

DISEÑO DE UNA GUÍA TEÓRICO PRÁCTICA PARA LA CLASIFICACIÓN Y  
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS. APLICACIÓN EN EL  
BARRIO MARÍA AUXILIADORA DUITAMA BOYACÁ

FEDERICO ROJAS CHIQUILLO

JUAN SEBASTIAN CELY SILVA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SECCIONAL DUITAMA

DISEÑO INDUSTRIAL

2021

DISEÑO DE UNA GUÍA TEÓRICO PRÁCTICA PARA LA CLASIFICACIÓN Y  
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS. APLICACIÓN EN EL  
BARRIO MARÍA AUXILIADORA DUITAMA BOYACÁ

FEDERICO ROJAS CHIQUILLO

JUAN SEBASTIAN CELY SILVA

Trabajo de grado modalidad:

Participación activa en el proyecto de investigación SGI 3125 VRI UPTC: “PROGRAMA PILOTO  
DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS APLICADO AL BARRIO MARÍA  
AUXILIADORA DEL MUNICIPIO DE DUITAMA – BOYACÁ”. Grupo Observatorio UPTC Sogamoso

Director

Mg. Jorge Arturo Torres Pemberti

Codirector

Esp. Isnardo Antonio Grandas Rincón

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SECCIONAL DUITAMA

DISEÑO INDUSTRIAL

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

ISNARDO GRANDAS

Director

---

JORGE ARTURO TORRES PEMBERTI

Codirector

---

WILLIAM MORALES

Jurado

---

CARLOS CÁRDENAS

Jurado

Duitama, 20 de Mayo de 2022

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas presentes en este proyecto, sin ustedes no podríamos haber obtenido el mismo resultado.

Al ingeniero Isnardo Grandas quién nos invitó a hacer parte de este proyecto y acompañó durante el proceso hasta su finalización.

Mg Jorge Arturo Torres Pemberti director del proyecto quien siempre estuvo aconsejándonos, motivándonos y guiándonos por la dirección correcta del proyecto. Una persona que siempre ha estado compartiendo su sabiduría y experiencia con nosotros.

A Julieth Vásquez que muy generosamente nos dio la oportunidad de entrar a la ECA Proambientes, compartió con nosotros información y experiencias indispensables para el desarrollo del proyecto.

A la comunidad del barrio María Auxiliadora quienes se mostraron siempre interesados en este proyecto y a su vez dedicaron tiempo para ayudarnos en la construcción del mismo.

Y a nuestras familias, amigos y todas las personas que de una u otra manera nos motivaron y apoyaron emocionalmente durante todo el proceso.



## DEDICATORIA

A mis padres Marlen Fanny Chiquillo Castillo y Luis Rafael Rojas Verdugo y a mi  
hermana Geraldine Rojas Chiquillo.

**Federico Rojas Chiquillo**

A mi madre María Nancy Silva y hermanos, Estefanía Cely y Camilo Cely.

**Juan Sebastián Cely Silva**

## TABLA DE CONTENIDO

1. TITULO DEL PROYECTO.....	13
2. INTRODUCCIÓN.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
3.3 ELEMENTOS DEL PROBLEMA.....	15
4. OBJETIVOS.....	16
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
5. JUSTIFICACIÓN.....	16
6. MARCO REFERENCIAL.....	18
6.1 MARCO CONCEPTUAL.....	22
6.2 MARCO TEÓRICO .....	22
6.2.1 Residuos sólidos plásticos.....	22
6.2.2 Identificación de los residuos plásticos por su aspecto físico.....	25
6.2.3 Clasificación de los residuos plásticos según su comportamiento frente al calor.....	27
6.2.4 Clasificación de los residuos sólidos plásticos según el RIC de la UE.....	27
6.2.5 Reciclaje como proceso de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.....	30
6.2.6. Técnicas avanzadas de recuperación y aprovechamiento, en el contexto nacional e internacional.....	32
6.2.7. Análisis, clasificación y valoración de la información relacionada con técnicas avanzadas de recuperación y aprovechamiento, en el contexto nacional e internacional.....	36
6.2.8 Reciclaje de plásticos mezclados.....	37
6.2.9 Tratamiento de los residuos sólidos plásticos en el mundo.....	39

6.2.10 Principales plásticos de valor comercial en el mundo.....	39
6.2.11 Las dos categorías principales de los plásticos y sus aplicaciones de un solo uso.....	40
6.2.12 Comunidad intervenida: Barrio María Auxiliadora.....	41
7. METODOLOGÍA.....	42
7.1 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	42
7.2 METODOLOGÍA Y MÉTODO.....	43
7.2.1 Marco epistemológico.....	43
7.2.2 Diseño metodológico.....	43
7.2.3 Métodos de recolección de información.....	45
7.3 METODOLOGÍA PARTICIPANTES.....	46
7.4 METODOLOGÍA INSTRUMENTOS, MATERIALES Y/O EQUIPOS.....	47
7.5 METODOLOGÍA PROCEDIMIENTO.....	49
8. RESULTADOS.....	51
8.1 Cumplimiento de las actividades programadas.....	51
8.1.1 Inmersión inicial en el problema y su ambiente por parte del equipo de investigación.....	53
8.1.2 Inspección de los diferentes plásticos encontrados en la zona de estudio.....	58
8.1.3 Selección de los residuos sólidos plásticos más comunes en la zona de estudio.....	59
8.1.4 Clasificación por su nombre comercial de los residuos sólidos plásticos encontrados.....	59
8.1.5 Determinación de la tipología de cada residuo plástico encontrado, según su símbolo de reciclabilidad (RIC).....	62
8.1.6 Toma de muestras de los residuos sólidos plásticos más comunes encontrados.....	66
8.1.7 Clasificación técnica por medio de análisis de propiedades organolépticas.....	67
8.1.7.1 Pruebas físicas.....	67
8.1.7.2 Pruebas comportamiento al calor.....	69

8.1.8 Acompañamiento a un recolector de la zona de estudio, para evidenciar el proceso actual que se realiza en la recolección de residuos sólidos plásticos.....	72
8.1.9 Plan de selección en la fuente para el manejo de los residuos sólidos plásticos en la zona de estudio.....	74
8.1.10 Plan de caracterización de los residuos sólidos plásticos recolectados en la zona de estudio.....	76
8.1.11 Procesos de aprovechamiento para residuos sólidos plásticos.....	78
8.1.12 Residuos plásticos encontrados en la zona de estudio que pueden ser aprovechables.....	81
8.1.13 Proceso de aprovechamiento más adecuado para su aplicación en la zona de estudio.....	82
8.1.14 Posibles propuestas objetuales aplicables al contexto de la zona de estudio, desde el aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.....	83
8.1.15 Propuesta de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.....	84
8.1.16 Descripción de la propuesta objetual para su posible desarrollo y ejecución por parte de los interesados.....	84
8.1.17 Información que se compilará para la elaboración de la guía.....	92
8.1.18 Diseño de la diagramación y organización del contenido que llevará la guía a realizar...	93
8.1.19 Elaboración de la guía teórico práctica para la clasificación y aprovechamiento de los residuos sólidos plásticos.....	95
8.1.20 Validación de la guía por parte de los actores del equipo de trabajo del proyecto programa piloto de economía circular.....	97
8.1.21 Socialización y exposición de la guía ante la JAC del barrio María Auxiliadora, ECA Proambientes y demás participantes del proyecto.....	98
8.1.22 Entrega de la guía teórico práctica a la comunidad.....	105
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	108
11. ANEXOS.....	111

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Usos comunes de cada tipo de resina plástica.....	28
Tabla 2. Análisis de los procesos de recuperación para el reciclado.....	36
Tabla 3. Temperatura y densidad de los plásticos más comúnmente reciclados.....	38
Tabla 4. Procedimiento de investigación mediante objetivos, actividades, técnicas o herramientas.....	47
Tabla 5. Cumplimiento de los objetivos específicos.....	51
Tabla 6. Residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio.....	58
Tabla 7. Residuos sólidos plásticos clasificados por su nombre comercial y tipología.....	60
Tabla 8. Residuos sólidos plásticos clasificados por su símbolo RIC.....	62
Tabla 9. Clasificación de los residuos sólidos plásticos por propiedades físicas.....	67
Tabla 10. Clasificación de los residuos sólidos plásticos por su comportamiento al calor.....	69
Tabla 11. Descripción del acompañamiento realizado a un recolector de la ECA Proambientes.....	72
Tabla 12. Plan de selección en la fuente para el manejo adecuado de los residuos plásticos.....	74
Tabla 13. Caracterización de los residuos sólidos plásticos.....	76
Tabla 14. Lista de chequeo para la validación de los resultados por parte de los actores del equipo de trabajo “macroproyecto”.....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagen del RIC para la clasificación de los residuos sólidos plásticos.....	27
Figura 2. Mapa topográfico del barrio María Auxiliadora de Duitama Boyacá.....	42
Figura 3. Toma de muestras de residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio...	66
Figura 4. Productos fabricados a partir de residuos sólidos plásticos.....	83
Figura 5. Propuesta de un sistema para el lavado y desinfección de residuos sólidos plásticos.....	86
Figura 6. Propuesta de funcionamiento de un sistema para el lavado y desinfección de residuos sólidos plásticos.....	87
Figura 7. Propuesta de un sistema manual para el corte y seccionamiento de residuos sólidos plásticos.....	88
Figura 8. Propuesta de funcionamiento de un sistema manual para el corte y seccionamiento de residuos sólidos plásticos.....	88
Figura 9. Propuesta de un sistema para la deformación plástica de residuos sólidos plásticos.....	89
Figura 10. Propuesta de funcionamiento de un sistema para el calentamiento o deformación plástica de residuos sólidos plásticos.....	89
Figura 11. Propuesta de un sistema manual para el conformado de placas y paneles modulares a partir de residuos sólidos plásticos.....	91
Figura 12. Propuesta de funcionamiento para un sistema manual para el conformado de placas y paneles modulares a partir de residuos sólidos plásticos.....	91
Figura 13. Maqueta diseño de la diagramación y organización del texto de la guía.....	93
Figura 14. Paleta de colores Pantone, seleccionados para la diagramación de la guía.....	94

Figura 15. Diagrama de selección de la información del marco teórico para la elaboración de la guía.....	95
Figura 16. Guía teórico práctica para la clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.....	97
Figura 17. Socialización y exposición de la guía, ante la JAC del barrio María Auxiliadora y la ECA Proambientes Duitama.....	99
Figura 18. Porcentaje de personas que conocen proyectos de aprovechamiento de plásticos que se hayan realizado en el Barrio María auxiliadora.....	101
Figura 19. Porcentaje de personas que tienen conocimiento sobre buenas prácticas para el manejo de los residuos sólidos plásticos.....	102
Figura 20. Porcentaje de personas quieren ser partícipes de proyectos que traten temas de aprovechamiento de residuos plásticos.....	103
Figura 21. Porcentaje de personas que concibieron la socialización del proyecto clara y que comprendieron la problemática que aborda el mismo.....	104
Figura 22. Entrega de la guía por medio digital código QR y link de ingreso.....	106
Figura 23. Entrega de la guía por medio físico, guía impresa y entregada a la persona encargada de la biblioteca en el Barrio María Auxiliadora.....	106

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. GUÍA TERÓRICO PRÁCTICA PARA LA CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS.....	111
ANEXO B. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE CUATRO SISTEMAS DE RECICLADO MECÁNICO ENFOCADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	136
ANEXO C. ENTREVISTA DIRIGIDA A LA ECA PROAMBIENTES DUITAMA.....	162
ANEXO D. FORMATO CUESTIONARIO DE ACOMPAÑAMIENTO A RECOLECTOR DE RESIDUOS PLÁSTICOS.....	164
ANEXO E. LISTA DE CHEQUEO PARA LA VALIDACIÓN POR PARTE DEL EQUIPO DE TRABAJO “MACROPROYECTO” .....	165
ANEXO F. ENCUESTA PARA EVALUAR LA ACOGIDA DEL PROYECTO POR PARTE DE LA COMUNIDAD DEL BARRIO MARIA AUXILIADORA Y PROAMBIENTES.....	167
ANEXO G. FORMATO DE ASISTENCIA A LA SOCIALIZACIÓN DE LA GUÍA.....	168
ANEXO H. OBSERVACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LA GENTE OBJETO DE ESTUDIO .....	170
ANEXO I. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	173
ANEXO J. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	176



## **1. TÍTULO DEL PROYECTO**

DISEÑO DE UNA GUÍA TEÓRICO PRÁCTICA PARA LA CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS. APLICACIÓN EN EL BARRIO MARÍA AUXILIADORA, DUITAMA BOYACÁ.

## **2. INTRODUCCIÓN**

La presente propuesta de investigación pretende generar una guía instructiva para la recolección, caracterización, clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos generados en el barrio María Auxiliadora de la ciudad de Duitama, con el fin de incentivar y promover la participación comunitaria y apropiación de conocimiento para su futura aplicación en proyectos de la región que fomenten la economía circular y desarrollo de la región. Ya que actualmente no se realiza un manejo adecuado de los residuos sólidos plásticos recolectados, y se desconoce la oportunidad que hay para intervenir en su ciclo de vida, y así promover en la generación de ideas de negocio que favorezcan la economía de la comunidad.

Así mismo se debe reconocer, el inadecuado manejo de los residuos sólidos que existe actualmente representa uno de los problemas de contaminación ambiental que más aqueja a las zonas de asentamientos humanos, situación que prevalece al no tener una cultura de minimización en la producción, como tampoco una disposición final adecuada de residuos en algunos centros urbanos, sin importar su extensión y población.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Colombia la cultura del reciclaje y el aprovechamiento de residuos sólidos reutilizables es todavía en la actualidad un tema muy alejado de nuestra realidad y cultura, el crecimiento demográfico, el desarrollo económico y los procesos de urbanización, incrementan el consumo de bienes y servicios por una población; que a la vez, genera mayor cantidad de residuos sólidos plásticos y por tanto, mayor presión sobre los recursos naturales (Gligo 2006), lo que se traduce en un aumento de la problemática de disposición final de residuos, de hecho, no es de extrañar que la mayoría de los residuos que se producen en las poblaciones son dispuestos en los rellenos sanitarios.

Según el estudio sectorial de aseo (2015), para el departamento Boyacá, 98% de los residuos recolectados por las empresas de aseo son dispuestos en relleno sanitario (SSPD 2015, pp. 34 ), y se ha forjado una cultura en torno a esto, ya que se ha creado una zona de confort en cuanto que, es más fácil la disposición indiscriminada de residuos en relleno sanitario, que la separación, procesamiento y aprovechamiento de residuos sólidos reutilizables, es por esto que el reciclaje es llevado a muy pequeña escala, por lo tanto el potencial de aprovechamiento en la actualidad es enorme, en consecuencia, la incursión en esta área es lenta, también la falta de proyectos y modelos que ayuden a tener una guía o que propongan el aprovechamiento de residuos reutilizables a gran escala son escasos.

La teoría de la economía circular replantea el concepto lineal de comprar, usar y tirar por uno que recupere y regenere. Este modelo es posible utilizarlo para el manejo sostenible de los residuos plásticos residenciales, de tal manera que se reemplace el concepto tradicional por el de

“comprar bien, recuperar y presionar para el ecodiseño de productos”. Los materiales plásticos como residuos sólidos aprovechables son un peligro inminente para el medio ambiente sin una adecuada recuperación, tratamiento y disposición.

### **3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo informar e instruir a la comunidad del barrio María Auxiliadora y a los recuperadores en los procesos de recolección, clasificación, caracterización y posible aprovechamiento de residuos sólidos plásticos recolectados en la ECA Proambientes de la ciudad de Duitama Boyacá?

### **3.3 ELEMENTOS DEL PROBLEMA**

Informar

Instruir

Comunidad del barrio María Auxiliadora

Recuperadores

Procesos de recolección

Procesos de clasificación

Procesos de caracterización

Posible aprovechamiento

Residuos sólidos plásticos

ECA Proambientes

Duitama Boyacá

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y elaborar una guía de tipo teórico práctica que permita instruir a la comunidad del barrio María Auxiliadora y a los recuperadores en los procesos de recolección, clasificación, caracterización y posible aprovechamiento de residuos sólidos plásticos recolectados en la ECA PROAMBIENTES de la ciudad de Duitama Boyacá.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar y establecer qué materiales poliméricos (plásticos) se recolectan en la ECA PROAMBIENTES del barrio María auxiliadora en la ciudad de Duitama.
- Determinar qué procesos de recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos pueden ser aplicados en la comunidad intervenida.
- Plantear una propuesta objetual para el posible aprovechamiento de los residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio.
- Diseñar y construir una guía teórica práctica para instruir y divulgar la información acerca de los procesos de recolección, clasificación, caracterización y posible aprovechamiento de residuos sólidos plásticos, aplicables en la zona de estudio.

## **5. JUSTIFICACIÓN**

El mundo produce cada año 300 millones de toneladas de residuos plásticos y actualmente solo el 14% se recolecta para el reciclaje y recuperación, según informa ONU Medio Ambiente. (Semana, 2020) Además, de todos los desechos plásticos que se han producido en nuestra historia, solo 9% se ha reciclado. En Colombia, de acuerdo con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios se generan alrededor de 10.3 millones de toneladas de residuos sólidos de

las cuales 1.25 millones son material plástico representado en materias primas, materiales y empaques consumidos y comprados. El consumo per cápita anual de plástico en el país es de 24 kg/persona de los cuales el 56% es de un solo uso, es decir, pitillos, cubiertos, platos, tapas y envases. Las cifras son escandalosas, solamente se recicla y se recupera un 17% de los residuos y en el 78% de los hogares no se recicla. (Semana, 2020)

Según el Banco Mundial (s.f.) "si se continúa con la misma dinámica de generación de residuos, sin adecuadas medidas para mejorar su aprovechamiento o tratamiento, y con patrones de producción y consumo insostenibles, en el año 2030 tendremos emergencias sanitarias en la mayoría de ciudades del país y una alta generación de emisiones de gases de efecto invernadero" (CIQ, 1991). Si bien las razones son complejas, es necesario persistir en programas que aumenten la recuperación de estos productos y a la vez empoderar a la comunidad para que los adopte y aumente la cultura de disposición y aprovechamiento de los mismos.

El plástico es un material sintético que se produce a partir del petróleo y que por procesos de polimerización del carbono es altamente modificable y maleable a las necesidades requeridas. Sus características de resistencia, versatilidad, elasticidad y bajo costo lo hacen un material presente en casi todos los elementos cotidianos, desde la ropa, pasando por empaques de alimentos, bolsas, pitillos, vasos y demás recipientes desechables (MASP, 2019). En el reporte "Desechando el Futuro" de Greenpeace citado en el informe Situación Actual de los Plásticos en Colombia y su Impacto en el Medio Ambiente de la Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP) de la Facultad de Derecho de la Universidad de los Andes y Greenpeace Colombia, se advierte que "durante la próxima década la industria de los combustibles fósiles pretende aumentar su producción en un 40%, y el plástico podría constituir el 20% del consumo total de petróleo, y que desde 2010 grandes empresas multinacionales han invertido

conjuntamente 180 mil millones de dólares en la producción de plástico” (Enel, 2020); de lo cual se puede deducir que se requieren medidas urgentes para mitigar el impacto de la producción de plásticos en el ambiente. Bajo el enfoque de economía circular desaparece el concepto de basura, desperdicio, los productos o residuos sólidos pueden ser separados una vez termine su utilidad y sus componentes vuelven a formar parte de los ciclos naturales o industriales, de tal manera que se reduce el consumo de energía.

Los municipios están interesados en proyectos que coadyuven, no solo al tratamiento sostenible de los residuos sólidos sino a una innovación que permita aprovechar al máximo y reduzca la cantidad de residuos plásticos generados por la ciudadanía, que creen sinergia entre los actores urbanos como por ejemplo recuperadores de oficio, empresa privada, autoridades locales, organizaciones sociales y comunidad en general. Es una oportunidad para la academia, de participar en el desarrollo socio económico del departamento y brindar un espacio de trabajo a sus semilleros de investigación; es decir acercar la academia a las problemáticas territoriales.

De igual forma es necesario contribuir a las metas de los objetivos de desarrollo sostenible (Agenda del desarrollo 2015-2030 Naciones Unidas). En especial objetivo 12: producción y consumo responsable; objetivo 11: ciudades y comunidad sostenible; objetivo 13: acción para el clima; objetivo 1: disminución de la pobreza y objetivo 16: Convivencia y paz.

## **6. MARCO REFERENCIAL**

### **6.1 MARCO CONCEPTUAL**

#### **Residuos sólidos**

El Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009) definió el término residuo como “cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido, semisólido o

líquido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales de servicios o de salud”. Este concepto le otorga un valor agregado a lo que la mayor parte de la población denomina “basura”, el cual paradójicamente le resta importancia y lo convierte en algo inservible, insignificante y en ocasiones desagradable que debe ser retirado del contexto diario en el menor tiempo posible. (Barradas, 2009).

### **Residuos sólidos plásticos**

El término plástico se refiere a varios tipos de polímeros; materiales compuestos de moléculas orgánicas de alto peso molecular que derivan, usualmente, del petróleo. No obstante, el primer plástico desarrollado fue el celuloide, un compuesto derivado del algodón que fue patentado por John Hyatt en 1865 como sustituto del marfil para fabricar bolas de billar. (John y Hyatt, 1865 p. 50-359).

Se genera un residuo de plástico cuando cualquier elemento fabricado a partir de este material es descartado por su poseedor al no encontrarle valor o utilidad. Una de las características más notorias de los residuos plásticos es su larga duración. El tiempo de descomposición depende del tipo de plástico que se trate, el tamaño del residuo y el proceso de degradación asociado. Los mecanismos de degradación pueden ser biológicos, de oxidación o de foto-oxidación, entre otros. En general, los plásticos tardan al menos 100 años en descomponerse. Aunque existen algunos que se demoran entre 500 y 1000 años y bajo ciertas condiciones, como, por ejemplo, al ser enterrados, inclusive parecen detener su descomposición.

### **Recuperación**

Se basa en la utilización de los residuos generados en otro proceso distinto del que lo produjo, este se puede introducir directamente o puede sufrir algún tipo de manipulación o tratamiento.

El poder calorífico de los residuos que pueden usarse como fuentes de energía mediante la combustión.

La recuperación de componentes que pueden ser separados y usados por otras industrias con fines diferentes.

El aprovechamiento directo de los residuos por otras industrias

### **Aprovechamiento**

Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos” (Ministerio de Desarrollo Económico, 2002).

### **Economía Circular**

Es un concepto que ha evolucionado con el tiempo, en un primer momento se relacionaba exclusivamente los residuos sólidos, sin embargo, en la actualidad se relaciona más con un “replanteamiento sustancial del modelo económico en su totalidad, a partir de las fases iniciales” Prieto, Jaca y Ormazabal (2017). Lo que quiere decir que para afectar de manera positiva la cadena de valor, es necesario no solo analizar la etapa residual sino la cadena misma desde sus fases iniciales para aumentar la circularidad de los flujos. Ahora bien, el concepto también puede



entenderse como un “paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible” Prieto, Jaca y Ormazabal (2017). Desde la intervención directa de la cadena productiva y del replanteamiento de las formas de producir las mercancías en el ciclo de producción. La Economía Circular permite responder a los desafíos del crecimiento económico y productivo actual porque promueve un flujo cíclico para la extracción, transformación, distribución, uso y recuperación de los materiales y la energía de productos y servicios disponibles en el mercado (Prieto, Jaca y Ormazabal, 2017).

La economía circular se relaciona con varios conceptos y es la evolución misma del concepto de desarrollo sostenible, sin embargo, sus principales defensores han defendido la idea de que ésta no es “un movimiento ecológico, sino una forma de pensar distinta, una filosofía del diseño” (Balboa y Domínguez, 2014).

Los plásticos entendidos como el “material sintético que se produce a partir del petróleo y que por procesos de polimerización del carbono es altamente modificable y maleable a las necesidades requeridas” precisamente la producción constante y los problemas de recuperación han hecho de estos materiales un objeto creciente de interés en la investigación, por los daños ambientales que se generan. Existen diferentes tipos pero los denominados “plásticos de un solo uso” o plásticos “no reutilizables” son los que generan mayores preocupaciones, porque como su nombre lo indica son aquellos que se desechan una vez se utilizan y no permiten realizar un proceso de reutilización, dentro de estos se encuentran “bolsas, rollos de embalaje, películas extensibles y de burbujas, envases de alimentos, vasos desechables, platos, bandejas, botellas de agua y bebidas hidratantes, envoltorios de comida, tapas, cubiertos, pitillos, mezcladores,

copitos, filtros de cigarrillo” (Balboa y Domínguez, 2014). Estos son de especial interés para la investigación.

El tratamiento de residuos sólidos, tecnología y gestión, la caracterización, la recolección, la clasificación y la presentación de los mismos, son elementos de importancia vital para definir tecnologías de proceso y gestión que proyecte los residuos plásticos no como un problema sino como una oportunidad basada en la recuperación y el aprovechamiento. Recuperación y aprovechamiento entendidos como los procesos mediante los cuales “a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y económicos”. Gestión Ambiental de Residuos Sólidos, [GTC 24] 2018)

## **6.2 MARCO TEÓRICO**

### **6.2.1 Residuos sólidos plásticos**

El plástico es un material barato, versátil y duradero, lo que ha extendido su uso para la fabricación de envases, elementos constructivos, piezas para coches o motores, mobiliario, etc. En total, se calcula que actualmente el 7% del peso de la basura del hogar y el 20% de su volumen corresponden a residuos plásticos. (Balboa y Domínguez, 2014).

Sin embargo, los residuos de plástico que provienen de elementos fósiles como el petróleo, el carbón, el gas natural o la celulosa mezclada con otros aditivos (para conferirle propiedades como flexibilidad, transparencia, rigidez, capacidad aislante, color, etc.), presentan un gran inconveniente para el medioambiente: en su mayoría no son biodegradables, por lo que su

gestión y tratamiento debe realizarse siempre de manera profesional con empresas especializadas en el sector. (Servicios medioambientales de valencia, [SL] 2019).

Los beneficios del plástico son innegables. Este material es económico, liviano y fácil de producir. Estas cualidades han llevado a un auge en la producción de plásticos durante el siglo pasado. Esta tendencia continuará a medida que se dispare la producción mundial de plásticos durante los próximos 10 a 15 años. Nosotros ya no somos capaces de lidiar con la cantidad de residuos plásticos que generamos, sin que repensemos la forma en la que fabricamos, usamos y gestionamos los plásticos. En última instancia, para enfrentar uno de los mayores flagelos ambientales de nuestros tiempos se requerirá que los gobiernos reglamenten, que los negocios innoven y que los individuos actúen.

Desde la década de los años 50 la producción del plástico ha superado a la de casi todos los otros materiales. Mucho del plástico que producimos está diseñado para ser desechado después de haber sido utilizado una sola vez. Como resultado, los envases plásticos representan aproximadamente la mitad de los residuos plásticos en el mundo. La mayor parte de estos residuos se generan en Asia, mientras que Estados Unidos, Japón y la Unión Europea son los mayores productores mundiales per cápita de envases plásticos. (ONU, 2018)

Nuestra capacidad de lidiar con residuos plásticos ya ha sido colmada. Sólo el 9% de los residuos plásticos que se han producido hasta ahora en el mundo han sido recicladas'. La mayoría termina en vertederos, basureros o en el medio ambiente. Si los patrones de consumo y prácticas de gestión de residuos actuales continúan, entonces para el año 2050 habrá aproximadamente unos 12 mil millones de toneladas de basura plástica en los vertederos y en el medio ambiente. Si el crecimiento en la producción de plásticos continúa al ritmo actual,

entonces para tal fecha el 20% del consumo mundial total de petróleo podría provenir de la industria de plásticos. (Giacovelli, 2018)

La mayoría de los plásticos no se biodegradan. En cambio, se descomponen lentamente en fragmentos más pequeños conocidos como los microplásticos. Algunos estudios indican que las bolsas de plástico y envases hechos de espuma de poliestireno (comúnmente conocido como espuma de poliestireno) pueden tardar hasta miles de años en descomponerse, contaminando así el suelo y las aguas.

En orden de magnitud, los plásticos de un solo uso que se encuentran más comúnmente en el medio ambiente son: colillas de cigarrillos, botellas de plástico para bebidas, tapas de botellas de plástico, envoltorios de comida, bolsas de plástico de supermercados, tapas de plástico, pajillas y agitadores, otros tipos de bolsas de plástico y recipientes de espuma para llevar. Estos son los productos de desecho de una cultura de usar y tirar que trata el plástico como un material desechable más bien que un recurso valioso que se debe de aprovechar. (Giacovelli, 2018)

Los residuos plásticos causan una enormidad de problemas cuando se escapan al medio ambiente. Las bolsas de plástico pueden bloquear las vías fluviales y agravar los desastres naturales. Al obstruir alcantarillas y al proveer caldos de cultivo para mosquitos y plagas, las bolsas de plástico pueden incrementar la propagación de enfermedades transmitidas por portadores, como el paludismo. Se han encontrado altas concentraciones de materiales de plástico, en especial las bolsas de plástico, obstruyendo las vías respiratorias y los estómagos de cientos de especies. Las tortugas y delfines frecuentemente ingieren bolsas de plástico al confundirlas con alimentos. Existe evidencia de que las sustancias químicas tóxicas que se añaden durante la fabricación del plástico se traspasan a los tejidos animales, y así entran finalmente en la cadena alimenticia de los seres humanos. Los productos de espuma de

poliestireno, los cuales contienen sustancias químicas cancerígenas tales como el estireno y el benceno, son altamente tóxicos si son ingeridos, ya que dañan los sistemas nerviosos, los pulmones y los órganos reproductivos. Las toxinas en los recipientes de espuma de poliestireno se pueden filtrar a los alimentos y bebidas. En países pobres los residuos plásticos son comúnmente incinerados para la calefacción o para cocinar, exponiendo así a las personas a emisiones tóxicas. La eliminación de residuos plásticos mediante la quema al aire libre libera gases nocivos como el furano y la dioxina. (Sistemas de aseo urbano, 1998)

### **6.2.2 Identificación de los residuos plásticos por su aspecto físico**

Los plásticos son materiales que pueden ser reutilizados mediante diferentes procesos de reciclaje, para esto es necesario saber identificarlos correctamente, ya que cada uno tiene unas características particulares que los caracteriza entre sí.

Los plásticos pueden identificarse de diferentes modos, puede ser por su marca normalizada, aspecto físico, efecto al calor, densidad relativa, solubilidad, entre otros.

El aspecto físico o visual es la técnica más común y utilizada por los recolectores o recuperadores. Aunque es muy útil, este método no es suficiente para hacer una correcta separación de los plásticos. El aspecto físico o visual puede dar pista para identificar los plásticos como materia prima para el reciclaje. Esta puede ser la manera más fácil y rápida para identificar el tipo de plástico que se esté recolectando. Es más difícil identificar los plásticos como materia prima sin mezclar, o en pellets,

que los productos acabados. Los termoplásticos se producen generalmente en forma de pellets, granulados. Los materiales termoestables se suelen obtener como polvos

o resinas.

De las resinas termoplásticas más comunes, el polietileno tereftalato (PET) y polipropileno (PP) tienen una textura translúcida, cerosa. El Pet especialmente tiene una textura cristalina, con claridad y alto brillo.

El (PEAD) es opaco y de aspecto ceroso se puede encontrar en todas las tonalidades transparentes y opacas.

El (PVC) es de textura cerosa y opaca, puede ser flexible o rígido.

El (PEBD) Es ligero, flexible y de color lechoso, puede llegar a ser transparente dependiendo de su espesor.

El (PS) Se puede encontrar de apariencia transparente o blanca, es duro y quebradizo, produce ruido metálico cuando es sometido a un impacto. Es un material plástico transparente, inodoro, insípido y relativamente quebradizo (a no ser que se modifique esta propiedad). Junto al poliestireno con aspecto de cristal existen otras variedades de poliestirenos modificados con goma (que son resistentes a los impactos) y poliestirenos expandibles. El poliestireno es material de partida en la producción de algunos importantes copolímeros. (Rivera, 2004, p. 7).

Los métodos de fabricación y aplicación del producto también describen un plástico. Habitualmente, los materiales termoplásticos se extruyen o se someten a conformado por inyección, calandrado, moldeo por soplado y moldeo al vacío. El polietileno, el poliestireno y los celulósicos se suelen emplear en la industria de recipientes y envasados. Las sustancias como polietileno, politetrafluoroetileno,

poliacetales y poliamidas tienen un tacto ceroso característico. Los plásticos termoendurecibles se suelen moldear por compresión (por transferencia). (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2008).

### **6.2.3 Clasificación de los residuos plásticos según su comportamiento frente al calor**

En función de las macromoléculas que los componen podemos establecer tres tipos de plásticos:

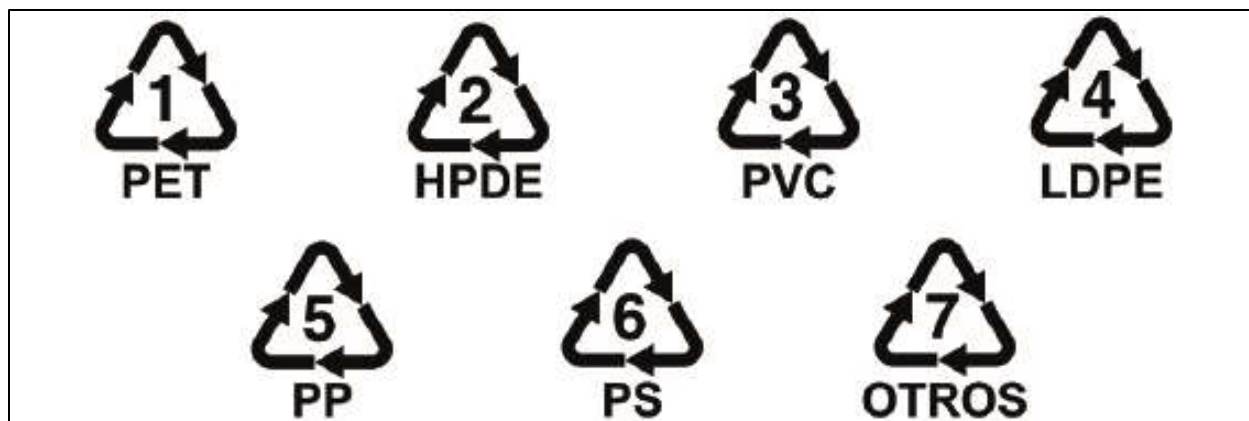
- Termoplásticos: son moldeables y deformables a temperatura ambiente, se convierten en líquido cuando se calientan y se endurecen en estado vítreo al enfriarse.
- Termoestables: se convierten materiales rígidos tras un proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación.
- Elastómeros: tienen gran elasticidad y capacidad de estiramiento y que pueden recuperar su forma original cuando “retiramos” la fuerza que los deforma. (Rivera, 2004).

### **6.2.4 Clasificación de los residuos sólidos plásticos según el RIC de la UE**

Con el objetivo de facilitar el tratamiento de los residuos de plástico y su reciclaje, la UE ha establecido un código (Resin Identification Code o RIC, integrado dentro del Catálogo Europeo de Residuos) que, mediante un patrón numérico del 1 al 7 y una serie de siglas, identifica el residuo en función del tipo de polímero plástico con el que está fabricado.

#### **Figura 1**

*Imagen del RIC para la clasificación de los residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra un código identificativo para cada tipo de resina de polímero.

Fuente: Codificación de los plásticos (2010).

### **Tabla 1**

*Usos comunes de cada tipo de resina plástica.*

---

PET o PETE (Tereftalato de polietileno). Utilizado para fabricar envases de bebidas, limpiadores, envasado de alimentos. Con el PET reciclado se puede fabricar fibras textiles, muebles, alfombras, piezas para automóviles y en un porcentaje para la fabricación de nuevos envases.

PE-HD o HDPE (Polietileno de alta densidad). Se utiliza para la fabricación de envases para productos químicos o de limpieza como, por ejemplo: envases de shampoo, cloro, detergentes líquido y bolsas. Este tipo de plástico se puede reciclar para fabricar tubos, envases de detergente y aceites, muebles y juguetes.

PVC (Policloruro de vinilo). Es un plástico tóxico que puede liberar toxinas y que por tanto no se debe quemar o permitir que entre en contacto con alimentos. Algunas de sus aplicaciones principales se encuentran en productos no alimenticios como cables, tuberías, equipamientos médicos, ventanas, materiales para construcción, recubrimiento de cables,

---



---

entre otros. Su reciclaje se puede utilizar para la fabricación de tarimas, canalones de carretera, tapetes, entre otros.

LDPE (Poliétileno de baja densidad). Con este tipo de plástico se fabrican elementos fácilmente moldeables como botellas, bolsas de detergentes, botes exprimibles, tapas flexibles o bolsas de basura. El LDPE reciclado se utiliza para la fabricación de paneles, recipientes, tuberías, algunos muebles, entre otros.

PP (Polipropileno). Es un plástico que, debido a su resistencia a las temperaturas, se suele utilizar para la industria del automóvil y la construcción con el que se fabrican piezas de motores, baterías, embudos. También se puede encontrar este polímero en productos de embalaje, alfombras, ropa interior térmica, pitillos, envases de yogurt, algunos recipientes de cocina.

El PP reciclado se utiliza para fabricar cables de batería, escobas, cepillos, raspadores de hielo, paletas, cubos, madera plástica, bandejas, entre otros.

PS (Poliestireno). Se utiliza para fabricar vasos y plásticos desechables, copas de acrílico, envases de aspirina, cajas de CD, entre otros. Con el poliestireno expandido pueden fabricarse muchos de los elementos de usar y tirar utilizados en alimentación como cubiertos, platos, bandejas, etc. Con el PS reciclado se puede reciclar para fabricar cuadros, molduras para la construcción y placas de aislamiento térmico.

---

---

Otros. Aquellos plásticos que están clasificados con el número 7 y la letra 0 se consideran altamente contaminantes y son los únicos que no pueden reciclarse. Son plásticos elaborados con dos o más resinas, se utilizan para fabricar algunos envases, empaques de snacks, empaques de alimentos de mascotas, entre otros...Debido a esa mezcla de resinas plásticas se hace difícil su reciclaje y en su mayoría, los productos de este tipo no tienen ningún código

---

*Nota.* Datos tomados de (Codificación de los plásticos, 2010) disponible en <https://reciclaje.com.co/blog/aprende-a-reciclar/el-abc-del-plastico/>.

Uno de los propósitos del aprovechamiento es “Disminuir los impactos ambientales, tanto por demanda y uso de materias primas como por los procesos de disposición final”. (MVCT, 2013) De las 28.800 toneladas diarias de residuos que se generan en Colombia sólo 3.800 toneladas (13%) son recuperadas y reincorporadas en el ciclo productivo. De ese 13%, aproximadamente 2.100 toneladas diarias (7%) son recuperados y comercializados por los denominados recicladores o recuperadores informales y unas 1.600 (6%) son reincorporadas al ciclo 26 productivo a través de convenios directos entre el comercio y la industria. (Mejía, 2010). (Servicios medioambientales de valencia [SL], 2019).

### **6.2.5 Reciclaje como proceso de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.**

Los procesos de aprovechamiento se convirtieron en medidas para mitigar el impacto medioambiental que tiene la fabricación y alto consumo de plásticos. La asociación Greenpeace popularizó la propuesta de la Ley de las “3R”, Reducir, Reusar y Reciclar. Cuando se habla de aprovechamiento, el contexto se sitúa en los procesos de reutilización o reciclaje de los residuos sólidos plásticos. (Chacón, Pacheco, Cendejas y Ortega, 2016). El reciclaje es un proceso de

tratamiento de un residuo que pretende convertirlo en materia prima para una posterior utilización. Actualmente existen cuatro métodos de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos por medio del reciclado:

- Reciclado primario: Comprende los procesos de conversión de un residuo plástico con propiedades similares o idénticas al material original. Este tipo de reciclaje se aplica con termoplásticos como: PET, PEAD, PEBD, PP, PS y PVC.
- Reciclado secundario: en este tipo de reciclaje, el proceso de conversión tiene como resultado un plástico con propiedades inferiores al original. En este proceso, no se requiere que se separe o limpie el plástico, en lugar de esto, se mezclan los residuos plásticos incluyendo tapas, papel, aluminio, polvo, etc. Con el fin de ser molidos y fundidos dentro de un extrusor.
- Reciclado terciario: en este proceso se somete el polímero a degradación haciendo uso de compuestos químicos, con el fin de generar materias primas integrables para la fabricación de nuevos polímeros o para otros procesos petroquímicos. El proceso de reciclado químico o descomposición química se conoce también como solvólisis, y se puede realizar por los siguientes métodos:
  - o Metanólisis
  - o Glicólisis
  - o Hidrólisis
- Reciclado Cuaternario: comprende los procesos de incineración para la recuperación energética. A diferencia de la solvólisis este método tiene mayor flexibilidad y diversidad porque comprende procedimientos a altas temperaturas como: pirolisis, gasificación,

craqueo térmico, hidrogenación cuántica, y craqueo catalítico. El objetivo final es la transformación de estos residuos a monómeros, combustibles gaseosos o líquidos, y compuestos base para la petroquímica.

Algunos beneficios del reciclaje son:

- Preservación de los recursos naturales
- Se evitan focos de contaminación
- Las industrias disminuyen el gasto energético y los costos de producción minimizando los residuos
- Los municipios disminuyen el costo de recolección, transporte y disposición final de la basura
- Se alarga la vida útil de los rellenos sanitarios
- Se genera empleo.

(Chacón, Pacheco, Cendejas y Ortega, 2016).

### **6.2.6. Técnicas avanzadas de recuperación y aprovechamiento, en el contexto nacional e internacional.**

#### **Reciclado Mecánico:**

Consiste en cortar el material recuperado y disponerlo en una extrusora con el fin de crear granza o pellets y después transformarlos mediante procesos de extrusión o inyección. Este tipo de reciclaje se considera exclusivo para los residuos proveniente del consumo. Las condiciones que debe cumplir un reciclaje mecánico son:

- Plásticos no muy degradados en los procesos de transformación y/o utilización

- Una completa separación de los plásticos por tipos, esto depende de la fase de selección.
- Ausencia de materiales o partículas extrañas que puedan dañar los equipos de transformación, o que puedan dañar las características físicas del producto
- Una recolección en cantidad suficiente para que sea viable y rentable el proceso

Las siguientes son etapas del proceso de reciclado mecánico:

- Limpieza: se acondiciona el material de forma que no tenga suciedad o sustancias que puedan dañar el producto final o las máquinas de transformación.
- Clasificación: se selecciona y separan los plásticos basados en métodos físicos como: flotación – hundimiento, basados en la densidad, utilización de disolventes, técnicas espectroscópicas, técnicas electrostáticas, técnicas basadas en la incorporación de marcadores químicos, entre otros.
- Trituración o molienda: se obtienen granos de tamaños adecuados mediante cuchillas de acero inoxidable
- Lavado: eliminación de cualquier tipo de suciedad o impureza mediante lavado, aclarado, y centrifugación. Seguidamente los residuos se vuelven a moler y secar.
- Obtención de granza: mediante extrusión, el material se homogeniza por fundición, posteriormente se moldea la masa fundida en filamentos. Tras la extrusión, el plástico pasa a través de un filtro para eliminar los restos de contaminantes y se corta en pequeños trozos, obteniendo así la granza reciclada.
- Solidificación: el material se enfría con agua haciendo que éste se solidifique en forma de pellets, posteriormente, por medio de una corriente de aire estos pasan a una tolva que va llenando los sacos. (Rivera, 2004).

## Reciclado Químico:

Es el proceso de degradación de los polímeros a compuestos químicos básicos y combustibles con el fin de recuperar monómeros de los residuos plásticos por proceso de despolimerización. Los siguientes son métodos de reciclado químico:

- **Gasificación:** Proceso de obtención de gases de síntesis como el monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco, también pueden ser útiles como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.
- **Hidrogenación:** los plásticos son tratados con hidrógeno y calor con el fin de romper las cadenas poliméricas y convertirlas en petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.
- **Pirolisis:** es un proceso que se lleva a cabo bajo condiciones de reacción a  $T > 450^{\circ}\text{C}$  y elevados tiempos de residencia, debido a que se requieren grandes cantidades de calor para romper el enlace carbono – carbono. En el craqueo de las moléculas por el calentamiento se recuperan las materias primas de los plásticos, de manera que se puedan rehacer polímeros puros con mejores propiedades. En este proceso se generan hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser procesados en refinerías. En el caso del PET, su pirolisis genera carbón activado.
- **Solvólisis:** consiste en aplicar procesos solvolíticos como la glicólisis, hidrólisis o metanólisis, para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos. Este proceso se aplica para poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas.
  - **Hidrólisis:** proceso de separación de cadenas más cortas llamadas oligómeros.

Para que esta reacción ocurra se deben conjuntar el polímero, la humedad y la alta

temperatura. Los gránulos de los polímeros antes del proceso pueden contener un alto nivel de humedad, pero a temperatura ambiente no habrá reacción, es hasta que entran al proceso de transformación (extrusión, inyección, soplado) en donde la unidad a la que se alimenta está a alta temperatura, que se desencadena la reacción. La hidrólisis también puede ocurrir cuando una pieza del plástico en operación se encuentra en contacto con agua o humedad a alta temperatura.

Los polímeros más susceptibles a la hidrólisis son los polímeros de condensación: los poliésteres (PET, PBT, etc.), los policarbonatos y las poliamidas, pero en el caso de los policarbonatos y las poliamidas la hidrólisis es menor a menos que estén en presencia de un medio ácido y algunas veces alcalino. También los poliuretanos termoplásticos son susceptibles a ataque por agua y calor.

- Metanólisis: Consiste en la aplicación del metanol a temperaturas entre 180°C y 280°C y presiones elevadas para que se degrade o descomponga el PET en moléculas básicas incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen. (Rivera, 2004).

### **Reciclado por recuperación de energía:**

Consiste en el aprovechamiento del poder calorífico de los derivados del petróleo, esto con el objetivo de aprovechar la energía térmica liberada en otros procesos. Dentro de las ventajas de este proceso están: la disminución del espacio ocupado en los vertederos, la recuperación de metales y el manejo de diferentes cantidades de desechos. Sin embargo, existen desventajas a nivel de contaminación, puesto que se generan emisiones contaminantes como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>.

### **6.2.7. Análisis, clasificación y valoración de la información relacionada con técnicas avanzadas de recuperación y aprovechamiento, en el contexto nacional e internacional**

No todos los materiales están en condición de ser reciclados mecánicamente, esto puede ser porque están muy degradados y no darían productos con buenas características o porque se encuentran con otro tipo de sustancias por lo que su separación y limpieza no resulta rentable. Aunque el reciclado mecánico es uno de los métodos más desarrollados actualmente, realmente no es el más adecuado si se habla en términos de rendimiento, este no es suficiente para poder lograr la eficiencia económica a través de la eficiencia ecológica

El reciclado químico es contaminante para el ecosistema, estudios han demostrado que empaques de un solo uso pueden contener hasta 100.000 productos químicos, que, al aplicar temperatura, este libera toxinas como monóxido de carbono, CO<sub>2</sub> y dioxinas.

Procesos químicos como la metanólisis se ha aplicado con buenos resultados a botellas residuales, residuos de fibras, películas de posconsumo. Sin embargo, presenta una limitante considerable el alto costo de separación y refinamiento de los productos de reacción (glicoles, alcoholes y tereftalatos) y además el agua residual presente, contamina el proceso y daña el catalizador. (Chacón, Pacheco, Cendejas y Ortega, 2016).

**Tabla 2**

*Análisis de los procesos de recuperación para el reciclado.*

<b>Proceso de recuperación</b>	<b>Valoración</b>
Reciclado mecánico	Es el proceso de recuperación que se desarrolla después de la recogida de PET y PP en la ECA. Las personas que llevan a cabo este proceso, se encargan igualmente del



	<p>transporte. En la ciudad de Duitama hay N número de empresas dedicadas a la recuperación de PET. La desventaja de este proceso es que el material va perdiendo propiedades con cada ciclo térmico al que sea sometido.</p>
Reciclado Químico	<p>Esta metodología puede presentar una solución de recuperación de los plásticos que no pueden ser tratados de forma mecánica. A diferencia del reciclado mecánico, en teoría este proceso permite recuperar casi totalmente la calidad del material recuperado, e inclusive mejorarlo. Sin embargo, su desventaja está en su costo de inversión. Este proceso se implementa con gran fuerza en Europa, donde las rigurosas legislaciones y las imposiciones tributarias futuras en países europeos, hacen que este método sea económicamente atractivo, aunque no sea del todo beneficioso para el ecosistema.</p>
Reciclado por valoración energética	<p>Europa, Estados Unidos y Japón son las regiones donde más se practica esta técnica. En Europa el 39,5% de los residuos plásticos posconsumo, son recuperados de esta forma. Este proceso es una buena alternativa si se realizan los respectivos controles de filtración y purificación de las emisiones generadas por la combustión. Al igual que el anterior proceso, su desventaja es que requiere un alto grado de inversión para operar y controlar esta técnica en la región.</p>

*Nota.* Datos tomados de Revista de ciencias ambientales y recursos naturales (2016).

### **6.2.8 Reciclaje de plásticos mezclados**

Muchas veces se utilizan flujos mezclados de residuos plásticos como el polietileno (PE), polipropileno (PP) y policloruro de vinilo (PVC) para producir resinas que no requieren

especificaciones estrictas para hacer productos, tales como bancos de jardín, mesas, materas, postes para vallas, vigas, estacas y madera plástica. De esta manera se puede obtener a un bajo costo el producto final, ya que el proceso de selección es más sencillo. (Rivera, 2004, p. 37).

El proceso de reciclado más eficiente involucra la separación de los materiales de acuerdo al tipo de resina, en razón de que la mayoría son termodinámicamente incompatibles entre sí. Es por esto que al mezclar las resinas se debe tener en cuenta que la temperatura de fusión sea similar entre sí. El polietileno tereftalato (PET) no se puede mezclar con los demás plásticos, ya que éste se funde a temperaturas más altas que las otras resinas y forma inclusiones en el producto.

**Tabla 3**

*Temperatura y densidad de los plásticos más comúnmente reciclados*

	<b>PET</b>	<b>PEAD</b>	<b>PVC</b>	<b>PEBD</b>	<b>PP</b>	<b>PS</b>	<b>OTROS</b>
<b>NOMBRE COMPLETO</b>	Polietileno tereftalato	Polietileno de alta densidad	Policloruro de vinilo	Polietileno de baja densidad	Polipropileno	Poliestireno	PC, ABS, EVA, PMMA
<b>PUNTO DE FUSIÓN</b>	250-270 °C	125- 135 °C	150-200 °C	110-120 °C	160 -170 °C	70 -115 °C	
<b>DENSIDAD</b>	1.37-1.40 g/cm <sup>3</sup>	0.95-0.97 g/cm <sup>3</sup>	1.16-1.45 g/cm <sup>3</sup>	0.91-0.94 g/cm <sup>3</sup>	0.90-0.91 g/cm <sup>3</sup>	1.04-1.09 g/cm <sup>3</sup>	

*Nota.* Datos tomados de propuesta de reciclaje de plásticos en la ciudad de Piura (2004).

Aunque el proceso de reciclado (fusión y solidificación) puede repetirse varias veces, cada vez que se lleva a cabo, el plástico tiende a perder entre el 5 y 10% de sus propiedades mecánicas, tales como elongación, tenacidad y resistencia al impacto. Por esta razón, deben

restituirse estas propiedades con ayuda de aditivos, como modificadores de impacto, estabilizadores al calor, absorbedores de luz ultravioleta y cargas. (Rivera, 2004, p. 38).

### **6.2.9 Tratamiento de los residuos sólidos plásticos en el mundo.**

El plástico es un material artificial versátil, para su síntesis se utiliza gas natural o petróleo crudo. El valor del plástico en la economía mundial depende de sus propiedades fisicoquímicas distintas a materiales naturales: elasticidad, maleabilidad, resistencia química y mecánica, impermeabilidad, resistencia a la corrosión, ductilidad, etc. Estas propiedades hacen del plástico una materia prima adecuada en ingeniería, en la fabricación de objetos diversos. Su manejo requiere de tecnología para su síntesis, reciclaje y disposición final. (Reinink A, 1993).

### **6.2.10 Principales plásticos de valor comercial en el mundo.**

El PET se emplea en la fabricación de envases para alimentos o bebidas. En su síntesis se emplean sustancias tóxicas y metales pesados como catalizadores, no obstante, el PET no daña la salud, ni el ambiente, por ello se recicla, además su incineración genera dióxido de carbono y vapor de agua.

Las Poliolefinas: HDPE, LDPE y PP son versátiles y baratas, se emplean para remplazar el mayor número de aplicaciones del PVC. Se fabrican con etileno y propileno, altamente flamables y explosivos, pero con un mínimo impacto ambiental.

El PVC es el único plástico que contiene cloro, contaminante ambiental durante su ciclo útil y de disposición final. Su reciclaje es difícil y su incineración produce dioxinas cancerígenas. En México se emplea el 55% del PVC para fabricar tubería rígida y perfiles, el 45% para fabricación de: juguetes, pisos y losetas, tapicería, envases, calzado, cables y películas. [16]

La síntesis de PS se realiza con compuestos químicos cancerígenos: benceno, estireno y 1,3-butadieno, su incineración libera estireno y otros hidrocarburos tóxicos. Técnicamente el PS, se recicla, pero el porcentaje de recuperación es bajo.

Otros plásticos como: poliuretano (PU), acrilonitrilo-butadienestireno (ABS) y policarbonato (PC).

El PU se usa como aislante, su síntesis consume 11% de la producción mundial de cloro y libera subproductos tóxicos: fosgeno, Isocianato, tolueno, diaminas y clorofluorocarbonos (CFC's), es altamente tóxico<sup>30</sup>. Enterrar espumas de PU produce lixiviados.

El ABS es un plástico duro usado en tuberías, defensas de automóviles y juguetes, su síntesis requiere butadieno, estireno y acrilonitrilo, es muy tóxico. Debido a su compleja composición química su reciclaje es difícil. (Reinink A, 1993)

### **6.2.11 Las dos categorías principales de los plásticos y sus aplicaciones de un solo uso**

Las dos principales categorías de los plásticos son: Termoplásticos y termoestables.

Los termoplásticos más comunes son: Tereftalato de polietileno (PET); polietileno (PE); polietileno de baja densidad (PEBD); polietileno de alta densidad (PEAD); poliestireno (PS); poliestireno expandido (EPS); cloruro de polivinilo (PVC); policarbonato (PC); polipropileno (PP); ácido poliláctico (PLA); Polihidroxialcanoatos (PHA). (ONU Medio Ambiente, 2018)

Son una familia de plásticos que se pueden derretir al calentarse y endurecer al enfriarse. Estas características, de las cuales deriva su nombre el material, son reversibles. Esto quiere decir que se pueden recalentar, reformar y congelar repetidas veces.

Los termoestables más comunes son: Poliuretano (PUR); resinas fenólicas; Resinas epoxi; silicona; viniléster, resinas acrílicas; urea-formaldehído.

Son una familia de plásticos que experimentan cambios químicos al calentarse, creando una red tridimensional. Una vez calentados y formados estos plásticos no se pueden refundir ni reformar. (ONU Medio Ambiente, 2018)

Principales polímeros utilizados en la producción de plásticos de un solo uso:

PEBD Bolsas, bandejas, recipientes, películas para envolver alimentos.

PS Cubiertos, platos y vasos.

PEAD Botellas de leche, bolsas para congelador, botellas de champú, recipientes de helados.

PET Botellas de agua y otras bebidas, recipientes para el suministro de líquidos de limpieza, bandejas de galletas.

EPS Vasos para bebidas calientes, envases aislantes para alimentos, envases protectores para artículos frágiles.

PP Platos aptos para microondas, tinas de helados, bolsas de papas fritas, tapas de botellas.

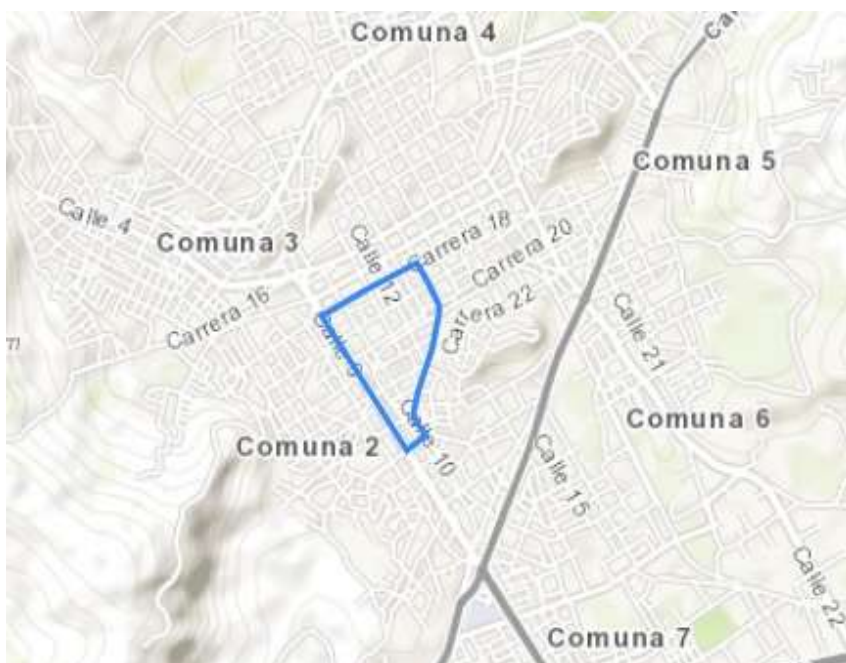
#### **6.2.12 Comunidad intervenida: Barrio María Auxiliadora**

El barrio María auxiliadora está ubicado en Zona Urbana, Duitama, Boyacá, Colombia. Barrio María Auxiliadora se encuentra localizado a 1 km de la U.A.N (Universidad Antonio Nariño) y a 9 km de la Club Campestre La Granja.

Este barrio pertenece a la Comuna 1 centro, es una de las 8 comunas de la ciudad de Duitama en el departamento colombiano de Boyacá. Allí se encuentran los principales sitios de la ciudad: La Plaza de los Libertadores, la alcaldía, el antiguo terminal de transporte, el Colegio Salesiano y el Polideportivo de las Américas entre otros. (Mejores rutas, s.f.)

## Figura 2

*Mapa topográfico del barrio María Auxiliadora Duitama*



*Nota.* La figura muestra el mapa del barrio María Auxiliadora. Fuente: Mejores rutas (2020).

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

La presente investigación se desarrolló dentro de un contexto investigación acción participativa que tiene por finalidad estudiar algún aspecto de la realidad, con una expresa finalidad práctica; la forma de realizar el estudio es un modo de intervención con la

comunidad de estudio y que el propósito de la investigación está orientado a la acción, siendo ella a su vez fuente de conocimiento mediante un método cualitativo que permitirá involucrar a los sujetos en todas las fases del proceso, utilizando técnicas y talleres de participación observación directa, revisión documental, lluvia de ideas mediante el uso de tarjetas encuestas a través de cuestionarios y entrevistas semiestructuradas.

## **7.2 METODOLOGÍA Y METODO**

### **7.2.1 Marco epistemológico:**

El marco epistemológico de la presente investigación se enmarca en el paradigma cualitativo, entendiéndose que según Ruiz Bolívar (1998) se puede percibir como una vía para entender a profundidad los significados que permitan definir la situación tal como la presentan los sujetos de la investigación. Además, como la intención del investigador no solo es conocer la realidad sobre la base de la información obtenida y de sus propias observaciones, sino de proponer soluciones en función de las potencialidades del ámbito de estudio y de las necesidades de sus informantes, es necesario entonces, decidir un tipo de investigación cualitativo que permita a los sujetos investigados su participación en todas las fases del proceso.

### **7.2.2 Diseño metodológico:**

Considerando que el impacto perseguido con la realización de esta investigación es el diseño de un Programa piloto de Economía Circular de residuos sólidos plásticos, el diseño metodológico predominante en el estudio es el de investigación – acción. Lewin concibió este tipo de investigación como la emprendida por personas, grupos o comunidades que llevan a cabo una actividad colectiva en bien de todos, consistente en una práctica reflexiva social en la

que interactúan la teoría y la práctica con miras a establecer cambios apropiados en la situación estudiada. (Colmenares, Mercedes y Lourdes, 2008).

Este diseño es coherente con los argumentos de Hernández Sampiere, Fernández Collado y Baptista Lucio (2006) relacionados con que la investigación acción se enfoca principalmente en aportar información y mecanismos de intervención para generar reformas estructurales en procesos relacionados con las comunidades. Para este caso se entiende por comunidad objetivo, los habitantes regulares del barrio María Auxiliadora del municipio de Duitama y los recuperadores de oficio asociados en la ECA Proambientes Duitama.

Así mismo, este diseño investigación – acción concuerda con lo planteado por Sandín (2003) al indicar que lo relevante en este tipo de diseño es la generación de un cambio social que transforme la realidad de los miembros de la comunidad a través de la concientización de los mismos frente a su rol en este proceso de transformación. (Sandín y Paz 2003)

Mertens (2005) considera que el diseño del proceso de investigación-acción participativo involucra a la comunidad en todo el ciclo de vida del estudio, desde el planteamiento del problema, pasando por el análisis y selección de alternativas y llegando a la implementación de la solución seleccionada. Esta investigación es de tipo participativo pues la Uptc aporta los conocimientos y competencias técnicas y de investigación y los combina con los conocimientos prácticos, vivencias y habilidades de los participantes.

En definitiva es un diseño de investigación acción participativa en tanto se trata de un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico que tiene por finalidad estudiar algún aspecto de la realidad, con una expresa finalidad práctica; es una actividad en cuyo proceso están involucrados tanto los investigadores (equipo técnico o agentes externos),



como la mismas gentes destinatarias que no son consideradas como simples objetos de investigación, sino como sujetos activos que contribuyen a conocer y transformar la realidad en la que están implicados. (Mertens y Donna M, 2005).

### **7.2.3 Métodos de recolección de información:**

Los métodos de recolección de datos utilizados en esta investigación corresponden a técnicas de participación comunitaria, talleres participativos, observación directa, revisión documental, lluvia de ideas con tarjetas, la encuesta por cuestionarios y la entrevista semiestructurada. Éstos, corresponden a métodos de la investigación cualitativa para reunir datos válidos y confiables relevantes para responder la pregunta de investigación y lograr los objetivos de un estudio, basados en un intercambio de puntos de vista entre miembros de la comunidad y el equipo investigador. (Ander, Egg y Ezequiel, 2003).

Las entrevistas semiestructuradas, en profundidad o no estandarizadas se utilizan en los estudios exploratorios, ya que son útiles para "averiguar qué está pasando y buscar nuevas ideas" (Kvale, 1996). El uso de entrevistas semiestructuradas permite una discusión exploratoria para entender no sólo el "qué" y el "quién", sino también para profundizar en el "por qué" (Steinar, 1996).

Considerando que esta investigación es de tipo exploratorio se optó por la utilización de la entrevista semiestructurada para indagar y analizar los aspectos determinantes del contexto de la gestión de los residuos sólidos. Acorde con los factores determinantes para seleccionar este método de recolección de datos expuestos por Gillham (2005), y por Corbin & Strauss (1990) en relación con la teoría basada en datos, se tuvo en cuenta la naturaleza del enfoque de la investigación. Para guiar el proceso de recolección de datos por métodos participativos,

encuestas y entrevistas semiestructuradas, es necesario ajustarlo a un conjunto de protocolos Ezequiel (2003), esto con el fin de obtener datos confiables y de calidad.

### **7.3 METODOLOGÍA PARTICIPANTES**

La población del proyecto está conformada principalmente por las familias de los recuperadores de oficio agrupados en la Corporación para el Proceso Ambiental PROAMBIENTES (89 recuperadores), aproximadamente un total 89 familias. Esta es una población vulnerable, “enfrentada a factores de riesgo por salubridad, malas condiciones de vida y trabajo (contacto con animales descompuestos, accidentes por manipulación de vidrios y alambres), problemas de salud relacionados con el excesivo agotamiento físico, enfermedades respiratorias, desnutrición, alcoholismo, drogadicción. Los recuperadores de oficio son una comunidad que recibe en muchas ocasiones el rechazo continuo de la comunidad, pero ellos son conscientes de que este es un trabajado digno y que aporta al mejoramiento de la calidad de vida de las personas y de las condiciones medio ambientales. Es una población con altos índices de Necesidades Básicas Insatisfechas.

Igualmente hacen parte de la población del proyecto las familias, residentes permanentes y comerciantes del Barrio María Auxiliadora de la Comuna N°1 Sector Centro del Municipio de Duitama, esta es una población aproximada de 500 familias de estratos uno y dos. De esta unidad de estudio hacen parte la Plaza de Mercado del municipio, una Escuela de educación básica primaria y un sector comercial importante del municipio.

En el proyecto se necesitará consultar a esta población, por tanto, se define un método estadístico de muestreo aleatorio simple y para la consulta con los directivos de las Asociaciones de Recuperadores de oficio vinculadas al proyecto y la Junta de Acción Comunal del Barrio la

mejor práctica será la reunión directa con ellos para desarrollar y socializar las actividades del proyecto.

#### 7.4 METODOLOGÍA INSTRUMENTOS, MATERIALES Y/O EQUIPOS

Objetivos, actividades, técnicas y herramientas: En seguida en la tabla 2, se desglosa el procedimiento de investigación en objetivos y actividades. Así mismo, se identifican las técnicas y herramientas a implementar en cada una de las actividades propuestas.

**Tabla 4**

*Procedimiento de investigación mediante objetivos, actividades y técnicas o herramientas*

<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>
Identificar y establecer qué materiales poliméricos (plásticos) se recolectan en la ECA PROAMBIENTES del barrio María auxiliadora en la ciudad de Duitama.	Realizar una inspección de los diferentes plásticos encontrados en la zona de estudio.	- Entrevistas - Trabajo de campo - Fotografías
	Seleccionar los residuos sólidos plásticos más comunes en la zona de estudio.	- Listas de chequeo - Fotografías - Tablas de selección
	Clasificar los residuos sólidos encontrados por su nombre comercial.	- Tabla de clasificación - Fotografías
	Identificar y determinar la tipología de cada residuo plástico encontrado, según su símbolo de reciclabilidad.	- Revisión documental - Observación directa - Fotografías - Tabla de clasificación
	Tomar muestras de los residuos sólidos plásticos más comunes encontrados	- Observación directa - Lista de chequeo - Herramientas de corte - Pruebas de ensayo
	Clasificación técnica de las muestras por medio de	- Revisión documental - Tabla de clasificación

	análisis de propiedades organolépticas	- Herramientas manuales (Bricker)
	Recopilar y organizar la información anterior.	- Tabla de información.
Determinar qué procesos de recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos pueden ser aplicados en la comunidad intervenida.	Indagar sobre procesos de aprovechamiento para residuos sólidos plásticos.	- Revisión documental - Revisión de literatura
	Recolectar y clasificar información sobre procesos de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.	- Documentación textual - Mapa conceptual - Tablas de comparación
	Establecer cuáles de los residuos plásticos encontrados pueden ser aprovechables y cuáles no.	- Matriz de comparación - Revisión documental
	Seleccionar el proceso de aprovechamiento más adecuado para aplicar en la zona de estudio.	- Revisión documental
	Indagar e identificar posibles propuestas objetuales aplicables al contexto de la zona de estudio, desde el aprovechamiento de residuos sólidos plásticos	- Revisión documental - Revisión de literatura - Observación directa - Reuniones
Plantear una propuesta objetual para el posible aprovechamiento de los residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio.	Analizar e interpretar la información recolectada para establecer la propuesta desde el aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.	- Revisión documental - Lluvia de ideas - Técnicas de representación visual
	Explicar y describir la propuesta objetual para su posible desarrollo y ejecución por parte de los interesados. Desde el proceso de	- Revisión documental - Técnicas de representación visual

aprovechamiento seleccionado.		
Diseñar y construir una guía teórica práctica para instruir y divulgar la información acerca de los procesos de selección, caracterización y posible aprovechamiento de residuos sólidos plásticos, aplicables en la zona de estudio.	Identificar y seleccionar la información que se compilará para la elaboración de la guía.	- Revisión documental - Jerarquización
	Establecer el diseño de diagramación y contenido de la guía, según las características del lector.	- Técnicas de representación visual - Revisión documental
	Elaboración de la guía.	- Técnicas de representación visual - Revisión documental
	Socialización de la guía con la comunidad intervenida.	- Reuniones - Talleres participativos - Fotografías

*Nota.* Datos autor del presente proyecto (2022).

## 7.5 METODOLOGÍA PROCEDIMIENTO

(Descripción de las actividades que se desarrollarán para el cumplimiento de los objetivos en las que se evidencia de manera explícita el manejo ético durante el proceso del proyecto).

- Inmersión inicial en el problema y su ambiente por parte del equipo de investigación.
- Recolección de datos e información relacionada con residuos sólidos plásticos, técnicas avanzadas de recuperación y aprovechamiento, en el contexto nacional e internacional.
- Análisis, clasificación y valoración de la información relacionada con, residuos sólidos plásticos, técnicas avanzadas de recuperación y aprovechamiento, en el contexto nacional e internacional.
- Inspección de los diferentes plásticos encontrados en la zona de estudio.

- Selección de los residuos sólidos plásticos más comunes en la zona de estudio.
- Clasificación por su nombre comercial de los residuos sólidos plásticos encontrados.
- Determinación de la tipología de cada residuo plástico encontrado, según su símbolo de reciclabilidad (RIC).
- Toma de muestras de los residuos sólidos plásticos más comunes encontrados.
- Clasificación técnica de las muestras por medio de análisis de propiedades organolépticas.
- Recopilación y organización la información anterior.
- Acompañamiento a un recolector de la zona de estudio, para evidenciar el proceso actual que se realiza en la recolección de residuos sólidos plásticos.
- Diseño de un plan de selección en la fuente para el manejo de los residuos sólidos plásticos en la zona de estudio.
- Diseño de un plan de caracterización de los residuos sólidos plásticos recolectados en la zona de estudio.
- Indagación sobre procesos de aprovechamiento para residuos sólidos plásticos.
- Recolección y clasificación de información sobre procesos de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.
- Establecer cuáles de los residuos plásticos encontrados en la zona de estudio pueden ser aprovechables y cuáles no.
- Selección del proceso de aprovechamiento más adecuado para su aplicación en la zona de estudio.
- Indagación e identificación de posibles propuestas objetuales aplicables al contexto de la zona de estudio, desde el aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.

- Análisis e interpretación de la información recolectada para el establecimiento de la propuesta de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.
- Descripción de la propuesta objetual para su posible desarrollo y ejecución por parte de los interesados. Desde el proceso de aprovechamiento seleccionado.
- Identificación y selección de la información que se compilará para la elaboración de la guía.
- Diseño de la diagramación y organización del contenido que llevará la guía a realizar.
- Compilación de la información seleccionada y elaboración de la guía según los criterios establecidos.
- Validación de la guía por parte de los actores del equipo de trabajo del proyecto programa piloto de economía circular
- Reunir a la JAC del barrio María Auxiliadora, ECA Proambientes y demás participantes del proyecto para exponer y socializar la guía resultado del proceso de investigación.
- Presentación de los resultados de la investigación.

## 8. RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos a partir del desarrollo y aplicación de la metodología mencionada anteriormente, en cumplimiento de cada objetivo específico.

### 8.1 Cumplimiento de las actividades programadas

**Tabla 5**

*Cumplimiento de los objetivos específicos*

<b>Objetivos</b>	<b>Resultados alcanzados</b>	<b>Porcentaje de Cumplimiento</b>
------------------	------------------------------	-----------------------------------

<p>Identificar y establecer qué materiales poliméricos (plásticos) se recolectan en la ECA PROAMBIENTES del barrio María auxiliadora en la ciudad de Duitama.</p>	<p>A partir de una entrevista realizada a la ECA Proambientes Duitama, se identificó que se recolectan los siguientes materiales poliméricos: PET: 52.38%, PP: 32.34%, PEAD: 11.52%, PVC: 1.56%, PEBD: 1.28%, Otros plásticos: 0,91%. En el periodo del año 2021-2022.</p>	100%
<p>Determinar qué procesos de recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos pueden ser aplicados en la comunidad intervenida.</p>	<p>A partir de una revisión documental y visita de campo a la comunidad intervenida, se determinó que los procesos de aprovechamiento que pueden ser aplicados en ellos, deben ser prácticos, de bajo costo, desarrollables con tecnología local y sencillos. Procesos de aprovechamiento como el reciclado mecánico y reciclado mecánico personalizado.</p>	100%
<p>Plantear una propuesta objetual para el posible aprovechamiento de los</p>	<p>A partir de una lluvia de ideas y revisión documental se planteó como propuesta para el</p>	100%



residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio.	aprovechamiento de los residuos plásticos, el diseño de un panel modular, fabricado por una serie de equipos de reciclado mecánico personalizado, diseñados para la comunidad intervenida.	
Diseñar y construir una guía teórica práctica para instruir y divulgar la información acerca de los procesos de selección, caracterización y posible aprovechamiento de residuos sólidos plásticos, aplicables en la zona de estudio.	A partir de técnicas de representación visual, documentación, selección de información y reuniones con la comunidad intervenida se diseñó, construyó y socializó una guía instructiva con los procesos de selección, caracterización y aprovechamiento de materiales plásticos.	100%

*Nota.* Datos el autor del presente proyecto (2022).

### **8.1.1 Inmersión inicial en el problema y su ambiente por parte del equipo de investigación**

Resultados de la Entrevista realizada a Julieth Vásquez administradora de la ECA Proambientes.

Objetivo: conocer e identificar las distintas actividades operacionales y administrativas que se realizan en la ECA Proambientes.

- *¿Cuál es el objetivo de la ECA Proambientes como organización?*

El objetivo como organización es la recuperación de materiales aprovechables en su mayor contenido, la inclusión social de los recuperadores de oficio y la prestación integral a los usuarios de componente de aprovechamiento en la ciudad de Duitama.

El servicio esencial que ellos prestan es que el usuario tenga la cobertura total del servicio que es la recolección efectiva de ese material, la meta es que ese material no se vaya al relleno sanitario, es decir que, si el usuario saca los materiales libres de contaminación por vectores o demás, pasa el recuperador clasifica este plástico y así se logra que este no se vaya al relleno sanitario, esa es la prestación del servicio y es por eso que la ECA trabaja con los recuperadores.

- *¿Cuál es su función social como empresa?*

Que los recuperadores de oficio tengan un trabajo digno que sea respetado y que sea siempre llevado a la integralidad, que salgan de ese estado de vulnerabilidad en el que se encuentran, y que su trabajo sea reconocido como uno más de los que se encuentran.

- *¿Cuáles son los procesos que se realizan dentro de la ECA?*

Está estipulado dentro del decreto 596 del 2016 donde se habla de la integralidad de la prestación del servicio, esa es una parte fundamental para abordar el tema de aprovechamiento de residuos plásticos en Duitama, estos procesos involucran la selección, la clasificación, el transporte, el pesaje y el almacenamiento dentro de la ECA de todos los materiales que se recolecten dentro de las rutas y macro rutas de la recolección de material aprovechable que se encuentra por todo Duitama. Tienen un mapa específico donde saben en qué horarios pasan por cada ruta, su frecuencia y todos los usuarios a los cuales pueden tener cobertura.

- *¿Se han implementado proyectos enfocados en el aprovechamiento de residuos sólidos plásticos en su organización? Sí, No, ¿cuáles? y ¿qué impacto han tenido?*

Hasta el momento no se ha desarrollado ningún proceso, en base al decreto ya mencionado, la ECA se encuentra en una fase de progresividad como organización de recicladores de oficio, actualmente se encuentran en la fase 5 del año 3, tienen 5 años para implementar toda la fase y llegar a constituirse como empresa, entonces todavía no han proyectado temas como los mencionados, pero precisamente necesitan mirar que proyectos se pueden establecer.

- *¿Qué parámetros tienen en cuenta al momento de comprar el plástico a los recolectores de residuos sólidos plásticos?*

No existen parámetros establecidos debido a que se quiere prestar un servicio de calidad a los usuarios que recogen el material aprovechable, sin embargo, se tiene preferencia hacia a los plásticos que son comerciables como los son: el PET, PEAD, PEBD, PP, PS.

- *¿De qué manera clasifican los residuos sólidos plásticos recolectados?*

La clasificación se realiza en base a los residuos sólidos aprovechables y no aprovechables dentro de los cuales hay tres familias, los residuos sólidos plásticos, el cartón y el metal, esto es de tipo locativo y operativo de la bodega. No hay una selección y clasificación específica de residuos sólidos plásticos aprovechables, no lo clasifican precisamente porque no está dentro de sus actividades. Esto se hace en cumplimiento al decreto 596 del 2016, el marco normativo que se quiere adoptar que es la ley 142 del 1995 y el decreto 1077 del 2016.

- *¿Cuáles son los plásticos más comunes que recolectan los recuperadores de oficio para la ECA?*

Los recuperadores de oficio recolectan con mayor frecuencia material plástico con el PET, bolsa tina (PEBD), el plástico de las bolsas resultantes de los almacenes de cadena (PEAD o PEBD), pasta, entre otros

- *¿Qué porcentaje de cada tipo de residuo plástico o producto comercial se recolecta en la ECA?*

De los residuos recolectados por la ECA Proambientes el 22% corresponde a plásticos. Dentro de los cuales están:

Otros plásticos – 0,91%

Pasta – 32,34%

PET – 52,38%

Plástico blanco – 11,52%

Polietileno – 1,28%

PVC – 1,56

- *¿Qué procesos realizan con los plásticos recolectados dentro de la ECA Proambientes?*

En la ECA se realizan los procesos de recolección, clasificación, embalaje y transporte.

- *¿Qué volumen o cantidad de plástico despacha la ECA Proambientes?*

Como organización la ECA Proambientes despacha entre 33 y 38 toneladas de material plástico mensualmente. Los reportes que se quieran observar se pueden encontrar en la página del SUI de la superintendencia, se puede descargar la información de todas las ECAs o entidades prestadoras del servicio a nivel nacional.

- *¿Qué residuos plásticos no son comercializables por la ECA?*

Hay plásticos que no son muy comerciables como el Pet ámbar, el Acetato de celulosa (CA), entre otros, ya que no son prácticos para los procesos de reciclaje que se utilizan a nivel nacional. Son residuos sólidos plásticos que no son muy frecuentes de encontrar y es por esto que las empresas en su mayoría prefieren no adoptar estos tipos de plásticos en sus procesos de aprovechamiento.

- *¿Cuántas ECAS hay en la ciudad de Duitama y de qué manera operan?*

En total hay 9 ECAS en Duitama, 4 son organizaciones de recicladores de oficio que se acogen al proceso de las bases progresivas del decreto 596 y las otras 4 son privadas, ya que la norma habla que hay libre competencia, como prestadores pueden ejecutar el servicio y entran al sistema de la prestación de servicios públicos domiciliarios, 4 son empresas que llegan de Sogamoso o de otras ciudades que prestan el servicio en Duitama, aunque de eso ya se encargó la superintendencia bajo una resolución que emitió en octubre del año pasado para poder controlar la información y los procesos que hacen las ECAS al momento de subir su información y hacer la recolección efectiva del material.

- *¿Cómo se lleva a cabo el intercambio económico entre el recuperador de los residuos plásticos y la ECA Proambientales?*

Como organización no pueden cobrar o mediar precios entre el recuperador y la ECA, es decir que, si el kilo de plástico está a 500 pesos según la fluctuación del mercado, se compra y vende a ese mismo precio.

### 8.1.2 Inspección de los diferentes plásticos encontrados en la zona de estudio

Se realizó una visita de campo a la ECA Proambientes para observar e inspeccionar los residuos plásticos encontrados en la zona. Posterior a esto se realizaron toma de muestras físicas de los residuos plásticos encontrados.

**Tabla 6**

*Residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio*

---

#### Residuos plásticos encontrados en la ECA Proambientes

---





*Nota:* Datos autor del presente proyecto (2021).

### **8.1.3 Selección de los residuos sólidos plásticos más comunes en la zona de estudio**

En base a la inspección realizada en la zona de estudio y a los datos entregados por parte de la ECA Proambientes al SIU de la super intendencia de servicios públicos domiciliarios, los plásticos más comunes y que más se aprovechan allí son:

- PP – 32,34%
- PET – 52,38%
- PEAD – 11,52%

### **8.1.4 Clasificación por su nombre comercial de los residuos sólidos plásticos encontrados**

A continuación, se presenta una tabla de diferentes residuos sólidos plásticos pertenecientes a envases de productos comerciales. Estos se pudieron clasificar en tarros, botellas y tapas.

**Tabla 7**

*Residuos sólidos plásticos clasificados por su nombre comercial y tipología*

Nombre comercial	Imagen	Clasificación	TIPO
Envase suavizante		Frasco de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Envase suavizante Dersa		Frasco de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Envase de aceite		Frasco de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Envase de cloro		Frasco de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Envase de suavizante		Frasco de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Envase jabón líquido para loza		Frasco de Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase perfumante		Frasco de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>



Envase de champú		Frasco de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Envase de pony malta		Botella de Polietilenglicol	<b>PETG</b>
Envase botella de agua		Botella de Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase botella de gaseosa		Botella de Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase de suero Electrolit		Frasco de Polipropileno	<b>PP</b>
Envase crema Herbalife		Botella de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Envase Gatorade		Botella de Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase botella de agua cristal		Botella de Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase aceite Gourmet		Botella de Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>



Envase champú		Frasco de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Envase alcohol		Frasco de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Tapa de envase de champú		Tapa de polipropileno	<b>PP</b>
Tapa envase jabón lavalozas		Tapa de Polietileno de alta densidad	<b>PEAD</b>
Tapas botellas		Tapas de Polipropileno	<b>PP</b>


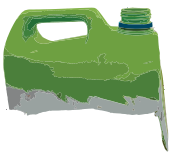



*Nota.* Datos el autor del presente proyecto (2021).













### 8.1.5 Determinación de la tipología de cada residuo plástico encontrado, según su símbolo de reciclabilidad (RIC)













**Tabla 8**





*Residuos sólidos plásticos clasificados por su símbolo RIC*

Nombre comercial	Imagen	Tipología	Nombre	TIPO
Envase suavizante			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>

Envase suavizante Dersa			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>
Envase de aceite			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>
Envase de cloro			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>
Envase de suavizante			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>
Envase jabón líquido para loza			Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase perfumante			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>

Envase de champú			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>
Envase de pony malta			Polietilenglicol	<b>PETG</b>
Envase botella de agua			Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase botella de gaseosa			Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase de suero			Polipropileno	<b>PP</b>
Envase crema Herbalife			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>

Envase Gatorade			Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase botella de agua cristal			Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase aceite Gourmet			Polietileno Tereftalato	<b>PET</b>
Envase champú			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>
Envase alcohol			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>
Tapa de envase de champú			Polipropileno	<b>PP</b>

Tapa envase jabón lavaloz			Polietileno de Alta Densidad	<b>PEAD</b>
Tapas botellas			Polipropileno	<b>PP</b>

*Nota.* Datos el autor del presente proyecto (2021).

### 8.1.6 Toma de muestras de los residuos sólidos plásticos más comunes encontrados

**Figura 3**

*Toma de muestras de residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio*



*Nota.* La figura muestra el proceso de toma de muestras en la ECA Proambientes Duitama

Fuente: El autor del presente proyecto (2021).

La toma de muestras se realizó en la ECA Proambientes, allí se realizó una selección de los plásticos que más se encontraban en el sitio, se limpiaron y se cortaron muestras de 10 cm x 15 cm que posteriormente servirían para realizar las pruebas organolépticas físicas y de comportamiento al calor.

### 8.1.7. Clasificación técnica por medio de análisis de propiedades organolépticas











#### 8.1.7.1 Pruebas físicas

Se realizó a partir de las muestras obtenidas, dos pruebas en base a las propiedades organolépticas de estos tipos de plásticos. A continuación, se encuentran los resultados de las propiedades físicas de las mismas.









**Tabla 9**

*Clasificación de los residuos sólidos plásticos por propiedades físicas*

Nombre comercial	Imagen	Color	Textura	Forma	Transparencia	Sonido	TIPO
Envase suavizante		Fucsia	Liso	Cilíndrico	Opaco	Grave	<b>PEAD</b>
Envase suavizante Dersa		Azul	Liso y rugoso	Irregular	Opaco	Grave	<b>PEAD</b>
Envase de aceite		Verde	Liso	Irregular	Opaco	Grave	<b>PEAD</b>
Envase de clorox		Blanco	Liso y rugoso	Irregular	Opaco	Grave	<b>PEAD</b>

Envase de suavizante		Blanco	Liso y rugoso	Irregular	Opaco	Grave	<b>PEAD</b>
Envase jabón líquido para loza		Transparente	Liso	Irregular	Transparente	Agudo	<b>PET</b>
Envase perfumante		Morado	Liso	Cilíndrico	Opaco	Semi-grave	<b>PEAD</b>
Envase de champú		Blanco	Liso	Irregular	Opaco	Semi-grave	<b>PEAD</b>
Envase de pony malta		Ámbar	Liso	Irregular	Traslúcido	Semi-agudo	<b>PETG</b>
Envase botella de agua		Transparente	Liso	Irregular	Transparente	Agudo	<b>PET</b>
Envase botella de coca cola		Transparente	Liso	Irregular	Transparente	Agudo	<b>PET</b>
Envase de suero Electrolit		Traslúcido	Liso	Irregular	Traslúcido	Grave	<b>PP</b>
Envase crema Herbalife		Blanco	Liso	Cilíndrico	Opaco	Semi-grave	<b>PEAD</b>
Envase Gatorade		Transparente	Liso	Irregular	Transparente	Agudo	<b>PET</b>



Envase botella de agua cristal		Transparente	Liso	Irregular	Transparente	Agudo	<b>PET</b>
Envase aceite Gourmet		Transparente	Liso	Irregular	Transparente	Agudo	<b>PET</b>
Envase champú		Blanco	Liso	Irregular	Opaco	Semi-grave	<b>PEAD</b>
Envase alcohol		Blanco	Semi rugoso	Irregular	Traslúcido	Semi-grave	<b>PEAD</b>
Tapa de envase de champú		Verde	Liso y semi rugoso	Irregular	Opaco	Grave	<b>PP</b>
Tapa envase jabón lavalozas		Blanco	Liso	Irregular	Opaco	Semi-agudo	<b>PEAD</b>
Tapas botellas		Rojo y azul	Liso	Cilíndrico	Opaco	Semi-agudo	<b>PP</b>
Vasos desechables		Traslúcido	Liso	Cilíndrico	Traslúcido	Semi-agudo	<b>PP</b>















*Nota.* Datos el autor del presente proyecto (2021).

### 8.7.1.2. Pruebas comportamiento al calor

En segundo lugar, se realizó una prueba según el comportamiento al calor de las muestras obtenidas de cada envase. Este tipo de información nos permite determinar el tipo de plástico en casos donde el envase no tiene o se ha perdido la simbología de su tipo de plástico según el RIC.

**Tabla 10**

*Clasificación de los residuos sólidos plásticos por su comportamiento al calor*

Nombre comercial	Imagen	Gotea	Genera llama	Gotea	Chisporrotea	Olor	TIPO
Envase suavizante			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PEAD
Envase suavizante Dersa			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PEAD
Envase de aceite			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PEAD
Envase de clorox			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PEAD
Envase de suavizante			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PEAD
Envase jabón líquido para loza			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PET
Envase perfume			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PEAD

Envase de pony malta			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PETG
Envase de suero Electrolit			Arde sin humo	SI	NO	Aromático	PP
Envase botella de agua cristal			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PET
Envase champú			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PEAD
Envase alcohol			Se mantiene la llama	SI	NO	Aromático	PEAD
Tapas botellas			Arde sin humo	SI	NO	Aromático	PP
Vasos desechables			Arde con humo negro	SI	NO	Aromático	PP

*Nota.* Datos el autor del presente proyecto (2021).

### 8.1.8 Acompañamiento a un recolector de la zona de estudio, para evidenciar el proceso actual que se realiza en la recolección de residuos sólidos plásticos

**Tabla 11**

*Descripción del acompañamiento realizado a un recolector de la ECA Proambientes*

---

#### **Acompañamiento a un recolector perteneciente a Proambientes**

---

Cada recolector tiene una ruta preestablecida y acordada entre el grupo de recolectores pertenecientes a cada ECA. Cada recorrido inicia con 2 horas de anterioridad, al horario programado para la recolección.



El sonido es una propiedad de la cual algunos recolectores se valen para determinar qué tipo de plástico es. Acá el recolector enuncia “el plástico que chille no se recolecta”. Este plástico corresponde a film de poliestireno.



---

Aunque existen canecas para la disposición seleccionada de cada producto o empaque de plástico. No todos son aprovechables en nuestra zona de estudio (por ejemplo, algunos laminados o plásticos compuestos). Es por esto que los recolectores realizan una selección en la fuente de aquellos plásticos que se pueden aprovechar.



---

En la fuente, el 95,7 % de los hogares no realizaban una correcta disposición de los residuos sólidos plásticos. Se encontraban bolsas de residuos orgánicos con residuos aprovechables y en muchos casos residuos peligrosos donde se encontraban tapabocas usados y otros materiales.



---

La clasificación se realiza en una bodega, aquí se separan los residuos entre aprovechables y no aprovechables. Cada 15 días estos residuos son recogidos por un camión que dispone la ECA Proambientes.



---

*Nota.* Datos el autor del presente proyecto (2021).



Del anterior acompañamiento se pudo observar que el proceso de aprovechamiento se ve altamente afectado por una incorrecta disposición de residuos sólidos plásticos en la fuente, si la hubiera, facilitaría el proceso de recolección para los recuperadores y, además, aumentaría el volumen de material plástico aprovechado.

Se hace necesario que los recolectores adopten buenas prácticas de recolección, clasificación y caracterización de los residuos sólidos plásticos, no sólo para aprovechar la mayor cantidad de material posible sino también cuidar su salud al momento de trabajar.

### **8.1.9 Plan de selección en la fuente para el manejo de los residuos sólidos plásticos en la zona de estudio**

**Tabla 12**

*Plan de selección en la fuente para el manejo adecuado de los residuos plásticos.*

<b>PLAN DE SELECCIÓN EN LA FUENTE PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS</b>	Los plásticos son materiales que pueden ser reutilizados mediante diferentes procesos de reciclaje, para esto es necesario saber identificarlos correctamente ya que cada uno tiene unas características particulares que los diferencia entre sí.
<b>¿Como identificar los plásticos?</b>	Los plásticos pueden identificarse de diferentes modos, puede ser por su marca normalizada, aspecto físico, efecto al calor, entre otros. El

	<p>aspecto físico o visual es la técnica más común y utilizada por los recolectores o recuperadores. Aunque es muy útil, este método no es suficiente para hacer una correcta separación de los plásticos.</p>
Aspectos físicos de los plásticos	<p>El aspecto físico o visual puede dar pista para identificar los plásticos como materia prima para el reciclaje.</p> <p>Esta puede ser la manera más fácil y rápida para identificar el tipo de plástico que se esté seleccionando.</p>
<b>PET</b>	Tiene una textura translúcida y cristalina, con claridad y brillo.
<b>PEAD</b>	Es opaco y de aspecto ceroso, se puede encontrar en todas las tonalidades transparentes y opacas.
<b>PVC</b>	Tiene una textura cerosa y opaca, puede ser flexible o rígido.
<b>PEBD</b>	Es ligero, flexible y de color lechoso, puede llegar a ser transparente dependiendo de su espesor.
<b>PP</b>	Es semi opaco, liso, rígido, muy duro y de peso ligero.
<b>PS</b>	De apariencia transparente o blanco, duro y quebradizo, produce ruido metálico cuando es sometido a un impacto.

**OTROS**

Depende de la resina o combinación de resinas.

*Nota.* Datos el autor del presente proyecto (2021).

### **8.1.10 Plan de caracterización de los residuos sólidos plásticos recolectados en la zona de estudio**

La caracterización permite diferenciar las familias de tipos de residuos sólidos que se pueden encontrar, es por esto que se plantea un plan compuesto por 3 métodos que son: caracterización según su aplicación o producto comercial, caracterización según su comportamiento al calor y por último una caracterización según el RIC.

Estos 3 métodos permitirán facilitar la identificación de los plásticos en cualquier lugar, bien sea en la fuente o en los procesos de recolección y selección.

#### **Tabla 13**

*Caracterización de los residuos sólidos plásticos.*

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.	
<b>Caracterización según producto comercial</b>	
PET	Se puede encontrar en envases de bebidas carbonatadas y no carbonatadas, envases de productos de limpieza y envases de alimentos.
PEAD	Envases para productos químicos o de limpieza como cloro y detergentes, envases de champú y algunas bolsas.
PVC	Tuberías, equipamientos médicos, ventanas, materiales para construcción, recubrimiento de cables, entre otros.



PEBD	Algunas botellas, bolsas de detergentes, botellas exprimibles, tapas flexibles o bolsas de basura.
PP	Piezas de motores, baterías, embudos, alfombras, pitillos, envases de yogurt, algunos recipientes de cocina.
PS	Vasos, platos y copas desechables, envases de aspirina, cajas de CD, entre otros.
OTROS	Empaques de snacks, empaques de alimentos de mascotas, partes de electrodomésticos, marcos de gafas, entre otros.

### Caracterización según su comportamiento al calor

#### Termoplásticos:

Se pueden moldear y deformar varias veces, lo que los convierte en materiales fáciles de reciclar. Se convierten en líquido cuando se calientan y se endurecen en estado vítreo al enfriarse.



#### Termoestables:

Se convierten en materiales rígidos tras un proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación. Al calentarse no se reblandecen y pueden soportar altas temperaturas.



#### Elastómeros:

Tienen gran elasticidad, capacidad de estiramiento y pueden recuperar su forma original cuando “retiramos” la fuerza que los deforma.



### Caracterización según el RIC

Con el objetivo de facilitar el tratamiento de los residuos de plástico y su reciclaje, la UE ha establecido un código (Resin Identification Code o RIC, integrado dentro del Catálogo Europeo de Residuos) que, mediante un patrón numérico del 1 al 7 y una serie de siglas, identifica el residuo en función del tipo de polímero plástico con el que está fabricado. Cada número indica el orden de qué tan reciclado en promedio es ese plástico. Encontrando al PET como el más aprovechado.



*Nota.* Datos el autor del presente proyecto (2021).

### 8.1.11 Procesos de aprovechamiento para residuos sólidos plásticos

#### - Reciclado primario:

Se convierte un residuo plástico en otro con propiedades similares o idénticas al material original. Este tipo de reciclaje se aplica con termoplásticos como: PET, PEAD, PEBD, PP, PS y PVC. Este tipo de proceso se ejecuta en las plantas de transformación, donde se vuelve a incorporar el material sobrante de la fabricación de productos a nuevos procesos de transformación. A diferencia del secundario, estos residuos no han sido manipulados por personas o sometidos a agentes externos.

#### - Reciclado secundario:

Tiene como resultado un plástico con propiedades inferiores al original. En este proceso, no siempre se requiere que se separe o limpie el plástico, en ocasiones se puede mezclar los residuos plásticos incluyendo tapas, papel, aluminio, polvo, entre otros, con el fin de ser molidos y fundidos dentro de un extrusor. Al igual que el primario el reciclado secundario se realiza por medio de reciclado mecánico.

El Reciclado mecánico consiste en cortar el material recuperado y disponerlo en una extrusora con el fin de crear granza o pellets y después transformarlos mediante procesos de extrusión o inyección. Este tipo de reciclaje se considera exclusivo para los residuos provenientes del consumo. Las condiciones que debe cumplir un reciclaje mecánico son:

- Plásticos no muy degradados en los procesos de transformación y/o utilización.
  - Una completa separación de los plásticos por tipos, esto depende de la fase de selección.
  - Ausencia de materiales o partículas extrañas que puedan dañar los equipos de transformación, o que puedan dañar las características físicas del producto.
  - Una recolección en cantidad suficiente para que sea viable y rentable el proceso
- 
- Reciclado terciario:

En este proceso se somete el polímero a degradación haciendo uso de compuestos químicos, con el fin de generar materias primas integrables para la fabricación de nuevos polímeros o para otros procesos petroquímicos. El proceso de reciclado químico o descomposición química se conoce también como solvólisis.

Se puede realizar mediante procesos solvolíticos como la glicólisis, hidrólisis o metanólisis, para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos. Este proceso se aplica para poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas.

- Reciclado Cuaternario:

Comprende los procesos de incineración para la recuperación energética. A diferencia de la solvólisis este método tiene mayor flexibilidad y diversidad porque comprende procedimientos a altas temperaturas como: pirolisis, gasificación, craqueo térmico, hidrogenación cuántica, y craqueo catalítico. El objetivo final es la transformación de estos residuos a monómeros, combustibles gaseosos o líquidos, y compuestos base para la petroquímica.

Se ejecuta por medio de procesos de pirolisis donde el objetivo es aprovechar el poder calorífico de los derivados del petróleo, esto con el objetivo de aprovechar la energía térmica liberada en otros procesos. Dentro de las ventajas de este proceso están: la disminución del espacio ocupado en los vertederos, la recuperación de metales y el manejo de diferentes cantidades de desechos. Sin embargo, existen desventajas a nivel de contaminación, puesto que se generan emisiones contaminantes como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y Sox.

Análisis de la información:

Los procesos de reciclado químico y por recuperación de energía al momento en que se realiza esta investigación no tienen una ejecución viable en la zona de estudio debido a las siguientes razones:

- Requieren altos costos de inversión. Este proceso se implementa con gran fuerza en Europa, donde las rigurosas legislaciones y las imposiciones tributarias futuras en países europeos, hacen que este método sea económicamente atractivo, legislaciones que primero deben adelantarse para poder ejecutar este tipo de procedimientos.

- El reciclado químico es contaminante para el ecosistema, estudios han demostrado que empaques de un solo uso pueden contener hasta 100.000 productos químicos, que, al aplicar temperatura, este libera toxinas como monóxido de carbono, CO<sub>2</sub> y dioxinas.
- Requieren conocimientos especializados en química de plásticos, control de emisiones tóxicas y tratamiento de residuos posteriores al aprovechamiento químicos de plásticos. Este tipo de conocimiento requiere que la ciudad
- El reciclado por recuperación energética se ejecuta en su mayoría en países de Europa, Estados Unidos y Japón son las regiones donde más se practica esta técnica. En Europa el 39,5% de los residuos plásticos posconsumo, son recuperados de esta forma. Al igual que el proceso de reciclado químico, su desventaja es que requiere un alto grado de inversión para operar.

#### **8.1.12 Residuos plásticos encontrados en la zona de estudio que pueden ser aprovechables**

Los residuos sólidos plásticos que se pueden aprovechar en la zona de estudio son los siguientes:

- Polietileno Tereftalato (PET)
- Polietileno de alta densidad (PEAD)
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Polietileno de baja densidad (PEBD)
- Polipropileno (PP)
- Poliestireno (PS)
- Polietilenglicol (PETG)
- Acetato de Celulosa (CA)

Estos plásticos requieren estar en condiciones aptas para su aprovechamiento, estas se mencionan en el punto 8.1.11. en el apartado de reciclado secundario.

### **8.1.13 Proceso de aprovechamiento más adecuado para su aplicación en la zona de estudio**

Actualmente el proceso de aprovechamiento mediante reciclaje mecánico es el que se implementa en la región y en el país. En su mayoría, el material recuperado en la ciudad y en la ECA Proambientes es transportado a ciudades como Bogotá, Cali o Medellín donde se realizarán los procesos para el aprovechamiento de estos residuos.

En la ciudad de Duitama hasta la fecha no hay empresas que se encarguen de hacer un proceso completo de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos donde el resultado de este aprovechamiento sea un producto listo para su uso.

El reciclado mecánico tiene algunas desventajas frente a los demás procesos, algunas de estas son:

- El material va perdiendo propiedades con cada ciclo térmico al que sea sometido, es decir, su aprovechamiento es limitado.
- Existen residuos plásticos que no se pueden recuperar de esta manera como el poliuretano.

En base al anterior análisis de ventajas y desventajas entre procesos (Ver punto 8.1.11) y a la actualidad de la prestación del servicio que se lleva a cabo en la zona de estudio, se definió el reciclado mecánico como proceso de aprovechamiento más adecuado para aplicarse en el Barrio María Auxiliadora de la ciudad de Duitama, debido a que no requiere altos costos de inversión comparado al reciclado químico o por recuperación de energía.

Además de definir un proceso como el más adecuado, desde este proyecto de investigación por medio de la guía teórico práctica se pretende motivar a la comunidad a que realicen estos procesos de transformación desde lo local, donde exista un cambio de cultura que parte de la venta de material reciclado, hacia la transformación de residuos para la creación de productos con alto contenido de valor. De esta manera las familias o comunidades podrán emprender con modelos de negocio que tendrán impactos positivos en las condiciones sociales, culturales y económicas del sector Barrio María Auxiliadora. Para lograr esto se propone un proceso de reciclado mecánico que pueda ser desarrollado en la comunidad con la tecnología existente y el conocimiento que se pueda lograr proyectar desde la guía.

#### **8.1.14 Posibles propuestas objetuales aplicables al contexto de la zona de estudio, desde el aprovechamiento de residuos sólidos plásticos**

En la actualidad existen distintos tipos de productos elaborados a partir de residuos sólidos plásticos dentro de los cuales se encuentran: madera plástica, elementos para decoración, tableros, mobiliario, material para construcción y diseño de interiores.

#### **Figura 4**

*Productos fabricados a partir de residuos sólidos plásticos*



*Nota.* La figura muestra productos fabricados a partir de material plástico reciclado. Fuente: Google (2021).

Este tipo de propuestas podrían ser aplicables debido a que derivan del reciclado mecánico de materiales como el PEAD, PET, PVC y PEAD principalmente, materiales que también se pueden encontrar en la ECA Proambientes y que actualmente son aprovechables.

### **8.1.15 Propuesta de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos**

Este proyecto propone de manera objetual y a modo de planteamiento, 4 sistemas que permitan realizar el proceso de aprovechamiento de forma mecánica de residuos plásticos como el PET, PEAD, PVC y PP hacia la fabricación de paneles modulares para la construcción de mobiliario, puestos de exhibición, divisiones y componentes para los medios de transporte del personal recolector de residuos.

Teniendo en cuenta las características y condiciones culturales, económicas y sociales de la zona de estudio, estos sistemas deben ser de bajo costo, prácticos y desarrollables con tecnología local. (Ver requerimientos en Anexo “Metodología para el diseño de 4 sistemas de reciclado mecánico”)

Las siguientes son posibles combinaciones de residuos que se podrían realizar mediante la propuesta de aprovechamiento que se encuentra en la guía teórico práctica.

- PET sólo
- PEAD, PEBD y PS
- PEAD, PEBD, PP y PVC

### **8.1.16 Descripción de la propuesta objetual para su posible desarrollo y ejecución por parte de los interesados.**



Se propone un panel modular como propuesta objetual para ejecutar el aprovechamiento desde la zona de estudio, este tipo de productos entrarían a solucionar necesidades como:

- Protección
- Embellecimiento

Ahora dentro de las posibles aplicaciones de este tipo de productos están:

- Material para construcción
- Fabricación de mobiliario como mesas, sillas, bancas
- Material para la fabricación de los elementos de transporte de la comunidad de recolectores.
- Material decorativo para interiores.
- Material prefabricado para construcción de hogares para mascotas.

Para lograr el desarrollo de los paneles modulares (propuesta de aprovechamiento), es necesario que desde el Diseño Industrial se diseñen los sistemas necesarios para su elaboración, a partir de los requerimientos planteados para solucionar de forma *práctica y económica* la problemática de aprovechamiento de los residuos sólidos plásticos, teniendo en cuenta la realidad social y económica de la comunidad del Barrio María Auxiliadora. (Ver en anexo “Metodología para el diseño de 4 sistemas de reciclado mecánico”). Estos sistemas son:

- Equipo para la desinfección y lavado de residuos sólidos plásticos recolectados como envases, tarros y tapas de PET, PEAD, PVC y PP.

Posterior a la clasificación, es necesario realizar un proceso de desinfección y lavado. La desinfección comprende la eliminación de todo agente patógeno que tenga la capacidad de adherirse y multiplicarse en una superficie.

### **Figura 5**

*Propuesta de un sistema para el lavado y desinfección de residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra la propuesta de un sistema para el lavado y desinfección de los residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

## Figura 6

*Propuesta de funcionamiento de un sistema para el lavado y desinfección de residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra el funcionamiento de la propuesta de un sistema para el lavado y desinfección de residuos sólidos plásticos. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

- Equipo para el corte o seccionamiento de los residuos sólidos plásticos.

Posterior al lavado es necesario realizar un proceso de corte o seccionamiento de los residuos plásticos, para facilitar la homogeneización del material durante el proceso de calentamiento y conformado con el fin de generar productos muy compactos y con buenos acabados y sin generar ningún tipo de micro plástico durante el proceso. Por lo cual se seleccionó el siguiente tipo de corte o seccionamiento por medio de cuchillas, puede ser vertical u horizontal.

**Figura 7**

*Propuesta de un sistema manual para el corte y seccionamiento de residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra la propuesta de un sistema para el corte y seccionamiento de los residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

**Figura 8**

*Propuesta de funcionamiento de un sistema manual para el corte y seccionamiento de residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra el funcionamiento de la propuesta de un sistema para el corte y seccionamiento de residuos sólidos plásticos. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

- Equipo para la deformación plástica de los residuos sólidos plásticos.

Posterior al corte o seccionamiento es necesario realizar un proceso de deformación térmica controlado para poder llevar los plásticos previamente seccionados a un estado viscoelástico o ideal para la conformación.

### **Figura 9**

*Propuesta de un sistema para la deformación plástica de residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra la propuesta de un sistema para el calentamiento o deformación plástica de los residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

### **Figura 10**

*Propuesta de funcionamiento de un sistema para el calentamiento o deformación plástica de residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra el funcionamiento de la propuesta de un sistema para calentamiento o deformación plástica de residuos sólidos plásticos. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

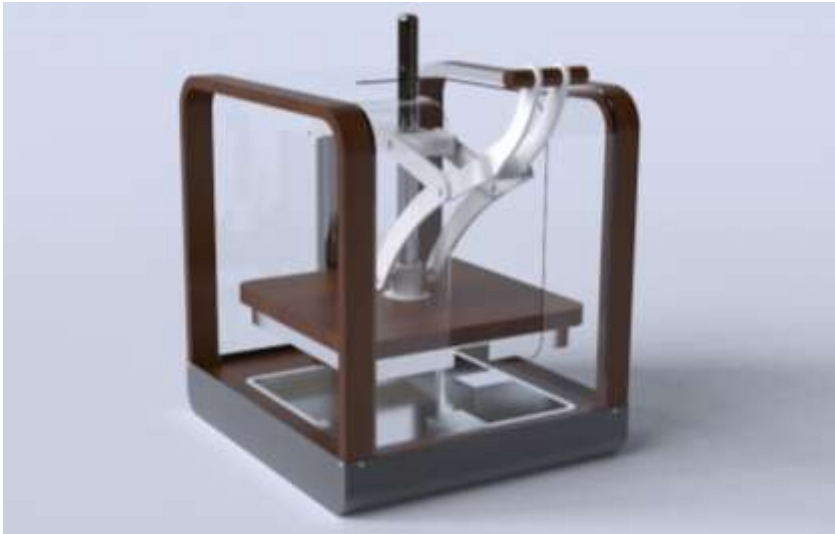
- Equipo para el conformado de placas y paneles modulares.

Inmediatamente posterior a la deformación térmica el último proceso para conformar los paneles es el de conformado. En este caso debido a la característica física del producto y material a aprovechar se define el moldeo por compresión como el más adecuado para implementar.

El moldeo por compresión es un método de alta presión, que tiene la ventaja de poder conformar piezas complejas. Es uno de los métodos de conformado de menor costo en comparación a otros métodos como el moldeo por transferencia o la inyección. El proceso consiste en verter el material previamente listo a la cavidad de un molde y por medio de sistemas hidráulicos, neumáticos o mecánicos generar la presión suficiente para cerrar el molde y compactar la mezcla. (Rivera, 2004).

**Figura 11**

*Propuesta de un sistema manual para el conformado de placas y paneles modulares a partir de residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra la propuesta de un sistema para el conformado de placas y paneles modulares a partir de residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

**Figura 12**

*Propuesta de funcionamiento de un sistema manual para el conformado de placas y paneles modulares a partir de residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra la propuesta de funcionamiento de un sistema manual para el conformado de placas y paneles modulare a partir de residuos sólidos plásticos encontrados en la zona de estudio. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

### **8.1.17 Información que se compilará para la elaboración de la guía**

La información contenida en la guía está plasmada de manera muy resumida, entendible y concreta para facilitar la lectura y comprensión de las personas recolectoras de las ECAS y comunidades del barrio María Auxiliadora. A continuación, se evidencia el orden y contenido de la guía:

- Portada
- Reconocimientos
- Índice
- Glosario
- Acrónimos
- Introducción
- Problemática
- Identificación de plásticos
- Recolección de residuos plásticos
- Características de los plásticos según su comportamiento al calor o deformación
- Clasificación de los residuos sólidos plásticos según el RIC
- Reciclaje como proceso de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos
- Recomendaciones
- Reciclado de plásticos mezclados
- Proceso de reciclado mecánico
- Propuesta de reciclado mecánico



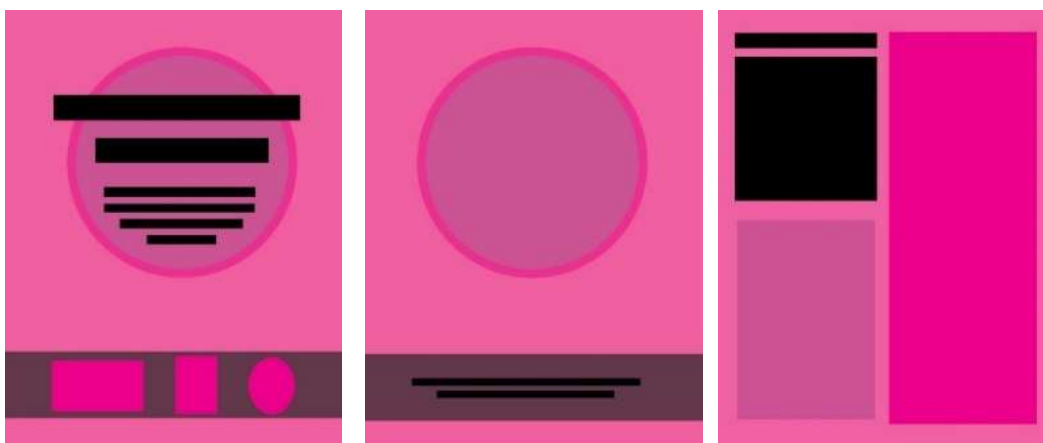
- Sistema manual para el lavado y desinfección de residuos plásticos
- Sistema manual tipo palanca para el seccionamiento de residuos plásticos
- Sistema para deformación plástica de los residuos mediante resistencia eléctrica
- Sistema manual tipo palanca para el conformado de paneles modulares mediante compresión
- Propuesta de producto generados desde el aprovechamiento de los plásticos
- Referencias
- Contraportada

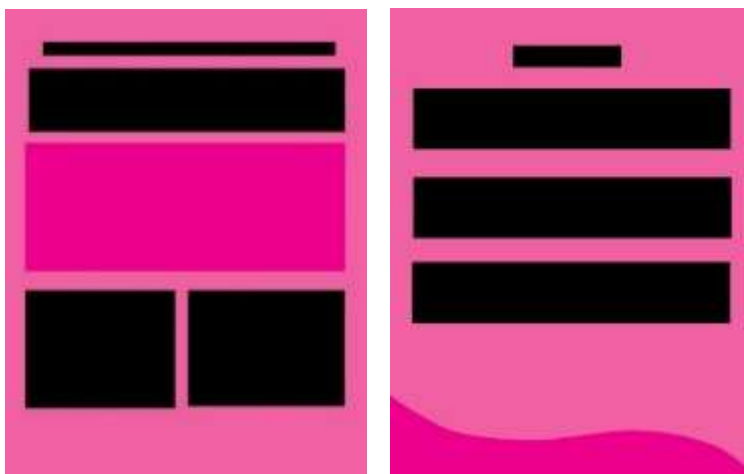
### 8.1.18 Diseño de la diagramación y organización del contenido que llevará la guía a realizar

A continuación, se encuentra una maqueta que nos permitió componer el texto, imágenes y otros elementos de una forma ordenada y entendible para la comunidad. Además de esto, para lograr una experiencia cómoda y atractiva al lector se definió una paleta de color con 5 tonalidades distintas para que este se sienta cómodo con los espacios y el contenido mostrado.

#### Figura 13

*Maqueta diseño de la diagramación y organización del texto de la guía.*

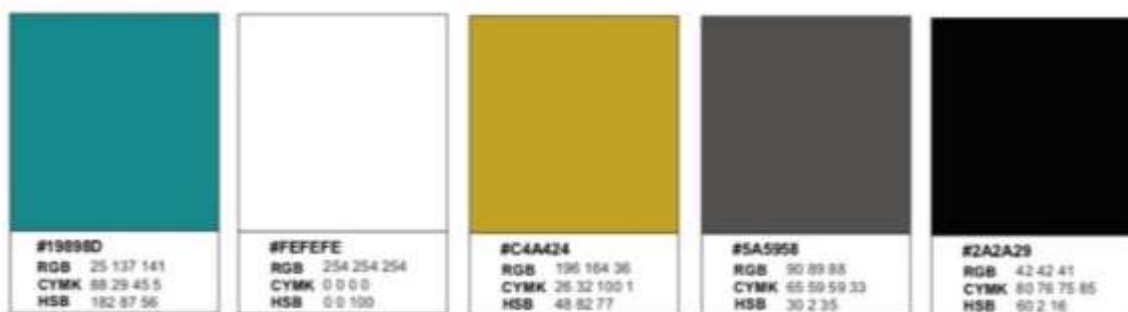




*Nota.* La figura muestra la maqueta base para llegar a una diagramación de la guía teórico práctica. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

#### **Figura 14**

*Paleta de colores Pantone, seleccionados para la diagramación de la guía.*



*Nota.* La figura muestra la paleta de colores Pantone seleccionados para la configuración visual de la guía teórico práctica. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

La paleta de color define un concepto elegante y tranquilo, porque se desea comunicar un orden en la información y jugar a su vez con el concepto que se ha tenido siempre sobre los residuos plásticos vistos como basura o elementos que son de un solo uso. Contrario a esto se desea llamar la atención y acoger al lector dándole información sobre la importancia de ver los

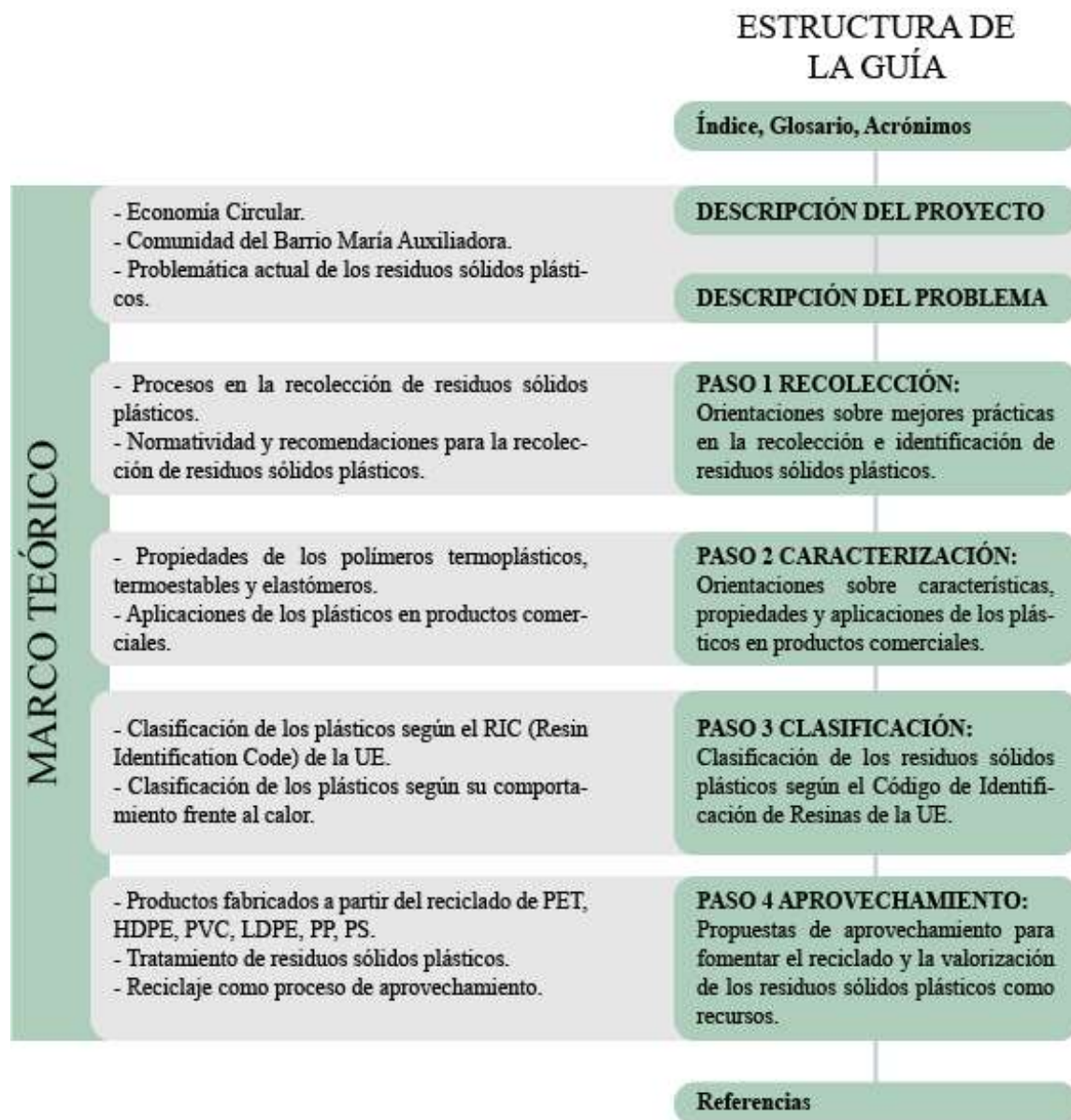
residuos sólidos plásticos como recursos, y por último se desea comunicar que éste, al leer y comprender la guía, se llevará una experiencia llena de información con alto contenido de valor.

#### **8.1.19 Elaboración de la guía teórico práctica para la clasificación y aprovechamiento de los residuos sólidos plásticos.**

El siguiente diagrama demuestra el proceso de selección de la información del marco teórico del proyecto, para ser sintetizada y organizada jerárquicamente en los procesos principales de: recolección, caracterización, clasificación y aprovechamiento.

#### **Figura 15**

*Diagrama de selección de información del marco teórico para la elaboración de la guía.*



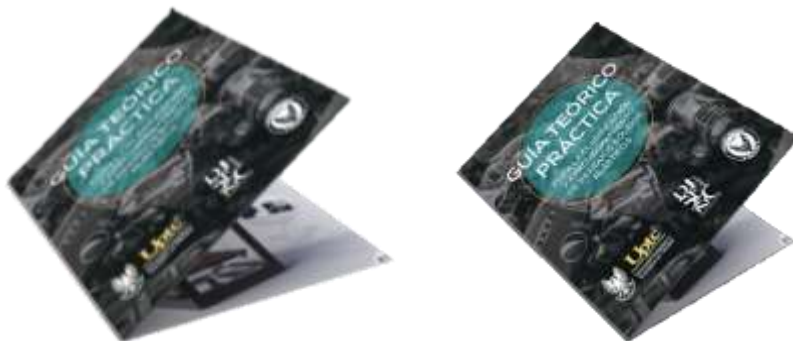
*Nota.* La figura muestra el diagrama de selección para la información contenida en la guía teórico práctica. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

A partir de la información obtenida del proceso de investigación y desarrollo de propuestas de aprovechamiento, se obtuvo como resultado la siguiente guía.

(Ver guía en el ANEXO A)

**Figura 16**

*Guía teórico práctica para la clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra el formato de la guía teórico práctica. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

### **8.1.20 Validación de la guía por parte de los actores del equipo de trabajo del proyecto programa piloto de economía circular**

LISTA DE CHEQUEO PARA LA VALIDACIÓN POR PARTE DE LOS ACTORES DEL EQUIPO DE TRABAJO PROGRAMA PILOTO DE ECONOMÍA CIRCULAR

**Tabla 14**

*Lista de chequeo para la validación de los resultados por parte de los actores del equipo de trabajo “macroproyecto”*

---

Fecha: mayo 18 de 2022

---

Nombre del Evaluador: ISNARDO A. GRANDAS RINCON

---

**LISTA DE CHEQUEO VALIDACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICO PRÁCTICA  
PARA LA CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS  
PLÁSTICOS.**

---

**SI**

**NO**

**OBSERVACIÓN**

---

La guía describe con claridad la problemática que aborda	X
La información se presenta de forma clara, legible y ordenada	X
Se implementan diagramas, fotos, o imágenes que contextualicen y simbolicen ideas o conceptos parte de la información presentada	X
Se logra comprender la problemática y las variables que la componen	X
Se presentan propuestas de mejoramiento que aporten a la solución del problema	X
La información es clara, usa términos técnicos o apropiados	X
El contenido y la problemática tratada es coherente	X
La diagramación y presentación de la información va acorde al tipo de lector que hace parte de la comunidad objeto de estudio	X

*Nota.* Datos el autor del presente proyecto (2022).

### **8.1.21 Socialización y exposición de la guía ante la JAC del barrio María Auxiliadora, ECA Proambientes y demás participantes del proyecto.**

**Figura 17**

*Socialización y exposición de la guía, ante la JAC del barrio María Auxiliadora y la ECA Proambientes Duitama.*



*Nota.* La figura muestra la socialización realizada ante la JAC y la ECA. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

La socialización de la guía se llevó a cabo en el salón comunal del Barrio María Auxiliadora el día 10 de mayo de 2022, se contó con la presencia de 35 personas de todas las edades, entre ellas, pertenecientes a la JAC y docentes como Lina Sofía Salamanca, docente y encargada de la Biblioteca comunitaria del Barrio. La impresión por parte de la comunidad fue muy positiva, se mostraron interesados y motivados sobre el tema.

Con el objetivo de que se pudiera conocer la opinión y reacciones que tuvo la socialización de la guía teórico práctica para la clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos

en la comunidad del Barrio María Auxiliadora y la ECA Proambientes se solicitó el diligenciamiento de una encuesta (Ver Anexo) La encuesta se realizó a 35 personas en base al cálculo de la muestra para población finita.

**n** = tamaño de muestra buscado.

**N = 500** (tamaño de la población o Universo.)

**Z = 1,44 para 85%** (parámetro estadístico que depende del Nivel de Confianza)

**e = 12%** (error de estimación máximo aceptado)

**p = 50%** (probabilidad de que ocurra el evento estudiado)

**q = (1 - p)** probabilidad de que no ocurra el evento esperado

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$$n = \frac{500 * 2,07 * 0,50 * 0,50}{0,0144 * 499 + 2,07 * 0,50 * 0,50}$$

$$n = \frac{258,75}{7,7}$$

$$n = 34$$

Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

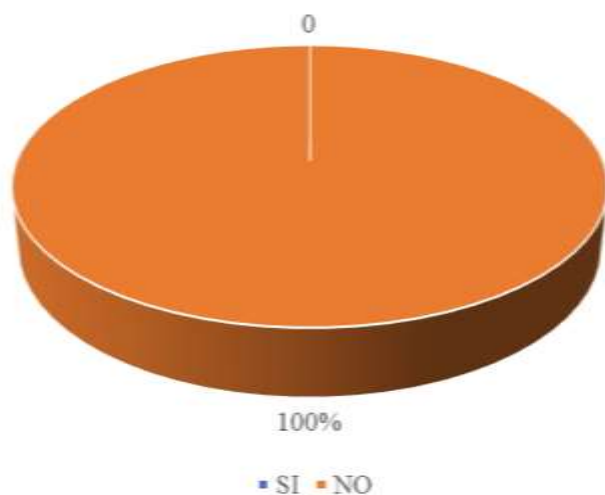
La aplicación de la encuesta para conocer las reacciones y opiniones de la comunidad acerca de la guía teórico práctica arrojó los siguientes resultados.



**1. ¿Conoce usted algún proyecto que haya tratado la problemática de residuos sólidos plásticos desde su recolección hasta el aprovechamiento en el Barrio María Auxiliadora?**

**Figura 18**

*Porcentaje de personas que conocen proyectos de aprovechamiento de plásticos que se hayan realizado en el Barrio María auxiliadora.*



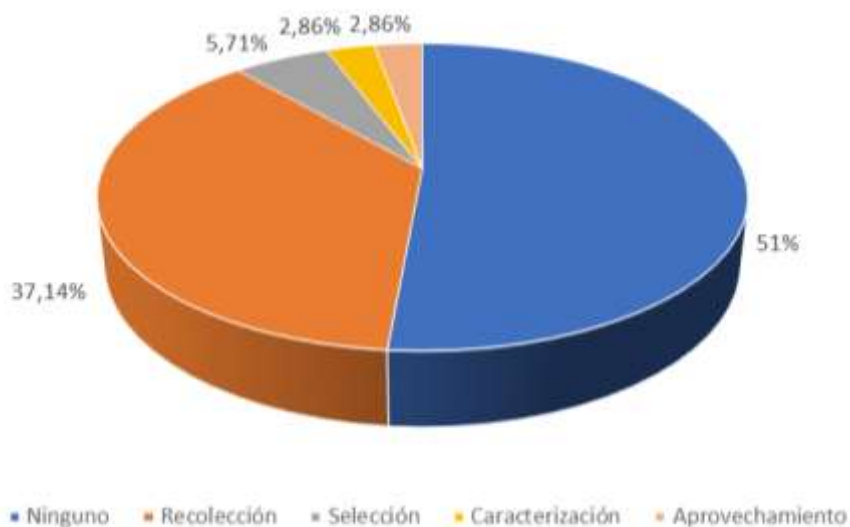
*Nota.* La figura muestra el porcentaje de personas que conocen proyectos de aprovechamiento realizados en el Barrio María Auxiliadora de Duitama Boyacá. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

- El 100% de las personas encuestadas informa que no conoce que en la comunidad del barrio María Auxiliadora se hayan realizado proyectos que traten la problemática de residuos sólidos plásticos generados desde la recolección hasta el aprovechamiento.

**2. ¿Tenía usted conocimientos acerca de las buenas prácticas para los procesos de clasificación, caracterización, selección y aprovechamiento específicamente de residuos sólidos plásticos?**

**Figura 19**

*Porcentaje de personas que tienen conocimiento sobre buenas prácticas para el manejo de los residuos sólidos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra el porcentaje de personas que tienen conocimiento sobre buenas prácticas para el manejo de los residuos sólidos plásticos en el Barrio María Auxiliadora de Duitama Boyacá. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

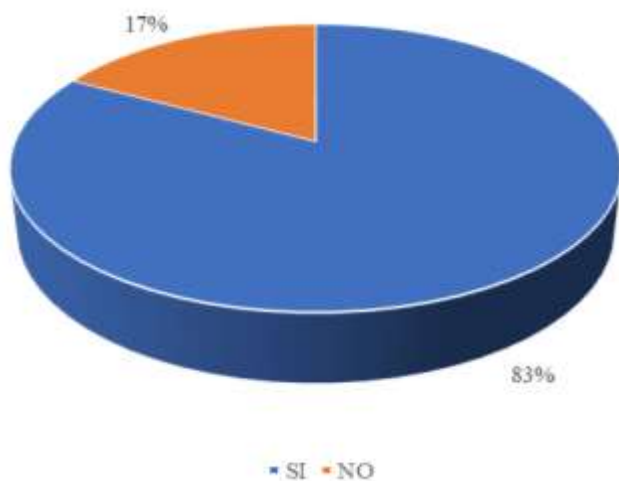
- El proceso que más conocen es el de recolección de residuos (37,14%) sólidos plásticos, aunque se encontró que no todos conocen las normativas y recomendaciones existentes para el proceso.
- Sólo el 5,71% conoce acerca de las buenas prácticas para la selección de residuos específicamente plásticos.
- Sólo el 2,86% conocen acerca de las buenas prácticas existentes para realizar los procesos de caracterización y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.
- Por último, el 51% de las personas encuestadas informa que antes de la socialización de la guía no conocían acerca de las buenas prácticas de recolección, selección, clasificación, y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos. Sin embargo, es

importante aclarar que no existe desconocimiento general, sino una falta de conocimiento técnico y comprobado para realizar este tipo de procedimientos.

**3. ¿Le gustaría ser partícipe de proyectos futuros que traten temas de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos, de tal forma que puedan generar impactos positivos a las condiciones sociales, culturales y económicas del sector?**

**Figura 20**

*Porcentaje de personas quieren ser partícipes de proyectos que traten temas de aprovechamiento de residuos plásticos.*



*Nota.* La figura muestra el porcentaje de personas que quieren ser partícipes de proyectos que traten temas de aprovechamiento de residuos plásticos en el Barrio María Auxiliadora de Duitama Boyacá. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

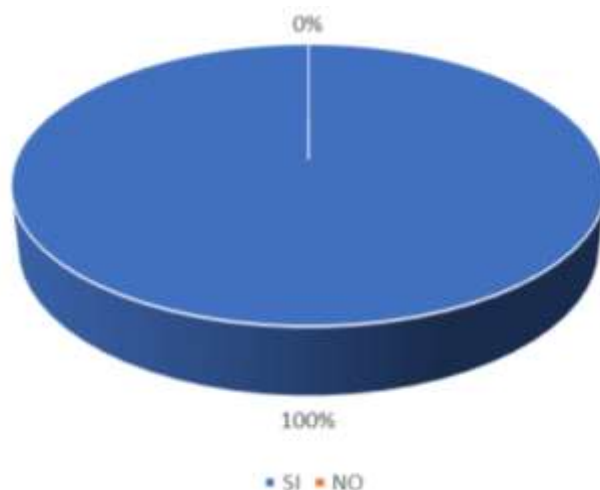
- El 83% de las personas encuestadas informa estar interesados en incorporarse a proyectos de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos, lo que nos da un panorama positivo para que en un futuro se realicen proyectos de investigación específicamente en la actividad de aprovechamiento en esta comunidad. Además de esto, se deja un buen precedente en la guía teórico práctica para comenzar con estos procesos.

- El 17% de personas manifestaron no estar interesados en incorporarse a futuros proyectos que traten temas de aprovechamiento, dentro de las razones se encontraron las siguientes:
  - a. No es de su agrado el tema de los residuos
  - b. Les gustaría estar en otros proyectos de tipo: artísticos, manejo de otros tipos de residuos.
  - c. Consideran no seguir viviendo en el lugar en poco tiempo.
  - d. Les genera incertidumbre sobre quienes realizarían la inversión y quisieran saber más específicamente del tema para poder decir sí.
  - e. No tienen tiempo actualmente para dedicarle a un proyecto.

**4. ¿La socialización de este proyecto fue clara y logró comprender la problemática tratada?**

**Figura 21**

*Porcentaje de personas que concibieron la socialización del proyecto clara y que comprendieron la problemática que aborda el mismo.*



*Nota.* La figura muestra el porcentaje de personas que concibieron la socialización del proyecto clara y que comprendieron la problemática que aborda el mismo. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

- Para el 100% de las personas, la guía se socializó de forma clara y se logró comprender la problemática tratada.

## **5. Qué observaciones tiene acerca del diseño y la forma en que se presenta la información de esta guía teórico práctica?**

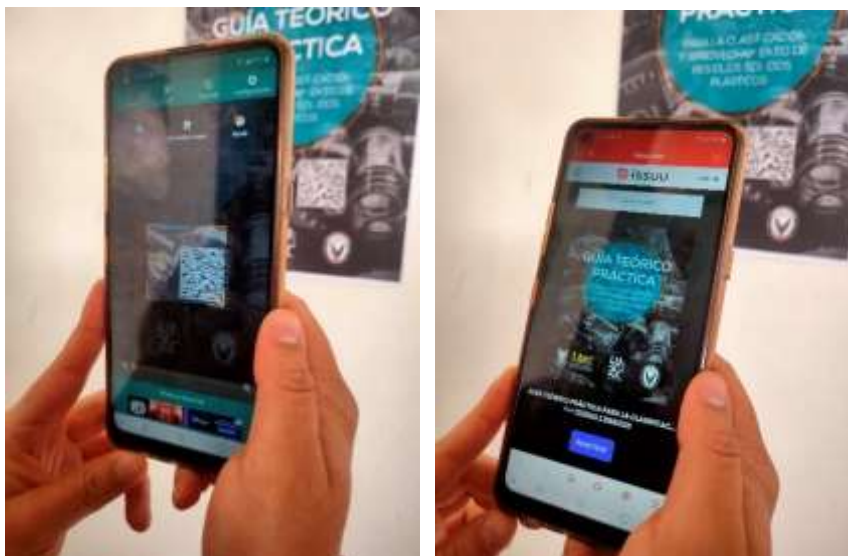
- Dentro de las observaciones acerca del diseño y la forma en que se presenta la información en la guía se encontraron las siguientes observaciones:
  - a. La información es clara y precisa.
  - b. El contenido es completo y se presenta de forma ordenada.
  - c. El uso de glosario, acrónimos y demás elementos de apoyo es bueno para adoptar el lenguaje técnico.
  - d. Este “tipo de material” es bueno que haga parte de la biblioteca comunitaria y también en las ECAs para que todas las personas interesadas tengan acceso a esta información.
  - e. Se debería compartir la información por medios digitales.

### **8.1.22 Entrega de la guía teórico práctica a la comunidad**

La entrega de la guía se realizó por dos medios (físico y digital). De forma física se deja una guía en la biblioteca comunitaria del Barrio María Auxiliadora, y de forma digital, se publica un poster en la JAC con un código QR del cual podrán acceder a la guía libremente por medio de una página web.

### Figura 22

*Entrega de la guía por medio digital código QR y link de ingreso.*



*Nota.* La figura muestra el escaneo del código QR desde un afiche situado en la biblioteca de la JAC de barrio María Auxiliadora. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

### Figura 23

*Entrega de la guía por medio físico, guía impresa y entregada a la persona encargada de la biblioteca en el Barrio María Auxiliadora.*



*Nota.* La figura muestra la entrega de la guía por los participantes del proyecto a la Señora Lina, encargada de la biblioteca Barrio María Auxiliadora. Fuente: El Autor del presente proyecto (2022).

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la actualidad no existe una apropiación y argumentación técnica para identificar, seleccionar, clasificar y aprovechar los residuos sólidos plásticos recolectados por las ECAS en la ciudad de Duitama.

La guía resultado del proyecto de investigación debería hacerse llegar a la comunidad en general del municipio de Duitama, ya que desde los hogares existe un desconocimiento sobre el adecuado manejo de los residuos sólidos plásticos lo que sigue aportando al crecimiento de esta problemática.

La información obtenida sirve como aporte para la mejora continua e integralidad de la prestación del servicio enfocado en el aprovechamiento de residuos sólidos plásticos, donde las empresas prestadoras de este servicio (ECAS) y la comunidad sean participes en este proceso.

La información contenida en la guía permitirá tecnificar y mejorar los procesos actuales de recolección, clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos en la Ciudad de Duitama. De esta manera contribuir con los intereses sociales, ambientales, culturales, y económicos de la región.

El desarrollo de propuestas de aprovechamiento permite incentivar y motivar a la creación de productos ecológicos con alto valor agregado que podrían ser emprendidos por la comunidad de estudio, con un alto pronóstico de éxito.

En Boyacá son muy escasas las empresas o instituciones que ejecutan procesos de aprovechamiento, existe una ventana para que a futuro se adopten proyectos enfocados a este tipo de procesos, teniendo en cuenta siempre las buenas prácticas para la recolección, clasificación y caracterización de estos residuos.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Semana Sostenible. Medio Ambiente. (2020) Artículo El 78% de los hogares colombianos no recicla. <https://bit.ly/3a8vUX1>

CIQ Centro de Ingeniería Química. (1991). Los Plásticos en Nuestra Sociedad. Guía del Profesor. Actividad 5: Historia de los Plásticos y sus técnicas de transformación. Universidad de Rovira i Virgili. Departamento de Ingeniería Química. Tarragona.

Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP). (2019). Situación Actual de los Plásticos en Colombia y su Impacto en el Medio Ambiente <https://bit.ly/3a1KqzL>

Enel. (2020). Ciudades circulares Las ciudades del futuro III edición.

Vanessa Prieto-Sandoval, Carmen Jaca, Marta Ormazabal. (2017) Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. Revista Memoria Investigaciones en Ingeniería, núm. 15. ISSN 2301-1092 • ISSN (en línea) 2301-1106 <https://bit.ly/2KdPMwY>

Balboa, Catalina. Domínguez, Manuel. (2014) Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. <https://bit.ly/37QmXP5>

Giacovelli, C (2018) Centro Internacional de Tecnologías Ambientales), ONU Medio Ambiente)

Rivera, R (2004) Termoplásticos de uso más general, p. 7. *Propuesta de reciclaje mecánico de plásticos en la ciudad de Piura.*

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1180/ING\\_418.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1180/ING_418.pdf?sequence=1)



Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2008) Identificación de plásticos protocolo curso de materiales. Pdf.

[https://escuelaing.s3.amazonaws.com/production/documents/1960\\_idplasticosr2.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAWFY3NGTFBJGCIWME&Signature=sa12B3kIWewijY15MUdQb31Sk0c%3D&Expires=1655319218](https://escuelaing.s3.amazonaws.com/production/documents/1960_idplasticosr2.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAWFY3NGTFBJGCIWME&Signature=sa12B3kIWewijY15MUdQb31Sk0c%3D&Expires=1655319218).

Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sistemas de Aseo Urbano (1998). Título F. Numeral F.1.4.3. Santa Fe de Bogotá. pdf.

Servicios medioambientales de valencia, SL. (2019). Clasificación de los plásticos

Reinink, A. (1993). Plastics, rubber and composites. Processing and applications. USA. 20: 259-263. REPIDISCA: Literatura en ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. <http://www.bireme.br/bvs/E/ebd.htm>).

ONU Medio Ambiente (2018). PLÁSTICOS DE UN SOLO USO: Una hoja de ruta para la sostenibilidad (Rev. ed., pág vi; 6)

Ruiz Bolívar, Instrumentos de Investigación Educativa: Procedimientos para su Diseño y Validación, (1998).

Colmenares, Ana Mercedes, and Ma Lourdes Piñero. "La investigación acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas." *Laurus* 14.27 (2008): 96-114.

Hernández Sampiere, Fernández Collado, & Baptista Lucio. Metodología de la Investigación. (2006)

M.<sup>a</sup> Paz Sandín Esteban. La Enseñanza de la Investigación Cualitativa. Universidad de Barcelona. (2003)

Mertens, Donna M. Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods. Sage publications, 2005.

Ander-Egg, Ezequiel. Repensando la investigación-acción-participativa. Buenos Aires: Lumen-Humanitas, 2003.

Kvale, Steinar. InterViews: an introduction to qualitative research interviewing. Sage, 1996.

Gillham, Bill. Research Interviewing: The range of techniques: A practical guide. McGraw-Hill Education (UK), 2005.

## **11. ANEXOS**

### **11.1 ANEXO A. GUÍA TEÓRICO PRÁCTICA PARA LA CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS**

# GUÍA TEÓRICO PRÁCTICA

PARA LA CLASIFICACIÓN  
Y APROVECHAMIENTO  
DE RESIDUOS SÓLIDOS  
PLÁSTICOS



**Uptc**<sup>®</sup>  
Universidad Pedagógica y  
Tecnológica de Colombia





# RECONOCIMIENTOS

## RECONOCIMIENTOS

### Autores principales del proyecto

Federico Rojas Chiquillo  
Juan Sebastián Cely Silva  
(Estudiantes de Diseño industrial)

### Dirección y apoyo en la investigación:

Jorge Arturo Torres Pemberti (Director)  
Isnardo Antonio Grandas Rincón (Codirector)

### Colaboradores para la investigación y trabajo de campo:

Julieth Vásquez (Administradora Proambientes Duitama)  
Junta de acción comunal barrio María auxiliadora Duitama

### Ilustraciones y diseño:

Federico Rojas Chiquillo  
Juan Sebastian Cely Silva

Esta publicación ha sido apoyada por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia seccional Duitama y el grupo observatorio de Sogamoso

Esta publicación es resultado de la investigación realizada como requisito para optar al título de diseñador industrial.

Esta es una guía teórico práctica que permite instruir a la comunidad involucrada y a los recuperadores en la recolección, caracterización, clasificación y posible aprovechamiento de los residuos sólidos plásticos. Aplicación en el barrio Maria Auxiliadora y en la ECA Proambientes de Duitama Boyacá.

# ÍNDICE

1	GLOSARIO	4
	ACRÓNIMOS	2
3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
	IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS	4
5	RECOLECCIÓN	9
	CARACTERIZACIÓN	6
7	CLASIFICACIÓN	12
	RECOMENDACIONES	8
9	APROVECHAMIENTO	16
	REFERENCIAS	10
		22





# GLOSARIO

## **PLÁSTICOS:**

Es un material ligero, higiénico y resistente que se puede moldear de distintas maneras y utilizar en una amplia gama de aplicaciones.

## **RESIDUOS:**

Material que pierde utilidad tras haber cumplido con su misión o servicio para realizar un determinado trabajo. Por lo tanto, el concepto de residuo se emplea como sinónimo de basura, es decir, por hacer referencia a los desechos que el hombre ha producido.

## **RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS:**

Son los materiales plásticos en estado sólido o semisólidos que han sido desechados tras su vida útil procedentes de la fabricación, transformación o utilización como bienes de consumo.

## **RECOLECCIÓN:**

Consiste en la acción y efecto de retirar los residuos sólidos del lugar de la presentación en la fuente susceptibles de reutilización o reciclaje.

## **SELECCIÓN:**

Elección de algunos residuos particulares generados en la fuente que serán recuperados según su finalidad.

## **CLASIFICACIÓN:**

Separación de los residuos seleccionados para agruparlos según su tipología, familia, propiedades o cualidades.

## **CARACTERIZACIÓN:**

Consiste en determinar las características o atributos únicos de cada residuo distinguiéndose de los demás, para identificar y conocer la naturaleza y datos objetivos de éste.



# GLOSARIO

## **APROVECHAMIENTO:**

Proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.

## **ECONOMÍA CIRCULAR:**

Modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende.

## **RECICLAJE:**

Someter materiales usados o desperdicios a un proceso de transformación o aprovechamiento para que puedan ser nuevamente utilizados.

## **CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO:**

Etapa por la cual pasa un producto, desde la extracción de su materia prima, su producción, distribución, uso y fin de vida.

## **SOSTENIBILIDAD:**

Satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social.



# ACRÓNIMOS

ECA:	Estación de Clasificación y Aprovechamiento
JAC:	Junta de Acción Comunal
PET:	Tereftalato de Polietileno
PEAD:	Polietileno de Alta Densidad
PVC:	Policloruro de Vinilo
PEBD:	Polietileno de Baja Densidad
PP:	Polipropileno
PS:	Poliestireno
PE:	Polietileno
PETG:	Tereftalato de Polietileno Glicol
CA:	Acetato de Celulosa
EPS:	Espuma de Poliestireno Expandido



# INTRODUCCIÓN

La teoría de la economía circular replantea el concepto lineal de comprar, usar y tirar por uno que recupere y regenere. Este modelo es posible utilizarlo para el manejo sostenible de los residuos plásticos residenciales, de tal manera que se reemplace el concepto tradicional por el de “comprar bien, recuperar, reducir y reciclar”.

Los materiales plásticos como residuos sólidos aprovechables son un peligro inminente para el medio ambiente sin una adecuada recuperación, tratamiento y disposición.

## ESTE PROYECTO...

Es el resultado de un proyecto de investigación que pretende generar una guía instructiva para la recolección, caracterización, clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos generados en el barrio María Auxiliadora de la ciudad de Duitama, con el fin de incentivar y promover la participación comunitaria y apropiación de conocimiento para su futura aplicación en proyectos de la región que fomenten la economía circular y desarrollo de la región.



# IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS

Los plásticos son materiales que pueden ser reutilizados mediante diferentes procesos de reciclaje, para esto es necesario saber identificarlos correctamente ya que cada uno tiene unas características particulares que los diferencia entre si.

## ¿Cómo identificar los plásticos?

Los plásticos pueden identificarse de diferentes modos, puede ser por su marca normalizada, aspecto físico, efecto al calor, entre otros.

El aspecto físico o visual es la técnica más común y utilizada por los recolectores o recuperadores.

Aunque es muy útil, este método no es suficiente para hacer una correcta separación de los plásticos.



## Aspectos físicos de los plásticos.

El aspecto físico o visual puede dar pista para identificar los plásticos como materia prima para el reciclaje.

Esta puede ser la manera más fácil y rápida para identificar el tipo de plástico que se esté recolectando.

PET

Tiene una textura translúcida y cristalina, con claridad y brillo.

PEAD

Es opaco y de aspecto ceroso, se puede encontrar en todas las tonalidades transparentes y opacas.

PVC

Tiene una textura cerosa y opaca, puede ser flexible o rígido.

PEBD

Es ligero, flexible y de color lechoso, puede llegar a ser transparente dependiendo de su espesor.

PP

Es semi opaco, liso, rígido, muy duro y de peso ligero.

PS

De apariencia transparente o blanco, duro y quebradizo, produce ruido metálico cuando es sometido a un impacto.

Otros

Depende de la resina o combinación de resinas.



# RECOLECCIÓN

El recolector se dirige a la fuente con el fin de seleccionar los residuos sólidos presentados por los usuarios como aprovechables, esto previamente acordado por medio del contrato de condiciones uniformes del servicio público (CCU).



Durante este proceso, los recuperadores no deben dejar residuos dispersos en las vías públicas y su clasificación se debe realizar dentro de las ECAS.

## Elementos de protección personal para los recolectores.

Para el correcto proceso de recolección o selección, todos los recolectores deben tener garantías de uso de elementos de protección personal (EPP), estos se pueden clasificar en dos: EPP Descartable y EPP Reutilizable.

## EPP Descartable:

### Tabocas:

Se sugiere el uso de tapabocas o barbijos N953 / KN954. En caso de contar con acceso a tapabocas sencillos se deben descartar diariamente. Para los tapabocas en tela, se recomienda utilizarlos dos o tres al día, con 4 horas de uso máximo. Someterlos a procesos de limpieza con agua y jabón para volverlos a usar.

Se debe lavar las manos antes de colocar y después de quitarse el tapaboca.



### Guantes:

Se recomienda el uso de guantes de nitrilo descartables no estériles (no aptos para uso quirúrgico), preferiblemente certificados con normas como EN 374, EN 455, EN 420<sup>5</sup>





EPP Reutilizables:

### Uniforme de trabajo:

- » Se recomienda el uso de overoles de tela.
- » Se debe higienizar y lavar todos los días.
- » Se debe colocar al llegar al sitio de recolección o clasificación y retirarse finalizando la jornada.
- » Se recomienda cambiar de ropa con la que se asiste al trabajo, higienizarla junto al uniforme u overol de trabajo.



## CARACTERIZACIÓN

Caracterización de los residuos sólidos plásticos.

### Aplicaciones de los plásticos en productos comerciales

PET

Envases de bebidas carbonatadas y no carbonatadas, envases de limpiadores, envases de alimentos.

PEAD

Envases para productos químicos o de limpieza como cloro y detergentes, envases de champú y algunas bolsas

PVC

Tuberías, equipamientos médicos, ventanas, materiales para construcción, recubrimiento de cables, entre otros.

PEBD

Algunas botellas, bolsas de detergentes, botellas exprimibles, tapas flexibles o bolsas de basura.

PP

Piezas de motores, baterías, embudos, alfombras, pitillos, envases de yogurt, algunos recipientes de cocina.

PS

Vasos, platos y copas desechables, envases de aspirina, cajas de CD, entre otros

Otros

Empaques de snacks, empaques de alimentos de mascotas, partes de electrodomésticos, marcos de gafas, entre otros.



# Características de los plásticos según su comportamiento al calor o deformación.

## Termoplásticos

Se pueden moldear y deformar varias veces, lo que los convierte en materiales fáciles de reciclar. Se convierten en líquido cuando se calientan y se endurecen en estado vítreo al enfriarse.



## Termoestables

Se convierten en materiales rígidos tras un proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación. Al calentarse no se reblanecen y pueden soportar altas temperaturas.



## Elastómeros

Tienen gran elasticidad, capacidad de estiramiento y pueden recuperar su forma original cuando "retiramos" la fuerza que los deforma.





# Clasificación de los residuos sólidos plásticos según el RIC



Con el objetivo de facilitar el tratamiento de los residuos de plástico y su reciclaje, la UE ha establecido un código (Resin Identification Code o RIC, integrado dentro del Catálogo Europeo de Residuos) que, mediante un patrón numérico del 1 al 7 y una serie de siglas, identifica el residuo en función del tipo de polímero plástico con el que está fabricado.

Cada número indica el orden de qué tan reciclado en promedio es ese plástico. Encontrando al PET como el más aprovechado.

## Aprovechamiento

A continuación se presentan algunos ejemplos de productos fabricados a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos plásticos

<b>PET</b>	Fibras textiles, muebles, alfombras, piezas para automóviles y en un porcentaje para la fabricación de nuevos envases.	<b>PEAD</b>	Tubos, envases de detergente y aceites, muebles y juguetes.
<b>PVC</b>	Tarimas, canalones de carretera, tapetes, entre otros.	<b>PEBD</b>	Paneles, recipientes, tuberías, algunos muebles, entre otros.
<b>PP</b>	Cables de batería, escobas, cepillos, raspadores de hielo, paletas, cubos, madera plástica, bandejas, entre otros.	<b>PS</b>	Cuadros, molduras para la construcción y placas de aislamiento térmico.
<b>OTROS</b>	Son mezclas de varias resinas plásticas, por esto normalmente es muy difícil su reciclaje.		



# Reciclaje como proceso de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos.

El reciclaje es un proceso de tratamiento de un residuo que pretende convertirlo en materia prima para una posterior utilización. Actualmente existen cuatro métodos de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos por medio del reciclado:

## Reciclado primario:

Se convierte un residuo plástico en otro con propiedades similares o idénticas al material original. Este tipo de reciclaje se aplica con termoplásticos como: PET, PEAD, PEBD, PP, PS y PVC. Este tipo de proceso se ejecuta en las plantas de transformación.



## Reciclado secundario:

Tiene como resultado un plástico con propiedades inferiores al original. En este proceso, no siempre se requiere que se separe o limpie el plástico, en ocasiones se puede mezclar los residuos plásticos incluyendo tapas, papel, aluminio, polvo, etc... con el fin de ser molidos y fundidos dentro de un extrusor. Al igual que el primario, el reciclado secundario se realiza de forma mecánica.



El Reciclado mecánico consiste en cortar el material recuperado y disponerlo en una extrusora con el fin de crear granza o pellets y después transformarlos mediante procesos de extrusión o inyección. Este tipo de reciclaje se considera exclusivo para los residuos provenientes del consumo. Las condiciones que debe cumplir un reciclaje mecánico son:



- Plásticos no muy degradados en los procesos de transformación y/o utilización.
- Una completa separación de los plásticos por tipos, esto depende de la fase de selección.
- Ausencia de materiales o partículas extrañas que puedan dañar los equipos de transformación, o que puedan dañar las características físicas del producto.
- Una recolección en cantidad suficiente para que sea viable y rentable el proceso.

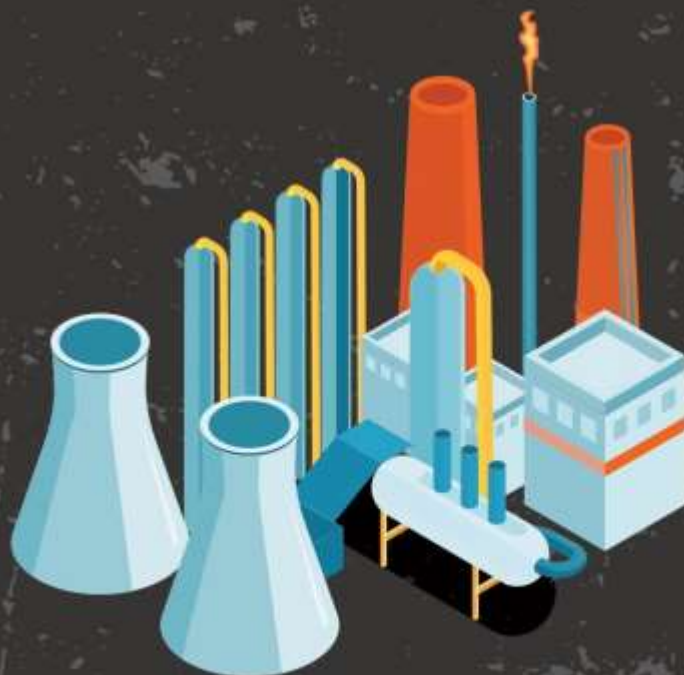
### Reciclado terciario:

En este proceso se somete el polímero a degradación haciendo uso de compuestos químicos, con el fin de generar materias primas integrables para la fabricación de nuevos polímeros o para otros procesos petroquímicos. El proceso de reciclado químico o descomposición química se conoce también como solvólisis.



Se puede realizar mediante procesos solvolíticos como la glicólisis, hidrólisis o metanólisis, para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos. Este proceso se aplica para poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas.

### Reciclado Cuaternario:



Comprende los procesos de incineración para la recuperación energética. A diferencia de la solvólisis este método tiene mayor flexibilidad y diversidad porque comprende procedimientos a altas temperaturas como: pirolisis, gasificación, craqueo térmico, hidrogenación cuántica, y craqueo catalítico. El objetivo final es la transformación de estos residuos a monómeros, combustibles gaseosos o líquidos, y compuestos base para la petroquímica.



# RECOMENDACIONES

Debería hacerse llegar esta guía a la comunidad en general del municipio de Duitama. Se ha evidenciado que desde los hogares existe desconocimiento sobre el adecuado manejo de los residuos sólidos plásticos, lo cual aporta al crecimiento de esta problemática.

La información contenida en esta guía permitirá tecnificar y mejorar los procesos actuales de recolección, clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos en la ciudad de Duitama.

La información contenida sirve como aporte para la mejora continua e integralidad de la prestación del servicio enfocado en el aprovechamiento de residuos sólidos plásticos, donde las empresas prestadoras de este servicio (ECAs) y la comunidad sean partícipes en este proceso.

Se recomienda aprovechar los residuos sólidos plásticos mediante procesos de reciclado mecánico, adaptados a la realidad social, económica y cultural del sector. Con el objetivo de fabricar productos que puedan ser comercializados y de esta manera impactar positivamente a su economía.



# RECICLADO DE PLÁSTICOS MEZCLADOS

Muchas veces se utilizan flujos mezclados de residuos plásticos como el polietileno (PE), polipropileno (PP) y policloruro de vinilo (PVC) para producir resinas que no requieren especificaciones estrictas para hacer productos, tales como bancos de jardín, mesas, materas, postes para vallas, vigas, estacas y madera plástica. De esta manera se puede obtener a un bajo costo el producto final, ya que el proceso de selección es más sencillo.

## Temperatura de los plásticos para su reciclaje

	PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	OTROS
NOMBRE COMPLETO	Polietileno Tereftalato	Polietileno de alta densidad	Policloruro de vinilo	Polietileno de baja densidad	Polipropileno	Poliestireno	PC, ABS, SAN, EVA, PMMA
PUNTO DE FUSIÓN	250 - 270 °C	125 - 135 °C	150 - 200 °C	110 - 120 °C	160 - 170 °C	70 - 115 °C	

## Proceso de reciclado

El proceso de reciclado más eficiente involucra la separación de los materiales de acuerdo al tipo de resina, en razón de que la mayoría son termodinámicamente incompatibles entre sí.

Es por esto que al mezclar las resinas se debe tener en cuenta que la temperatura de fusión sea similar entre ellas.

El Polietileno tereftalato (PET) no se puede mezclar con los demás plásticos, ya que éste se funde a temperaturas más altas que las otras resinas y forma inclusiones en el producto.





# PROCESO DE RECICLADO MECÁNICO

Consiste en el tratamiento de los residuos plásticos por medio de la presión y el calor para volver a darles forma y conseguir otros objetos iguales o distintos de los iniciales.

Aunque el proceso de reciclado (fusión solidificación) puede repetirse varias veces, cada vez que se lleva a cabo, el plástico tiende a perder entre el 5 y el 10% de sus propiedades mecánicas.

## Etapas del proceso:

Las diferentes etapas del proceso pueden variar según la tecnología que se use.

## Diagrama del proceso de reciclaje.



**Separación:** Se separan los plásticos según su compatibilidad térmica.

**Lavado:** Se separan algunos residuos (orgánicos, tierra, restos de etiquetas, etc).

**Trituración:** Se reduce el tamaño de los residuos plásticos en trozos, secciones u hojuelas.

**Desinfección:** Se eliminan grasas, agentes químicos, pegamento, etc).

**Secado:** Una vez limpios se retiran los restos de humedad.

**Aglutinado:** Se incrementa la densidad del material con calor.

**Conformado:** Con un molde se le da forma al material aglutinado.



# PROPUESTA DE RECICLADO MECÁNICO



## Sistema manual para el lavado y desinfección de residuos plásticos.

Se utiliza para eliminar los agentes patógenos que tengan la capacidad de adherirse y multiplicarse en la superficie de los residuos. Se propone efectuar esta actividad mediante un equipo práctico, económico, ecológico y compacto, el cual ha sido diseñado teniendo en cuenta la realidad social y económica de la población estudiada.

Este equipo consta de un contenedor para el agua, una cápsula giratoria que contiene los residuos sólidos plásticos, la cual gira por medio de un mecanismo de piñón engranaje relación 1 a 2, que es impulsado mediante una manivela; y posee un orificio que se conecta a una manguera para permitir la salida del agua sucia.



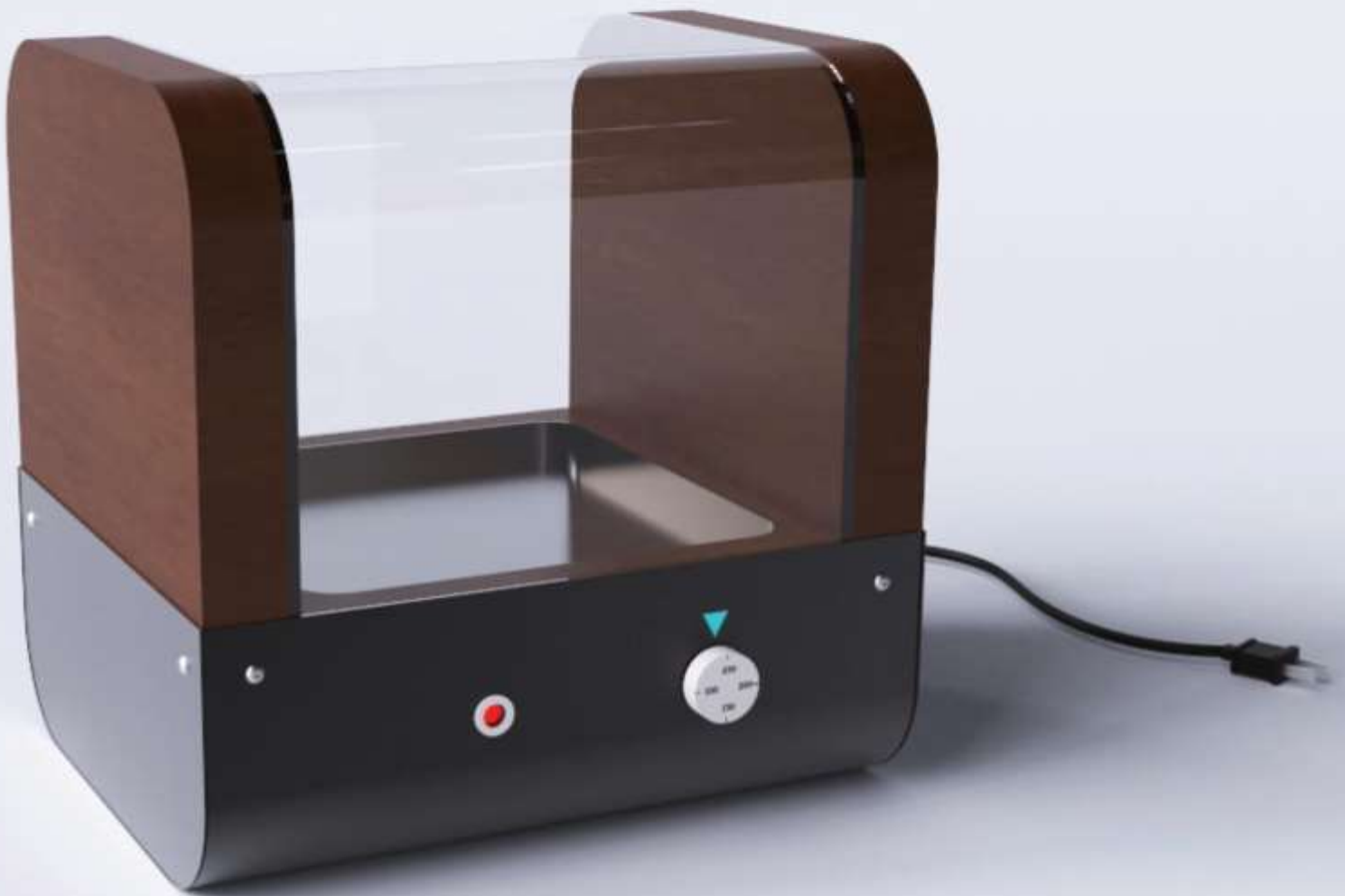
# Sistema manual tipo palanca para el seccionamiento de residuos plásticos.

Su función es disminuir el tamaño y volumen de los residuos sólidos plásticos sin generar micropartículas de estos, lo cual permite facilitar la manipulación y transformación.

Este equipo consta de un sistema de corte con cuchillas metálicas, un contenedor tipo rejilla para almacenar los residuos sólidos plásticos cortados y seccionados, y un mecanismo de accionamiento manual para efectuar el corte.



## Sistema para deformación plástica de los residuos mediante resistencia eléctrica.



Permite aumentar la temperatura de los residuos plásticos hasta llegar a un estado de flujo viscoso ideal para ser moldeable y conformable (temperatura de reblandecimiento < temperatura de fusión) con el uso de un molde o matriz.

Contiene un sistema de calentamiento mediante un anafe eléctrico, una bandeja metálica para soportar los residuos cortados, un sistema para controlar la temperatura y una carcasa aislante térmica para proteger al operario.

# Sistema manual tipo palanca para el conformado de paneles modulares mediante compresión.

Proceso de conformado de un módulo



Aplicación de panel modular para medio de transporte de residuos plásticos



Ejemplo de panel modular obtenido del reciclado mecánico



# REFERENCIAS

Cely, S. Rojas, F. "Diseño de una guía teórico práctica para la clasificación y aprovechamiento de los residuos sólidos plásticos". (2022)

Escuela Colombiana de Ingeniería. (2008). "Identificación de plásticos" (1.a ed.) [Libro electrónico]. Facultad Ingeniería Industrial Facultad de Producción.

RECIMED Cooperativa Multiactiva de Recicladores de Medellín. (2018). El ABC del plástico. Recimed Cooperativa Multiactiva de Recicladores. <https://reciclaje.com.co/blog/aprende-a-reciclar/el-abc-del-plastico/>

Programa de Reciclaje Inclusivo de Fundación Avina, I.R.R., B.I.D., C.C., P.E.P.S.I.C.O., & A. (2020). "Guía de buenas prácticas para el trabajo seguro de los recicladores de base en tiempo de covid-19" (1.a ed.).

River, T. (2004, diciembre). "Propuesta de reciclaje mecánico de plásticos en la ciudad de Piura". FACULTAD DE INGENIERÍA Área Departamental de Ciencias de la Ingeniería.

ICONTEC. (2009, mayo). GTC 24. <https://tienex.co/media/b096d37fcdee-87a1f193271978cc2965.pdf>







APLICACIÓN EN EL BARRIO MARÍA AUXILIADORA  
Y PROAMBIENTES DUITAMA BOYACÁ

## 11.2 ANEXO B. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE CUATRO SISTEMAS DE RECICLADO MECÁNICO ENFOCADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

Para el diseño de los equipos que permitirán transformar los residuos sólidos plásticos en los productos objetuales, como paneles modulares, se parte de un acercamiento directo con la comunidad de estudio para hacer un diagnóstico de las condiciones, características y detalles que podrían tener estos sistemas. Con el fin de realizar un planteamiento de diseño acercado a la realidad social, cultural y económica del contexto.



Esta metodología es comúnmente utilizada para el diseño de productos industriales, ya que nos permite solucionar necesidades o problemáticas de productos con alto o medio nivel de complejidad, como maquinas, equipos, herramientas, entre otros.

En base al diagnóstico realizado anteriormente se plantearon los siguientes requerimientos de diseño:

**REQUERIMIENTOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**

---

**SISTEMA DE CORTE O SECCIONAMIENTO**


---

**FACTOR FORMAL ESTÉTICO**


---

N.º	INFORMACIÓN	INTERPRETACIÓN	REQUERIMIENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
1	Sencillo	Que esté formado por pocos elementos	Que el equipo esté configurado por menos de 10 elementos	Numero de partes y componente
2	De fácil comprensión	Que su interfaz sea intuitiva	Que el equipo esté diseñado por formas sencillas y colores que denoten cada subsistema	Formas y colores
3	Personalizable	Que se pueda cambiar de color	Que el equipo posea un espacio para estampar	Acabado liso
4	Coherente con los otros equipos	Que tenga relación formal estética con los otros equipos	Que el equipo esté configurado con los mismos colores de los otros equipos	Colores naranja y negro

**FACTOR DE USO**


---

1	Fácil de utilizar	Que esté configurado ergonómicamente	Que el equipo se diseñe en base a los percentiles y características fisiológicas de los operarios	Percentiles y características fisiológicas
2	Practico	Que tenga pocos subsistemas	Que el equipo esté configurado para cortar y contener los residuos seccionados	Sistema de corte y sistema de almacenaje
3	Fácil de operar o manejar	Que cualquier persona la pueda operar	Que el equipo represente claramente su función	Ubicación y organización de los subsistemas
		Que sea manual	Que el equipo esté configurado por mecanismos manuales	Mecanismo de palanca
4	Ligero	Que esté conformado de materiales livianos	Que el equipo esté configurado con materiales orgánicos, poliméricos o metales	Madera, aluminio, plástico
5	Seguro	Que esté configurado con elementos de protección donde lo requiera	Que el equipo posea una cubierta en la zona de las cuchillas	Cubierta de protección

---

<b>FACTOR FUNCIONAL</b>				
1	Corte limpio sin dejar partículas	Que haga uso de cuchillas de corte	Que el equipo esté configurado por cuchillas de acero	Cuchillas de acero inoxidable
2	Almacenamiento de los plásticos cortados	Que posea un elemento para contener los plásticos cortados	Que el equipo tenga un subsistema para contener los residuos plásticos cortados	Contenedor para el plástico cortado
3	Duradero	Que esté configurado con materiales de alta calidad	Que el equipo esté fabricado de materiales sólidos, resistentes y de proveedores confiables.	Metales, maderas de marcas reconocidas
4	Reparable	Que se puedan reemplazar las piezas cuando ya no funcionen	Que el equipo esté configurado de piezas estandarizadas desarmables	Uniones por ensambles, por tornillos, etc.
<b>FACTOR MEDIO AMBIENTAL</b>				
1	Uso de energías limpias	Que utilice energía biomecánica	Que el equipo funcione por energía manual ejercida por el operario	Flexión y extensión del brazo
2	Mínima o nula generación de microplásticos	Que en el corte no queden pequeñas partículas del plástico	Que el equipo esté configurado de manera que el corte sea delgado o fino.	Filo de las cuchillas
3	Accesorios estandarizados	Que posea componentes y accesorios universales	Que el equipo esté configurado por elementos de unión comerciales	Tornillos, tuercas, arandelas, resortes, etc.
4	Materiales ecológicos	Que esté conformado por materiales renovables	Que el equipo esté configurado por materiales reciclables	Maderas y metales
<b>FACTOR ECONOMICO</b>				
1	Asequible para la comunidad de estudio	Que sea económico	La fabricación del equipo sea de bajo costo	Menor a \$800.000
2	Consumo de energía	Que el funcionamiento del equipo requiera bajo	Que el equipo no requiera suministro de energía externa a la del ser humano	Energía mecánica generada por el operario

		consumo energético		
3	Costos de desplazamiento	Que sea desarmable	Que el equipo esté configurado de manera que se pueda desarmar	Uniones mecánicas
4	Recurso humano	Que se pueda operar fácilmente	Que no se requiera de una capacitación especializada para ser operado	Manual de uso

### SISTEMA DE DESINFECCIÓN Y LAVADO

#### FACTOR FORMAL ESTÉTICO

N.º	INFORMACIÓN	INTERPRETACIÓN	REQUERIMIENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
1	Sencillo	Que esté formado por pocos elementos	Que el equipo esté configurado por menos de 20 elementos	Numero de partes y componente
2	De fácil comprensión	Que su interfaz sea intuitiva	Que el equipo esté diseñado por formas sencillas y colores que denoten cada subsistema	Formas y colores
3	Personalizable	Que se pueda cambiar de color	Que el equipo posea un espacio para estampar	Acabado liso
4	Coherente con los otros equipos	Que tenga relación formal estética con los otros equipos	Que el equipo esté configurado con los mismos colores de los otros equipos	Colores naranja y negro

#### FACTOR DE USO

1	Fácil de utilizar	Que esté configurado ergonómicamente	Que el equipo se diseñe en base a los percentiles y características fisiológicas de los operarios	Percentiles y características fisiológicas
2	Practico	Que tenga pocos subsistemas	Que el equipo esté configurado para cortar y contener los residuos seccionados	Sistema de corte y sistema de almacenaje

3	Fácil de operar o manejar	Que cualquier persona la pueda operar	Que el equipo represente claramente su función	Ubicación y organización de los subsistemas
		Que sea manual	Que el equipo esté configurado por mecanismos manuales	Mecanismo de palanca
4	Ligero	Que esté conformado de materiales livianos	Que el equipo esté configurado con materiales orgánicos, poliméricos o metales	Madera, aluminio, plástico
5	Seguro	Que esté configurado con elementos de protección donde lo requiera	Que el equipo posea una cubierta en la zona de las cuchillas	Cubierta de protección
<b>FACTOR FUNCIONAL</b>				
1	Contener líquidos	Que permita almacenar desinfectante y agua	Que el equipo permita contener líquido desinfectante	volumen cóncavo
2	Distribuir la mezcla	Que distribuya las mezclas de desinfectante y limpiador	Que el equipo permita dosificar el Agua, líquido desinfectante y detergente	volúmenes cóncavos, cilindros
2	Almacenamiento de los plásticos	Que posea un elemento para contener los plásticos	Que el equipo tenga un subsistema para contener los residuos plásticos	Contenedor para el plástico
3	Duradero	Que esté configurado con materiales de alta calidad	Que el equipo esté fabricado de materiales sólidos, resistentes y de proveedores confiables.	Metales, maderas de marcas reconocidas
4	Reparable	Que se puedan reemplazar las piezas cuando ya no funcionen	Que el equipo esté configurado de piezas estandarizadas desarmables	Uniones por ensambles, por tornillos, etc.
5	Estable	Que se pueda apoyar en una superficie plana	Que el equipo tenga una base para poder apoyar en cualquier superficie plana	Geometrías planas estables como cilindros, cuadrados y rectángulos



<b>FACTOR MEDIO AMBIENTAL</b>				
<b>1</b>	Uso de energías limpias	Que utilice energía biomecánica	Que el equipo funcione por energía manual ejercida por el operario	Flexión y extensión del brazo
<b>2</b>	Mínima o nula generación de microplásticos	Que en el corte no queden pequeñas partículas del plástico	Que el equipo esté configurado de manera que el corte sea delgado o fino.	Filo de las cuchillas
<b>3</b>	Accesorios estandarizados	Que posea componentes y accesorios universales	Que el equipo esté configurado por elementos de unión comerciales	Tornillos, tuercas, arandelas, resortes, etc.
<b>4</b>	Materiales ecológicos	Que esté conformado por materiales renovables	Que el equipo esté configurado por materiales reciclables	Maderas y metales
	Fácil de reparar	Que se pueda desensamblar y ensamblar fácilmente	Que el equipo se configure de tal forma que el acceso a todos sus componentes sea sencillo	Elementos de unión mecánicos
<b>FACTOR ECONOMICO</b>				
<b>1</b>	Asequible para la comunidad de estudio	Que sea económico	La fabricación del equipo sea de bajo costo	Menor a \$800.000
<b>2</b>	Consumo de energía	Que el funcionamiento del equipo requiera bajo consumo energético	Que el equipo no requiera suministro de energía externa a la del ser humano	Energía mecánica generada por el operario
<b>3</b>	Costos de desplazamiento	Que sea desarmable	Que el equipo esté configurado de manera que se pueda desarmar	Uniones mecánicas
<b>4</b>	Recurso humano	Que se pueda operar fácilmente	Que no se requiera de una capacitación especializada para ser operado	Manual de uso

### **SISTEMA DE CALENTAMIENTO O DEFORMACIÓN TERMICA**

<b>FACTOR FORMAL ESTÉTICO</b>				
<b>N.º</b>	<b>INFORMACIÓN</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>	<b>REQUERIMIENTO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>

1	Sencillo	Que esté formado por pocos elementos	Que el equipo esté configurado por menos de 10 elementos	Numero de partes y componente
2	De fácil comprensión	Que su interfaz sea intuitiva	Que el equipo esté diseñado por formas sencillas y colores que denoten cada subsistema	Formas y colores
3	Personalizable	Que se pueda cambiar de color	Que el equipo posea un espacio para estampar	Acabado liso
4	Coherente con los otros equipos	Que tenga relación formal estética con los otros equipos	Que el equipo esté configurado con los mismos colores de los otros equipos	Colores naranja y negro

#### FACTOR DE USO

1	Fácil de utilizar	Que esté configurado ergonómicamente	Que el equipo se diseñe en base a los percentiles y características fisiológicas de los operarios	Percentiles y características fisiológicas
2	Practico	Que tenga pocos subsistemas	Que el equipo esté configurado para contener y calentar los plásticos seccionados	Sistema de almacenaje y calentamiento
3	Fácil de operar o manejar	Que cualquier persona la pueda operar Que sea manual	Que el equipo represente claramente su función Que el equipo esté configurado por mecanismos manuales	Ubicación y organización de los subsistemas Mecanismo de perilla
4	Ligero	Que esté conformado de materiales livianos	Que el equipo esté configurado con materiales orgánicos, poliméricos o metales	Madera, aluminio, plástico
5	Seguro	Que esté configurado con elementos de protección donde lo requiera	Que el sistema de calentamiento esté protegido o aislado del contacto exterior	Aislante térmico

#### FACTOR FUNCIONAL

1	Control de temperatura	Que se pueda controlar la temperatura	Que el equipo permita modificar el valor de la temperatura	Termocupla
---	------------------------	---------------------------------------	--	------------

		Que se caliente homogéneamente	Que el equipo permita calentar el material de manera homogénea	Ubicación de la fuente de calor
2	Información de temperatura	Que informe la temperatura actual	Que el equipo muestre la temperatura actual del sistema de calefacción	Perilla de control
4	Contener el material	Que contenga el material a calentar	Que el equipo permita contener los materiales plásticos	Contenedor para el plástico que se va a calentar
5	Duradero	Que esté configurado con materiales de alta calidad	Que el equipo esté fabricado de materiales sólidos, resistentes y de proveedores confiables.	Metales, maderas de marcas reconocidas
6	Reparable	Que se puedan reemplazar las piezas cuando ya no funcionen	Que el equipo esté configurado de piezas estandarizadas desarmables	Uniones por ensambles, por tornillos, etc.
<b>FACTOR MEDIO AMBIENTAL</b>				
1	Uso de energías limpias	Que utilice energías renovables	Que el equipo funcione por energía eléctrica o mecánica	Energía doméstica o industrial
2	Mínima o nula generación de emisiones	Que no se genere emisiones de clase GEI	Que el equipo no genere emisiones que puedan ser dañinas para el medio ambiente	Control de temperatura
3	Accesorios estandarizados	Que posea componentes y accesorios universales	Que el equipo esté configurado por elementos de unión comerciales	Tornillos, tuercas, arandelas, resortes, etc.
4	Materiales ecológicos	Que esté conformado por materiales renovables	Que el equipo esté configurado por materiales reciclables	Maderas, polímeros y metales
<b>FACTOR ECONOMICO</b>				
1	Asequible para la comunidad de estudio	Que sea económico	La fabricación del equipo sea de bajo costo	Menor a \$800.000
2	Consumo de energía	Que el funcionamiento del equipo requiera bajo	Que el equipo funcione mediante un consumo energético de 110V	Sistema eléctrico

		consumo energético		
3	Costos de desplazamiento	Que sea portable	Que el equipo esté configurado de manera que se pueda transportar fácilmente	Diseño compacto
4	Recurso humano	Que se pueda operar fácilmente	Que no se requiera de una capacitación especializada para ser operado	Manual de uso

### SISTEMA DE COMPRESIÓN

#### FACTOR FORMAL ESTÉTICO

N.º	INFORMACIÓN	INTERPRETACIÓN	REQUERIMIENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
1	Sencillo	Que esté formado por pocos elementos	Que el equipo esté configurado por menos de 20 elementos	Numero de partes y componente
2	De fácil comprensión	Que su interfaz sea intuitiva	Que el equipo esté diseñado por formas sencillas y colores que denoten cada subsistema	Formas y colores
3	Personalizable	Que se pueda cambiar de color	Que el equipo posea un espacio para estampar	Acabado liso
4	Coherente con los otros equipos	Que tenga relación formal estética con los otros equipos	Que el equipo esté configurado con los mismos colores de los otros equipos	Colores naranja y negro

#### FACTOR DE USO

1	Fácil de utilizar	Que esté configurado ergonómicamente	Que el equipo se diseñe en base a los percentiles y características fisiológicas de los operarios	Percentiles y características fisiológicas
2	Practico	Que tenga pocos subsistemas	Que el equipo esté configurado para cortar y contener los residuos seccionados	Sistema de corte y sistema de almacenaje
3	Fácil de operar o manejar	Que cualquier persona la pueda operar	Que el equipo represente claramente su función	Ubicación y organización de los subsistemas

		Que sea manual	Que el equipo esté configurado por mecanismos manuales	Mecanismo de palanca
4	Ligero	Que esté conformado de materiales livianos	Que el equipo esté configurado con materiales orgánicos, poliméricos o metales	Madera, aluminio, plástico
5	Seguro	Que esté configurado con elementos de protección donde lo requiera	Que el equipo posea una cubierta en la zona de las cuchillas	Cubierta de protección
<b>FACTOR FUNCIONAL</b>				
1	Comprimir un material	Que permita ejercer presión en una cavidad	Que el sistema permita conformar por medio de un mecanismo que ejerza presión	Palanca, Tornillo, émbolo
2	Desmoldar el producto	Que se pueda extraer la pieza fabricada	Que el sistema utilice materiales que permitan desmoldar la pieza	metal...
			Que el subsistema de compresión se configure con ángulos que permitan la extracción de la pieza	Ángulos de salida entre 1/8° - 1/5°
			Que el subsistema de compresión se configure con piezas desarmables para facilitar la extracción de las piezas	Submódulos fabricados en láminas ajustados por tornillos o abrazaderas
3	Almacenamiento de los plásticos	Que posea un elemento para contener los plásticos	Que el equipo tenga un subsistema para contener los residuos plásticos	Contenedor para el plástico
4	Duradero	Que esté configurado con materiales de alta calidad	Que el equipo esté fabricado de materiales sólidos, resistentes y de proveedores confiables.	Metales, maderas de marcas reconocidas
5	Reparable	Que se puedan reemplazar las piezas	Que el equipo esté configurado de piezas	Uniones por ensamblajes, por tornillos, etc.

		cuando ya no funcionen	estandarizadas desarmables	
6	Estable	Que se pueda apoyar en una superficie plana	Que el equipo tenga una base para poder apoyar en cualquier superficie plana	Geometrías planas estables como cilindros, cuadrados y rectángulos
<b>FACTOR MEDIO AMBIENTAL</b>				
1	Uso de energías limpias	Que utilice energía biomecánica	Que el equipo funcione por energía manual ejercida por el operario	Flexión y extensión del brazo
2	Mínima o nula generación de microplásticos	Que en el corte no queden pequeñas partículas del plástico	Que el equipo esté configurado de manera que el corte sea delgado o fino.	Filo de las cuchillas
3	Accesorios estandarizados	Que posea componentes y accesorios universales	Que el equipo esté configurado por elementos de unión comerciales	Tornillos, tuercas, arandelas, resortes, etc.
4	Materiales ecológicos	Que esté conformado por materiales renovables	Que el equipo esté configurado por materiales reciclables	Maderas y metales
5	Fácil de reparar	Que se pueda desensamblar y ensamblar fácilmente	Que el equipo se configure de tal forma que el acceso a todos sus componentes sea sencillo	Elementos de unión mecánicos
<b>FACTOR ECONOMICO</b>				
1	Asequible para la comunidad de estudio	Que sea económico	La fabricación del equipo sea de bajo costo	Menor a \$800.000
2	Consumo de energía	Que el funcionamiento del equipo requiera bajo consumo energético	Que el equipo no necesite suministro de energía externa a la del ser humano	Energía mecánica generada por el operario
3	Costos de desplazamiento	Que sea desarmable	Que el equipo esté configurado de manera que se pueda desarmar	Uniones mecánicas
4	Recurso humano	Que se pueda operar fácilmente	Que no requiera de una capacitación especializada para ser operado	Manual de uso



## ESTABLECIMIENTO DE FUNCIONES

Se establecen las funciones que va a tener cada sistema o equipo.

Equipo de desinfección y lavado:

- Almacenar agua, detergente y el material que se va a aprovechar
- Filtrar y remover la suciedad de los materiales que se van a aprovechar
- Desinfectar el material

Equipo de corte:

- Seccionar el material que se va a aprovechar en trozos
- Contener el material ya seccionado

Equipo de calentamiento:

- Contener el material cortado o seccionado
- Calentar el material que se va a transformar
- Informar la temperatura de calentamiento

Equipo de conformado:

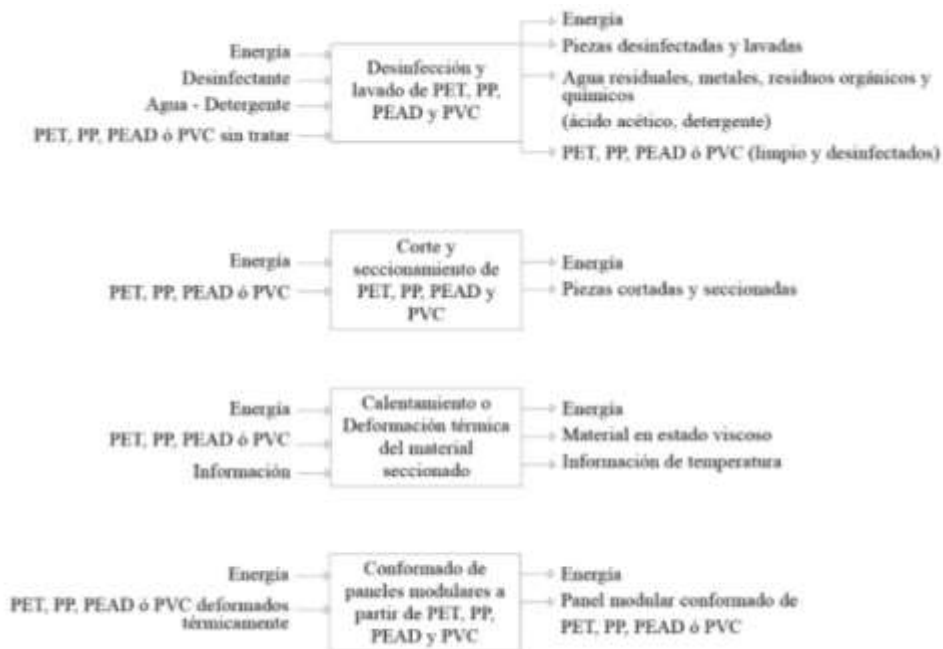
- Contener el material en estado viscoso
- Comprimir el material con la forma del molde seleccionado

Posterior a esto el problema se divide en subproblemas mediante el método de caja oscura y caja transparente, con el fin de solucionar cada subsistema que contenga el equipo.

## PROBLEMA-SUBPROBLEMAS

CAJA OSCURA:

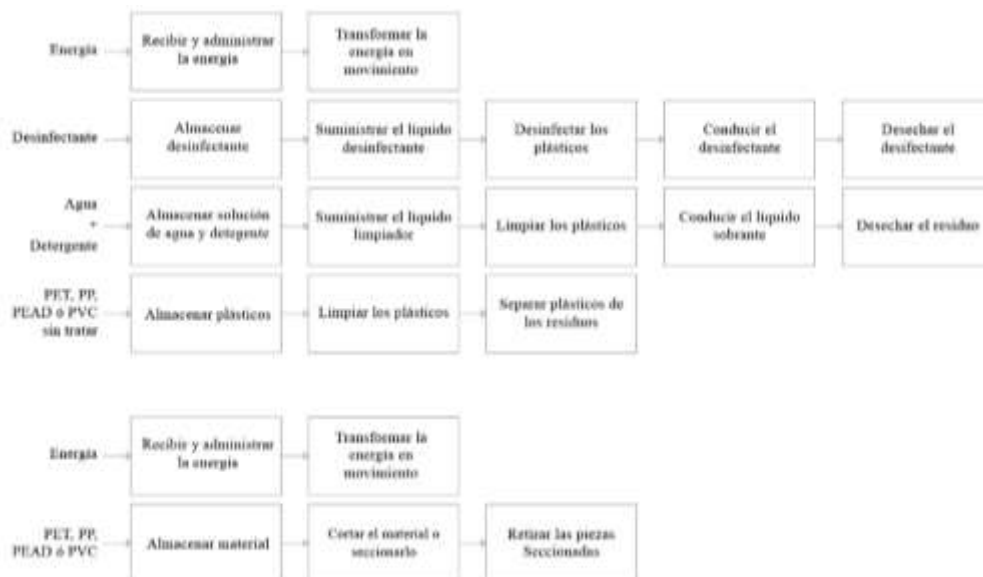
Diagrama de caja oscura para el sistema de desinfección y lavado, sistema de corte y seccionamiento, sistema de calentamiento y sistema de conformado.



Nota. La figura muestra los inputs, el sistema y los outputs (caja oscura)

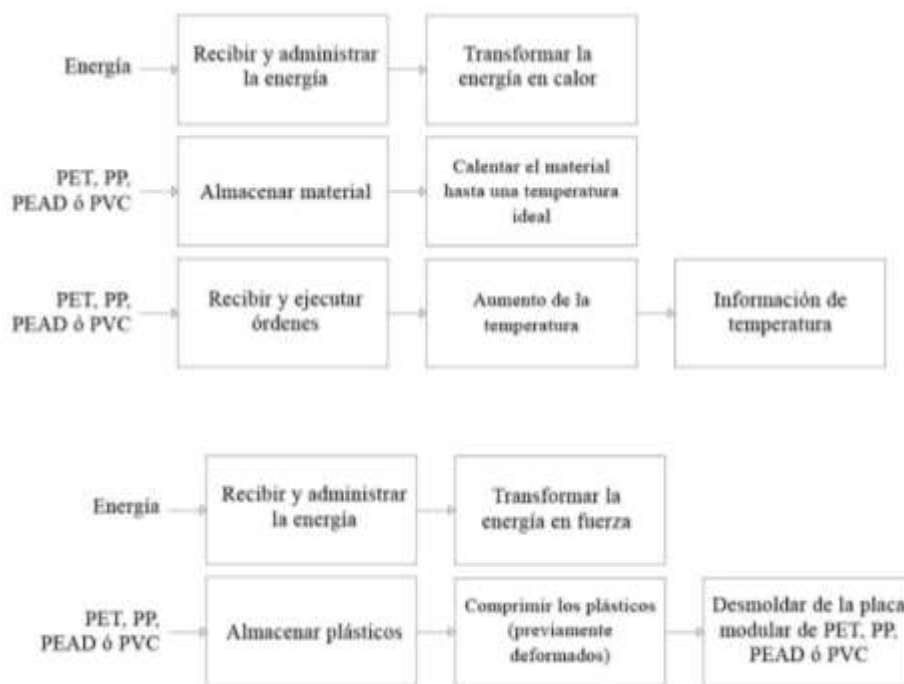
CAJA TRANSPARENTE:

Diagrama de caja transparente para el sistema de lavado y corte



*Nota.* La figura muestra las posibilidades para cada subsistema o función de los equipos de desinfección y lavado.

*Diagrama de caja transparente para el sistema de calentamiento y conformado*



*Nota.* La figura muestra las posibilidades para cada subsistema o función de los equipos de calentamiento y conformado.

#### INTERFASES DEL SISTEMA:

Las interfases del sistema son un acercamiento a la funcionalidad en conjunto de los subsistemas de cada equipo, lo que permite ver la conexión y orden entre estos.

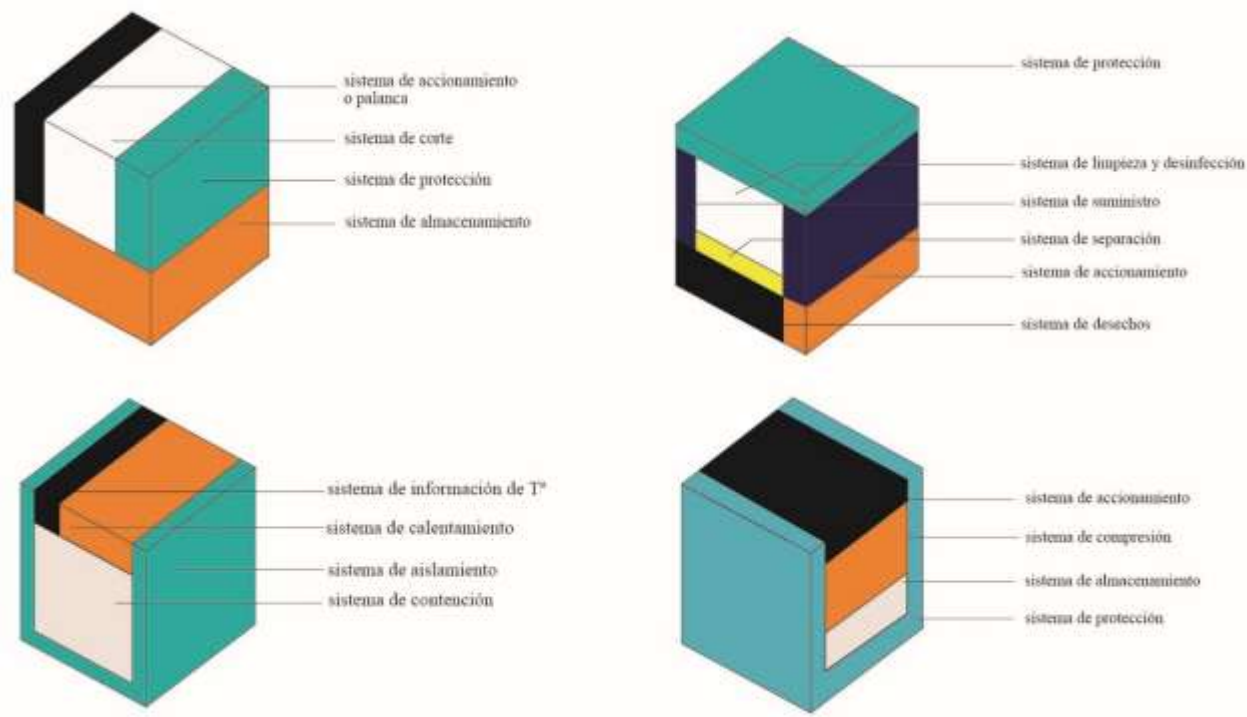
*Diagrama de interfases del sistema para los cuatro equipos*



*Nota.* La figura muestra la distribución de las interfaces de los subsistemas en cada equipo.

## APROXIMACIÓN GEOMÉTRICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS INTERFACES:

*Diagrama de acercamiento geométrico según la distribución de interfases de cada equipo*



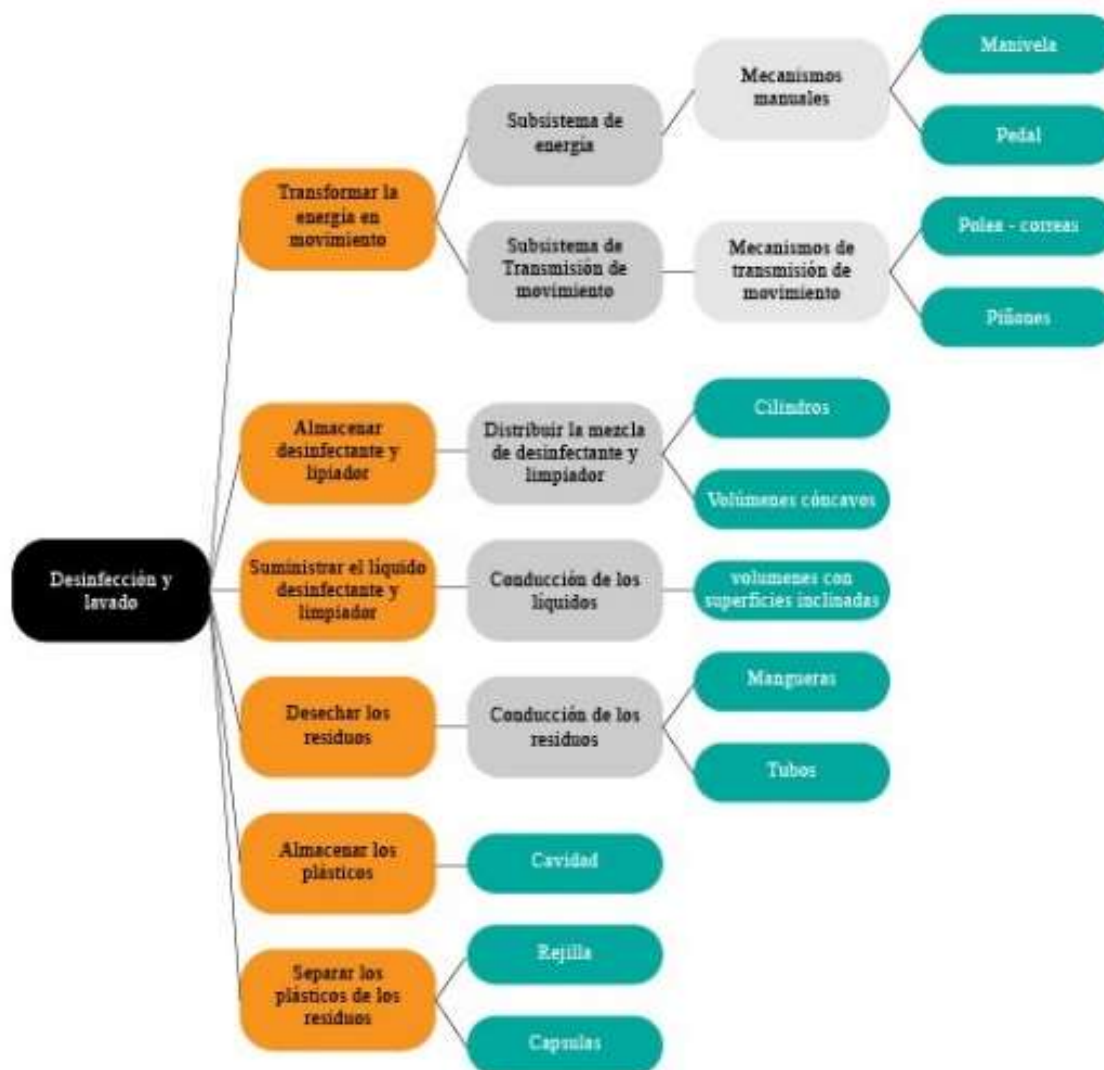
*Nota.* La figura muestra las posibilidades de distribución para los subsistemas de cada equipo

#### ÁRBOL DE FUNCIONES:

Este método se usa para definir y categorizar las funciones de un sistema. Se parte de uno o varios objetivos clave que se desagrega sucesivamente en funciones, subfunciones, hasta que un determinado nivel no se pueda descomponer en más elementos que se puedan redactar como funciones.

El árbol de funciones para cada sistema o función se divide en las respectivas soluciones que se encuentra. Al dividir el sistema en subsistemas nos facilita la comprensión y solución de la misma, ya que al solucionar cada subsistema podremos asegurarnos que el sistema general se cumpla de la mejor manera.

Diagrama de árbol de funciones para el sistema de desinfección y lavado



*Nota.* La figura muestra posibles soluciones para cada subsistema del equipo de desinfección y lavado.

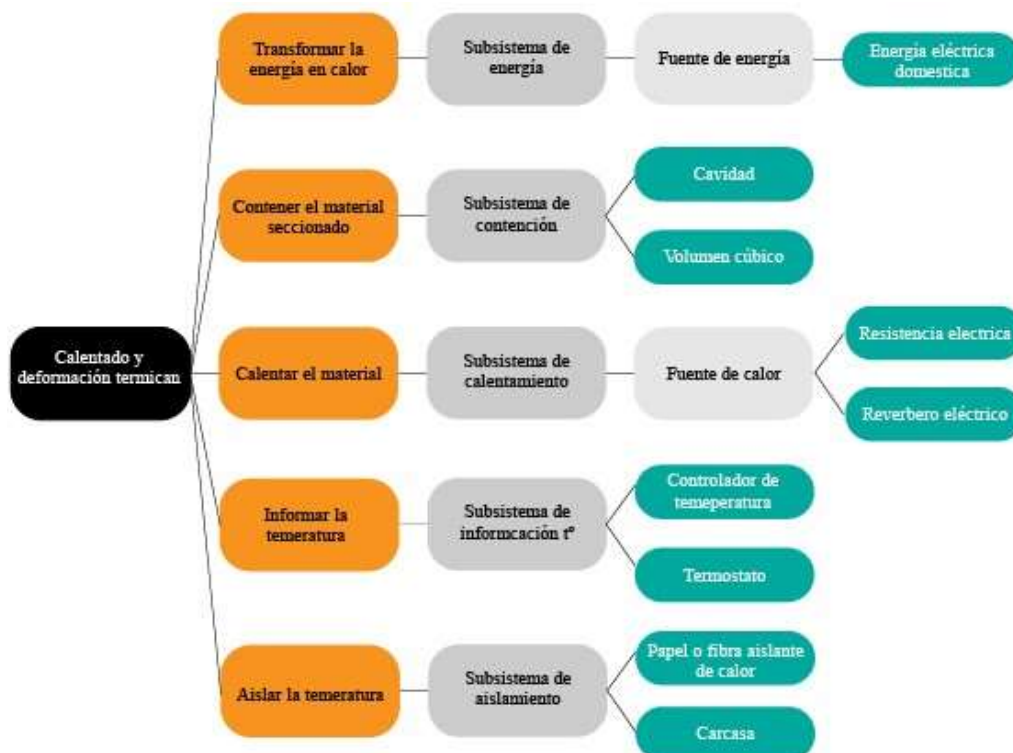
Diagrama de árbol de funciones para el sistema de corte y seccionamiento





*Nota.* La figura muestra posibles soluciones para cada subsistema del equipo de corte y seccionamiento.

*Diagrama de árbol de funciones para el sistema de calentamiento*



*Nota.* La figura muestra posibles soluciones para cada subsistema del equipo de corte y seccionamiento.

*Diagrama de árbol de funciones para el sistema de conformado*



*Nota.* La figura muestra posibles soluciones para cada subsistema del equipo de conformado.

## MATRIZ DE PUGH PARA LA EVALUACIÓN DE PRODUCTOS EXISTENTES

*Matriz de pugh equipos que cumplen la función de lavado*

**PRODUCTOS EXISTENTES QUE  
CUMPLEN LA FUNCIÓN DE LAVADO**







<b>Criterios de Selección</b>	<i>Yirego Drumi Portable</i>	<i>Washing Machine for Camping</i>	<i>Easy Wash</i>	<i>Easy Wash 2.0</i>	<i>Gentle Washer</i>
Fácil de manufacturar	-1	0	1	1	1
Fácil de Transportar	1	1	1	1	1
Fácil Uso	1	0	1	1	1
Seguro	1	1	1	1	1
Compacto	1	0	1	1	1
Uso de mecanismos manuales	1	1	1	1	1
Uso de elementos estandarizados	-1	-1	0	0	0
Fácil de reparar	0	-1	1	1	1
Bajo costo de energía	1	1	1	1	1
Bajo costo de fabricación	-1	1	1	0	0
Sencillo	0	1	0	0	0
Eficiencia	1	0	1	1	1
$\Sigma (+)$	7	6	10	9	9
$\Sigma (-)$	-3	2	0	0	0
$\Sigma (0)$	2	4	2	3	3
Puntos	4	4	10	9	9
Jerarquía	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Los criterios de selección de la matriz de Pugh se toman en base a los requerimientos y especificaciones técnicas vistas anteriormente

De acuerdo con la matriz anterior, se puede evidenciar que los productos de referencia con mayor cumplimiento son: 3 y 4. Estos productos se caracterizan por tener un diseño compacto, sencillo (pocos componentes), modular, uso de materiales livianos, uso de mecanismo tipo manivela que genera un movimiento rotacional eficiente para el lavado.

*Matriz de pugh equipos que cumplen la función de corte*

<b>PRODUCTOS EXISTENTES QUE CUMPLEN LA FUNCIÓN DE CORTE</b>				
				
<b>Criterios de Selección</b>	<i>Magic Cut</i>	<i>Rcidos</i>	<i>Cortadora EMKAY</i>	<i>Guillotina</i>
Fácil de manufacturar	-1	-1	1	1
Fácil de Transportar	1	1	0	1
Fácil Uso	1	1	1	1
Seguro	-1	0	-1	-1
Compacto	1	1	0	1
Uso de mecanismos manuales	1	1	1	1
Uso de elementos estandarizados	1	1	1	1
Fácil de reparar	0	0	-1	0
Bajo costo de energía	1	1	1	1
Bajo costo de fabricación	0	-1	0	1
Eficiencia	0	1	1	1
Sencillo	0	1	1	1
$\Sigma (+)$	6	8	7	10
$\Sigma (-)$	2	2	2	1
$\Sigma (0)$	4	2	3	1
Puntos	4	6	5	9
Jerarquía	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

De acuerdo con la matriz anterior, se puede evidenciar que los productos de referencia con mayor cumplimiento son: 4 y 2. Estos productos se caracterizan por tener un diseño compacto,

implementan sistemas manuales sencillos como el de palanca y cizalla. Tienen una estructura y elementos de apoyo resistentes. Un aspecto a mejorar para los dos sistemas es el de seguridad, debido a que carecen de un subsistema de protección para la zona de corte.

*Matriz de pugh equipos que cumplen la función de calentamiento*

**PRODUCTOS EXISTENTES QUE CUMPLEN LA  
FUNCIÓN DE CALENTAMIENTO**



<b>Criterios de Selección</b>	<i>Horno de laboratorio</i>	<i>Anafe eléctrico Brogas</i>	<i>Horno Microondas</i>	<i>Taurus</i>	<i>Rocbox</i>
Fácil de manufacturar	-1	1	-1	1	-1
Fácil de Transportar	1	1	1	1	0
Fácil Uso	1	1	1	1	0
Seguro	1	0	1	0	-1
Compacto	1	1	1	1	1
Eficiencia	1	0	1	0	1
Uso de elementos estandarizados	1	0	0	0	0
Fácil de reparar	-1	0	-1	0	1
Bajo costo de energía	-1	-1	-1	-1	1
Bajo costo de fabricación	-1	1	-1	1	0
Sencillo	1	1	0	1	0
$\Sigma (+)$	7	6	5	6	4
$\Sigma (-)$	4	1	4	1	2
$\Sigma (0)$	0	4	2	4	5
Puntos	3	5	1	5	2
Jerarquía	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

De acuerdo con la matriz anterior, se puede evidenciar que los productos de referencia con mayor cumplimiento son: 2 y 4. Estos productos se caracterizan por implementar una resistencia eléctrica como fuente de calor, a diferencia del resto pueden adaptarse a diferentes condiciones de diseño formal, esto debido a sus dimensiones y diseño compacto. Un aspecto a mejorar para los dos sistemas es el de seguridad ya que requiere subsistemas de protección y aislamiento térmico.

*Matriz de pugh equipos que cumplen la función de calentamiento*

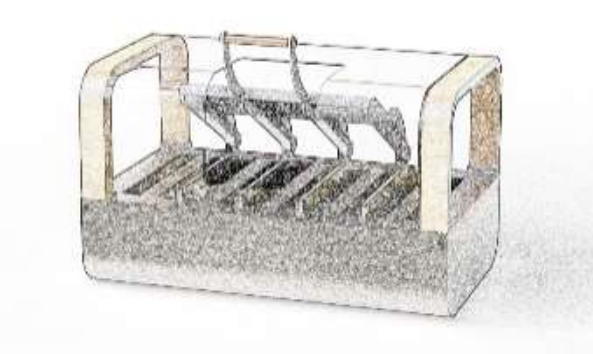
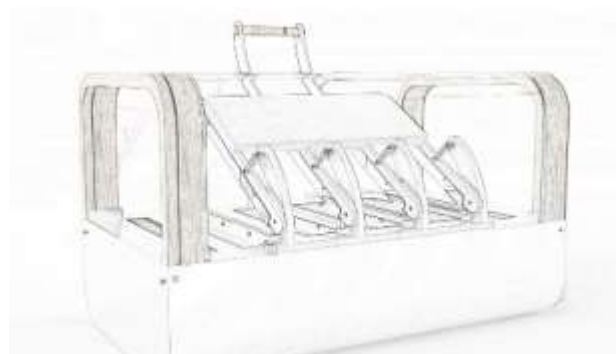
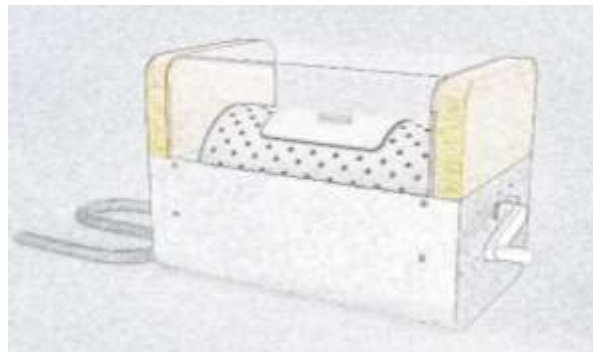
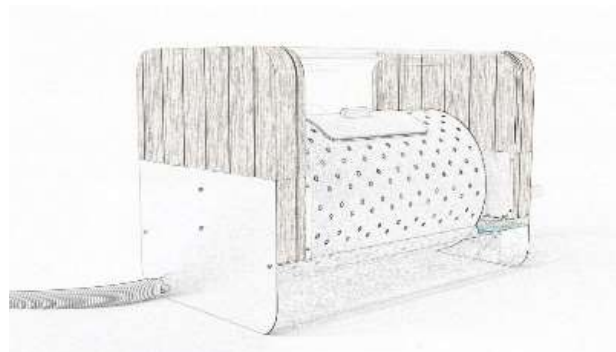
<b>PRODUCTOS EXISTENTES QUE CUMPLEN LA FUNCIÓN DE CONFORMADO</b>						
						
<b>Criterios de Selección</b>	<i>Horno de laboratorio</i>	<i>Richeson hand Printing Press</i>	<i>Compresor de ladrillos</i>	<i>Prensa Manual</i>	<i>Honbo</i>	
Fácil de manufacturar	0	1	0	1	1	
Fácil de Transportar	0	1	1	1	1	
Fácil Uso	0	1	0	1	1	
Seguro	1	1	1	1	1	
Compacto	1	1	1	1	1	
Uso de mecanismos manuales	1	1	1	1	1	
Uso de elementos estandarizados	1	1	1	1	1	
Fácil de reparar	1	1	0	1	1	
Bajo costo de energía	1	1	1	1	1	
Bajo costo de fabricación	0	1	-1	0	0	
Eficiencia	1	-1	1	1	1	
Sencillo	1	1	0	1	0	

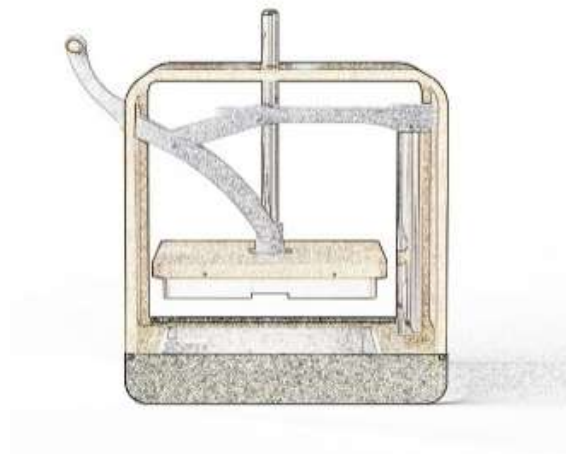


$\Sigma (+)$	8	11	7	11	10
$\Sigma (-)$	0	1	1	0	0
$\Sigma (0)$	4	0	4	1	2
Puntos	8	10	6	11	10
Jerarquía	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

De acuerdo con la matriz anterior, se puede evidenciar que los productos de referencia con mayor cumplimiento son: 4 y 5. Estos sistemas se caracterizan por implementar un mecanismo de palanca que es más sencillo y eficiente. Tienen un diseño compacto y requieren menos espacio en el área de trabajo. Resultan tener menor costo de fabricación porque no requieren de componentes externos para su función.

#### GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS:





### EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS:

N.º	CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA LOS CUATRO SISTEMAS DE RECICLADO MECÁNICO	GRADO DE CUMPRIMIENTO		
		1	0	-1
1	Deben estar configurados con las mismas formas y colores de los otros equipos	x		
2	Deben ser de fácil uso	x		
3	Deben ser de fácil manufactura	x		
4	Deben ser de fácil transporte	x		
5	Deben ser ligeros	x		
6	Deben ser compactos	x		
7	Deben ser seguros	x		
8	Deben hacer uso de mecanismos manuales	x		
9	Deben hacer uso de componentes estandarizados	x		
10	Deben ser de fácil reparación	x		
11	Deben ser de bajo costo de manufactura	x		
12	Deben ser sencillos y prácticos	x		
13	Deben ser eficientes en su uso	x		
14	Deben estar configurados con materiales reciclables	x		
15	Deben tener un coto de fabricación asequible	x		

## RENDERS DE PRODUCTO:



## RENDERS DE FUNCIÓN Y USO:





### 11.3 ANEXO C. ENTEVISTA DIRIGIDA A LA ECA PROAMBIENTES DUITAMA

PROYECTO: “Diseño de una guía teórico práctica para la clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos. aplicación en el barrio María Auxiliadora Duitama Boyacá”

#### **ENTREVISTA A JULIETA VASQUEZ. REPRESENTANTE ECA PROAMBIENTES, PERTENECIENTE AL SECTOR DE MARÍA AUXILIADORA EN LA CIUDAD DE DUITAMA**

La siguiente entrevista tiene como objetivo identificar las distintas actividades operacionales y administrativas que se realizan en la ECA Proambientes, además, conocer si se han realizado hasta el momento proyectos que traten el tema de clasificación y aprovechamiento

de residuos sólidos plásticos. La información que se suministre permitirá darle fundamento a la investigación que se está realizando, la cual hace parte del “PROGRAMA PILOTO DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS APLICADO AL BARRIO MARÍA AUXILIADORA DEL MUNICIPIO DE DUITAMA – BOYACÁ”. Grupo Observatorio UPTC Sogamoso.

1. ¿Cuál es el objetivo de la ECA Proambientes como organización?
2. ¿Cuál es su función social como empresa?
3. ¿Cuáles son los procesos que se realizan dentro de la ECA?
4. ¿Se han implementado proyectos enfocados en el aprovechamiento de residuos sólidos plásticos en su organización? Sí, No, ¿cuáles? y ¿qué impacto han tenido?
5. ¿Qué parámetros tienen en cuenta al momento de comprar el plástico a los recolectores de residuos sólidos plásticos?
6. ¿De qué manera clasifican los residuos sólidos plásticos recolectados?
7. ¿Cuáles son los plásticos más comunes que recolectan los recuperadores de oficio para la ECA?
8. ¿Qué porcentaje de cada tipo de residuo plástico o producto comercial se recolecta en la ECA?
9. ¿Qué procesos realizan con los plásticos recolectados dentro de la ECA Proambientes?
10. ¿Qué volumen o cantidad de plástico despacha la ECA Proambientes?
11. ¿Qué residuos plásticos no son comercializables por la ECA?
12. ¿Cuántas ECAS hay en la ciudad de Duitama y de qué manera operan?

13. ¿Cómo se lleva a cabo el intercambio económico entre el recuperador de los residuos plásticos y la ECA Proambientes?

#### 11.4 ANEXO D. FORMATO CUESTIONARIO DE ACOMPAÑAMIENTO A RECOLECTOR DE RESIDUOS PLÁSTICOS

##### **CUESTIONARIO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS POR MEDIO DE UN RECOLECTOR PERTENECIENTE A PROAMBIENTES.**

Fecha: 21 de septiembre de 2021	
	Observación
¿A qué hora comienza el recorrido?	Los recolectores inician su recorrido con 2 a 3 horas de anterioridad al horario establecido por Urbaser para la recolección de basuras en el sector.
¿Cómo identifican qué tipo de plástico pueden recolectar y cuál no?	Los recolectores se basan principalmente en el tipo de sonido que tenga el plástico para saber cuáles son aprovechables. Además de esto se guían en algunas ocasiones en base al producto comercial, como por ejemplo las botellas de PET y frascos de productos de aseo.
¿Cómo se realiza el proceso de selección en la fuente?	Los plásticos aprovechables serían fáciles de identificar si desde la fuente se disponen en bolsas transparentes o blancas, los recolectores usualmente abren las bolsas para poder extraer el material plástico del resto de residuos. Acá se evidencia la problemática general donde no existe en su mayoría una correcta selección y disposición de los residuos sólidos plásticos.
Número de hogares visitados durante el recorrido	374

Número de hogares que hacían separación de residuos en la fuente	16
¿Cuántas veces a la semana se realiza la recolección de residuos?	En promedio 3 veces a la semana
Cantidad de residuos sólidos plásticos recolectan al mes	150 kg aproximadamente
¿El recolector hacía uso de la indumentaria apropiada para hacer el trabajo de recolección de residuos?	No utilizaba guantes.
¿Cómo se realiza la clasificación de los residuos sólidos plásticos?	Todo el material seleccionado en la fuente es llevado a una bodega, donde se seleccionan los residuos según su familia: plásticos, cartón y metales. Para los plásticos la persona hace separación de las botellas de PET y el material restante queda en otra sección.
¿De los residuos sólidos plásticos, cuánto ingreso logra obtener?	En promedio 80.000 pesos mensuales de sólo plástico

#### 11.5 ANEXO E. LISTA DE CHEQUEO PARA LA VALIDACIÓN POR PARTE DEL EQUIPO DE TRABAJO “MACROPROYECTO”

#### **LISTA DE CHEQUEO PARA LA VALIDACIÓN POR PARTE DE LOS ACTORES DEL EQUIPO DE TRABAJO PROGRAMA PILOTO DE ECONOMÍA CIRCULAR**

Fecha: mayo 18 de 2022

Nombre del Evaluador: ISNARDO A. GRANDAS RINCON. representante del macroproyecto “programa piloto de economía circular para residuos sólidos plásticos aplicado al barrio maría auxiliadora del municipio de Duitama – Boyacá”. Grupo Observatorio UPTC Sogamoso.



**LISTA DE CHEQUEO VALIDACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICO PRÁCTICA PARA  
LA CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS  
PLÁSTICOS.**

	SI	NO	OBSERVACIÓN
La guía describe con claridad la problemática que aborda.	X		Ninguna
La información se presenta de forma clara, legible y ordenada.	X		Es acertado el tipo y tamaño de letra que utilizaron, además de la diagramación y las imágenes de base.
Se implementan diagramas, fotos, o imágenes que contextualicen y simbolicen ideas o conceptos parte de la información presentada.	X		Ninguna
Se logra comprender la problemática y las variables que la componen.	X		Ninguna
Se presentan propuestas de mejoramiento que aporten a la solución del problema.	X		La última parte, donde agregan los sistemas de aprovechamiento, permitiría darle inicio a otros proyectos y artículos de investigación.
La información es clara, usa términos técnicos o apropiados.	X		Ninguna
El contenido es coherente con la problemática tratada.	X		Ninguna
La diagramación y presentación de la información va acorde al tipo de lector que hace parte de la comunidad objeto de estudio.	X		Ninguna
El desarrollo de la guía aporta a los objetivos planteados del macroproyecto: “PROGRAMA			El resultado del proyecto de investigación es un aporte cercano al 40% del macroproyecto. Y se espera que

---

PILOTO DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS APLICADO AL BARRIO MARÍA AUXILIADORA DEL MUNICIPIO DE DUITAMA – BOYACÁ”. Grupo Observatorio UPTC Sogamoso.	se puedan generar nuevos espacios para la divulgación de la misma.
---	---

---

#### 11.6 ANEXO F. ENCUESTA PARA EVALUAR LA ACOGIDA DEL PROYECTO POR PARTE DE LA COMUNIDAD DEL BARRIO MARIA AUXILIADORA Y PROAMBIENTES DUITAMA.


El objetivo de la siguiente encuesta es conocer la opinión y reacciones que tuvo la socialización de la guía teórico práctica para la clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos en la comunidad del Barrio María Auxiliadora y la ECA Proambientes. Agradecemos el diligenciamiento de la presente encuesta, la información que usted suministre es fundamental para darle sustentación a la investigación realizada.

1. ¿Conoce usted algún proyecto que haya tratado la problemática de residuos sólidos plásticos desde su recolección hasta el aprovechamiento en el Barrio María Auxiliadora?
  - a. Sí, ¿Cuál?: \_\_\_\_\_
  - b. No.
  
2. ¿Tenía usted conocimientos acerca de las buenas prácticas para los procesos de recolección, clasificación, caracterización y aprovechamiento de residuos sólidos plásticos?
  - a. Sí, ¿Cuál?: \_\_\_\_\_
  - b. No

3. ¿Le gustaría ser partícipe de proyectos futuros que traten temas de aprovechamiento de residuos sólidos plásticos, de tal forma que puedan generar impactos positivos a las condiciones sociales, culturales y económicas del sector?
- Sí
  - No, porque... \_\_\_\_\_
4. ¿La socialización de este proyecto fue clara y logró comprender la problemática tratada?
- Si
  - No
5. Qué observaciones tiene acerca del diseño y la forma en que se presenta la información de esta guía teórico práctica?
- \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_

## 11.7 ANEXO G. FORMATO DE ASISTENCIA A SOCIALIZACIÓN DE LA GUÍA

MACROPROCESO: EXTENSIÓN  
PROCESO: GESTIÓN DE SERVICIOS DE EXTENSIÓN  
PROCEDIMIENTO: EDUCACIÓN CONTINUADA  
PLANILLA DE ASISTENCIA



---

Código: E-SE-P06-F03      Versión: 04      Página: 1 de 1

Diplomado  Seminario  Curso  Otro  Socialización

NOMBRE DEL CURSO: SOCIALIZACION COMUNIDAD proyecto SGI 3125

DOCENTE: Isnardo Grandas/ Federico Rojas/ Sebastian Cely

FECHA: 10/05/2022      6:30 - 9:00 p.m.

AUDITORIO: Salon Comunal B. M. auxiliadora

Número	Nombre	Número Documento de Identidad	Córeo Electronico	Teléfono
1	Erica Marcela Archila Fonseca	7052397294	erickaarchila00@gmail.com	3105922277
3	Yolima Archila F	46454.900		3218101066
4	Diana Carolina Gómez	1002410140		2743974000
5	Gloria Esperanza Britez	46662.526	espebritez@gmail.com	3185841125
6	Maira Juliana Costaris	117805856	maira91111@gmail.com	3108813116
7	ANDRÉS FERNANDA CASTAÑO	1117302636		3027253142
8	Andrés Fernando Mamites	1.052.392.476	andresfernando0307@gmail.com	3126211784
9	Flora Alba Sanchez M	93552928	floras327@gmail.com	3165358314
10	Annuracela Helano J	002537770	annuracela307@gmail.com	0013712342540
11	MARTA DE LOS ANGELES GÓMEZ	31224442	LCOREDOREDRISGE7124@gmail.com	3144269386
12	Jenny Carolina GARCIA N	1052394279	carlita1903@gmail.com	3107696022
13	Fernando Jose Duran	1079175060	fernandofernandez@gmail.com	3143733878
14	Eusebia Niño Patarrayo	241049277	yninopatarrayo@gmail.com	3105150019
15	Jenny Estefania Cely	1052407510	jennyc20@hotmail.es	3209621860
16	Jesús Georgiana Niño J	1052388349	jjgboy@gmail.com	3123407414
17	Luisa Niño León	1157401981	leonia1526@gmail.com	312422365

REVISOR COORDINADOR: \_\_\_\_\_

FECHA: 10/05/2022

MACROPROCESO: EXTENSIÓN  
 PROCESO: GESTIÓN DE SERVICIOS DE EXTENSIÓN  
 PROCEDIMIENTO: EDUCACIÓN CONTINUADA  
 PLANILLA DE ASISTENCIA



Código: E-SE-P06-F03      Versión: 04      Página: 1 de 1

Diplomado  Seminario  Curso  Otro  Socialización  
 NOMBRE DEL CURSO: SOCIALIZACION COMUNIDAD proyecto SGI 3125  
 DOCENTE: Isnardo Grandas/ Federico Rojas/ Sebastian Cely  
 FECHA: 10/05/2022      6:30 - 9:00 p.m.  
 AUDITORIO: Salon Comunal B. M. auxiliadora

Número	Nombre	Número Documento de Identidad	Correo Electronico	Teléfono
1	Giovanny Lopez Yara	T.I. 7.123.860.948	Giovannylopez.yara@gmail.com	321.387.6168
3	Andrea Samorci	C.C. 1052397292	Stefaniasamorca@gmail.com	322.271.0361
4	Pedro Julián Holguín	C.C. 1052322529	PedroHolguin@sem.com	7227107962
5	Angie Valentina Praguive G.	T.I. 1070750416	Valentia22praguive@gmail.com	3143535168
6	David Praguive G.		Haropua18@gmail.com	3143535168
7	Erico Buitrago	46672811		3132946516
8	Sara Isabel Praguive G.	T.I. 1072493152	Praguive.sara@gmail.com	3143535168
9	Gileen Agudelo Lopez	T.I. 1052387734	Agudelocezeileenysilva@gmail.com	322280667
10	Honre Santiago Pérez B.	T.I. 1052385511	perezmondo707@gmail.com	304373108
11	Willington Briceño Noie	CC 74373.863	hdnsbrinos@hotmail.com	323.509.4736
12	Geráldez Rojas G.	C.C. 1058431230	gerch@gmail.com	3046370018
13	Prayan Camila Cely Silve	1002461328	camilacely2612@gmail.com	3228380705
14	YENIFER HERRERA	CC. 1000330690	CATALINAHB@gmail.com	3219287601
15	Maria Nancy Silva P	46672012	prwashi.m:12non@gmail.com	9123190248
16	José M. Rojas L.	74373185	jamerdu@gmail.com	3114650249
17	Julieth Vazquez	1052.386179	jglennia@gmail.com	3103065615

ECA proambiet

REVISO COORDINADOR: \_\_\_\_\_

FECHA: 10/05/2022

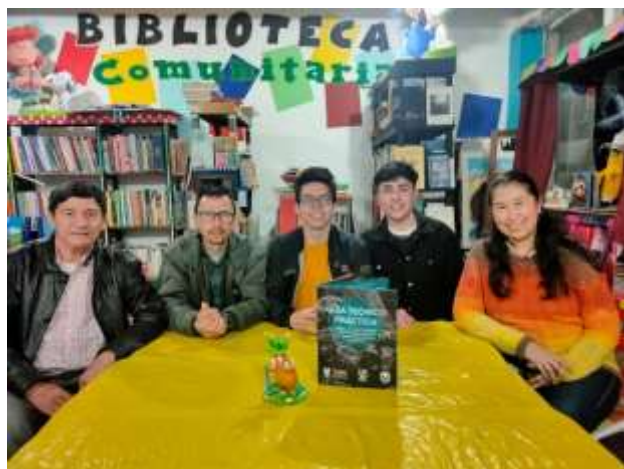


## 11.8 ANEXO H. OBSERVACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LA GENTE OBJETO DE ESTUDIO











### 11.9 ANEXO I. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El proyecto será desarrollado en cinco meses, donde se realizará cada actividad según el cronograma establecido, a continuación, se presenta la tabla de presupuestos según la actividad y recursos utilizados.

Descripción de las actividades específicas	Meses para desarrollar el proyecto											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inmersión inicial en el problema y su ambiente por parte del equipo de investigación.												
Recolección de datos e información relacionada con residuos sólidos plásticos, técnicas.												
Avanzadas de recuperación y aprovechamiento, en el contexto nacional e internacional.												
Análisis, clasificación y valoración de la información relacionada con, residuos sólidos plásticos, técnicas avanzadas de recuperación y aprovechamiento, en el contexto nacional e internacional.												
Inspección de los diferentes plásticos encontrados en la zona de estudio.												
Selección de los residuos sólidos plásticos más comunes en la zona de estudio.												
Clasificación por su nombre comercial de los residuos sólidos plásticos encontrados.												
Determinación de la tipología de cada residuo plástico encontrado, según su símbolo de reciclabilidad (RIC).												





#### 11.10 ANEXO J. CONSIDERACIONES ÉTICAS

En cada uno de los componentes del proyecto se tiene en cuenta las consideraciones éticas para la investigación científica contenidas en la Circular del 27 de junio de 2014, así mismo el Comunicado de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión, la Ley 1266 de 2008.

El procedimiento del proyecto planteado contiene las normas éticas propias de la profesión y para la investigación científica en general. Los investigadores expresan que la información es confidencial de acuerdo con las normas institucionales y legales sobre protección de datos personales (Ley Habeas Data), derechos de autor (Ley 23 de 1982). Los resultados se utilizarán únicamente con fines académicos e investigativos.