



**UNIVERSIDAD EAN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROYECTO DE GRADO**

**MARÍA FERNANDA GÓMEZ TRIANA**  
**MICHAEL STEVEN GARZÓN PACHÓN**  
**ALEJANDRA LÓPEZ PÉREZ**  
**ANGIE PAOLA ROMERO ALDANA**

**ENTREGADO A**

**BOGOTA D.C**

**2020**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	7
<b>ABSTRACT</b>	8
<b>INTRODUCCIÓN</b>	9
<b>OBJETIVOS</b>	10
<b>2.1 Objetivo general</b>	10
<b>2.2 Objetivos específicos</b>	10
<b>IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b>	11
<b>3.1 Antecedentes del problema</b>	11
<b>3.2 Análisis del árbol de problemas</b>	13
<b>3.3 El Problema</b>	14
<b>3.4 Pregunta problema</b>	14
<b>ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS O ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO</b>	15
<b>4.1 Puntos de recolección estratégicamente ubicados</b>	15
<b>4.2 Sistema de recolección y transporte a la planta de transformación</b>	16
<b>4.3 Sistema de selección manual de los materiales aprovechables</b>	16
<b>4.4 Sistema de lavado del material mediante equipos de limpieza</b>	16
<b>4.5 Proceso Final</b>	16
<b>4.6 Entradas y salidas del diseño</b>	17
<b>4.6.1 SIPOC</b>	17
<b>ALCANCE</b>	18
<b>5.1 Supply chain.</b>	20
<b>MARCO DE REFERENCIA</b>	20
<b>6.1 MARCO TEÓRICO</b>	20
<b>6.1.1 Plástico</b>	20
<b>6.1.2 Polietileno de alta densidad (HDPE)</b>	21
<b>6.1.3 Polietileno de baja densidad (LDPE)</b>	21
<b>6.1.4 Plástico PET</b>	21
<b>6.1.5 Vida útil</b>	25
<b>6.1.6 Residuo</b>	25

<b>6.1.7 Tipos de residuos</b>	25
6.1.7.1 Residuos sólidos urbanos (RSU)	25
6.1.7.2 Residuos de manejo especial (RME)	26
6.1.7.3 Residuos peligrosos (RP)	26
<b>6.1.8 Contaminación</b>	26
<b>6.1.9 Reciclaje</b>	26
<b>6.1.10 Transformación</b>	26
6.1.10.1 Transformación física	26
6.1.10.2 Transformación química	27
<b>6.2 MARCO DE REFERENCIA</b>	27
<b>6.2.1 El plástico en la actualidad</b>	27
<b>6.2.2 Nombre del proyecto: Diseclar</b>	28
<b>6.3 MARCO NORMATIVO</b>	28
<b>6.3.1 Normativa para el uso del plástico</b>	28
Proyecto de ley 175-2018C	28
Proyecto de ley de 2008 Senado	29
Resolución No 829 de 2011	30
Proyecto de ley de 2019	30
<b>ANÁLISIS DE RESTRICCIONES</b>	30
<b>7.1 Ambientales</b>	30
<b>7.2 Capacidad de fabricación</b>	31
<b>7.3 Salud y seguridad</b>	32
<b>ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN</b>	34
<b>8.1 Posibles soluciones</b>	34
<b>8.1.1 Evaluación de alternativas</b>	37
<b>8.2 Mejor alternativa seleccionada</b>	37
<b>8.2.1 Solución híbrida:</b>	37
<b>ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA PARA LA SOLUCIÓN Y EL DIMENSIONAMIENTO LOS COMPONENTES</b>	38
<b>9.1 Recolección</b>	38

<b>9.2 Manejo de residuos</b>	40
<b>9.3 ¿Qué se va a recolectar?</b>	40
<b>9.4 Paso a paso</b>	41
<b>PROTOTIPADO O DISEÑO CONCEPTUAL</b>	47
10.1 Diseño conceptual (Análisis de posibles productos)	47
10.2 Diseño del producto.	50
10.2.1 Croquizado de pieza	51
10.2.2 Trabajo en superficies.	52
10.2.3 Acabados.	53
10.2.4 Asignación de material.	53
10.2.5 Plano de pieza.	56
10.4 Diseño de Planta	63
10.4.1 Insumos (Maquinaria)	64
10.4.2 Diseño de sistema de inyección	66
10.5 Simulación de condiciones en planta	69
ASPEN PLUS	69
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	71
<b>REFERENCIAS</b>	71

## ÍNDICE DE IMÁGENES

1.	<b>Figura 1.</b> Análisis del árbol de problemas	
2.	<b>Figura 2.</b> Diagrama de requerimientos.	14
3.	<b>Figura 3.</b> Entradas y salidas del sistema de diseño.	16
4.	<b>Figura 4.</b> SIPOC.	17
5.	<b>Figura 5.</b> Diagrama de proceso en bloques.	18
6.	<b>Figura 6.</b> Mapa de zonas de recolección.	18
7.	<b>Figura 7.</b> Diagrama supply chain.	19
8.	<b>Figura 8.</b> Estructura química del PET	22
9.	<b>Figura 9.</b> Producción de plástico a escala mundial.	27
10.	<b>Figura 10.</b> Identificación de plásticos.	30
11.	<b>Figura 11.</b> Molino triturador de plástico industrial.	30
12.	<b>Figura 12.</b> Planos de dimensiones de productos	32
13.	<b>Figura 13.</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

1.	<b>Tabla 1.</b> Datos técnicos del Polietileno Tereftalato	24
2.	<b>Tabla 2.</b> Alternativas	33
3.	<b>Tabla 3.</b> Ventajas y desventajas de las alternativas.	34

## RESUMEN

El plástico y su impacto en ambientes naturales, ha sido una preocupación en estos últimos años. Si bien reemplazar el plástico por otros materiales de mayor duración o más amigables con el ambiente permite una disminución en el plástico producido en el mundo, aún queda la pregunta sobre qué hacer con el plástico que ya ha sido producido, desechado y está generando un impacto en el ambiente. En este proyecto se contempla la posibilidad de utilizar los residuos de polietileno de baja y alta densidad, presente como el plástico de un solo uso, conocido como el residuo inorgánico con mayor presencia en vertederos y entornos naturales, para la fabricación de elementos domésticos y de oficina con una vida útil más larga que su materia prima, a través de la recolección del y limpieza del material, para su posterior transformación. Uno de los beneficios que traerá este proyecto es la reducción de los desechos plásticos y la fabricación de elementos que requieran de este material en su producción, lo que conlleva a la disminución de la presencia del plástico de un solo uso en los vertederos o el ambiente natural.

Con base en la anterior caracterización del problema establecido, es posible decir que la implementación de este proyecto contribuirá de forma directa a la reducción del plástico como un residuo problema en la ciudad de Bogotá. Teniendo en cuenta la fundamentación del proyecto, la cual implica el reciclaje de plásticos, específicamente Polietileno de baja y de alta densidad, se llevará a cabo una transformación de este, con el fin de ofrecer un nuevo producto que pueda vincularse una vez más al proceso productivo.

También, debido a la naturaleza y origen de la materia prima, se pretende que el precio final del producto permite una mayor accesibilidad a personas de escasos recursos económicos.

**Palabras clave:** plástico de un solo uso, polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, transformación, vida útil, materia prima.

## **ABSTRACT**

Plastic and its impact on natural environments have been a concern in recent years. Although replacing plastic with other materials that last longer or are more environmentally friendly allows a decrease in the plastic produced in the world, there is still the question of what to do with plastic that has already been produced, discarded and is generating an impact in the environment. This project contemplates the possibility of using low and high-density polyethylene waste, present as single-use plastic, known as the inorganic waste with the greatest presence in landfills and natural environments, for the manufacture of household and office items with a longer useful life than its raw material, through the collection of and cleaning of the material, for its subsequent transformation. One of the benefits that this project will bring is the reduction of plastic waste and the manufacture of elements that require this material in its production, which will lead to a decrease in the presence of single-use plastic in landfills or the environment. De

Based on the previous characterization of the established problem, it is possible to say that the implementation of this project will contribute directly to the reduction of plastic as a problem waste in the city of Bogotá. Considering the foundation of the project, which involves the recycling of plastics, specifically Low- and High-Density Polyethylene, a transformation will be carried out in order to offer a new product that can once again be linked to the process productive.

Also, due to the nature and origin of the raw material, it is intended that the final price of the product allows greater accessibility to people with limited economic resources.

**Keywords:** single-use plastic, low-density polyethylene, high-density polyethylene, transformation, service life, raw material.

## 1. INTRODUCCIÓN

El plástico es uno de los materiales que han revolucionado la industria desde su creación y comercialización. Debido a la versatilidad de sus características, al ser un material flexible, resistente, ligero y un aislante de la electricidad, el plástico tomó gran importancia en la industria por su fácil fabricación y moldeado. En la actualidad es bastante común encontrarse con una vasta cantidad de elementos hechos de plástico o con algún derivado de este en su estructura. Esto se debe a que puede reemplazar materiales como el metal, madera, caucho o cerámica y puede combinarse con otros materiales para mejorar sus propiedades.

A pesar de la significativa influencia que ha tenido este material en la industria y el mundo moderno y contemporáneo, el plástico ha generado también graves impactos en el ambiente. Cada año se fabrican y desechan toneladas de plástico y con el pasar del tiempo la cifra ha ido aumentando. La producción mundial de este material ha pasado de 2,3 millones de toneladas en 1950 a 407 millones en 2015 (The Circle Fisheries, 2012). Se estima que, de todo el plástico producido durante los últimos 150 años en todo el mundo, al menos el 79% de este, se encuentra acumulado en vertederos o en entornos naturales y actualmente el 57% del plástico producido mundialmente termina abandonado (R. Geyer, J. R. Jambeck, 2017).

Una de las medidas utilizadas para reducir esta problemática que ha tomado gran aceptación en la actualidad, es reemplazar el plástico por otros materiales de mayor duración o más amigables con el ambiente. Y si bien esto permite una disminución en el plástico producido en el mundo, aún queda la pregunta sobre qué hacer con el plástico que ya ha sido producido, desechado y está generando un impacto en el ambiente. En este proyecto se contempla la posibilidad de utilizar el plástico de un solo uso, conocido como el residuo inorgánico con mayor presencia en vertederos y entornos naturales, para la fabricación de elementos domésticos con una vida útil más larga que su materia prima, y de este modo reducir no solo la fabricación de plástico, sino la presencia del plástico de un solo uso en los vertederos o el ambiente natural.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema que permita la recolección, manejo, transporte, y procesamiento de productos a base de polietileno de alta y baja densidad de un solo uso en otros productos para el hogar y la oficina

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Definir las características y desempeños del sistema que permita la recolección, manejo, transporte, y procesamiento de productos a base de polietileno de alta y baja densidad de un solo uso en otros productos para el hogar y la oficina
2. Establecer los requerimientos y especificaciones del sistema que permita la recolección, manejo, transporte, y procesamiento de productos a base de polietileno de alta y baja densidad de un solo uso en otros productos para el hogar y la oficina
3. Identificar y analizar las restricciones y el marco normativo del diseño del sistema que permita la recolección, manejo, transporte, y procesamiento de productos a base de polietileno de alta y baja densidad de un solo uso en otros productos para el hogar y la oficina
4. Generar alternativas de diseño del sistema que permita la recolección, manejo, transporte, y procesamiento de productos a base de polietileno de alta y baja densidad de un solo uso en otros productos para el hogar y la oficina
5. Evaluar y seleccionar la mejor alternativa del sistema que permita la recolección, manejo, transporte, y procesamiento de productos a base de polietileno de alta y baja densidad de un solo uso en otros productos para el hogar y la oficina
6. Definir especificaciones de ingeniería del sistema que permita la recolección, manejo, transporte, y procesamiento de productos a base de polietileno de alta y baja densidad de un solo uso en otros productos para el hogar y la oficina
7. Analizar los costos del sistema que permita la recolección, manejo, transporte, y procesamiento de productos a base de polietileno de alta y baja densidad de un solo uso en otros productos para el hogar y la oficina.

### 3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

#### 3.1 Antecedentes del problema

Uno de los problemas más grandes que tiene Bogotá es el plástico, pero ¿que es un plástico? un plástico se puede definir como “...cualquier material que, mediante una compresión o calor, puede cambiar de forma y conservar esta nueva de modo permanente. Además, tiene la condición de estar principalmente compuesto por polímeros, como la celulosa. En un 99% de plásticos debe usar etanol.”(GREENPEACE, 2018) a esto también se le atribuye que “Más del 90% de los plásticos producidos provienen de combustibles fósiles.”(GREENPEACE, 2018) y esto “...representa aproximadamente el 6% del consumo mundial de petróleo.”, de acuerdo a predicciones publicadas por (GREENPEACE, 2018) “...el sector de los plásticos representará el 20% del consumo total de petróleo y el 15% del presupuesto anual mundial de carbono para 2050, según establecen las metas establecidas en el Acuerdo climático de París.”.

Los plásticos se pueden clasificar en dos: en termoestables o en termoplásticos “los termoestables son aquellos que están formados por estructuras básicas de polímeros” (ANIXER, 2017). y “El Termoplástico está compuesto de cadenas de moléculas como el polietileno” (ANIXER, 2017) el cual tiene la “habilidad de moldear una y otra vez” (ANIXER, 2017).

Publicaciones hechas por “...Hundertmark y col. (...) en 2016 se generaron 260 Mt de residuos...” (Martínez Urreaga, 2019). a nivel mundial “...de los que sólo se reciclaron el 12 % (reciclado mecánico en su gran mayoría). La mayor parte de los residuos acabó en vertederos (40 %), incinerados (25 %) o en vertidos incontrolados o pérdidas, el peor destino (23 %).” (Martínez Urreaga, 2019) pero “En Colombia se generan un millón de toneladas de residuos plásticos al año...” (Gil Gutierrez, 2019). “Los cálculos de la Procuraduría indican que cada día una persona utiliza 60 gramos de plástico, lo que al final del mes puede significar 2 kilos de este residuo por habitante.” (Gil Gutierrez, 2019). se observa que “...el porcentaje de reciclaje de este solo alcanza el 7 %. Entonces, el restante 93 %, en palabras del procurador, “termina siempre acumulado en los rellenos sanitarios o se arroja a las montañas, a los valles, y al río””. (Gil Gutierrez, 2019).

El problema hoy en día sobre la situación del plástico es “Mucho del plástico que producimos está diseñado para ser desechado después de haber sido utilizado una sola vez” (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), 2015).

En Colombia se observa un “consumo per cápita...” (ambientum, 2018). precisado por “...Gómez...” el cual indica que “...el 56% es plástico de uso único como pitillos, cubiertos, tapas de refresco o envases de jugo.” (ambientum, 2018). “En el caso de Bogotá, la cifra alcanza las 7.500 toneladas al día, de las que se recicla un 15%. Estos datos, señaló la vocera, “permiten establecer que se necesita lanzar una voz de alarma con respecto al verdadero tsunami de plástico que enfrentan sitios como las costas colombianas”.”. (ambientum, 2018).

Además, a largo plazo puede traer consecuencias “Si no mejoramos nuestros patrones de consumo y nuestras prácticas de gestión de residuos, para el año 2050 habrá aproximadamente 12 millones de toneladas métricas de basura plástica en los vertederos de basura y en el medio ambiente. “(Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), 2015). Para el año 2017 se esperaba “En este contexto, el aumento en un 20% de la tasa de reciclaje (hasta alcanzar el 50%) y la producción de botellas con un 50% de contenido en PET reciclado permiten evitar la emisión de 580 kg de CO2 por tonelada de botellas.” (TECNALIA, 2017). Pero en 2019 se publicó que se produce “...un millón de toneladas por año de plásticos del que solo se recicla un 7 por ciento...” (Cámara de comercio de Bogotá, 2019).

Los desechos para reciclar son numerosos; no hay disculpa, es necesario actuar y reciclar todos aquellos “residuos de envases y empaques de ventas primarios, secundarios o de único uso, entendidos como todo recipiente, embalajes o envoltorios de papel, cartón, plástico, vidrio y metal puestos en el mercado nacional para servir como unidad de venta al consumidor final”.” (Cámara de comercio de Bogotá, 2019). Y esto se “...consigna la Resolución 1407 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.”. (Cámara de comercio de Bogotá, 2019).

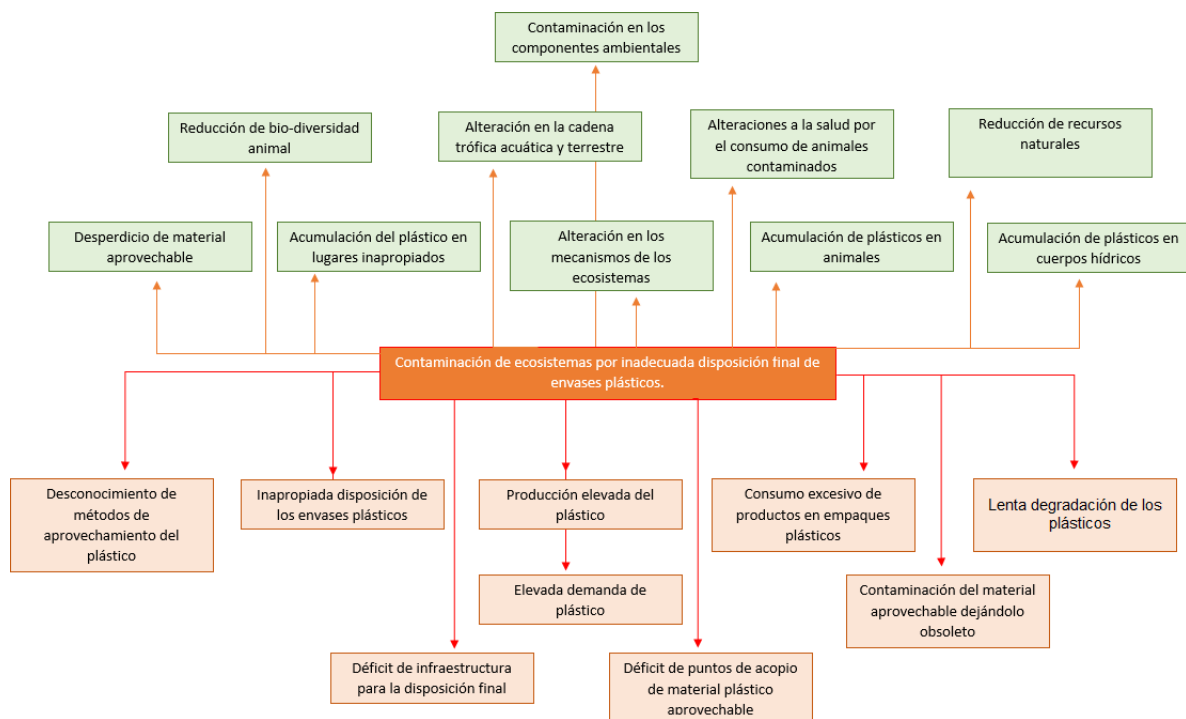
El plástico surge como una alternativa al descenso en las reservas de marfil, en 1860 el inventor John Hyatt, crea un material moldeable a base de disolver celulosa (un hidrato de carbono obtenido de las plantas) el cual respondió de rápida para la sustitución del marfil, no obstante, en 1907 el químico Leo Baekeland fue pionero en los plásticos modernos inventando la baquelita, un material totalmente sintético y termoestable, según la empresa Arte plástica (Arte plástica, 2017).

El plástico es un material altamente resistente y duradero, está sometido a los más altos estándares calidad debido a que estos no solo son utilizados como productos sino también, como contenedores de alimentos y elementos químicos evitando desperdicios, así lo afirma (Nort Planet, 20018), no obstante, el plástico arribó a nuestro día a día con su producción masiva luego de la industrialización, con el paso de los años se fue afianzando cada vez más como un material necesario para casi cualquier producto en la industria. Actualmente, según la Organización de las Naciones Unidas cada año se producen más de

400 millones de toneladas de plástico en el mundo y tan sólo el 9% de los desperdicios son reciclados.

Únicamente en Colombia se consumen alrededor de 1'250.000 toneladas de plástico por año, y sólo el 7% es reciclado de todo el plástico, el 74% de los envases termina en rellenos sanitarios, y el resto perdura en valles, montañas y ríos, así lo afirma el espectador (BIBO, 2019). En Bogotá a diario se concentran grandes cantidades de plástico en las calles de la ciudad, sobre todo en el sector del centro en donde abunda el comercio (Téllez, 2012). Por esta razón, al ser los integrantes del proyecto, estudiantes de ingeniería ambiental, surge la idea de poder alargar la vida útil del plástico de la ciudad de Bogotá y reintegrar a la cadena de valor, al desarrollar un sistema de recolección y transformación de residuos de productos de polietileno de alta densidad presentes en los plásticos de un solo uso, generando nuevos productos con este material que puedan usarse más de una vez.

### 3.2 Análisis del árbol de problemas



**Figura 1.** Análisis del árbol de problemas

*Fuente: Elaboración propia*

Se analiza como problema principal: Contaminación de ecosistemas por inadecuada disposición de envases plásticos.

A partir de ello, se analizan las causas de la problemática planteada, donde pueden encontrarse la degradación lenta de los plásticos, el desconocimiento de los métodos existentes para el aprovechamiento del plástico, que la principal materia prima utilizada para la fabricación de este material no es renovable, la creciente producción de diferentes productos plásticos, el excesivo consumo de empaques plásticos y la acumulación de residuos plásticos en el ambiente debido a una ineficiente gestión de estos, el déficit en la infraestructura para su disposición final o la falta de una.

Debido a esto, se producen efectos tales como una alta concentración de residuos plásticos en vertederos y rellenos sanitarios por el desperdicio de este material aprovechable, debido al poco reciclaje que se hace de este material, la liberación de contaminantes al ambiente debido a los químicos utilizados para producir los plásticos, la contaminación de los océanos y mares, provocando que animales marinos ingieran residuos plásticos al confundirlo con alimento, lo que puede reducir la biodiversidad acuática, y así mismo, que hayan animales heridos, inmóviles o muertos por encontrarse con materiales plásticos. Del mismo modo, así como influye en la reducción de fauna y flora acuática, también puede presentar alteraciones en la salud de las personas por consumo de animales contaminados con plástico, generando la alteración de la cadena trófica tanto acuática como terrestre.

### **3.3 El Problema**

Con este proyecto se busca desarrollar un sistema de recolección y transformación de residuos de polietileno de alta densidad presente en los productos plásticos de un solo uso, para la fabricación de nuevos productos que puedan usarse más de una vez.

Es necesario, elaborar un diseño detallado que explique el proceso y estrategia para la recolección del material, su selección y transformación en el producto final, de manera que con su implementación se logre una reducción considerable de la concentración de residuos plásticos de un solo uso en rellenos sanitarios y ambientes naturales.

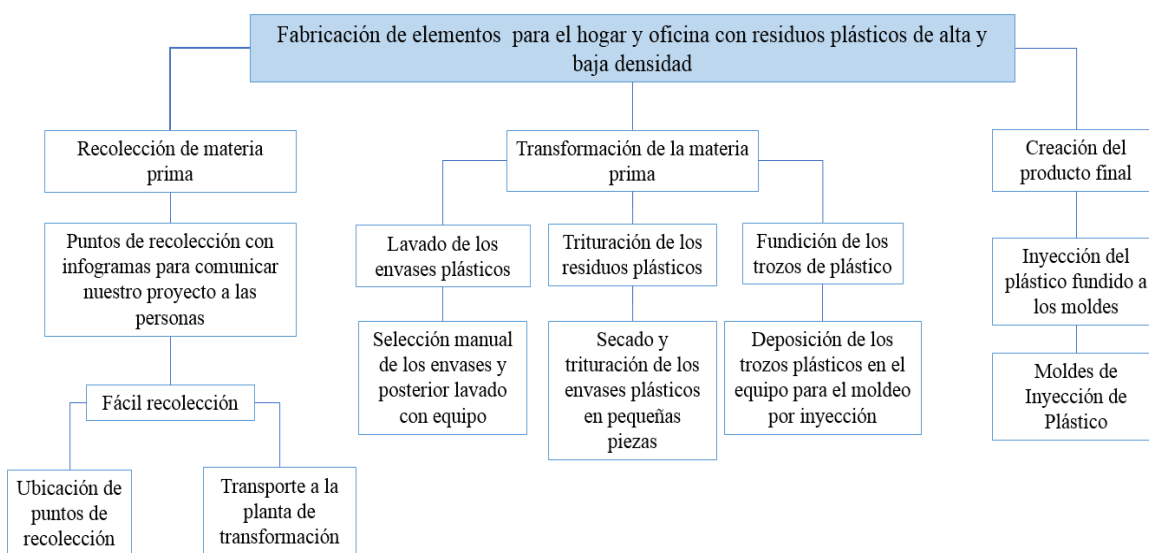
### **3.4 Pregunta problema**

¿Cómo desarrollar un sistema de recolección y transformación de residuos plásticos en mobiliario para el hogar y la oficina para reducir la proporción de plásticos descartados en la ciudad de Bogotá y la presencia de plástico de un solo uso (polietileno de alta densidad) en

los medios acuáticos y terrestres mediante su recolección, tratamiento y posterior transformación en nuevos artículos?

#### 4. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS O ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Estos son los requerimientos considerados para el sistema de fabricación del producto a diseñar.



**Figura 2.** Diagrama de requerimientos.

*Fuente: Autores*

Los requerimientos definidos por los autores fueron:

##### 4.1 Puntos de recolección estratégicamente ubicados

Los puntos de recolección se posicionarán en la parte norte de la ciudad de la Bogotá, cerca de zonas residenciales, donde además de encontrarse el contenedor para la disposición de los empaques, estará un infograma que explique a las personas qué clase materiales depositar y lo que se hará con estos, junto con la información de contacto.

#### 4.2 Sistema de recolección y transporte a la planta de transformación

Se espera contar con camiones propios que se encarguen de realizar la tarea de recolección en cada punto designado para el posterior traslado del material a la planta de transformación.

#### 4.3 Sistema de selección manual de los materiales aprovechables

Una vez el material recolectado llegue a la planta, este será depositado en una banda transportadora, en donde se realizará una selección de los envases de manera manual y se descartó el material no aprovechable.

#### 4.4 Sistema de lavado del material mediante equipos de limpieza

El material aceptado, pasará a través de la banda transportadora a un equipo para su adecuada limpieza y secado.

#### 4.5 Proceso Final

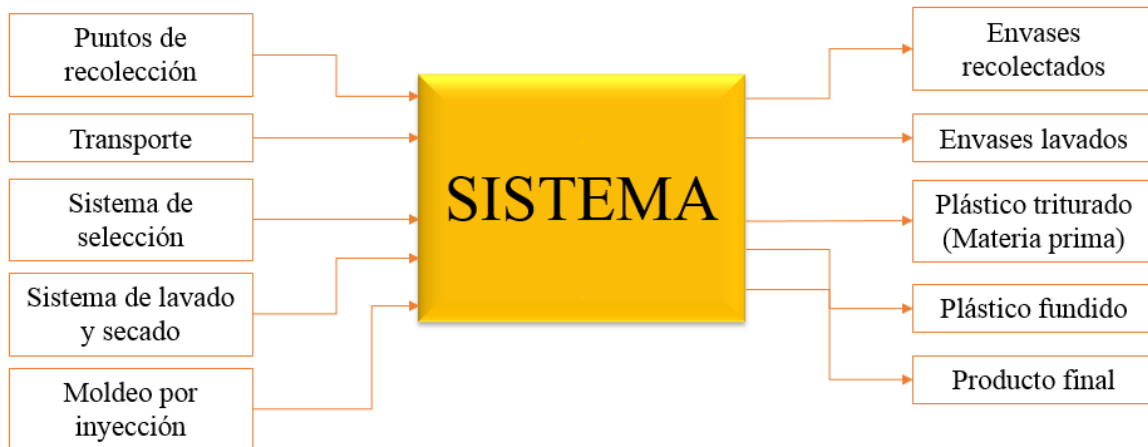
Después del lavado y secado del material, este será depositado en un sistema de moldeo por inyección para su trituración, donde se tendrá la obtención de la materia prima, luego la fundición y posterior moldeo de esta para la obtención del producto final.

Los desempeños definidos por los autores fueron:

- **Accesible:** La transformación de la materia prima y la comercialización del producto deben permitir que el precio de este esté al alcance de familias entre el estrato 2 y 3.
- **Práctico:** El producto debe ser fácil de entender y de usar por el consumidor.
- **Funcional:** El producto debe satisfacer las necesidades de mobiliario que presente el consumidor.

- **Resistente:** El producto debe ser capaz de resistir un peso de al menos 100 kg sin que su estructura o forma se vean alteradas.
- **Duradero:** El producto debe tener una vida útil de al menos 2 años.

#### 4.6 Entradas y salidas del diseño

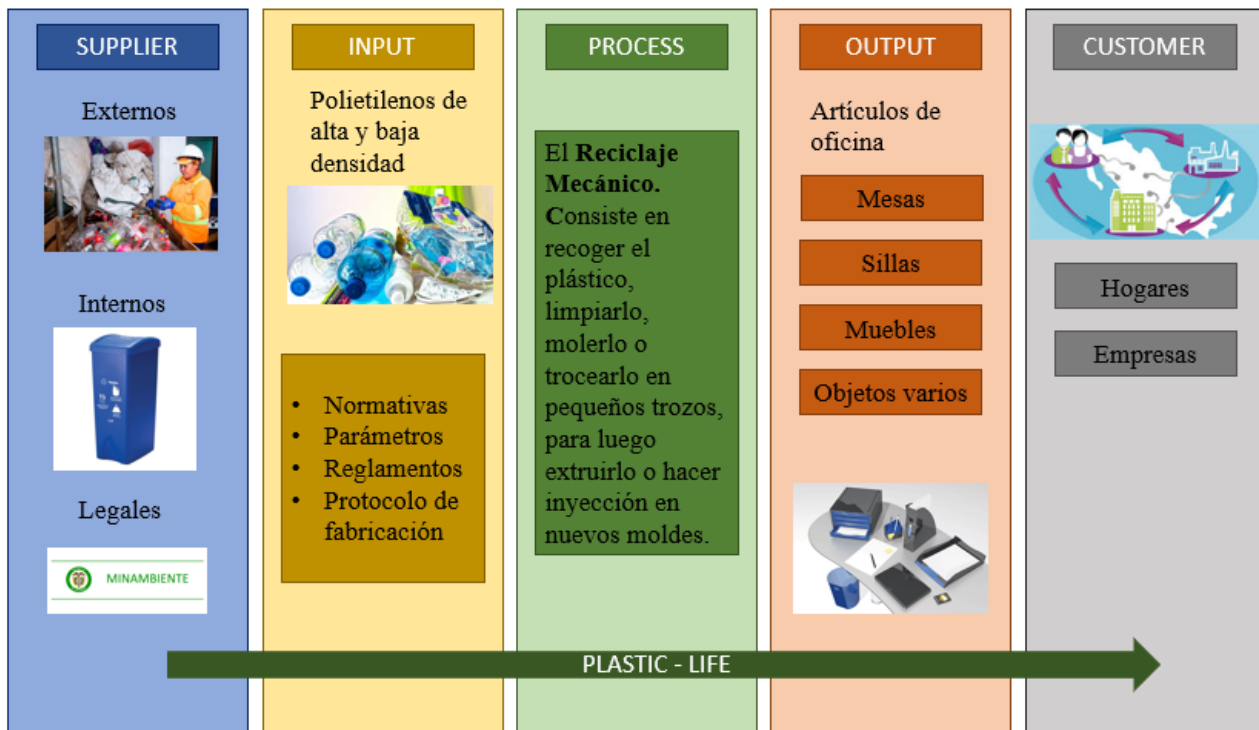


**Figura 3.** Entradas y salidas del sistema de diseño.

*Fuente: Autores*

#### 4.6.1 SIPOC

Este es el correspondiente análisis del proceso productivo de nuestra idea de negocio el cual nos demuestra a detalle cada una de las variables del sipoc, de este modo comprender cada variable y su función dentro del sistema. Ver la Figura 1.



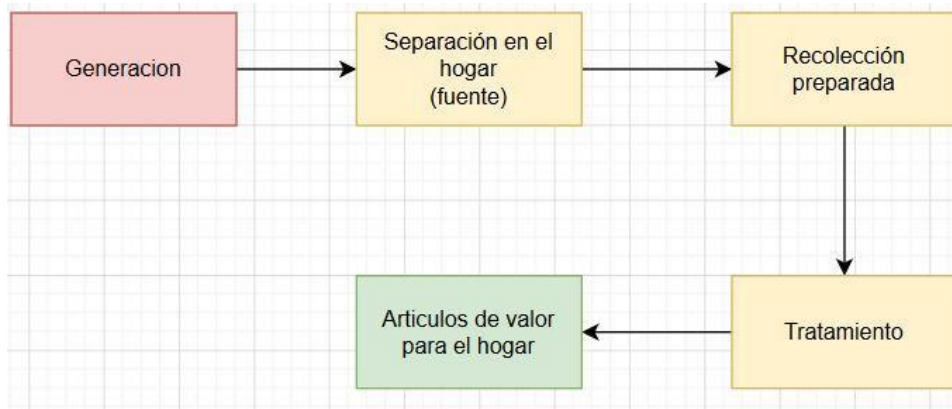
**Figura 4.** SIPOC.

*Fuente: Autores*

El análisis SIPOC nos permite ver la cadena de valor de una organización, identificando los principales actores en la organización y ver como los insumos o input se logran transformar hasta llegar al cliente. En este diagrama (Figura 1), se puede observar cómo hay clientes y proveedores tanto internos como externos, es decir, algunos clientes estaban al interior de la organización, como, por ejemplo, el departamento de almacenamiento es el proveedor de producción y los departamentos como los de distribución y mercadeo son los clientes del departamento de producción.

## ALCANCE

Se pretende realizar una ruta de recolección, en la ciudad de Bogotá D.C, siguiendo el esquema que se muestra a continuación.



**Figura 5.** Diagrama de proceso en bloques.

*Fuente: Autores*

De acuerdo con un informe expedido por el distrito, Las localidades de Chapinero y Barrios unidos, presentan dificultades en el sistema de recolección de residuos, De acuerdo con ello, se busca trazar la ruta de recolección a lo largo de estos dos asentamientos.

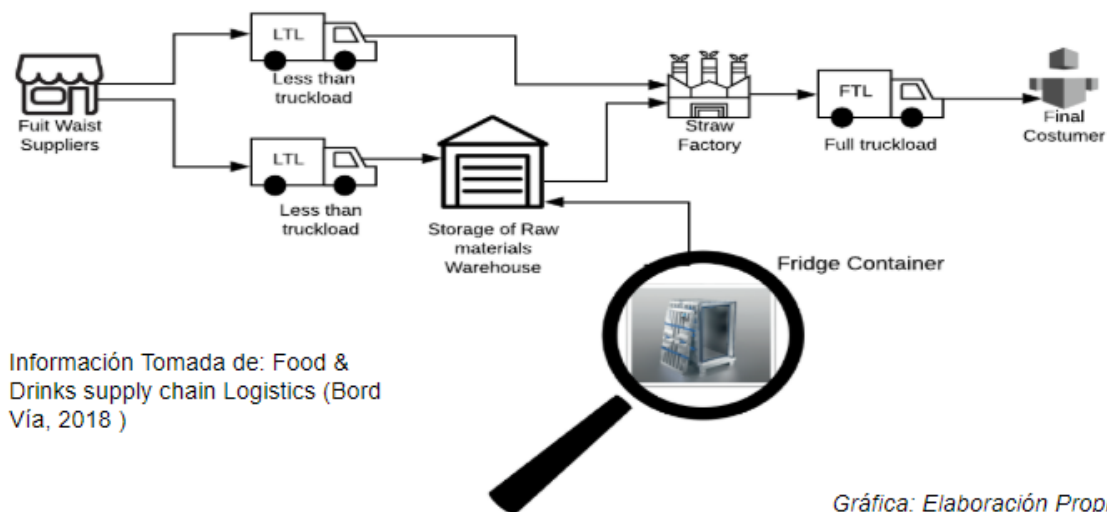


**Figura 6.** Mapa de zonas de recolección.

*Fuente: Autores*

## 5.1 Supply chain.

La cadena de suministro es un proceso que nos permite realizar el análisis de la materia prima desde su obtención hasta la llegada al consumidor. En este sentido se debe establecer claridad en cuanto a los proveedores, como se va a transportar, donde se va a transformar o producir y el almacenamiento, y todo esto en función de tiempo. Este proceso se ilustra en la siguiente imagen.



**Figura 7.** Diagrama supply chain.

*Fuente: Autores*

## 5. MARCO DE REFERENCIA

### 6.1 MARCO TEÓRICO

#### 6.1.1 Plástico

Conjunto de macromoléculas orgánicas de material sintético derivado del petróleo, obtenido mediante procesos de polimerización. El plástico se desarrolló a finales del siglo XIX, como un material que pudiera reemplazar el marfil usado en la fabricación de bolas de billar y tuvo su auge en el siglo XX por su resistencia y maleabilidad (Raffino, 2020).

### **6.1.2 Polietileno de alta densidad (HDPE)**

Polímero de cadena lineal de escasas ramificaciones, lo que permite que tenga una mayor fuerza intermolecular y una mejor resistencia a las altas temperaturas, pues este material puede soportar hasta 120°C (Rodríguez, 1997). En la naturaleza el PEAD es traslúcido y flexible, por el contrario, el PET es naturalmente amorfo-transparente cristalino. (Sepúlveda, 2019)

### **6.1.3 Polietileno de baja densidad (LDPE)**

Polímero termoplástico derivado petróleo, con diversas ramificaciones de los átomos de carbón, lo que genera que tenga una fuerza intermolecular más débil y una baja resistencia a la atracción (Rodríguez, 1997).

### **6.1.4 Plástico PET**

La primera vez que se habló del tereftalato de polietileno (PET) Fue producido por primera vez por los británicos Whinfield y Dickson en 1941, en plena 2 guerra mundial, quienes estaban investigando poliésteres termoplásticos para la fabricación de fibras con el objetivo de sustituir las fibras naturales como el algodón o el lino provenientes de Egipto (pág. 120) (Arnaiz Arnaiz, 2016), pero comercializado por primera vez en 1953 siendo inicialmente utilizado en la industria textil y luego para envolturas como película plástica (Carvajal Vargas A.L (2017))

Pero también debemos empezar a hablar acerca del PET y conocer más de las características de los plásticos y su clasificación, con esto “Los plásticos se caracterizan por su alta relación entre resistencia y densidad, siendo excelentes aisladores térmicos y eléctricos con una buena resistencia a los ácidos álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestas pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas es decir que estas se ablandan al calor, mientras que las entrecruzadas son termo endurecibles esto quiere decir que se endurecen con calor.” (Hachi Quintana, J. G., & Rodríguez Mejía, J. D. (2010).).

En la clasificación de los plásticos, en el término de plasticidad por elevación de temperaturas, estos se clasifican en termoplásticos y termoestables.

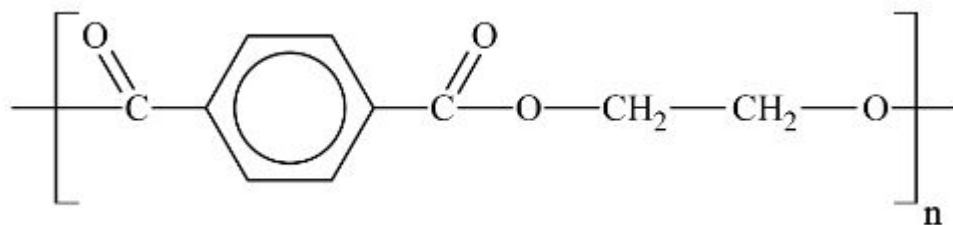
- Termoplásticos: Estos plásticos al momento de llegar altas temperatura, fluyen como líquidos viscosos, pero al momento de que esta temperatura baja o se enfrían tienden a solidificarse. Este proceso de subir y bajar la temperatura puede hacerse las veces que sean necesarias sin llegar a perder las propiedades del plástico. “Este tipo de plástico componen aproximadamente el 85% de los plásticos consumidos y son reciclables” (Hachi Quintana, J. G., & Rodríguez Mejía, J. D. (2010).). Algunos de los termoplásticos más comunes son el Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, Cloruro de Polivinilo, Nylon y Polietileno Tereftalato.
- Termoestables: Estos plásticos por el contrario el momento de aplicar calor se funden y se solidifican cuando se le aplica aún más calor. “Estos no se pueden ser recalentados y remodelados, pero pueden reprocesarse por fusión. Estos polímeros generalmente son más resistentes, aunque más frágiles, que los termoplásticos.” (Hachi Quintana, J. G., & Rodríguez Mejía, J. D. (2010).). Los principales plásticos termoestables son la Resina de Poliéster, Melamina Formaldehído, Urea Formaldehído. Fenol Formaldehído (Bakelita).

El tereftalato de polietileno, “Es un polímero termoplástico producido por polimerización de etilenglicol con ácido tereftálico. Su uso masivo en el sector del envase se inició en la década de los 90 del pasado siglo debido a las facilidades que ofrecía para el envasado y embalaje por la variedad de formas y colores en que se podía procesar y las ventajas de su bajo peso” (Reina pari, 2016. P.14).” El PET está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar etilenglicol” (Quevedo, Guaman, 2011.P.06). Este puede ser transformado por medio de procesos de extrusión, inyección, soplado y termoformado. Este es un material lineal, con gran dureza y transparencia, su dureza es resistente al impacto, rotura y al fuego. Es un material totalmente reciclable, de igual manera este genera un humo no tóxico y no emite sustancias tóxicas, este actúa como barrera contra los gases. El PET, es uno de los plásticos más utilizados, tanto en la elaboración de fibras textiles como para botellas descartables, debido a las excelentes propiedades que presenta como la de ser liviano y altamente resistente. “Su uso masivo y alta resistencia a la degradación hacen que la acumulación de desechos de PET se incremente considerablemente, por lo que es importante el desarrollo de alternativas para su reutilización. Como posible solución a este problema se encuentran el reciclaje mecánico, el más común, y el químico.” (Patzun 1997; pp. 1373-1383) Podemos distinguir tres tipos de plástico según su grado:

**Textil:** Reemplaza las fibras naturales, como lo es el algodón o el lino.

**Botella:** Al ser un material que está en contacto con bebidas y alimentos, de igual manera ayuda a mantener el aroma y sabor de estos.

**Film:** Sus usos más aplicados en el día a día es en las fotografías y rayos x.



**Figura 8.** Estructura química del PET

*Fuente: (arapack, 2018, recuperado de <https://www.arapack.com/faq/que-es-el-pet/>)*

Debemos tener en cuenta el tiempo que tarda un polímero de degradarse y después de analizar el estudio desarrollado por (Bastos Porras, Hernández Saray, & Oliveros Ossa, 2016) en donde encontramos:

Que el polímero tarda alrededor de 100 años en degradarse, actualmente en el mundo se recicla el 20% del envase (PET) de los 12 millones de toneladas que se usan, debido a que la gran cantidad restante sin reciclar se ha convertido en un contaminante potencial (pág. 6)

Por otra parte, podemos encontrar que, en Colombia, actualmente se utiliza cada año cerca de 85900 toneladas de plástico. De estas solo el 28% son recicladas, dejando el 72% de plástico quemado generando grandes contenidos de dióxido de carbono o enterrado contaminando los suelos por más de 1000 años que es lo que tarda el plástico en degradarse completamente. (page.3). (Gasca ramos, Hernández Barreto, & Wintaco Urrea, 2016)

Como alternativa al reciclaje mecánico, el PET (Trituración del material hasta llegar a una concentración deseada, que no es tan efectiva debido a la calidad del material que se obtiene y lo difícil de trabajarlo adicionalmente sus pocas aplicaciones) puede reciclarse químicamente. “Este método implica cambios químicos en el material de partida, pudiéndose obtener la materia prima para producir nuevamente PET o productos para la elaboración de otros materiales con distintas propiedades y características. Los procesos químicos estudiados para la despolimerización de PET se pueden dividir en cinco grupos: metanólisis,

hidrólisis, aminólisis, glicólisis y otros métodos. De todos estos, el metaanálisis, hidrólisis y sobre todo el glicólisis, son los procesos más utilizados” (Shukla 2012; pp. 1765-1770).

Estos plásticos se caracterizan por poseer una alta resistencia en su densidad, aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, además de tener unas características específicas como lo es el buen comportamiento ante esfuerzos permanentes, alta resistencia al desgaste, un buen coeficiente de deslizamiento, resistencia química, buenas propiedades térmicas.

<b>DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENO- TEREFTALATO (PET)</b>		
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>		
Peso específico	134	g/cm <sup>3</sup>
Resistencia ala tracción	825	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	1450	kg/cm <sup>2</sup>
Alargamientos a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	28550	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al desgaste por roce	MUY BUENA	
Absorción de humedad	0.25	%
<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		
Temperatura de fusión	255	°C
Conductividad térmica	BAJA	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coeficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0.00008	mm por °C
<b>PROPIEDADES QUÍMICAS</b>		

Resistencia a álcalis débiles a Temperatura Ambiente	BUENA
Resistencia a ácidos débiles a Temperaturas Ambiente	BUENA
Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad
Propagación de llama	Mantienen la llama
Comportamiento al quemado	Gotea

**Tabla 1.** Datos técnicos del Polietileno Tereftalato

*Fuente: (Echeverría Garro, E. R. (2017). Recuperado de: <http://repositorio.unc.edu.pe/>)*

### 6.1.5 Vida útil

Término usado generalmente en contabilidad y economía. se entiende por vida útil el periodo en el que se espera que un producto o activo permanezca cumpliendo las funciones para las que fue diseñado, algunos factores que influyen en la vida útil de un elemento son los naturales o el desgaste por el uso (García, 2017).

### 6.1.6 Residuo

Según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) 2003, los residuos son materiales o productos que son desechados por su propietario y pueden encontrarse en estado sólido, líquido o gaseoso. Un residuo es un material que ha perdido su utilidad una vez es utilizado para cumplir la actividad o trabajo para la que fue destinado.

### 6.1.7 Tipos de residuos

#### 6.1.7.1 Residuos sólidos urbanos (RSU)

Son aquellos generados en los hogares mediante la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas, cualquier actividad que se realice en las casas con características domiciliarias que terminen en vías y lugares públicos (DOF, 2003).

#### **6.1.7.2 Residuos de manejo especial (RME)**

Según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) (2003), los residuos de manejo especial son aquellos generados en los procesos productivos que no pueden catalogarse como residuos peligrosos o residuos sólidos urbanos, como los residuos eléctricos y electrónicos.

#### **6.1.7.3 Residuos peligrosos (RP)**

Según el Decreto 4741 de 2005, unificado en el año 2015 en el Título 6 del Decreto 1076, los residuos peligrosos son aquellos que representan un riesgo, daño o efectos no deseados a la salud humana y el ambiente debido a sus características tóxicas, inflamables, reactivas, explosivas, corrosivas, infecciosas o radiactivas.

#### **6.1.8 Contaminación**

Se califica como contaminación a la introducción de un agente contaminante, ya sea líquido, sólido o gaseoso, físico, químico o biológico, que genera un impacto negativo al medio donde ingresa, puede ser agua (contaminación hídrica), suelo (contaminación del suelo) o aire (contaminación atmosférica) (Raffino, 2019).

#### **6.1.9 Reciclaje**

Se conoce como reciclaje a la acción de transformar ciertos residuos en materia prima u otros productos para reintegrarse en ciertas actividades industriales, empresariales o del consumo cotidiano, permitiendo que sea reutilizado en la cadena productiva, con el fin de extender la vida útil de este material y reducir así la acumulación de desechos (Raffino, 2019).

#### **6.1.10 Transformación**

Puede entenderse como transformación la acción de cambiar de forma o un estado a otro. (Merino, 2013).

##### **6.1.10.1 Transformación física**

En una transformación física, se modifican ciertas propiedades de la sustancia o elemento, pero no se busca formar una nueva (Babor, Ibarz, 1968).

### **6.1.10.2 Transformación química**

En una transformación química se modifican profundamente todas las propiedades de la sustancia o elemento, lo que obligatoriamente termina por generar una completamente nueva (Babor, Ibarz, 1968).

## **6.2 MARCO DE REFERENCIA**

### **6.2.1 El plástico en la actualidad**

El plástico es uno de los materiales más utilizados en todo el mundo, debido a la naturaleza de este, que le otorga una ventaja en cuanto a la perdurabilidad frente a otros. Sin embargo, actualmente también ha logrado convertirse en uno de los problemas sociales y medioambientales más grandes, su alta producción y sus diferentes aleaciones han conseguido posicionarlo como uno de los materiales que menos son reciclados (Plásticos de un solo uso), aumentando paulatinamente sus residuos.

Según un informe presentado por la agremiación de productores de plásticos ACOPLÁSTICOS, "Este es un sector intermedio que actúa como proveedor de varias actividades económicas, lo que indica cómo le va a la economía del país." (Mitchell, Daniel, 2018). La industria plástica en Colombia representaba hasta el año 2018 aproximadamente el 15% del PIB manufacturero de todo el país, dividiéndose principalmente en los siguientes intermediarios del sector: fabricantes de embalaje representando más de la mitad del total; envases representa la quinta parte; plásticos para la construcción representa solo el 10% y finalmente el restante corresponde a otro tipo de industrias dentro del país. (Acoplásticos, 2012).



*Ilustración 3: Producción de plástico. Fuente: Statista, plasticsEurope.*

**Figura 9.** Producción de plástico a escala mundial.

*Fuente: Statista, PlasticsEurope*

### 6.2.2 Nombre del proyecto: **Diseclar**

Diseclar es una empresa encargada de transformar el plástico reciclado y los desechos agroindustriales en perfiles sustentables para producir mobiliario y acabados arquitectónicos. Los productos que construyen son: pérgolas, bancas, Juego español, asoleadoras, perfiles, entre otros. Garantizan un producto más duradero y amigable con el medio ambiente al reemplazar la madera por el plástico reciclado con fibra vegetal en sus productos mobiliarios.

## 6.3 MARCO NORMATIVO

### 6.3.1 Normativa para el uso del plástico

- Proyecto de ley 175-2018C

El objeto de la presente ley es prohibir en el territorio nacional a partir del año 2030, la fabricación, importación, venta y distribución de plásticos de un solo uso y se dictan

otras disposiciones que permitan su sustitución y cierre de ciclos, para controlar la contaminación y proteger el medio ambiente y la salud de los seres vivos. ARTÍCULO 3°. Listado de plásticos de un solo uso prohibidos. A partir del 1 de enero del año 2030, queda prohibida la fabricación, importación, venta y distribución de los siguientes plásticos de un solo uso, en el territorio nacional:

- a) Bolsas para embalar, cargar o transportar paquetes y mercancías;
- b) Bolsas y rollos de película extensible para el empaque de alimentos a granel;
- c) Rollos de película extensible y de burbuja utilizados como envoltura con que se protegen objetos que se van a transportar;
- d) Envases y recipientes para contener o llevar alimentos de consumo inmediato;
- e) Envases y recipientes para contener alimentos (leche, aceite, etc);
- f) Botellas para agua y demás bebidas, incluyendo sus tapas;
- g) Platos, bandejas, cuchillos, tenedores, cucharas y vasos;
- h) Vasos para líquidos calientes;
- i) Mezcladores y pitillos para bebidas;
- j) Copitos de Algodón o hisopos flexibles con puntas de Algodón;
- k) Bombas de inflar y soportes plásticos de las mismas;
- l) Filtros de cigarrillos.

- Proyecto de ley de 2008 Senado

“Por medio de la cual se crea el Comité Intergremial Nacional para el Aprovechamiento de Residuos de Envases y Empaques, se restringe el uso gratuito de bolsas plásticas en tiendas, supermercados y grandes superficies en Colombia y se dictan otras disposiciones en materia de reciclaje”, tiene como objeto la protección del medio ambiente y la generación de estrategias concertadas que permitan la disminución en la generación de residuos nocivos para el medio ambiente, así como la generación de herramientas para el mejoramiento de la tecnología en la reutilización de residuos generados por bolsas plásticas, empaques, recipientes plásticos y demás materiales relacionados con desechos reutilizables.(Guerra, A. (2008))

- Resolución No 829 de 2011

Por medio de la cual el Distrito Capital por medio de la secretaría de ambiente emite la presente resolución con el fin de adoptar el programa de racionalización, reutilización y reciclaje de bolsas de polietileno, polipropileno u otra clase de materiales, entregadas en los puntos de venta y comercialización de bienes y servicios para el empaque de los productos entregados al cliente, con el propósito de minimizar el impacto ambiental que genera el uso y disposición final de estas bolsas.(Lozada, J. (2018))

- Proyecto de ley de 2019

La presente ley tiene por objeto establecer medidas tendientes a la reducción de la producción, el consumo y disposición final de los plásticos de un solo uso en el territorio nacional; regular un régimen de transición para reemplazarlos progresivamente por alternativas reutilizables, biodegradables u otras cuya degradación no genere contaminación; y crear mecanismos de financiación, lo anterior con el fin de resguardar los derechos fundamentales a la vida, salud y el goce de un ambiente sano. (Lozano Correa, A. (2019))

## **6. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES**

### **7.1 Ambientales**

Infortunadamente no todos los plásticos pueden reciclarse, especialmente aquellos utilizados para empaques de usar y tirar, también conocidos como plásticos de un solo uso, los productos plásticos más utilizados en el mundo y por ello, los que mayor preocupación ambiental generan por el manejo que debe dárseles.

Hoy día todo objeto de plástico tiene el Código de Identificación Plástico o RIC (Resin Identification Code) marcado como un número dentro de un triángulo de cantos romos. El código permite identificar el tipo de resina y las siglas el tipo de polímero plástico. Actualmente existen siete, y aquellos entre el 1 y el 6 son reciclables de una forma relativamente fácil. Para este proyecto se manejarán los residuos plásticos creados con polímeros de alta y baja densidad.

## CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN DE RESINAS DE PLÁSTICO



**Figura 10.** Identificación de plásticos.

*Fuente imagen: Reciclajes AVI S. L. U.*

### 7.2 Capacidad de fabricación

Los requerimientos para trabajar un plástico reutilizado por proceso mecánico se basan en equipos tanto de triturado como de extrusión.

En primer lugar, es necesario un molino triturador con el cual se pretende reducir el plástico a un tamaño más pequeño y homogéneo respecto a los demás plásticos adquiridos, este molino garantiza el primer paso en el reciclaje mecánico ya que asegura que el proceso de calentamiento y posterior extrusión sean posibles sin ninguna complicación como por ejemplo degradación incompleta del plástico o partículas demasiado grandes como para ser utilizadas en un molde.



**Figura 11.** Molino triturador de plástico industrial.

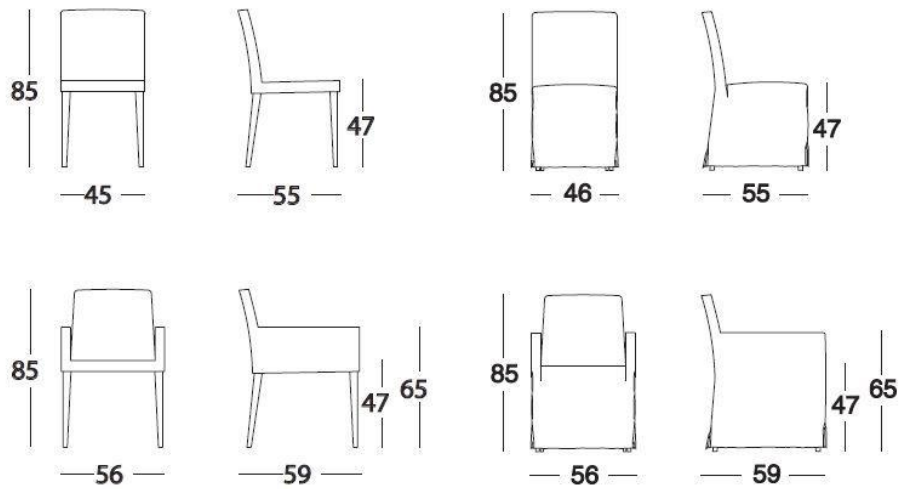
*Fuente: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/197049-Los-molinos-trituradores-en-el-proceso-de-reciclaje-de-plasticos.html>*

En el caso de que el proyecto sea llevado a una escala industrial o de producción de gran volumen uno de los factores determinantes de la capacidad de producción se basa en la adquisición de equipos como el que se muestra en la figura 3, ya que pueden procesar un gran número de botellas o productos plásticos de un solo uso al mismo tiempo y se podrían manufacturar muchos productos y artículos útiles para el hogar. En el caso de una etapa inicial de prototipado no se requiere de un triturador de tal capacidad, sería necesario el molde correspondiente al producto que se desee hacer.

### **7.3 Salud y seguridad**

Los factores limitantes o a tener en cuenta para la manufacturación de productos hechos en plástico reutilizado se basan más que todo en la resistencia de los materiales y al diseño de los propios productos, es decir, con nuestro proyecto queremos garantizar productos de calidad, por tal motivo una de nuestras características más relevantes es el material que como ya se había explicado anteriormente, es mucho más resistente que un plástico común ya que pasa por un proceso de compactación y tratamiento que permite su dureza y resistencia, adicionalmente en cuanto a temas de diseño nos enfocamos en productos que ya son comercializados actualmente, por tal motivo las especificaciones, dimensiones y funcionalidad de los productos no se ve alterada.

Tomemos el ejemplo de una silla para oficina, nosotros como Plastic Life queremos hacer la típica silla que en apariencia se ve a cualquier otra, pero con la variación de que el material del que está hecha es reutilizado y amigable con el medio ambiente. Por tal motivo el proceso de diseño no cambia las principales características de dicha silla.



**Figura 12.** Planos de dimensiones de productos

*Fuente:* <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.es%2Fpin%2F252201647861705930%2F&p>

#### 7.4 Licencias y/o permisos en el sitio de recolección

Es necesario entablar acuerdos con la comunidad o gestionar permisos con el líder de dicha localidad o representante del sitio, que autorice la recolección efectiva y transparente de los residuos sólidos generados, en especial aquellos polímeros de alta densidad, a fin de evitar riesgos futuros, y del mismo modo para afianzar las obligaciones vecinales que tiene cada habitante, frente al depósito correspondiente de los residuos en los diferentes contenedores, en especial los propuestos por plastic life.

#### 7.5 Costos de recolección y transporte

El traslado de residuos sólidos, suele ser costoso por tanto es necesario plantear una estación de transferencia, con el fin de descargar y almacenar los residuos, sin embargo estas requieren de áreas medianas a grandes para su construcción e infraestructura, por lo cual es necesario pensar en un intermediario, a medida que la demanda de recolección de residuos, aumente. Garantizando así, que el traslado se efectuará de forma eficaz.

#### 7.6 Personal no autorizado o capacitado

Es indispensable contar con personal que tenga conocimientos y habilidades en los diferentes procesos, precisando el manejo de los diferentes componentes, materiales y requerimientos en el desarrollo y acabado de inyección.

### 7.7 Satisfacción de cliente

Tener un proceso eficaz, que cumpla con las diferentes especificaciones finales del producto que se desea fabricar, para cumplir con las necesidades del cliente, del mismo modo entregar un producto de calidad, teniendo en cuenta sus beneficios funcionales, estéticos, y psicológicos. generando de esta manera ganancias estables y cada vez mayores. Para lograr esto hay que tener en cuenta el conocimiento de los clientes, competidores y situación actual del mercado.

## 7. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Las alternativas presentadas en este punto fueron propuestas como posibles soluciones a cada proceso a desarrollar en la implementación del sistema de recolección y transformación de residuos plásticos de polietileno de alta densidad. Donde se consideraron diversas maneras de realizar las actividades de transporte, selección manual de material aprovechable, limpieza del material, transformación para la obtención del producto final, almacenamiento y venta del producto producido, junto con las ventajas y desventajas que cada alternativa propuesta presentaría al llegar a implementarse.

A continuación, se presentan posibles soluciones para el desarrollo de nuestro proyecto y la selección de la mejor alternativa considerada, con la cual se espera tener el desempeño y los resultados esperados con la implementación de este.

### 8.1 Posibles soluciones

<b>Requerimientos y criterios</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
Transporte	Transporte del material con vehículos de la empresa	Transporte del material con vehículos alquilados a terceros	Asociación con recicladores de profesión para la recolección y

Selección del material	Selección manual de material aprovechable	Máquinas de visión artificial para categorizar el material	selección del material
Limpieza del material	Lavado con agua a máquina	Lavado con agua y jabón a máquina	Lavado con agua, jabón y desinfectante a maquina
Transformación	Moldeado por inyección / Extrusión	Convertir el plástico triturado en filamentos para impresora 3D	Termoformado
Almacenamiento	Adquirir una bodega propia para almacenar	Alquilar bodega para almacenamiento del producto	Fabricar solo aquello que se va a vender
Ventas	Adquirir un local propio para la venta del producto	Alquilar un local a terceros para la venta del producto	Vender únicamente por internet

**Tabla 2.** Alternativas

*Fuente: Autores*

<p><b>Ventajas</b></p>	<p>El tener vehículos propios para la recolección del material, permite que el transporte de este sea más sencillo. La selección manual del material aprovechable no solo genera empleo, sino que reduce la probabilidad de errores en el proceso. Utilizar el modelado por inyección, permite la producción en grandes series, con lo que se consigue una rápida amortización de las inversiones. El adquirir una bodega propia para almacenar los productos fabricados nos facilita esta tarea.</p>	<p>El lavado del material con agua y jabón permite una mejor remoción de la grasa y suciedad que puede tener el producto. Convertir el plástico triturado en filamentos para impresora 3D. Alquilar un local a terceros para la venta del producto evita la gran inversión de conseguir uno propio y permite estudiar la factibilidad de vender el producto en una tienda física y, por tanto, conseguir una propia para ese propósito.</p>	<p>Vender el producto final únicamente por internet permite evitar la compra y mantenimiento de una tienda física para esto, y las compras en línea son cada vez más recurrentes.</p>
<p><b>Desventajas</b></p>	<p>El lavado del material únicamente con agua no garantiza una adecuada limpieza de este, lo que puede afectar a las máquinas y el producto final a obtener. Hoy en día las compras en tienda física son menos usuales, por lo que resulta mejor no depender de una para vender nuestro producto.</p>	<p>El transporte del material con vehículos alquilados a terceros podría generar limitantes en cuanto a la recolección de este. Alquilar bodega para almacenamiento del producto, si esto es a largo plazo, representa un gasto mayor que el tener una propia.</p>	<p>Fabricar solo los productos que se encargan. Con el termoformado, la fabricación de la lámina puede aumentar el costo de la materia prima debido a que el porcentaje de desperdicio es elevado</p>

**Tabla 3.** Ventajas y desventajas de las alternativas.

*Fuente: Autores*

### 8.1.1 Evaluación de alternativas

<b>Requerimientos y criterios</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
Transporte	20%	18%	12%	0%
Selección del material	10%	8%	6%	0%
Limpieza del material	20%	6%	18%	16%
Transformación	30%	24%	18%	21%
Almacenamiento	10%	8%	6%	4%
Ventas	10%	5%	5%	9%
<b>Puntaje</b>	<b>100%</b>	<b>69%</b>	<b>65%</b>	<b>50%</b>

**Tabla 4.** Proceso de calificación.

*Fuente: Autores*

### 8.2 Mejor alternativa seleccionada

Descripción detallada de la alternativa seleccionada

#### 8.2.1 Solución híbrida:

<b>Requerimientos y criterios</b>	<b>Solución</b>
Transporte	Transporte del material con vehículos de la empresa
Selección del material	Selección manual de material aprovechable
Limpieza del material	Lavado con agua y jabón a máquina
Transformación	Moldeado por inyección / Extrusión
Almacenamiento	Adquirir una bodega propia para almacenar
Ventas	Vender únicamente por internet

**Tabla 5.** Solución híbrida..

Luego de analizar las diversas alternativas propuestas, se ha llegado a la conclusión de recurrir a una Solución híbrida, tomando las que se consideraron las mejores opciones para cada actividad a realizar en el proceso, de las tres alternativas planteadas.

Para la actividad de transporte del material recolectado, se decidió utilizar vehículos propios de la empresa, para trasladar el material de los puntos de recolección a la planta de transformación, porque se consideró más sencillo de esta manera.

Para la selección del material aprovechable, se escogió utilizar una banda transportadora, donde manos calificadas realizará el proceso de selección. Para limpieza del material, se eligió el lavado con agua y jabón para obtener una mejor remoción de la grasa y suciedad que puede tener el producto recolectado.

Para la transformación del material para la obtención del producto final, se seleccionó el utilizar el moldeo por inyección, debido a que este permite la producción en grandes series, con lo que se puede conseguir una rápida amortización de las inversiones.

Para almacenamiento decidió adquirir una bodega propia para almacenar los productos fabricados, y de esta manera poder manejar esta bodega según las necesidades.

Para venta del producto producido, se optó por vender el producto final únicamente por internet permite evitar la compra y mantenimiento de una tienda física para esta actividad, y debido a que las compras en línea son cada vez más recurrentes.

## **8. ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA PARA LA SOLUCIÓN Y EL DIMENSIONAMIENTO LOS COMPONENTES**

### **9.1 Recolección**

Instalaremos los contenedores de recolección en el sector de barrios unidos y chapinero frente a las diferentes áreas residenciales que se encuentran en estos sectores para así poder tener mayor recolección de la materia prima que se va a utilizar, Según la resolución 284 de 2019 este tipo de residuos deben ser depositados en bolsas blancas lo que significa que van a ser reutilizados. las rutas de reciclaje ofrecemos más de una opción para la disposición final del plástico.

#### **Contenedores**



Imagen de: Generalitat de Catalunya, editada por el autor

Se optó por contenedores de  $1,1 \text{ m}^3$  para que las personas depositen los residuos plásticos, donde los camiones de la compañía recolectaran el material tres veces por semana.

### **Camiones de recolección**

*Imagen de: Residuos profesional*

## 9.2 Manejo de residuos

Hay que tener en cuenta que se tratan polímeros de alta, según las restricciones y la normativa. Por su parte el polímero de alta densidad es más flexible, pero más sólido o rígido. El color original suele ser opaco, blanco, lechoso, semitranslucido según los componentes, generalmente suele tener resistencia al impacto y al agrietamiento por esfuerzo, buena resistencia química, buena barrera son resistentes al impacto y grietas por tensión.

Por lo general las botellas se pueden clasificar de acuerdo a los 7 códigos de identificación de plástico, (un triángulo de Moebius con tres flechas rodeando el número, el número 2 corresponde al polietileno de alta densidad y el número 4 al de baja densidad).

## 9.3 ¿Qué se va a recolectar?

Botellas de detergente y de leche, envases de comida, cajas de almacenaje, juguetes, cubos, tastos= polietileno de alta densidad

## 9.4 Paso a paso

Se hará mediante un reciclaje manual, teniendo en cuenta las siguientes especificaciones a la hora de hacer la clasificación.

Para los HDPE es necesario:

- Vaciar, limpiar por fuera y por dentro del empaque.
- Separar las tapas y etiquetas.
- Los envases deben estar limpios y secos. (1 ton de plástico reciclado ahorra 5774 kwh de energía, así como 2604 litros de agua)

Proceso de inyección será utilizado para transformar los plásticos en productos nuevos para circular en la economía, hay que tener en cuenta que este proceso consta de varias partes:

- Cierre de molde
- Inyección
- fase de llenado
- fase de mantenimiento
- plastificación
- Apertura de molde

## Método de reciclaje mecánico del HDPE

Hay que tener en cuenta que se tratarán con residuos sólidos posconsumo de polietileno de alta densidad, el cual es un material flexible, su color original suele ser opaco, blanco, lechoso, semitranslucido según los componentes. Generalmente suele tener resistencia al impacto y al agrietamiento por esfuerzo, tiene buena resistencia química, buena barrera de vapor, pero pobre barrera a los gases, esterilizable a través de EtO o radiación gamma.

Por lo general las botellas se pueden clasificar de acuerdo con los 7 códigos de identificación de plástico, un triángulo de mobius con tres flechas rodeando el número, el numero 2 corresponde al polietileno de alta densidad.

## 9.5 Proceso de separación manual

La separación se realiza para la selección del material de interés, en este caso, los residuos posconsumo de polietileno de alta densidad, de entre otros plásticos y residuos sólidos que puedan haber sido depositados en los contenedores de los puntos de recolección. Esto debido a que el mezclar tipos de plásticos muy diferentes entre sí, puede dar paso a que se genere una debilitación estructural y dañar la calidad del material.

Se utilizará una banda transportadora, donde el material recolectado se desplazará y dos operarios calificados realizarán el proceso de selección. Se espera que esta actividad tome alrededor de 30 o 40 minutos.

### **9.5.1 Proceso de Trituración**

El proceso se realiza con una máquina trituradora, la cual cuenta con una serie de cuchillas equidistantes. Los principales elementos del sistema son unos discos de cantos agudos provistos de garfios, los cuales toman el producto y lo llevan hasta las cuchillas montadas sobre ejes motrices contra giratorios, que realizan la molienda del material. Después del triturado los trozos plásticos pasan por un tamiz, donde las partículas lo suficientemente pequeñas continúan a la unidad de recolección, las piezas grandes se reinsertan al molino para continuar con el proceso de trituración hasta que tengan el tamaño adecuado.

Esta actividad puede tomar al menos 90 minutos.



Imagen de: JmXiecheng.com

Modelo		XC-GB30HP
Cámara de molienda (mm)		530 * 400
Capacidad de molienda (KG / H)		400-550
Cortador estacionario		2
Cortador giratorio		3
Tamaño de malla (mm)		14
Poder	KW	22
	HP	30
Dimensiones (LxAnxA1 mm)		1430 * 1120 * 1930 * 1458
Volumen de barril (L)		30L
Tamaño del barril (mm)		Φ 330 * 490

Imagen de: JmXiecheng.com

### 9.5.2 Línea de Lavado del HDPE

Se Utilizará una línea con una capacidad de lavado y secado de 500 kilogramos/ hora de HDPE, que realice el lavado, secado y separación de etiquetas. Para este proceso, se usa agua caliente en la primera tina para disolver residuos, que contenían los empaques, y ablandar etiquetas de papel o celulosa; de allí pasa a la centrifuga de prelavado con alta fricción, donde se retira el 98% de la celulosa, finos y tierra; luego pasa a la fase de lavado y aclarado por fricción. Una vez terminado esto, pasa al secado del material en una centrifuga dinámica de secado, donde queda con una humedad residual igual o menor al 1%. Sigue la separación de etiquetas plásticas y finos, donde se logra una efectividad del 99.9%. Por último, el material se deposita en bolsones para su siguiente proceso, en este caso, el moldeo por inyección.



Fuente de imagen: Zhangjiagang Polestar Machinery Co. Ltd.

El consumo de agua y energía eléctrica son bajos y la mano de obra requerida para la operación y control de esta maquinaria es solo de un (1) trabajador. El material quedaría con una alta calidad con los siguientes valores.

- Etiqueta inferior a 20 ppm
- Finos y tierra inferior al 0.003%
- Humedad residual igual o menor al 1%
- Restos de Celulosa 0 ppm
- Grado de limpieza grado "A" (Alta Calidad)

### **9.5.3. Proceso de moldeo por inyección**

Proceso de inyección será utilizado para transformar los plásticos en productos nuevos para circular en la economía, hay que tener en cuenta que este proceso consta de varias partes:

- Cierre de molde
- Inyección
- fase de llenado
- fase de mantenimiento
- plastificación
- Apertura de molde

En la conformación de polímeros, la fundición conlleva a introducir una resina líquida a un molde, con el uso de la gravedad para llenar la cavidad, y dejar que el polímero se endurezca.

**Cierre de molde:** inicio del proceso, se aplica la tuerza de cierre, Depende de la superficie proyectada de la pieza y de la presión real (presión específica), que se tiene en la cavidad del molde.

**Inyección:** Se generan dos fases: fase de llenado y fase de mantenimiento

**Fase de llenado:**

El material fundido, dentro del molde y a una presión elevada; al inyectar, el husillo avanza sin rotación. La duración de esta etapa puede ser de décimas de segundo hasta varios segundos, dependiendo de la cantidad de material a inyectar y de las características del proceso.

La finalidad de esta fase es llenar el molde con una cantidad suficiente de material. En la inyección son muy importantes las siguientes variables:

- Velocidad de inyección.
- Presión de inyección.
- Temperatura del material.

**Plastificación:** el husillo comienza a girar; de forma que el material va pasando progresivamente de la tolva de alimentación a la cámara de inyección, homogeneizándose tanto su temperatura como su grado de mezcla. Esta fase se realiza en forma paralela a la etapa de enfriamiento, acelerando así el tiempo total de ciclo. A medida que el husillo va transportando el material hacia delante, éste sufre un retroceso debido a la acumulación que se produce en la zona delantera. El retroceso del husillo finaliza cuando éste ha llegado a una posición definida con anterioridad. En este momento ya está todo preparado para poder inyectar la siguiente pieza. En la etapa de plastificación también intervienen otros factores importantes como:

- La velocidad de giro del husillo.
- La contrapresión

**Apertura de molde:** Cuando se considera que el material de la pieza ha alcanzado la temperatura denominada de extracción, el molde se abre y se expulsa la pieza de su interior para reiniciar el ciclo de inyección.

**Enfriamiento:** Esta fase comienza simultáneamente con la de llenado (inyección), dado que el material empieza a enfriarse tan pronto y toca la pared del molde. Finaliza cuando la pieza alcanza la temperatura adecuada para su extracción.

<b>REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE</b>		
<b>Comercial</b>	<b>Tecnico</b>	<b>Normativo</b>
1. Tonos	Temperatura	Información según normatividad del país destino
2. Llamativo	Certificados ISO	
3. Cumplimiento	Pruebas de transporte	
4. Tamaño	Hermeticidad	
5. Ganancia	Pesos declarados	Cumplimientos en fechas de vencimiento
6. Variabilidad de producto	Embalaje	
7. Hermeticidad	Uso adecuado de EPP	
8. Pasos declarados	Frecuencia en CEP	
9. Innovación	Aroma	
10. Calidad	Diseño	
11. Resistencia	Vehículos y canales de entrega adecuados	
12. Diseño	Variabilidad de llenado en envasadoras	
13. Manipulación	Control de calidad	

14. Catálogo completo	Trabajo estándar	
15. Seguridad en productos	Mantenimientos preventivos	
16. Incentivos	Cumplimientos SSTT	

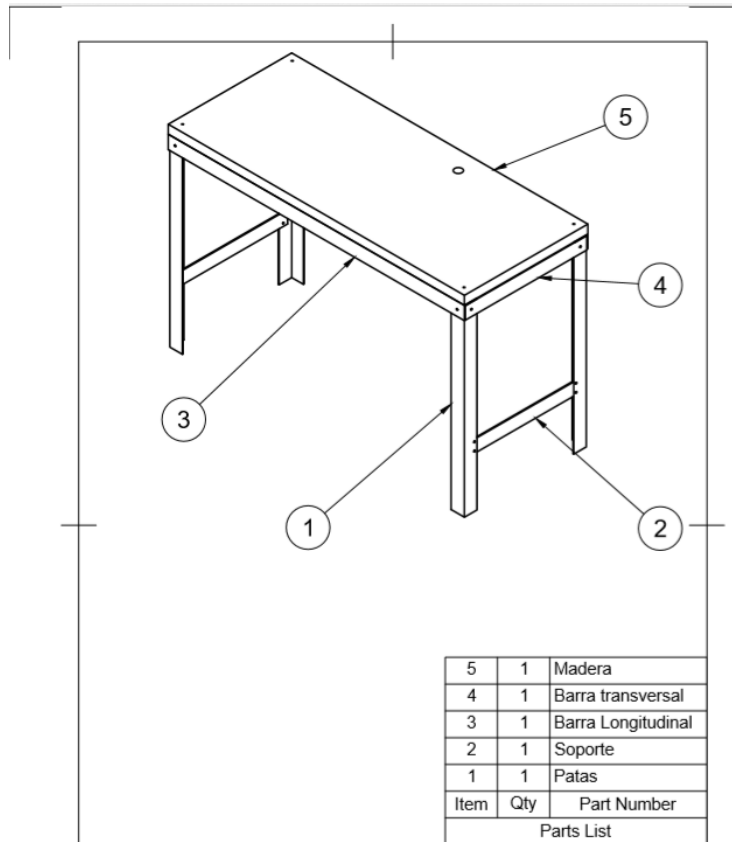
**Tabla 6.** Requerimientos.

*Fuente: Autores*

## **9. PROTOTIPADO O DISEÑO CONCEPTUAL**

### **10.1** Diseño conceptual (Análisis de posibles productos)

Una vez que se han establecido las especificaciones tanto legales como dimensionales del producto, se puede proceder a hacer los respectivos planos para los productos ya que esto permite tener más clara la idea de lo que se quiere lograr, adicionalmente da paso a la materialización de una idea. El objetivo de reciclar el PET es implementarlo a una nueva cadena de valor, es decir, incluirlo en un proceso totalmente diferente pero esta vez no como un producto sino como una materia prima, esta materia prima será usada en la manufacturación de artículos de oficina, a continuación se presentan una serie de imágenes con dimensiones de productos que pueden aprovechar el PET para su elaboración y que resultan completamente seguros para su uso.



**Figura #.** Planos de una mesa convencional.

En la anterior figura se puede observar un mueble con una estructura sencilla, es importante que el material no comprometa la funcionalidad del producto final por tal motivo las dimensiones del producto son fundamentales a la hora de diseñar un producto, por tal motivo el diseño de una mesa (Que no es muy complicado) no se ve como una opción viable ya que el gran área de apoyo debe recibir una gran carga y entre mas grande sea el área superficial, mayor será el nivel de deformación que puede adquirir el producto.



<b>DISEÑO DE UNA SILLA COMO PRODUCTO.</b>	
<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>VENTAJA</b>
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Una silla convencional llega a tener 1 metro con 50 centímetros máximo como medida de altura.</li> <li>● En cuanto a lo ancho no se superan los 80 centímetros.</li> <li>● Lo mencionado anteriormente nos da como resultado que el área donde se soporta la carga de una persona (Base de la silla) no es un área mayor a <math>160cm^2</math>.</li> </ul>
Relación Material - Funcionamiento	<p>Una de las variables críticas para el diseño de este producto es cuanto resiste a la deformación, por tal motivo se debe garantizar;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● La densidad del material para obtener rigidez y dureza.</li> <li>● El grosor del producto ya que cuanto más sea esta dimensión, mayor va a ser la resistencia a cargas de fuerza.</li> <li>● El área de contacto con las cargas de fuerza, ya que entre más amplia sea un área de contacto de un material plástico con una fuerza, mayor es la probabilidad de que esta superficie cambie su forma.</li> </ul>
<p><b>CONCLUSIÓN:</b></p> <p>Una silla es un producto que debido al material usado puede ser diseñado con facilidad y que cumple con los requerimientos expresados con anterioridad, incluso comercialmente es común ver sillas plásticas ya que este material ha logrado reemplazar exitosamente la madera que no dura tanto en ciertas condiciones o el metal que no solo resulta más caro, sino que es más pesado para su manipulación.</p>	

*Fuente: Autores*

## 10.2 Diseño del producto.

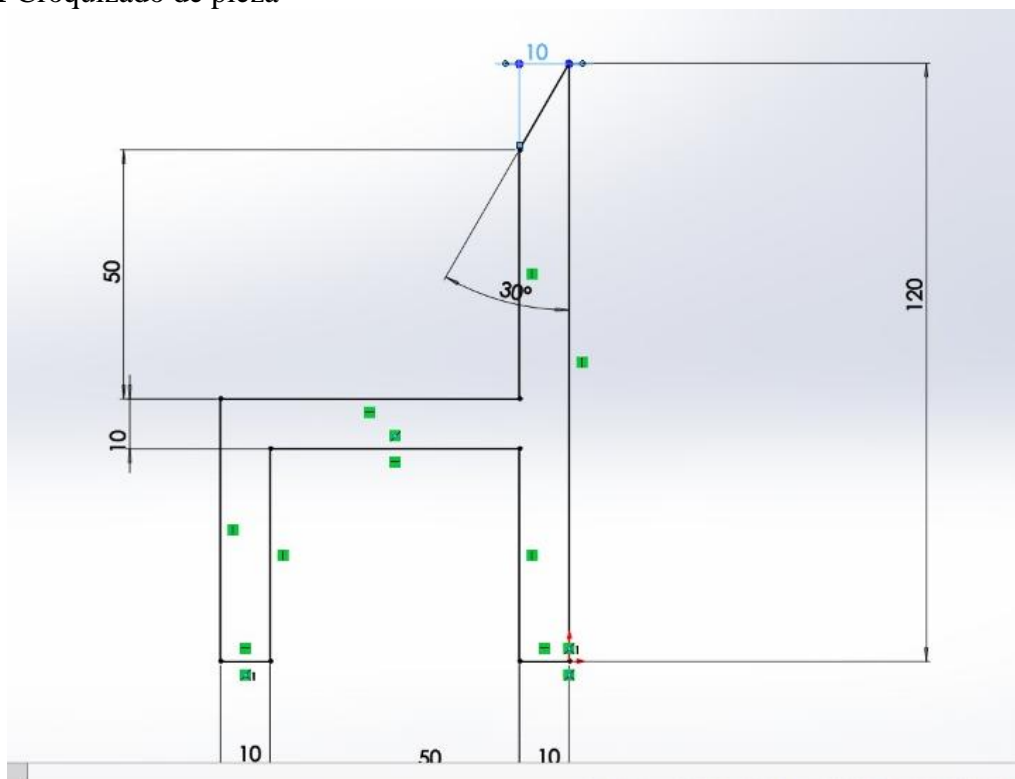
Una vez claro el producto que se desea obtener, es importante establecer un diseño del mismo ya que este permite tener clara la meta a la cual se desea llegar, un diseño es el primer paso a dar para obtener un producto, este diseño puede lograrse a través de varias herramientas. Para este caso se usó SOLIDWORKS, que es un software que permite modelar piezas en tres dimensiones, aplicar materiales a las piezas y hacer simulaciones donde se

obtienen puntos de ruptura, deformación o incluso zonas donde se aplican cargas y pueden verse comprometidas y generan riesgos en su funcionamiento.



**Figura #.** Solidworks logo.

### 10.2.1 Croquizado de pieza



**Figura #.** Croquis de silla.

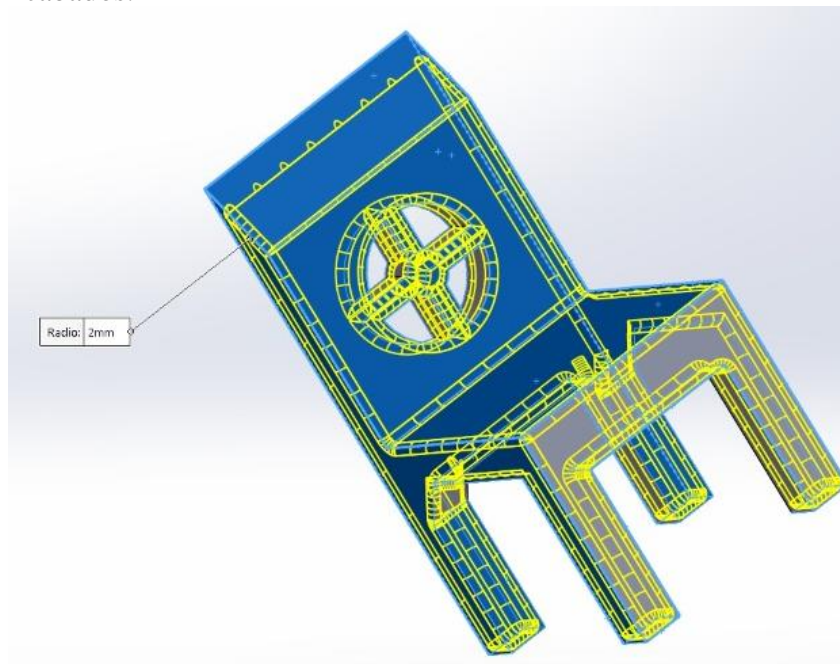
*Fuente: Autores*

Como se puede apreciar en la anterior figura se tiene un croquis inicial de los que será la silla, es importante resaltar que para el diseño de cualquier pieza en esta herramienta hay que empezar por un croquis ya que este va a ser el que permita dar la forma en 3D de la pieza. Al momento de diseñar el croquis de la pieza se debe de tener en cuenta una relación con un punto cero en el plano “Coordenada (0,0,0)” y que se cuentan con 3 planos (Alzado, Planta y Lateral) uno corresponde a X, el otro a Y y el último a Z.

En esta parte se debe de escoger una vista de la pieza, bien sea la vista superior, inferior o laterales y de allí se asocian las medidas necesarias para poder proyectar nuestro



### 10.2.3 Acabados.

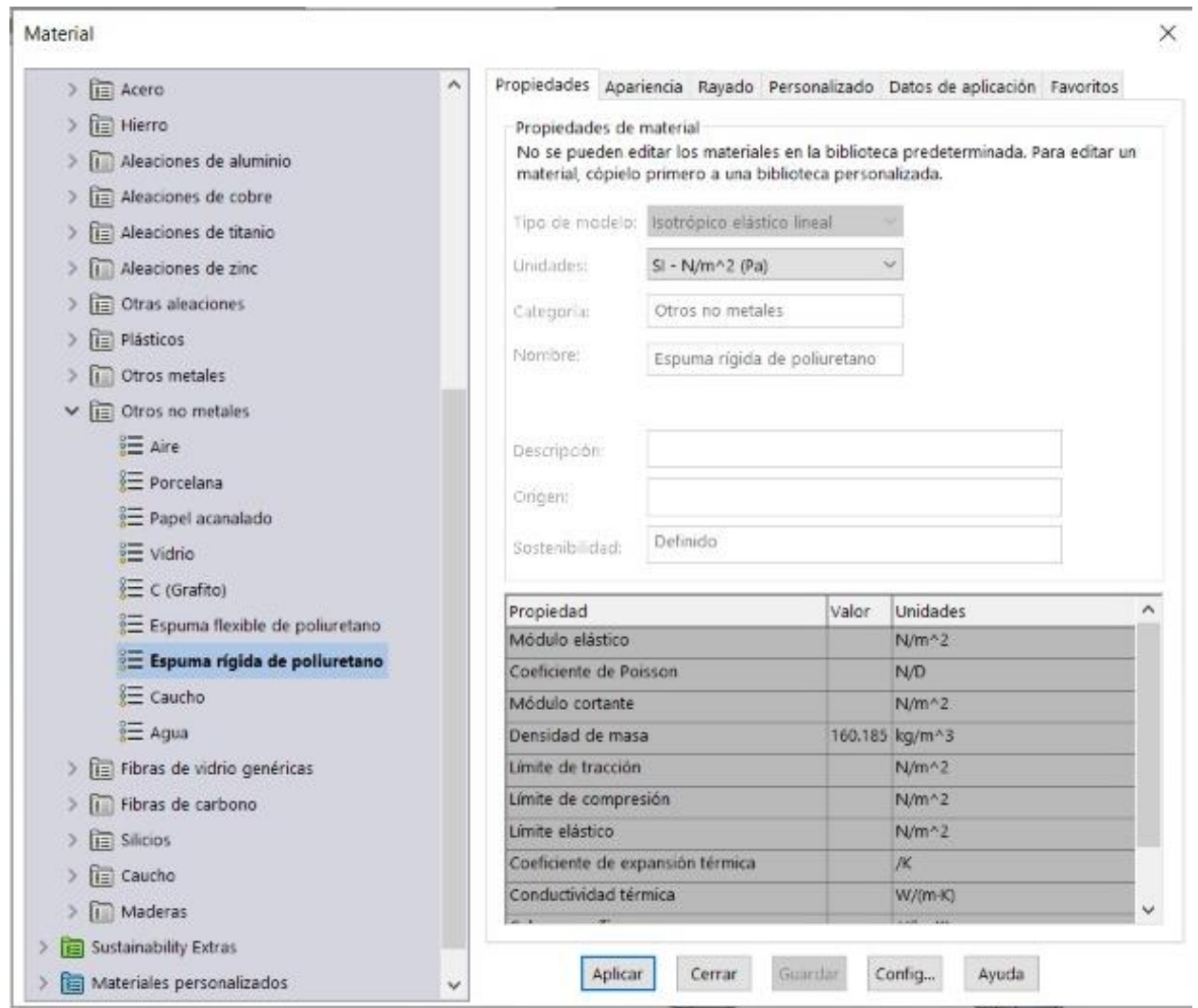


**Figura #.** Detallado de piezas.

*Fuente: Autores*

Solidworks cuenta con una gran variedad de operaciones que permiten a los diseñadores dar distintos acabados a las piezas, alterando las formas iniciales asignando radios para redondear bordes rectos o incluso aplanado los mismos, es importante recordar que se debe tener en cuenta que los croquis son los que permiten esto. Adicionalmente el redondeo de bordes en las piezas no suelen usarse solo por estética de las figuras, esto ayuda en la reducción de costos puesto que es menos material el que se usa en su elaboración y que también ayuda a que en los moldes de inyección no se acumule material y se sedimente generando grietas en piezas.

### 10.2.4 Asignación de material.



**Figura #.** Materiales de Solidworks.

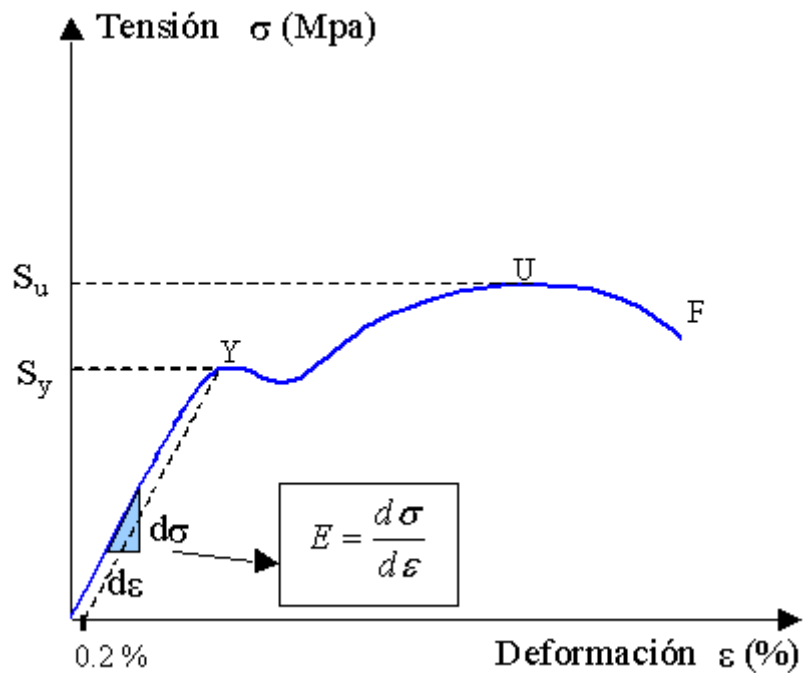
*Fuente: Autores*

Solidworks cuenta con bases de datos de materiales que pueden asignarse a piezas, esto es de mucha ayuda ya que muchas de las piezas que son diseñadas en solidworks son piezas específicas para ensambles, estas piezas pueden ser requeridas de materiales más resistentes o de características diferentes a las demás piezas de una máquina, todas estas características dependen de ¿para qué? van a ser usadas las piezas.

El poder asignar materiales a una pieza permite que se simulen condiciones de la vida real y cómo se comportan dichas piezas, datos importantes de los materiales son por ejemplo el módulo de elasticidad del material. “El módulo de elasticidad (E), también llamado módulo de Young, es un parámetro característico de cada material que indica la relación existente (en la zona de comportamiento elástico de dicho material) entre los incrementos de tensión aplicados (ds) en el ensayo de tracción y los incrementos de deformación longitudinal unitaria (de) producidos. En muchos casos el módulo de elasticidad es constante durante la zona elástica del material, indicando un comportamiento lineal del mismo (ley de Hooke).” (Mecapedia, 2014). La fórmula del módulo de elasticidad es;

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$$

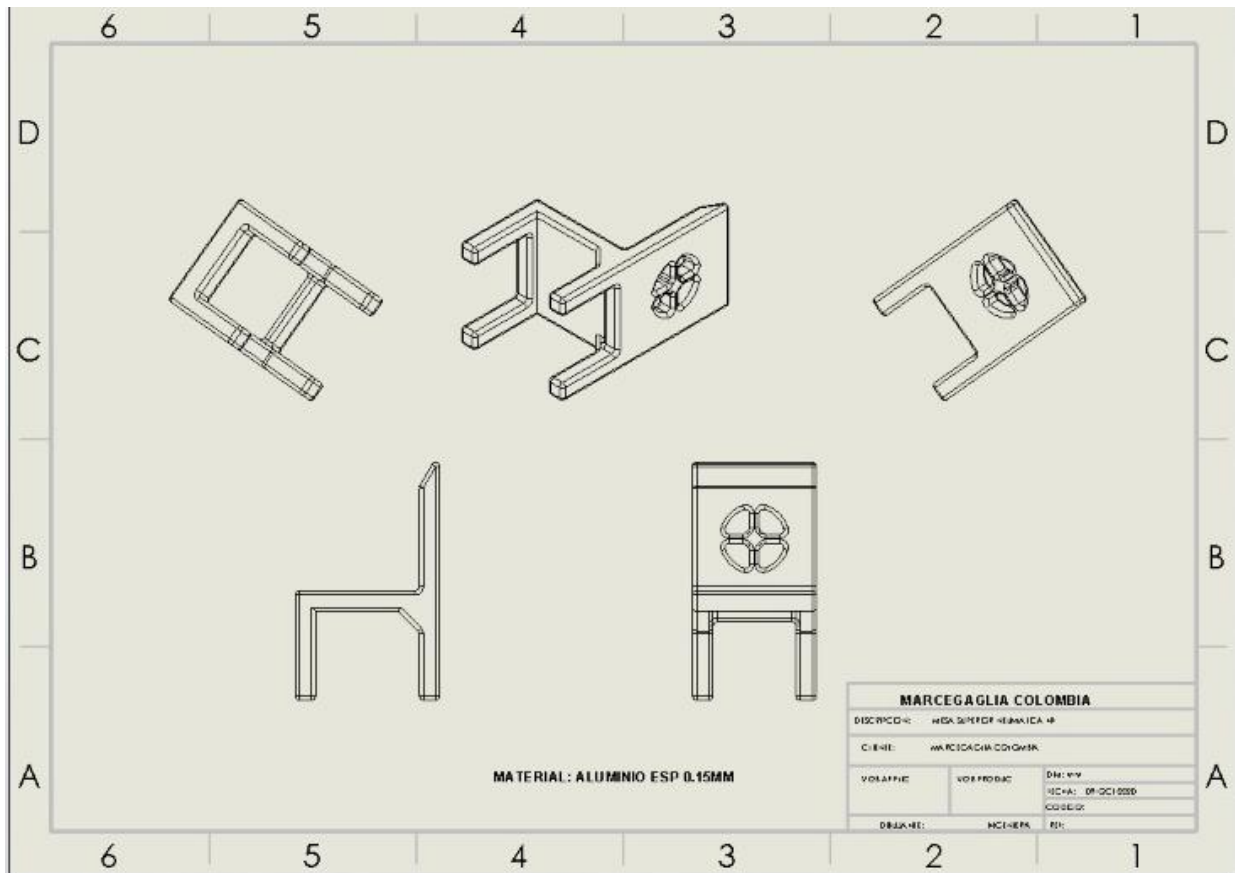
Como se puede ver en la gráfica el módulo de elasticidad determina el nivel de tolerancia de un material a la tensión, al principio todos los materiales se comportan linealmente (Desde el punto de origen hasta  $S_y$ ), en algunos materiales este comportamiento es más prolongado ya que aceptan mejor la tensión (El caso de los materiales plásticos) y en algunos casos esta zona es muy corta (Materiales cerámicos). Después de esta zona lineal se llega a un punto donde las deformaciones no tiene retorno y finalmente un material se rompe, para el caso del plástico para llegar a este punto se debe aplicar una tensión muy grande expresada en unidad de Megapascales.



**Figura #.** Módulo de elasticidad (E).

Fuente: [http://www.mecapedia.uji.es/modulo\\_de\\_elasticidad.htm](http://www.mecapedia.uji.es/modulo_de_elasticidad.htm)

### 10.2.5 Plano de pieza.



**Figura #.** Planos de pieza.

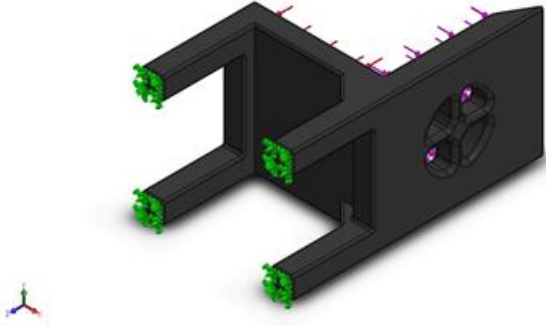

*Fuente: Autores*

Los planos de una pieza son indispensables en la manufacturación de cualquier producto ya que son las guías para la producción de las mismas y son el referente de calidad en la mayoría de los casos, ya que en los planos se pueden encontrar las dimensiones de una pieza, las tolerancias de la misma y es el instructivo principal a la hora de producir en masa las piezas. Solidworks cuenta con la función de generar los planos de una pieza donde se pueden ver las partes de las mismas, las vistas que se consideren importantes, cortes para ver detalles, cotas de medidas y versiones de actualización.

En la anterior figura se pueden ver los planos de la pieza que se desea manufacturar, en dichos planos se encuentran las vistas isométricas de la pieza y las vistas principales, adicionalmente se pueden cargar las diferentes medidas para que sean claras, por el momento la figura no cuenta con medidas de tolerancia ya que no es un requerimiento de fabricación.

### 10.3 Análisis de producto

## Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: silla</p>			
Sólidos			
Referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Fecha de modificación
	Sólido	Masa: 0.0941936 kg Volumen: 9.41936e-005 m <sup>3</sup> Densidad: 1000 kg/m <sup>3</sup> Peso: 0.923097 N	Nov 09 17:39:20 2020

Ya una vez se tiene las dimensiones de la pieza y el material, se puede calcular la masa total de la pieza y la densidad. Los cuales son datos que sirven al momento de establecer las especificaciones de seguridad para el producto. El tipo de estudio que se puede hacer en solidworks corresponde a una simulación de condiciones de tensiones, para este caso se desea saber cómo reacciona la pieza a una fuerza de presión ejercida en la base de la silla.

- La fuerza ejercida sobre la base de la silla es de 800 Newtons que es el equivalente a que sobre la silla se siente una persona de 80 Kilogramos de peso.

## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Tipo de solver	FFEPlus

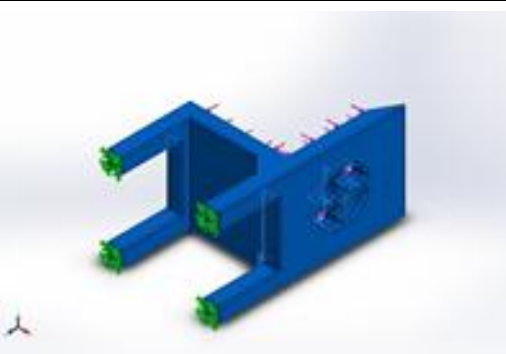
Un análisis estático se utiliza para fijar una pieza a una superficie o inmovilizar desde cierta superficie para posteriormente aplicar una fuerza sobre otra superficie y con la dirección que se desee.

#### Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

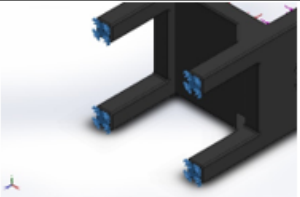
Es importante establecer las unidades y el sistema de medida para que los datos contrastan contra otro tipos de análisis y sean más fáciles de comprender, cabe mencionar que solidworks trabaja con los sistemas métrico e inglés para realizar estudios.

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: Polietileno</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Límite elástico: <math>9.23737e+006 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Límite de tracción: <math>1.37871e+007 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Módulo elástico: <math>6.1e+006 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.49</p> <p>Densidad: <math>1000 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Módulo cortante: <math>2.9e+006 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: <math>0.00067 / \text{Kelvin}</math></p>

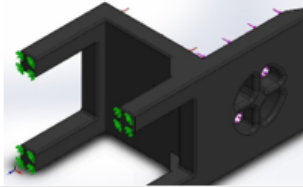
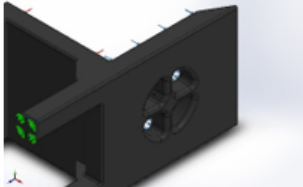
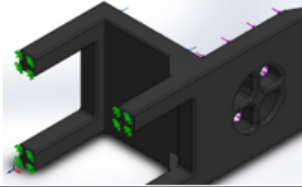
Una vez se tiene toda la información necesaria, se puede hacer una simulación de fuerzas en Solidworks con el fin de ver cómo se comporta la pieza frente a ciertas tensiones.

### Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<p>Entidades: 4 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-5.11253	$1.12876e-006$	-42.2421	42.5504
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Las sujeciones permiten determinar puntos donde la pieza queda totalmente bloqueada, en este caso la sujeción en la superficie de las patas de la silla nos permite simular

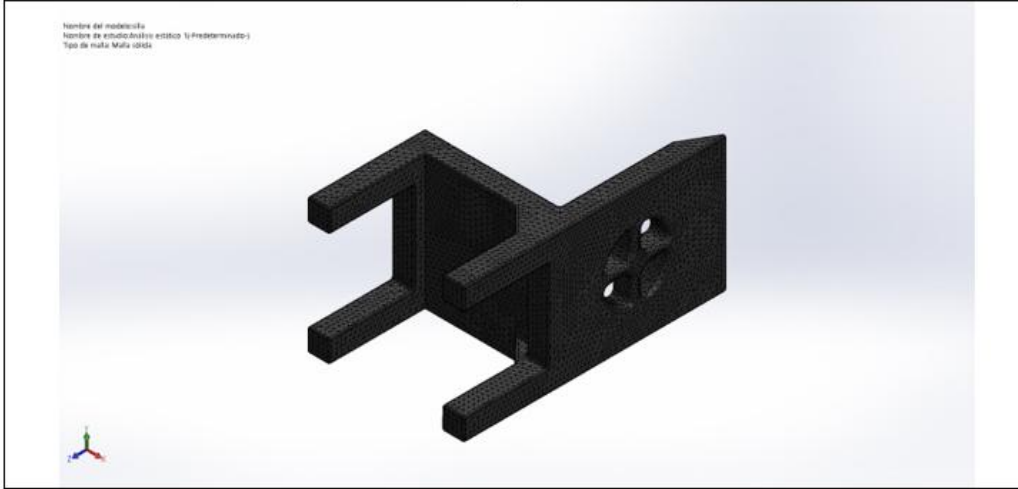
que la silla está sobre el piso y la carga nos permite simular que una persona se está sentando sobre ella.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 800 N
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 100 N
Presión-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 8000 Unidades: N/m <sup>2</sup> Ángulo de fase: 0 Unidades: deg

Como se puede ver en la anterior figura se pueden ver las sujeciones de las patas de la silla, al seleccionarlas todas inmovilizamos la silla y hace el efecto de que está sobre una superficie (“Suelo”) que no se va a mover a pesar de que vamos a aplicarle una carga a la silla.

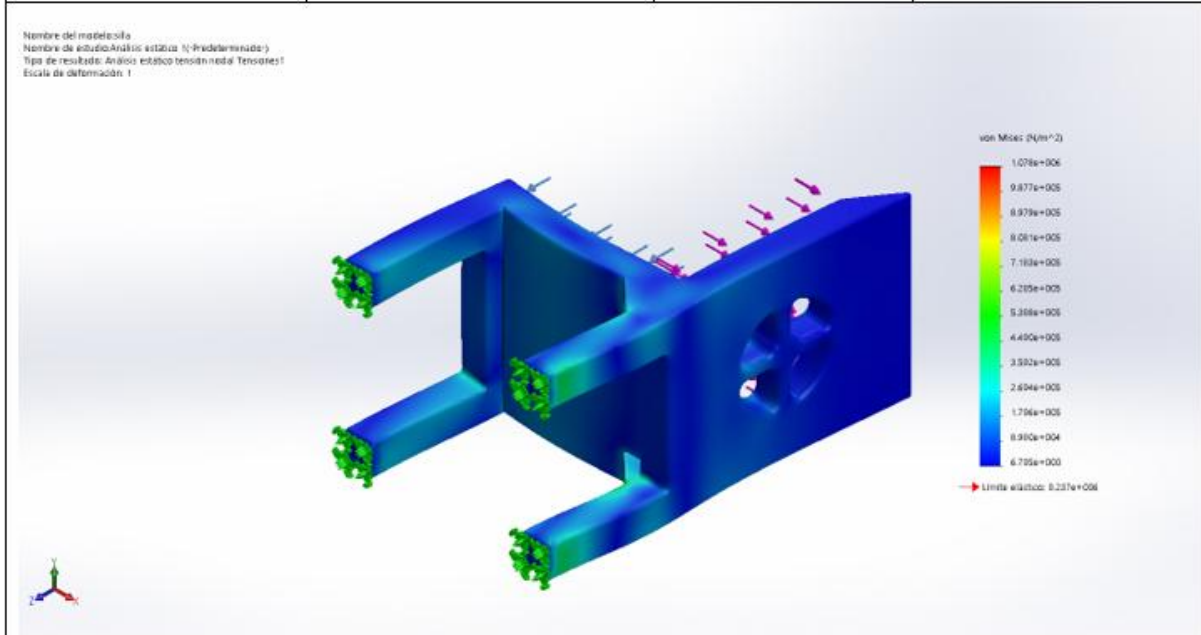
Información de malla - Detalles

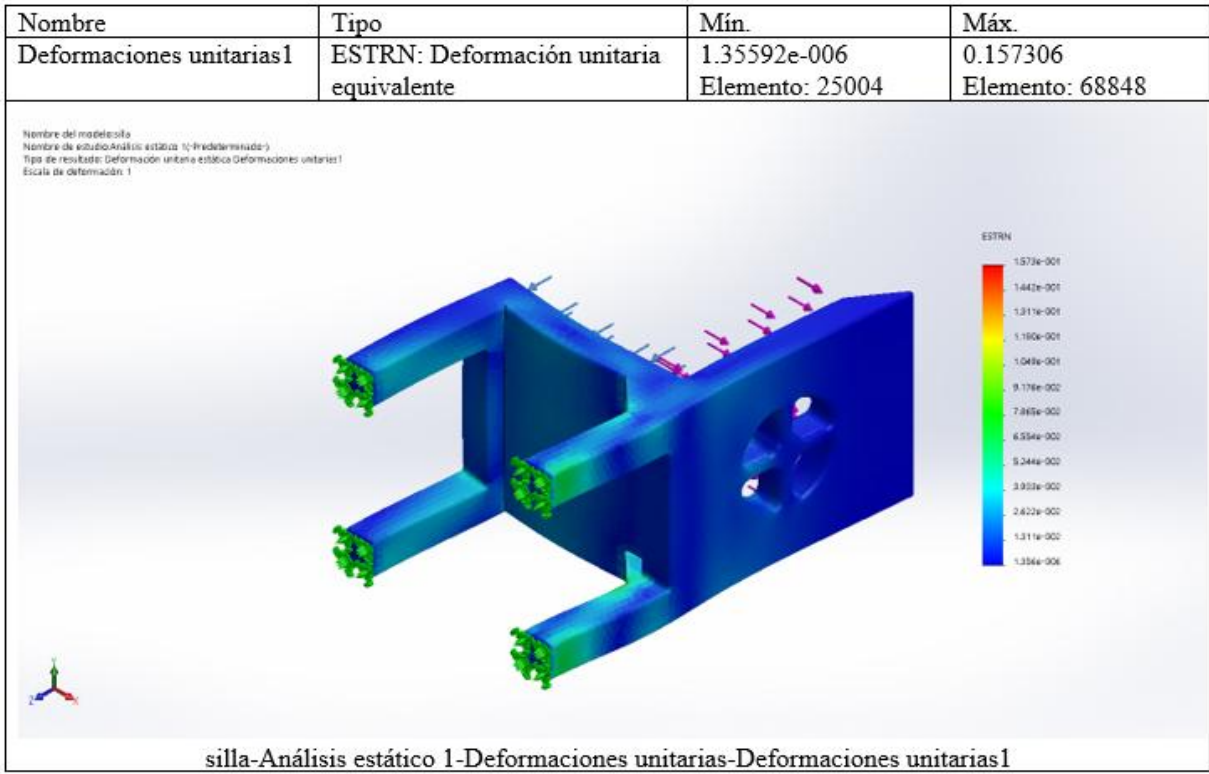
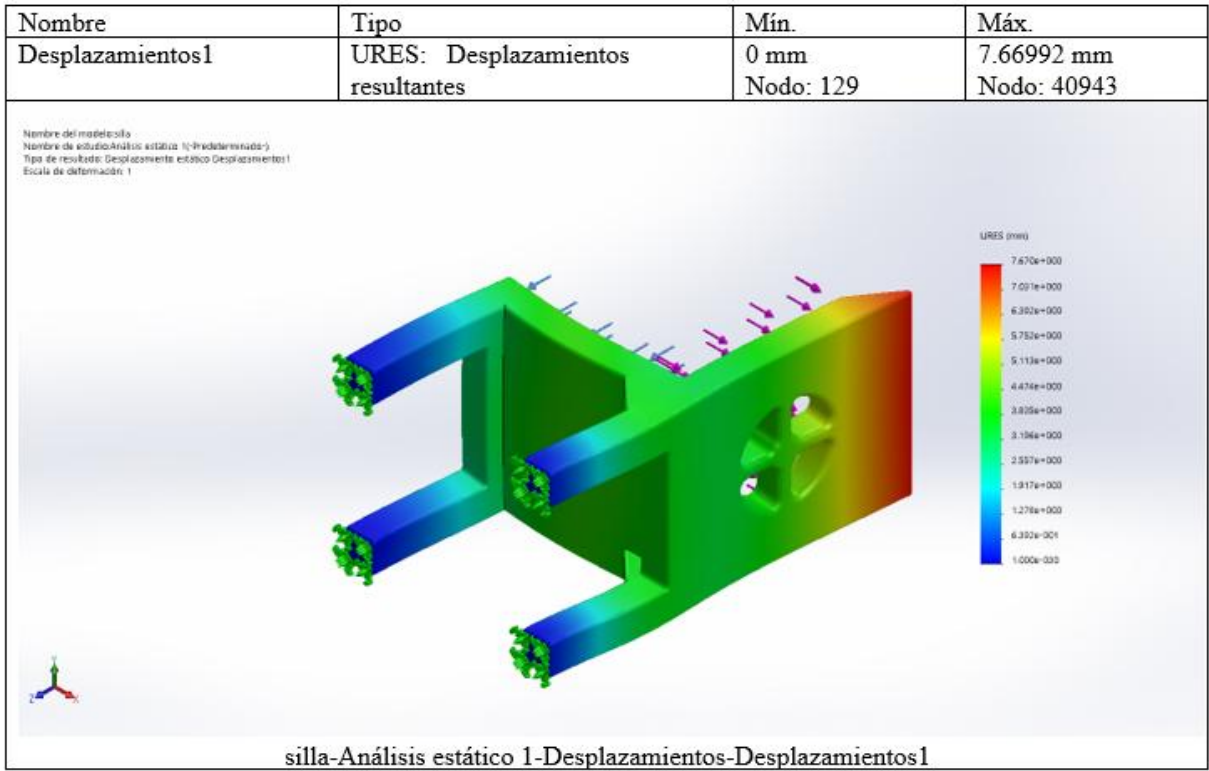
Número total de nodos	146899
Número total de elementos	96983
Cociente máximo de aspecto	12.625
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	96.6
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.00825
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	100
Tiempo para completar la malla (hh; mm; ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	BOGLAP23



RESULTADOS

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	6.79464 N/m <sup>2</sup> Nodo: 25726	1.0775e+006 N/m <sup>2</sup> Nodo: 22915





De los resultados de la simulación podemos decir que es completamente seguro para una persona de 80 Kilogramos sentarse en la silla, porque como se pueden ver en las imágenes de resultados, las deformaciones son mínimas cuando se aplican las cargas.

Junto a cada efecto de deformación se encuentra una escala de colores que va desde el azul (Más bajo) al rojo (Más alto), esta escala representa el nivel de deformación unitaria que sufre la pieza al aplicarse la fuerza.

En relación a lo anterior podemos observar como la única parte que se vería comprometida con una carga de 800 Newton sería la cabecera de la silla, aunque cabe resaltar que es muy poco probable que esta parte sea sometida a una carga de ese tipo.

#### 10.4 Diseño de Planta

El diseño de una planta es bastante similar al de un producto, primero se debe de contar con la información necesaria como lo requerimientos, en el caso de un producto serían los requerimientos de funcionalidad y en una planta los requisitos operacionales. En relación con lo anterior se debe de tener claridad sobre cuáles son las operaciones fundamentales que me garantizan obtener mi producto, para esto podemos ver la parte de Paso a Paso, donde se especifican las operaciones productivas de Plastic Life.

Una vez identificadas estas operaciones se puede hacer un bosquejo de lo que quiere realmente en una planta productiva, a continuación se presenta un diagrama con la disposición en planta de la maquinaria y personal;

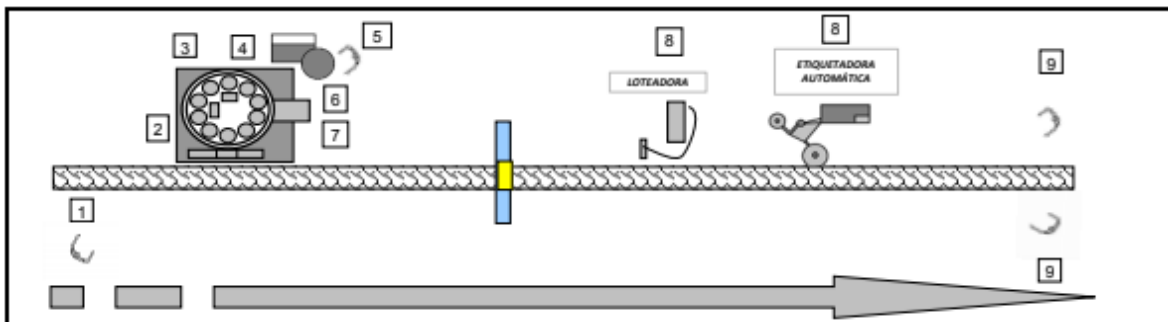


Figura #. Línea de producción 1

Fuente: Autores

BLOQUE	DESCRIPCIÓN
1	Operario con función de suministro de materias primas para iniciar el proceso, abastecimiento de PET a la banda transportadora. Materia prima resultante de procesos previos de recolección. (Sin maquinaria).
2	Lavado de PET para empezar el proceso, se requieren insumos como agua

	y productos de limpieza y eliminación de agentes contaminantes presentes en los envases.
3	Triturado de PET por medio de molino industrial, este proceso asegura que en el siguiente proceso no se debe de disponer de cantidades excesivas de energía para derretir el plástico.
4	Horno con marmitas, se deposita el material triturado y se pasa al horno en marmitas donde se derretirá hasta el punto de ser lo suficientemente maleable para pasar a la inyectora de plástico.
5	Inyectora de plástico, en este proceso se utiliza la materia prima a una temperatura donde se puede moldear fácilmente, se inyecta en el molde donde por medio de un mecanismo se asegura que el producto tome la forma que debe y no se generen grietas al interior del producto.
6	Banda transportadora donde se moviliza el producto que sale de la inyectora, es necesaria una banda ya que el producto es considerablemente grande como para ser transportado de alguna otra forma.
7	Control de producto y acondicionamiento, selección de calidad, primer filtro de calidad (Sin maquinaria)
8	Embalaje de producto finalizado (Sin maquinaria)
9	Control de calidad y despacho (Sin maquinaria)

#### 10.4.1 Insumos (Maquinaria)

Una vez que tenemos el producto diseñado, podemos partir a diseñar la planta donde este producto será manufacturado, para ello es importante tener en cuenta las necesidades como producción, es decir, en base al análisis de costos se deben de contemplar la instrumentación necesaria para llevar a cabo la realización del producto. Por tal motivo a continuación se presenta una lista de maquinarias necesarias para el funcionamiento de las actividades de producción.

### Molino Coball

Este tipo de molinos deben su diseño al tipo de materias que trituran, lo que se busca con un molino de este diseño es reducir materia a un espesor muy pequeño.



Figura #. **Molino coball**

### Molino Ross



Figura #. **Molino Ross**

### Marmita 10kg

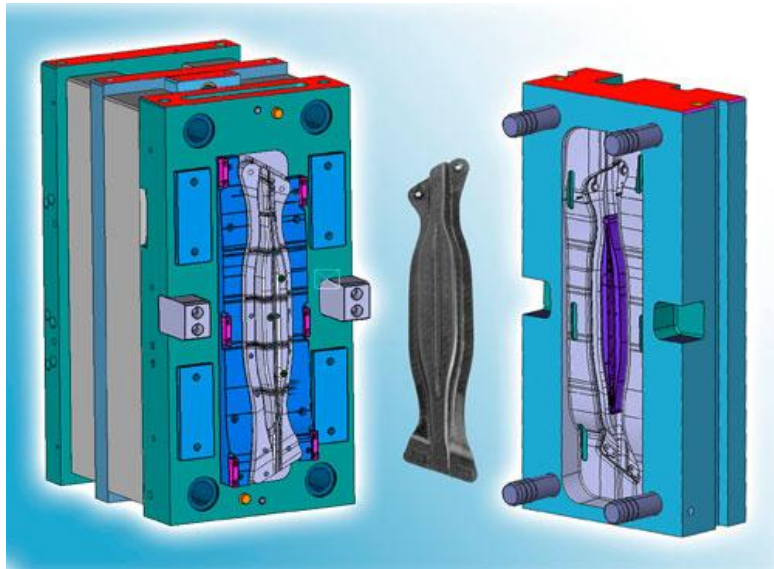
La marmita consiste básicamente en una olla de cocina llevada a un tamaño industrial. Se utiliza para el procesamiento de alimentos, mermeladas o aglomeraciones.



Figura #. **Marmita 10kg**

La maquinaria y equipos dentro de la organización tienen una cantidad específica de equipos con una capacidad por kilogramos que se da entre un rango mínimo y máximo para cada equipo además de una relación correspondiente a cuanto tiempo demora cada equipo en contraste con los lotes de producción que son generados.

## 10.4.2 Diseño de sistema de inyección



**Figura #.** Planos de pieza.

*Fuente: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/45693-Termoconformado-e-inyeccion-en-un-solo-molde.html>&psig*

Los sistemas de inyección son diseñados de acuerdo a las necesidades de las organizaciones, generalmente son un sistema bastante costoso pero que vale la inversión ya que tiene un alto periodo de funcionamiento y el nivel de producción de estos sistemas es generalmente muy alto.

Un sistema de inyección de plástico funciona de forma que el material que se introduce es moldeado para obtener la forma deseada y luego el dispositivo enfría la materia prima, se abre y se retira de forma manual el producto.



Estos sistema cuentan con dos tipos de machos que son los responsables de dar la forma a los productos, unos macho son fijos, generalmente se encuentran estos machos en dispositivos con geometrías no muy complicadas, que solo requieren de formas simples, el

otro tipo de macho es móvil, este macho una vez que el material entra, lo empuja y lo moldea logrando geometrías un poco más complejas.

Teniendo en cuenta lo anterior se pueden establecer las necesidades o el paso a paso del proceso que se quiere lograr de la siguiente forma.

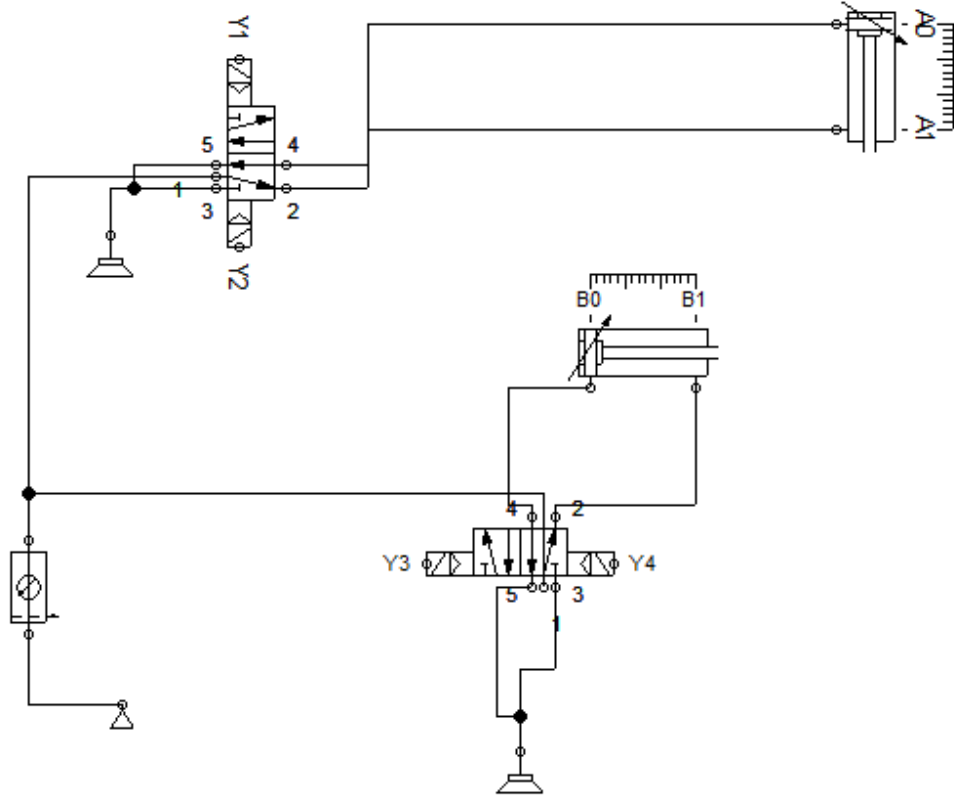
1. El material debe de entrar en un molde, se debe de moldear el espaldar de la silla y las patas que son la parte con la geometría más compleja o que por las propiedades de la materia prima no se puede asegurar que llegue en su totalidad. (El PET en estado semilíquido es una sustancia pastosa, es decir, cuenta con una textura que no es ni líquida ni sólida, sino que es una combinación de ambas, por la cual no se puede garantizar un flujo libre dentro del molde).
2. El líquido para poder llegar hasta la punta de las patas y se compacte bien allí, debe ser asistido por un macho, este sistema es básicamente un pistón que empuja el líquido hasta allí en dos movimientos, uno para dos patas adyacentes y otro para las otras dos.
3. Para la geometría compleja del espaldar se debe diseñar otro macho que lleve la sustancia hasta cada rincón en un solo movimiento.
4. Teniendo en cuenta lo anterior el sistema a diseñar corresponde a;

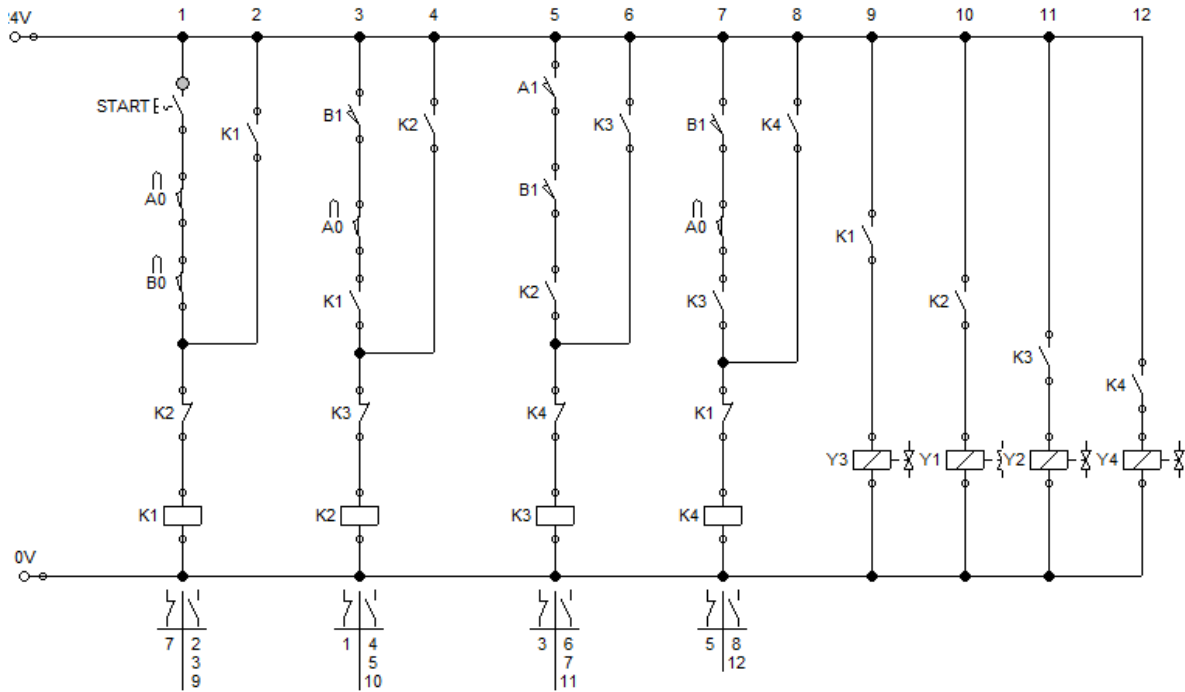
## Método en Cascada

### Secuencia: Estructura para silla

Segundo, el macho móvil superior moldea el espaldar de la silla

Primero, el macho superior empuja el plástico para formar las patas de la silla





## 10.5 Simulación de condiciones en planta

### ASPEN PLUS

En los años de 1970 en el instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) desarrollaron un prototipo para la simulación de procesos, el cual llamaron Sistema Avanzado para Ingeniería de Procesos - Advanced System for Process Engineering (ASPEN).

Es una herramienta integral para la industria química, donde emplea modelado integrado para procesos por lotes y continuos desde la innovación hasta las operaciones. Es un software que permite la simulación de procesos químicos, desarrollándose de una forma más simple para el usuario, este software permite trabajar desde modelamiento, simulación optimización, regresión de datos, especificaciones de diseño, análisis de sensibilidad, manejo de sólidos, dinámica y control, ahorro de energías, cumplimiento de seguridad y por último al análisis económico del proceso.

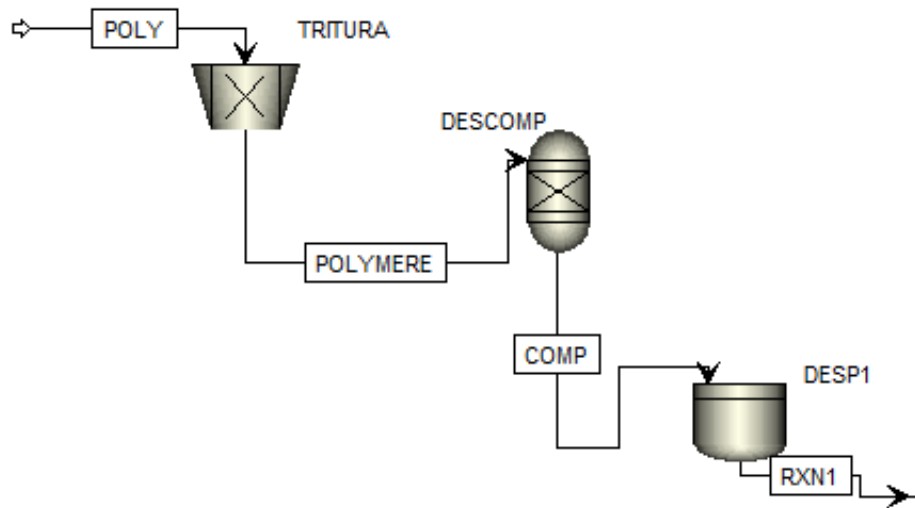
Aspen plus nos permite *utilizar modelos termodinámicos, paquetes de fluido, simular unidades de proceso como son: División, mezcla y fraccionamiento de corrientes, ciclos de refrigeración, separación de dos y tres fases, procesos con reciclo, ajuste de variables, manejo de columnas de destilación (absorción y simplificada)*, (Martinez, 2015).

P. 25) De igual manera esta no ayuda a simular reactores de mezcla completa, flujo y catalítico, más allá de esto nos da la posibilidad de realizar balances de materia y de calor . La herramienta Aspen Plus cuenta con 3 modelos de reactores y un total de 9 reactores para facilitar y acoplarse a la que más se asemeje a tu simulación.

Entre los modelos *Aspen Plus* cuenta con 3 clases de modelos de diferentes niveles de rigor y capacidad predictiva

1. Modelos de balance de masa entre los que encontramos
  - a. R-STOIC
  - b. R-YIELD
2. Modelos de equilibrio en donde se encuentran
  - a. R-GIBBS
  - b. R-EQUIL
3. Modelos de cinética rigurosa en donde encontramos
  - a. R-CSTR
  - b. R-PLUG
  - c. R-BATCH

(Lopez Eduardo M., (2015))



## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 11. REFERENCIAS

María Estela Raffino. (13 de febrero de 2020). Concepto del plástico. Argentina. Disponible en: <https://concepto.de/plastico/>. Consultado: 17 de marzo de 2020.

Tecnología de los Plásticos. (1 de junio de 2011). Polietileno de alta densidad. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polietileno-de-alta-densidad.html>. Consultado: 17 de marzo de 2020.

Cartenplast. (s.f). Polietileno de baja densidad. Disponible en: <https://cartenplast.com/es/ldpe-polietilene-a-baja-densidad/>. Consultado: 17 de marzo de 2020.

Colomar Mendoza, F.J. y Gallardo Izquierdo, A. (2007). Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos. Universidad Politécnica de Valencia. Ed. LIMUSA.

Fundamentos RSE. (s.f.). Residuos: qué son, definición, clasificación, manejo y ejemplos. Disponible en: <https://www.responsabilidadsocial.net/residuos-que-son-definicion-clasificacion-manejo-y-ejemplos/>. Consultado: 18 de marzo de 2020.

Decreto 4741 de 2005, unificado en el año 2015 en el Título 6 del Decreto 1076. Residuos peligrosos.

María Estela Raffino. (29 de noviembre de 2019). Contaminación. Argentina. Disponible en: <https://concepto.de/contaminacion/>. Consultado: 18 de marzo de 2020.

María Estela Raffino. (29 de noviembre de 2019). Reciclar. Argentina. Disponible en: <https://concepto.de/reciclar/>. Consultado: 18 de marzo de 2020.

Iván García. (noviembre 3, 2017). Definición de Vida útil de un activo. Disponible en: <https://www.economiasimple.net/glosario/vida-util-de-un-activo>. Consultado: 18 de marzo de 2020.

Julián Pérez Porto y María Merino. Publicado: 2010. Actualizado: 2013.

Definición de transformación. Disponible en: (<https://definicion.de/transformacion/>). Consultado: 18 de marzo de 2020.

Administración. (11 de agosto de 2017). Arte Plástica. Obtenido de: ORIGEN DEL PLÁSTICO Y SU DESARROLLO: (<https://arteplastica.es/origen-del-plastico-desarrollo/>). Consultado: 18 de marzo de 2020.

GreenPeace. (2018). Greenpeace. Obtenido de: Consumismo: (<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/>). Consultado: 18 de marzo de 2020.

Bogotá, C. d. (05 de febrero de 2019). Agenda 2020. Obtenido de: (<http://concejodebogota.gov.co/contenedores-de-basura-en-bogota/cbogota/2019-02-05/160734.php>). Consultado: 10 de marzo de 2020.

Arte plástica. (2017, agosto 11). Arte plástica. Retrieved from <https://arteplastica.es/origen-del-plastico-desarrollo/>

BIBO. (2019, julio 31). El Espectador. Retrieved from: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/contaminacion-por-plastico-una-crisis-con-salida-articulo-873750>

Bogotá. (2019, sep. 21). El Espectador. Retrieved from: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/personeria-de-bogota-dice-que-dona-juana-sigue-relleno-de-irregularidades-articulo-882256>

Dinero. (13 de diciembre de 2018). TENDENCIAS. Obtenido de: (<https://www.dinero.com/empresas/confidencias-on-line/articulo/balance-de-la-industria-de-plasticos-en-colombia-en-2018/265321>). Consultado: 02 de marzo de 2020.

Plásticos, C. (s.f.). Conceptos Plásticos. Obtenido de: (<http://conceptosplasticos.com/conceptos-social.html>). Consultado: 02 de marzo de 2020.

Europe, P. (2020). PlasticsEurope. Obtenido de: El plástico: una historia de más de 100 años de innovación: (<https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/history>). Consultado: 18 de marzo de 2020.

Nort Palnet. (20018, 07 31). Retrieved from <https://nortpalet.com/es/actualidad/ventajas-del-plastico-que-no-conocías/>

Lozada, J. (2018). Proyecto de ley. Congreso de la República de Colombia. Bogotá, DC: Cámara de Representantes. Recuperado de:  
[http://www.andi.com.co/Uploads/PL%20PLASTICOS%20V3\\_636755635434025819.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/PL%20PLASTICOS%20V3_636755635434025819.pdf)

Guerra, A. (2008). Proyecto de Ley. Congreso de la República de Colombia. Bogotá, DC: Senado. Recuperado de :  
<http://leyes.senado.gov.co/proyectos/images/documentos/Textos%20Radicados/proyectos%20de%20ley/2016%20-%202017/PL%20082-16%20Bolsas%20Plasticas.pdf>

Lozano Correa, A. (2019). Proyecto de Ley. Congreso de la República de Colombia. Bogotá, DC: Senado de la República. Recuperado de  
[http://www.andi.com.co/Uploads/PL-2019- N050S-\\_TO\\_\(PLASTICO\)\\_20190724.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/PL-2019- N050S-_TO_(PLASTICO)_20190724.pdf)

Acoplásticos. (agosto de 2018). Reportero industrial. Obtenido de:  
(<http://www.reporteroindustrial.com/temas/Industria-plastica,-indicador-de-la-economia-colombiana+126688>). Consultado: 02 de marzo de 2020.

GREENPEACE. (octubre de 2018). greenpeace. Obtenido de  
[http://greenpeace.co/pdf/reporte\\_plasticos.pdf](http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf)

GREENPEACE. (noviembre de 2019). Greenpeace. Obtenido de  
[http://greenpeace.co/pdf/2019/gp\\_informe\\_plasticos\\_colombia\\_02.pdf](http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf)

Martínez Urreaga, J. (22 de junio de 2019). N+1. Obtenido de  
<https://nmas1.org/news/2019/06/22/reciclaje-plastico-caro>

Gil Gutierrez, J. (3 de abril de 2019). Colombia genera un millón de toneladas de residuos plásticos al año: Procuraduría. el colombiano, pág. 1. Obtenido de  
<https://www.elcolombiano.com/colombia/residuos-de-plastico-en-colombia-preocupan-a-la-procuraduria-AN10485252>

ambientum. (13 de noviembre de 2018). ambientum. Obtenido de  
<https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plasticos-colombia.asp>  
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). (2015). UN environment Obtenido de <https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plasticos-colombia.asp>

TECNALIA. (28 de noviembre de 2017). Biblioteca digital. Obtenido de  
<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/21034/Diagn%C3%B3stico%20Tecnalia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cámara de comercio de Bogotá. (Julio de 2019). Cámara de comercio de Bogotá. Obtenido de <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Comunicacion-Grafica/Noticias/2019/Julio-2019/Colombia-entierra-anualmente-2-billones-de-pesos-en-plasticos-que-se-pueden-reciclar>

ANIXER. (2017). ANIXTER. Obtenido de [https://www.anixter.com/content/dam/anixter/resources/wire-wisdom/18F1155NA%20-%20Wire%20Wisdom\\_%20Jan\\_Feb\\_2019.pdf](https://www.anixter.com/content/dam/anixter/resources/wire-wisdom/18F1155NA%20-%20Wire%20Wisdom_%20Jan_Feb_2019.pdf)

Bolaños Urbano, L. P., & Vargas Valderrama, H. L. (2014). obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11236/Proyecto-%20Despolimerizacion%20Catalitica%20Laura%20Bola%20c3%b1os%20c%20Heidy%20Vargas-%209%20de%20septie>

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fapuntesiingenieriam.blogspot.com%2F2019%2F10%2Fplanos-varios.html&psig=AOvVaw1mSbFArt6F5ixHhd7GRNBk&ust=1604435760950000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCOCWuJDb5OwCFQAAAAAdAAAAABAI>

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fstudijoc3d.wordpress.com%2Fel-mundo-de-las-casas-de-munecas%2F&psig=AOvVaw2g7G6SwCklvxgOHFLr9JK\\_&ust=1604435822604000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCNiV8rDb5OwCFQAAAAAdAAAAABAJ](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fstudijoc3d.wordpress.com%2Fel-mundo-de-las-casas-de-munecas%2F&psig=AOvVaw2g7G6SwCklvxgOHFLr9JK_&ust=1604435822604000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCNiV8rDb5OwCFQAAAAAdAAAAABAJ)

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fecoinventos.com%2Fplanos-construir-muebles-madera%2F&psig=AOvVaw1ZrvrGF2Xyk0I-LGLz\\_W8l&ust=1604435913239000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCNjN6uTb5OwCFQAAAAAdAAAAABAD](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fecoinventos.com%2Fplanos-construir-muebles-madera%2F&psig=AOvVaw1ZrvrGF2Xyk0I-LGLz_W8l&ust=1604435913239000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCNjN6uTb5OwCFQAAAAAdAAAAABAD)