------------------|----------------------------------|--|
| Suelas de calzado | 365                      | 4.320                            | 1,576,800                                |

De acuerdo con el análisis de la capacidad diseñada, la fábrica producirá anualmente 1,576,000 pares de suelas, como se puede observar, el tiempo de producción son 20 segundos para el par de suela (la suma del tiempo de inyección y enfriamiento), sin embargo este tiempo varía mucho dependiendo del estilo implementado en la suela.

**5.2.2 Capacidad real:** en esta capacidad se tienen en cuenta contratiempos como son el trabajo indirecto (mantenimiento, aseo del puesto de trabajo, cambio de moldes en la inyectora) y tiempos improductivos (descanso, ocio, necesidades personales del trabajador), por lo tanto, el diseño de la capacidad real es la siguiente:

- Tiempo productivo (horas) :10 horas diarias
- Tiempo productivo (días): 307
- Tiempo de producción de suelas promedio (segundos): 30 segundos
- Capacidad de la maquinaria (par de suela/día): 1,200
- Numero de maquinara (inyectora) : 1

Tabla 7. Capacidad real del proyecto.

| Producto          | Tiempo productivo (días) | Capacidad maquinaria par de suela/día (1 máquina) | Capacidad diseñada (par de suelas / año) |
|-------------------|--------------------------|---|--|
| Suelas de calzado | 307                      | 1,200   | 368,000                                  |

De acuerdo con el análisis de la capacidad real, la fábrica producirá anualmente 368,000 pares de suelas en el año; como se puede observar el tiempo de inyección utilizado son 30 segundos el cual fue suministrado en el análisis de tiempo de inyección para la relación MS-60/40-PVC.

**5.2.3. Capacidad utilizada y/o proyectada:** corresponde a la utilización real de la planta en los diferentes periodos anuales, también es conocida como nivel de operación e indica el porcentaje real en el que esta la planta produciendo en

comparación con la capacidad instalada real, este valor depende mucho de la demanda esperada y del comportamiento del sector manufacturero. Para este proyecto la capacidad utilizada en el primer año del proyecto será igual a 169,400 pares por año, es importante especificar que los estudio realizados para la oferta de suelas de calzado en la ciudad de Bucaramanga mostraron una producción de 200 pares diarios en la temporada baja pero con fines económicos y financiero el proyecto optará por 450 pares diarios en la temporada baja y 700 pares diarios en la temporada alta, hay que anotar, que los meses en la temporada baja corresponden desde febrero hasta agosto y los meses en la temporada alta corresponden dese septiembre hasta enero. La proyección de la capacidad utilizada es la siguiente:

- Tiempo productivo (hora) : 10
- Tiempo productivo temporada baja (días) : 182
- Tiempo productivo temporada alta (días) : 125
- Capacidad real instalada (par de suela x año) : 368,000
- Capacidad utilizada en el primer año (2018) : 169,400
- Crecimiento de la capacidad utilizada anual: proyección de la demanda.

Para calcular el nivel de producción en el primer año del proyecto (2018) se saca el porcentaje de la siguiente forma:

$$\text{Nivel de producción(\%)}: \frac{\text{capacidad utilizada en el año } t}{\text{capacidad real instalada}} \times 100$$

Reemplazando:

$$\text{Nivel de producción(\%)}: \frac{169,400}{368,000} \times 100$$

Por lo tanto el nivel de producción en el año 2018 es igual al 46.0%. Se supuso un crecimiento igual a la proyección de la demanda obtenida por la información suministrada por el DANE.

Tabla 8. Proyección de la capacidad real utilizada.

| <b>AÑO</b> | <b>CAPACIDAD REAL UTILIZADA<br/>(par suela x año)</b> | <b>Nivel de producción<br/>(%)</b> |
|------------|---|------------------------------------|
| 2018 (1)   | <b>169,400</b>  | 46.0%                              |
| 2019 (2)   | <b>177,652</b>  | 48.2%                              |
| 2020 (3)   | <b>185,720</b>  | 50.4%                              |
| 2021 (4)   | <b>193,604</b>  | 52.6%                              |
| 2022 (5)   | <b>201,340</b>  | 54.7%                              |

#### 5.2.4. Diagrama del proceso.

Encontrado la capacidad diseñada, real y utilizada del proyecto con base en el crecimiento de la demanda en la industria manufacturera de calzado, se lleva a cabo, por medio de un simulador de procesos químicos el diagrama PFD del proyecto (figura 7) y la caracterización de cada corriente presente en el proceso (tabla 9). La capacidad de producción de los equipos es tomada con base a la capacidad diseñada del proceso el cual es 4,320 pares de suelas por día.

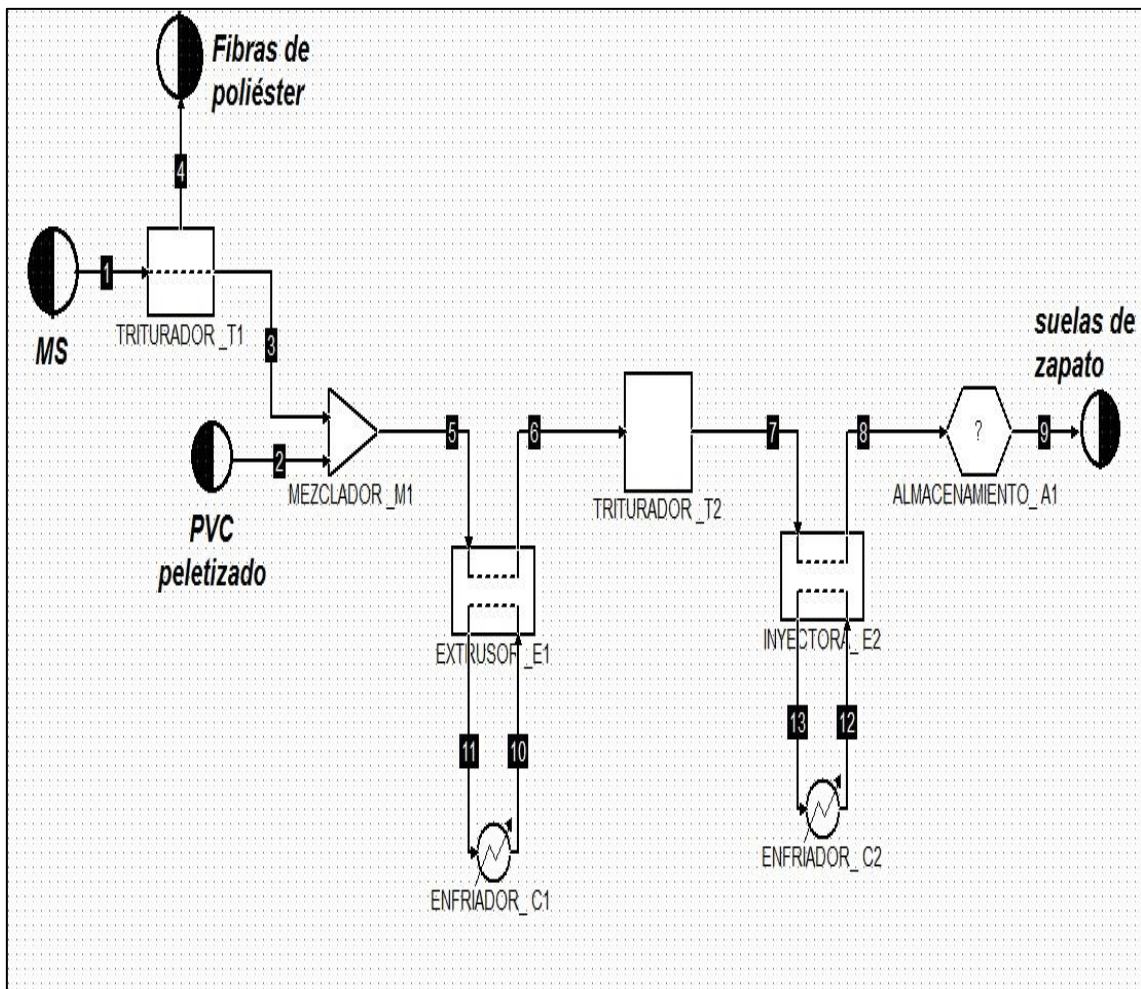
Tabla 9. Característica de las corrientes del diagrama de procesos PFD.

| Para el desarrollo del proyecto se propuso que cada par de suela pesa 200 gramos del composite sintetizado |          |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Número de la corriente</b>  | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
| Temperatura (°C)   | 25       | 25       | 30       | 30       | 40       |
| Presión (atm)  | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        |
| Flujo másico (kg/día)  | 518.40   | 345.6    | 517.88   | 0.52     | 863.48   |
| <b>Componentes (kg/día)</b>  |          |          |          |          |          |
| Material sintético   | 518.40   | 0        | 517.88   | 0        | 517.88   |
| PVC peletizado   | 0        | 345.6    | 0        | 0        | 345.6    |
| Fibras de poliéster  | 0        | 0        | 0        | 0.52     | 0        |
|  |          |          |          |          |          |
| <b>Número de la corriente</b>  | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> |          |

|                             |        |        |        |        |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Temperatura (°C)            | 40     | 40     | 25     | 25     |
| Presión (atm)               | 1      | 1      | 1      | 1      |
| Flujo másico (kg/día)       | 863.48 | 863.48 | 863.48 | 863.48 |
| <b>Componentes (kg/día)</b> |        |        |        |        |
| Material sintético          | 517.88 | 517.88 | 517.88 | 517.88 |
| PVC peletizado              | 345.6  | 345.6  | 345.6  | 345.6  |
| Fibras de poliéster         | 0      | 0      | 0      | 0      |

Fuente: AUTOR

Figura 7. Diagrama PFD del proceso.



### 5.2.5. Etapas del proceso.

- **Proceso de recolección:** Esta es la primera fase del proceso el cual consiste en la recolección del material sintético desechado de las fábricas del calzado. Ya establecido un acuerdo con las fábricas de calzado se recogerá estos residuos de sus establecimiento con un sistema de transporte adecuado para este fin.
- **proceso de recepción:** En esta zona el material sintético recolectado llega a las instalaciones de la fábrica donde se pesa, se revisa, se registra en el sistema de inventarios y se embodega en el depósito de materia prima.
- **proceso de trituración 1:** Este es el tercero y más delicado de todos los procesos, la eficiencia de este procedimiento afectara de forma negativa o positiva la calidad del producto final, además de evitar contratiempos en los proceso subsiguientes que es el de mezclado y peletizado, en este proceso se libera por la acción de las cuchillas presentes en triturador fibras textiles de poliéster (corriente 4 del diagrama de proceso) que en grandes cantidades es un contaminante del composite obtenido en la etapa de extrusión.
- **Proceso de mezclado:** En este proceso se combina uniformemente el material triturado y limpiado con el PVC peletizado, normalmente esta etapa demora de 5 a 10 minutos aumentado la temperatura de la mezcla gracias al rozamiento presente de la mezcla con las paredes del equipo, sin embargo este aumento es bueno ya que prepara adecuadamente la mezcla para el proceso de extrusión.
- **Proceso de extrusión:** La función de este proceso es extruir, peletizar y enfriar el material proveniente del mezclador, para tener una mayor eficiencia de este proceso se plantea utilizar matrices peletizadoras con un diámetro de uno a dos centímetros, esto con el fin de evitar contratiempo que pueden ser el taponamiento de la boquilla extrusora por la presencia de grandes cantidades de fibras textiles generadas en la etapa de trituración 1.
- **Proceso de trituración (2):** Ya obtenidos los pellets del proceso de extrusión se pasa a un triturador con el fin de reducir el tamaño, esto tiene como objetivo de mejorar el rendimiento del proceso siguiente que es el de inyección ya que tamaños muy grandes afectan al tornillo de la inyectora.

- **Proceso de inyección:** Ya obtenidos los pellets triturados, estos son vertidos en una inyectora, esta cumple la función de derretir los pellets e inyectarlo en un molde de forma de suelas.
- **Proceso de almacenamiento:** Ya las suelas terminadas son revisadas para observar la calidad de la suela y almacenada en un lugar organizado según el color, modelo o tipo de cliente.
- **Proceso de distribución:** Este proceso tiene objetivo de tener un sistema contabilizado y organizado de la distribución de las suelas almacenadas en la fábrica, se distribuirá a los fabricantes de calzados que necesiten de este servicio en un transporte adecuado para este fin.

### 5.2.6. Caracterización de los equipos

En la siguiente tabla se presentan las capacidades y características de operación de los equipos empleados en el proceso. Los cálculos empleados para el dimensionamiento de cada equipo fueron realizados teniendo en cuenta la capacidad instalada del proceso y el flujo másico de cada componente en el diagrama PFD.

Tabla 10. Caracterización de los equipos utilizados en el proyecto.

| <b>MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>     | <b>Capacidad</b> | <b>Características</b>   |
|---------------------------------|------------------|--|
| <b>Bascula industrial</b>       | 450 kilogramos   | Este equipo cumple la función de llevar un registro de la producción en kilogramos de las suelas de zapatos  |
| <b>TRITURADOR_ T1</b>           | 40 kg/hora       | Triturador de cuchilla generalmente fabricado a partir de acero inoxidable el cual cumple la función de volver el material sintético en pequeños pedazos |
| <b>Carretilla industrial</b>    | 200 kg           | Generalmente fabricada de aleaciones de aluminio, cumple la función de transportar la materia prima a su respectivo proceso                              |
| <b>Contenedores de plástico</b> | 200 kg           | Generalmente fabricada de aluminio y polietileno, cumple la función de almacenamiento de la materia prima.   |

|  |                         |  |
|--|-------------------------|--|
| <b>MEZCLADOR_ M1</b>                                   | 50 kg/hora              | Fabricado a partir de acero inoxidable para no sufrir corrosión por la acción de los gases volátiles presente en el PVC peletizado   |
| <b>EXTRUSOR_ E1 con corte en caliente</b>              | 50 kg/hora              | Fabricado a partir de acero inoxidable para no sufrir corrosión por la acción de los gases volátiles presente en el PVC peletizado, contiene al final de la boquilla una cortadora de cuchilla para generar pellets de 1cm de diámetro |
| <b>TRITURADOR_ T2</b>                                  | 50 kg/hora              | Triturador de cuchilla generalmente fabricado a partir de acero inoxidable el cual cumple la función de volver los pellets a pequeños pedazos, así, agilizando el proceso de inyección   |
| <b>INYECTOR_ E2 de plástico bicolor de dos puestos</b> | 50 kg/hora              | Fabricado a partir de acero inoxidable para no sufrir corrosión por la acción de los gases volátiles presente en el PVC peletizado, contiene al final de la boquilla un molde de acero para la plastificación del composite            |
| <b>Serie de molde para plástico</b>                    | 120 pares de suela/hora | Generalmente está fabricado a partir de acero inoxidable o aleaciones de aluminio, frecuentemente se necesita una serie de estos moldes para cumplir con la demanda del mercado  |
| <b>Estantería para el almacenamiento de suelas</b>     | 120 pares de suela/hora | Fabricada a partir de metales, cumple la función de almacenar el producto terminado que son las suelas de zapato   |
| <b>Automóvil</b>                                       |                         | Cumple la función de distribuir el producto a los clientes   |

### 5.3. ANÁLISIS FINANCIERO.

#### 5.3.1 Índices económicos aplicados al proyecto.

Para realizar la proyección a 5 años en el flujo de caja se utilizaron los índices económicos mostrados en la tabla 11 y sus respectivas variaciones se plantean en el anexo c, hay que especificar que las proyecciones estimadas fueron diseñadas con modelo matemático de comportamiento lineal.

Tabla 11. Índices económicos utilizados para proyección de variables como gastos, costos e ingresos.

| <b>Variables</b>                      | <b>Índice económico (variación anual)</b>                                   |
|---------------------------------------|---|
| Gastos en Recursos humanos            | Inflación   |
| Gastos en servicios                   | Inflación   |
| Gastos en suministro                  | Inflación   |
| Costos en materia prima directa       | índice de precio del productor (plásticos en formas primarias)              |
| Precio del producto( suela de zapato) | Índice de precios de bienes finales producidos para consumo interno (BFPYC) |

### 5.3.2 Maquinaria y equipos utilizados en el proyecto.

La inversión fija para el proyecto es de 230 millones de pesos el cual corresponde a la maquinaria y equipos necesarios para llevar a cabo todo el proceso industrial, cada costo esta expresado en pesos colombianos (\$COP).

Tabla 12. Costo de maquinaria y equipos utilizados en proyecto.

| MAQUINARIA Y EQUIPOS                                | Cantidad | costo unitario (\$ COP) | costo total (\$ COP) |
|---|----------|-------------------------|----------------------|
| <b>Bascula industrial</b>                           | 2        | 500,000                 | 1,000,000            |
| <b>Triturador(1) y limpiador</b>                    | 1        | 15,000,000              | 15,000,000           |
| <b>Carretilla industrial</b>                        | 2        | 300,000                 | 600,000              |
| <b>Contenedores de plástico</b>                     | 2        | 100,000                 | 200,000              |
| <b>Mezclador multifuncional industrial</b>          | 1        | 5,000,000               | 5,000,000            |
| <b>Extrusora con corte en caliente</b>              | 1        | 30,000,000              | 30,000,000           |
| <b>Triturador (2) industrial de cuchillas</b>       | 1        | 10,000,000              | 10,000,000           |
| <b>Inyectora de plástico bicolor de dos puestos</b> | 1        | 90,000,000              | 90,000,000           |
| <b>Serie de molde para plástico</b>                 | 3        | 17,600,000              | 52,800,000           |
| <b>Estantería para el almacenamiento de suelas</b>  | 4        | 200,000                 | 800,000              |
| <b>Automóvil</b>                                    | 1        | 25,000,000              | 25,000,000           |
| <b>TOTAL</b>  |          | <b>230,400,000</b>      |                      |

### 5.3.3 Recursos humanos directos e indirectos.

En esta sección se presenta los recursos humanos directos (tabla 13) que corresponde al salario básico, prestaciones sociales, entre otros (ver ANEXO D) generado por los trabajadores que transforman directamente las materias primas y demás insumos en el producto final que son las suelas de zapatos, solo y exclusivamente durante el tiempo que están realizando la labor productiva el cual es planteada como 8 horas laborales en el día y **12 meses** productivos en el año; por otra parte, se considera mano de obra indirecta (tabla 14) el valor correspondiente al salario básico, prestaciones sociales, entre otros generado por los trabajadores que no intervienen directamente en la transformación de las materias primas en el producto terminado.

Tabla 13. Recursos humanos directos necesarios para cada proceso.

| PROCESO                    | Numero de operario | Salario (\$ COP/mensual) por operario en el 2016 | GASTO TOTAL (\$COP/mensual) |
|----------------------------|--------------------|--|-----------------------------|
| proceso de recolección     | 3                  | 963,699  | 2,891,097                   |
| proceso de recepción       |                    |  |                             |
| proceso de trituración (1) |                    |  |                             |
| proceso de mezclado        |                    |  |                             |
| proceso de extrusión       |                    |  |                             |
| proceso de inyección       | 1                  | 1,074,245  | 1,074,245                   |
| proceso de trituración (2) | 2                  | 963,699  | 1,927,398                   |
| proceso de almacenamiento  |                    |  |                             |
| <b>GERENTE</b>             | 1                  | 1,474,245  | 1,474,245                   |
| <b>TOTAL</b>               | <b>7</b>           |  | <b>7,366,985</b>            |

Tabla 14. Recursos humanos indirectos necesarios para el proyecto.

| <b>Mano de obra indirecta</b>                | <b>Salario (\$ COP/mensual) en el 2016</b> |
|--|--|
| <b>Servicio de recolección del material</b>  | 700,000                                    |
| <b>Contador publico</b>                      | 400,000                                    |
| <b>Servicio de mantenimiento de maquinas</b> | 100,000                                    |
| <b>Servicio de aseo</b>                      | 100,000                                    |
| <b>Servicio de diseño</b>                    | 700,000                                    |
| <b>TOTAL</b>                                 | <b>2,000,000</b>                           |

### 5.3.4 Materia prima directa e indirecta.

La materia prima directa son todos los materiales directos que hacen parte integral del producto terminado y que se utilizan a lo largo de todo el año de producción el cual para este proyecto es de **12 meses** en el año, en este caso, la materia prima directa son el material sintético y el PVC peletizado el cual, según las conclusiones obtenidas de los análisis DMA y TGA se encuentra en una relación %p/p de 60% de MS y 40% de PVC en el composite diseñado, por tanto, los costos de producción están influenciado por el valor en el mercado del PVC peletizado y del material sintético, este último, como se mencionó anteriormente, es un subproducto de las industrias manufactureras que no tiene ningún valor agregado, por lo tanto, para el diseño financiero del proyecto se propuso comprar este desperdicio a **400 \$COP/kg** (tabla 16); por otra parte, la materia prima indirecta son todos aquellos materiales que se requieren para la producción pero no hacen parte integral del producto, y su uso es poco significativo y su valor poco relevante (tabla 17), el costo de producción generado por la materia prima directa se muestra en la tabla 18, es importante especificar que cada par de suela de zapatos contiene **0.2 kilogramos del composite sintetizado**.

Tabla 15. Costo de la materia prima directa necesario para la síntesis del composite

| <b>COMPUESTO</b>                    | <b>Precio \$COP/kg (año 2016)</b> | <b>%P/P</b> |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| <b>Material sintético desechado</b> | 400                               | 60.00%      |
| <b>PVC peletizado</b>               | 2600                              | 40.00%      |

Tabla 16. Costo de la materia prima indirecta.

| <b>MATERIA PRIMA INDIRECTA</b>        | <b>CARACTERISTICAS</b>   | <b>PRECIO (\$COP)</b> |
|---------------------------------------|--|-----------------------|
| <b>Saco de polipropileno (1)</b>      | Utilizado para empacar el material sintético desechado de las empresas de calzado, su capacidad es de 40 kilogramos                                | 500                   |
| <b>Sacos de polipropileno (2)</b>     | Utilizado para empacar las suelas obtenidas en el proyecto y realizar su respectiva distribución a los clientes, su capacidad es de 300 kilogramos | 1,500                 |
| <b>Moldes de acero para inyección</b> | Se encuentra unido al cabezal de la inyectora y el cual es el que le brinda el diseño a las suelas   | 3,000,000             |

Tabla 17. Proyección de la materia prima directa necesitada en el proyecto.

| <b>Año</b>  | <b>Costo por Kg de composite (\$/Kg)</b> | <b>CAPACIDAD REAL UTILIZADA (PAR SUELA/AÑO)</b> | <b>Kilogramos necesitados del composite</b> | <b>Costo de materia prima (\$COP/año)</b> |
|-------------|--|---|---|---|
| <b>2018</b> | 1,283                                    | <b>169,400</b>                                  | 33,880                                      | <b>43,474,816</b>                         |
| <b>2019</b> | 1,475                                    | <b>177,652</b>                                  | 35,530                                      | <b>52,397,603</b>                         |
| <b>2020</b> | 1,592                                    | <b>185,720</b>                                  | 37,144                                      | <b>59,117,326</b>                         |
| <b>2021</b> | 1,718                                    | <b>193,604</b>                                  | 38,721                                      | <b>66,509,860</b>                         |
| <b>2022</b> | 1,829                                    | <b>201,340</b>                                  | 40,268                                      | <b>73,645,883</b>                         |

### 5.3.5. Gastos en servicios.

Los servicios básicos necesitados para el desarrollo del proyecto son servicio eléctrico, arriendo y servicio de agua, la estructura y la proyección del gasto total correspondiente a servicios se encuentran en la tabla 18, como se mencionó anteriormente la proyección se estimó utilizando el índice económico de inflación, además, el año corresponde a **12 meses** de producción en la que la fábrica estará en total funcionamiento.

Tabla 18. Gasto total en servicios necesarios para el desarrollo del proyecto.

| <b>Año</b>  | <b>Servicio eléctrico (\$COP/mes)</b> | <b>Servicio de acueducto (\$COP/mes)</b> | <b>Servicio de arriendo (\$COP/mes)</b> | <b>GASTO TOTAL (\$COP/AÑO )</b> |
|-------------|---------------------------------------|--|---|---------------------------------|
| <b>2018</b> | 1,800,000                             | 100,000                                  | 2,000,000                               | <b>46,800,000</b>               |
| <b>2019</b> | 1,864,917                             | 103,607                                  | 2,000,000                               | <b>47,622,282</b>               |
| <b>2020</b> | 1,926,085                             | 107,005                                  | 2,000,000                               | <b>48,397,070</b>               |
| <b>2021</b> | 1,982,973                             | 110,165                                  | 2,000,000                               | <b>49,117,655</b>               |
| <b>2022</b> | 2,035,075                             | 113,060                                  | 2,000,000                               | <b>49,777,619</b>               |

### 5.3.6. Gastos en suministros.

Los suministros son materiales no necesarios para la elaboración del producto, pero si requeridos en producción para el desarrollo de labores administrativas, oficios varios, y otras de apoyo a la operación directa de producción durante todo el año de funcionamiento (**12 meses**), por lo tanto, los suministros utilizados en el proyecto son los que se encuentran en la tabla 19.

Tabla 19. Suministros utilizados en el proyecto.

| <b>Suministro</b>     | <b>precio 2016 (\$COP/mes)</b> | <b>Precio anual 2016 (\$COP/año)</b> |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Papelería             | 50,000                         | 600,000                              |
| Material para el aseo | 20,000                         | 240,000                              |
| Publicidad            | 100,000                        | 1,200,000                            |
| <b>TOTAL</b>          | <b>170,000</b>                 | <b>2,040,000</b>                     |

### 5.3.7. Depreciación e impuestos.

La depreciación aplicada a los equipos del proyecto para mayor simplicidad se utilizó un modelo lineal proyectado en 10 años; el impuesto utilizado fue el de declaración de renta en el cual está al 33%, su proyección durante los 5 años de funcionamiento del proyecto es constante.

### 5.3.8. Ingresos del proyecto.

Los ingresos generados en el proyecto es la venta directa de suelas al mercado objetivo planteado en el análisis de mercado. Como método estratégico se planteó un precio inicial por par de suela de 3100 pesos colombianos, ya que según las observaciones de la competencia se encuentra en 3.500 pesos par de suela, esto es posible, ya que la materia prima es un subproducto y no tiene ningún valor, esto disminuye notablemente el costo de materia prima y por ende el precio de venta.

Tabla 20. Proyección anual de ingresos.

| <b>Proyección anual de ingresos</b> |                                    |   |                                       |
|-------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------------|
| <b>Año</b>                          | <b>Precio (\$COP/par de suela)</b> | <b>capacidad utilizada (par de suela / año)</b> | <b>Ingreso por ventas (\$COP/año)</b> |
| <b>2018 (1)</b>                     | 3,103                              | 169,400   | <b>525,582,484</b>                    |
| <b>2019 (2)</b>                     | 3,199                              | 177,652   | <b>568,231,835</b>                    |
| <b>2020 (3)</b>                     | 3,291                              | 185,720   | <b>611,230,136</b>                    |
| <b>2021 (4)</b>                     | 3,380                              | 193,604   | <b>654,471,477</b>                    |
| <b>2022 (5)</b>                     | 3,467                              | 201,340   | <b>697,985,105</b>                    |

### 5.3.9. Factibilidad económica del proyecto.

Para encontrar los criterios de evaluación económicos, los cuales son el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), se diseñó un flujo de caja proyectado a 5 años y en el que se ingresan variables económicas que son ingresos, materia prima, recursos humanos, servicios, impuesto, depreciaciones, entre otros, por tanto, tomando como base una tasa mínima de retorno del 20% se obtuvieron los respectivos indicadores económicos mostrados en las tabla 23 y 24.

Tabla 21. Flujo de caja.

| FLUJO DE CAJA<br>PROYECTADO                                   | Año<br><b>0</b>       | Año<br><b>1</b>       | Año<br><b>2</b>       |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ingresos operacionales<br>(\$COP/año)                         |                       | \$ 525,582,484        | \$ 568,231,835        |
| <b>PAGOS DE COSTOS</b><br>(\$COP/año)                         |                       |                       |                       |
| Mano de Obra Directa MOI                                      |                       | \$ 94,596,238         | \$ 97,390,202         |
| Mano de obra indirecta MOI                                    |                       | \$ 25,681,127         | \$ 26,439,636         |
| Materia prima directa   |                       | \$ 43,474,816         | \$ 52,397,603         |
| Materia prima indirecta                                       |                       | \$ 37,101,100         | \$ 37,154,739         |
| Servicios   |                       | \$ 46,800,000         | \$ 47,622,282         |
| Depreciaciones  |                       | \$ 23,040,000         | \$ 23,040,000         |
| Suministros   |                       | \$ 2,040,000          | \$ 2,113,573          |
| Costo de ventas   |                       | \$ -                  | \$ -                  |
| <b>TOTAL PAGOS DE COSTOS<br/>OPERACIONALES</b><br>(\$COP/año) |                       | <b>\$ 272,733,280</b> | <b>\$ 286,158,035</b> |
| <b>FLUJO DE CAJA<br/>OPERACIONAL BRUTO</b><br>(\$COP/año)     |                       | <b>\$ 252,849,204</b> | <b>\$ 282,073,800</b> |
| Pago de Impuestos<br>(\$COP/año) 33%                          |                       | \$ 83,440,237         | \$ 93,084,354         |
| <b>FLUJO DE CAJA<br/>OPERACIONAL NETO</b><br>(\$COP/año)      |                       | <b>\$ 169,408,967</b> | <b>\$ 188,989,446</b> |
| Inversiones   |                       |                       |                       |
| Total de Inversiones<br>(\$COP/año)                           | \$230,400,000         | \$                    | \$ -                  |
| <b>FLUJO DE CAJA LIBRE</b><br>(\$COP/año)                     | <b>\$ 230,400,000</b> | <b>\$ 169,408,967</b> | <b>\$ 188,989,446</b> |

Tabla 22. Flujo de caja (continuación).

| FLUJO DE CAJA PROYECTADO                               |     | Año<br>3              | Año<br>4              | Año<br>5              |
|--|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ingresos operacionales (\$COP/año)                     |     | \$ 611,230,136        | \$ 654,471,477        | \$697,985,105         |
| <b>PAGOS DE COSTOS (\$COP/año)</b>                     |     |                       |                       |                       |
| Mano de Obra Directa MOI                               |     | \$ 99,949,121         | \$ 102,249,624        | \$ 104,270,198        |
| Mano de obra indirecta MOI                             |     | \$ 27,134,335         | \$ 27,758,879         | \$ 28,307,428         |
| Materia prima directa                                  |     | \$ 59,117,326         | \$ 66,509,860         | \$ 73,645,883         |
| Materia prima indirecta                                |     | \$ 37,207,181         | \$ 37,258,425         | \$ 37,308,712         |
| Servicios  |     | \$ 48,397,070         | \$ 49,117,655         | \$ 49,777,619         |
| Depreciaciones   |     | \$ 23,040,000         | \$ 23,040,000         | \$ 23,040,000         |
| Suministros  |     | \$ 2,182,896          | \$ 2,247,369          | \$ 2,306,419          |
| Costo de ventas  |     | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  |
| <b>TOTAL PAGOS DE COSTOS OPERACIONALES (\$COP/año)</b> |     | <b>\$297,027,929</b>  | <b>\$ 308,181,813</b> | <b>\$ 318,656,258</b> |
| <b>FLUJO DE CAJA OPERACIONAL BRUTO (\$COP/año)</b>     |     | <b>\$314,202,207</b>  | <b>\$ 346,289,664</b> | <b>\$ 379,328,847</b> |
| Pago de Impuestos (\$COP/año)                          | 33% | \$ 103,686,728        | \$ 114,275,589        | \$ 125,178,520        |
| <b>FLUJO DE CAJA OPERACIONAL NETO (\$COP/año)</b>      |     | <b>\$ 210,515,478</b> | <b>\$ 232,014,075</b> | <b>\$ 254,150,328</b> |
| Inversiones  |     |                       |                       |                       |
| Total de Inversiones                                   |     |                       | \$                    | \$ -                  |
| <b>FLUJO DE CAJA LIBRE (\$COP/año)</b>                 |     | <b>\$ 210,515,478</b> | <b>\$ 232,014,075</b> | <b>\$ 254,150,328</b> |

Tabla 23. Valor presente neto (VPN) del proyecto.

| TASA MINIMA DE RETORNO | 20%          |                    |
|------------------------|--------------|--------------------|
| Año 0                  | \$           | -230,400,000       |
| Año 1                  | \$           | 169,408,967        |
| Año 2                  | \$           | 188,989,446        |
| año 3                  | \$           | 210,515,478        |
| Año 4                  | \$           | 232,014,075        |
| Año 5                  | \$           | 254,150,328        |
| <b>VPN</b>             | <b>\$COP</b> | <b>377,869,717</b> |

Tabla 24. Tasa interna de retorno del proyecto.

|            |    |               |
|------------|----|---------------|
| Año 0      | \$ | -230,400,000  |
| Año 1      | \$ | 169,408,967   |
| Año 2      | \$ | 188,989,446   |
| año 3      | \$ | 210,515,478   |
| Año 4      | \$ | 232,014,075   |
| Año 5      | \$ | 254,150,328   |
| <b>TIR</b> |    | <b>77.67%</b> |

Observando las tablas 23 y 24 se puede concluir que el proyecto **SI** es factible financieramente, ya que los criterios económico que son de **\$COP 377, 869,717** para el VPN y del **77.67%** para la TIR son valores positivos en el cual indican que el proyecto es viable económicamente.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES.**

- Las pruebas de síntesis realizadas pudieron demostrar que es posible utilizar el proceso de inyección para la manufactura de este material compuesto.
- Se encontró que los materiales sintético desechados de las fábricas de calzado pueden ser utilizados en una relación máxima de 60:40 %p/p con el plástico PVC peletizado.
- Las propiedades de compresión del material compuesto tienden a una disminución a medida que se incrementa la cantidad del material sintético en la mezcla.
- Si es factible técnicamente y financieramente a nivel industrial la aplicación de este nuevo material compuesto como usos para la producción de suelas en el sector de calzado.

### **6.2 RECOMENDACIONES.**

- Encontrar nuevos procesos específicos para la síntesis de estos materiales compuestos
- Evaluar otras propiedades térmicas como son temperatura de transición vítrea y de fusión
- Hacer una evaluación cualitativa y cuantitativa para saber con exactitud la composición de los materiales sintéticos que se encuentran en el mercad

## BIBLIOGRAFÍA.

ACICAM (asociación colombiana de industriales del calzado el cuero y sus manufacturas). “¿cómo va el sector? Enero a junio del 2016”. [En línea]. Bogotá-Colombia. Disponible en: <http://acicam.org/como-va-el-sector>.

BELTRAN, MARIBEL Y MARCILLA, ANTONIO. “Tecnología de polímeros proceso y propiedades”. 1ª edición. San Vicente del Raspeig España. UNE (unión de editoriales universitaria españolas). 2012.

BRINDIS, ELENO. “Propiedades básicas de los polímeros”. [En línea]. Año 2012. [Citado el 31 de agosto del 2016]. Disponible en internet: <http://monografias.umcc.cu/monos/2002/Eleno%20Alfonso.pdf>.

CAMUÑA, JESÚS. “Acondicionamiento de materiales termoplásticos para su transformación: operación de transformación de polímeros termoplásticos”. 1ª edición. Málaga España: IC editorial.2013.

CASTRO, MARCELA y VARGAS, MAURICIO. “estudio de pre-factibilidad técnica y financiera para una empresa de peletización de PET reciclado con inclusión laboral para personas con discapacidad en Barrancabermeja”. Bucaramanga, 2014, 98 h. Trabajo de grado.

CELEDON, NOHORA. “Industria nacional va por el 80% del mercado del calzado”. [En línea]. 1a ed. Bogotá: 2014. [Citado el 21 de agosto del 2016]. Disponible en internet: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4929/1090397204-2014.pdf?se>.

DELGADO, CIRO y MAYORGA, JAIME. "análisis y caracterización del subsector calzado en el área metropolitana de Bucaramanga". Bucaramanga, 2012, 82 h. trabajo de grado (economista). Universidad industrial de Santander. Facultad de ciencias humanas.

GRUPO DE POLÍMEROS Y REACTORES DE POLIMERIZACIÓN GP. "análisis térmico de polímeros". [En línea]. Santafe, Argentina. Citado el 09 de octubre del 2016. Disponible en: <http://www.gp.santafe-conicet.gov.ar/cursos/a/a.06.pdf>

IMEBU (instituto municipal de empleo y fomento empresarial). "Industria del calzado y su visualización internacional". [En línea]. Bucaramanga. [Citado el 10 de agosto del 2016]. Disponible en internet: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle>.

LOPEZ, JUAN. "Transformación de materiales termoplásticos (UFO726)". 1ª edición. Antequera Málaga. IC editorial, 2013.

MARIANO. "Blog-Tecnología de los plásticos-Poliuretano". [En línea]. Lanús, Buenos aire, Argentina. 2011. Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/poliuretano.html>.

MARTIN, JOSÉ. "Polímeros y adhesivos un curso de diapositivas en power point". [En línea]. Alicante España, 2006: Universidad de Alicante. [Citado el 03 de septiembre del 2016]. Disponible en: <http://ezproxy.uis.edu.co:2443/a/765/pol-meros-y-adhesivos.-un>.

MARTINEZ, TOMÁS y RAMIRE, JUAN. "estudio prospectivo de las MIPYMES del subsector calzado de Bucaramanga y su área metropolitana".

Bucaramanga, 2006, 345 h. Trabajo de grado (ingeniera industrial). Universidad industrial de Santander. Facultad físico-mecánica.

MUNDIPRESS. "anuario del sector mundial del calzado 2014". [En línea]. Madrid-España. Disponible en: <http://revistadelcalzado.com/anuario-del-sector-mundial-del-calzado-2014/>.

PAOLA, ANDREA. "Modificación de la fórmula utilizada en la fabricación de canaletas en PVC para acometidas de cables telefónicos y de computadores mejorando la acción antiestética y la resistencia al impacto". Bogotá, 2005, 101 h. Trabajo de grado (químico).

RAIMOND B. SEYMOUR, CHARLES E. CARRAHER JR. "introducción a la química de los polímeros". Tercera edición. Barcelona: editorial REVERTÈ, S.A, enero del 2002.p 6.

SAPAG CHAIR, NASSIR. "Proyectos de inversión formulación y evaluación". 1ra edición. México.: Pearson educación de México S.A, 2007. 488 p.

TORRES, MELISA. "Creación de una empresa purificadora de agua natural proveniente del yacimiento en la vereda agua blanca, Floridablanca-Santander". Bucaramanga, 2010, 142 h. Trabajo de grado (ingeniero industrial).

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. "prácticas análisis térmicos por DSC". [En línea]. Citado el 09 de octubre del 2016. Disponible en: [http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/caracterizacion-de-materiales/practicas-2/Practicas\\_de\\_DSC.pdf](http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/caracterizacion-de-materiales/practicas-2/Practicas_de_DSC.pdf). (s.f.).

UNIVERSIDAD DE OVIEDO (UNIOVI). "Anexo 2.-Tema 1.-Síntesis de polímeros. Polimerización". [En línea].

<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema1.Anexo2.SintesisPOLIMEROS.pdf>.  
[Citado el 31 de agosto del 2016].

UNIVERSIDAD DE OVIEDO (UNIOVI). “Lección 8.-Plásticos/materia prima”.  
[En línea].  
<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion8.PLASTICOS.MateriasPrimas.pdf>.  
[Citado el 04 de septiembre del 2016].

VERGARA, CESAR. “Factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de pellet de plástico reciclado en el municipio de girón Santander”. Bucaramanga, 2013, 172 h. Trabajo de grado (gestor empresarial).universidad industrial de Santander.

## ANEXOS

### ANEXO A. EQUIPOS Y MAQUINARIAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO.

Figura A1. Triturador utilizado en el proyecto.



Fuente: AUTOR

Figura A2. Extrusor utilizado en el proyecto.



Fuente: AUTOR

Figura A3. Inyectora monocolor utilizada en el proyecto.



Fuente: AUTOR

Figura A4. Equipos de caracterización utilizados en el proyecto.



Fuente: AUTOR

## ANEXO B. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA Y OFERTA DE SUELAS EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA.

Tabla B1. Proyección de la demanda de suelas de calzado en la ciudad de Bucaramanga.

| AÑO (t)   | tasa de crecimiento | demanda estimada (empresas que solo utilizan material sintético) |
|-----------|---------------------|--|
| 2016 (0)  | 2,35%               | 58.174.200   |
| 2017 (1)  | 2,29%               | 59.506.389   |
| 2018 (2)  | 2,24%               | 60.809.594   |
| 2019 (3)  | 2,19%               | 62.080.559   |
| 2020 (4)  | 2,14%               | 63.316.053   |
| 2021 (5)  | 2,10%               | 64.544.484   |
| 2022 (6)  | 2,06%               | 65.745.163   |
| 2023 (7)  | 2,01%               | 66.869.743   |
| 2024 (8)  | 1,97%               | 68.000.135   |
| 2025 (9)  | 1,94%               | 69.156.353   |
| 2026 (10) | 1,90%               | 70.221.849   |
| 2027 (11) | 1,86%               | 71.247.694   |
| 2028 (12) | 1,83%               | 72.316.824   |

Fuente: AUTOR

Tabla B2. Proyección de la oferta de suelas de calzado en la ciudad de Bucaramanga.

| AÑO  | PROYECCION DE LA OFERTA (pares de suelas ) |
|------|--|
| 2016 | 7.970.000                                  |
| 2017 | 7.922.180                                  |
| 2018 | 8.035.488                                  |
| 2019 | 8.068.433                                  |
| 2020 | 8.101.514                                  |
| 2021 | 8.134.730                                  |
| 2022 | 8.168.083                                  |
| 2023 | 8.201.572                                  |
| 2024 | 8.235.198                                  |
| 2025 | 8.268.963                                  |
| 2026 | 8.302.865                                  |
| 2027 | 8.336.907                                  |
| 2028 | 8.371.088                                  |

Fuente: AUTOR

## ANEXO C. PROYECCIÓN DE LOS DIFERENTES ÍNDICES ECONÓMICOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO.

Tabla C1. Proyección de los diferentes índices económicos utilizados en el proyecto

| Proyección de la inflación |                   | Proyección del índice de precios del productor (plásticos en formas primarias) | Proyección del índice de precios de bienes finales producidos para consumo interno (BFPYC) |
|----------------------------|-------------------|--|--|
| año                        | Variación anual % | Variación anual %  | Variación anual %  |
| 2008                       | 7.67              |  |  |
| 2009                       | 2                 |  |  |
| 2010                       | 3.17              |  |  |
| 2011                       | 3.73              |  |  |
| 2012                       | 2.44              |  |  |
| 2013                       | 1.94              |  |  |
| 2014                       | 3.66              |  |  |
| 2015                       | 6.77              |  | 0.20   |
| 2016                       | 6.9               |  | 3.04   |
| 2017                       | 3.61              | 14.93  | 4.23   |
| 2018                       | 3.44              | 11.37  | 3.43   |
| 2019                       | 3.28              | 10.21  | 3.32   |
| 2020                       | 3.12              | 9.26   | 3.21   |
| 2021                       | 2.95              | 8.48   | 3.11   |
| 2022                       | 2.79              | 7.82   | 3.02   |
| 2023                       | 2.63              | 7.25   | 2.93   |
| 2024                       | 2.46              | 6.76   | 2.85   |
| 2025                       | 2.30              | 6.33   | 2.77   |

Fuente: DANE

## ANEXO D. ESTRUCTURA SALARIAL VIGENTE EN EL AÑO 2016.

Tabla D1. Estructura salarial vigente en el año 2016.

| <b>ESTRUCTURA DEL SALARIO MENSUAL(2016)</b> | <b>Operario (\$COP/mes)</b> | <b>Operario de inyección (\$COP/mes)</b> | <b>Gerente (\$COP/mes)</b> |
|---|-----------------------------|--|----------------------------|
| Salario básico                              | 689,454                     | 800,000                                  | 1,200,000                  |
| Auxilio de transporte                       | 77,700                      | 77,700                                   | 77,700                     |
| Salud                                       | 86,182                      | 86,182                                   | 86,182                     |
| Aporte de pensión                           | 110,363                     | 110,363                                  | 110,363                    |
| <b>TOTAL</b>                                | <b>963,699</b>              | <b>1,074,245</b>                         | <b>1,474,245</b>           |