

Herramienta app para el aprovechamiento y recuperación de materiales con enfoque educativo y
empresarial

Christian Ferney Parrado Castillo y Diego Andrés Ballesteros Rivera

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Metalúrgico

Director:

Walter Pardavé Livia

Magister en Ingeniería Metalúrgica

Codirector

Pedro Luis Delvasto Angarita

Doctor en Ciencia y Tecnología de Materiales

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

*A Dios por darme la fortaleza y perseverancia para lograr superar las dificultades vividas en
este lindo proceso de aprendizaje.*

*A mis padres, por brindarme su ayuda incondicional, su excelente ejemplo y por todo lo que
han hecho por mí.*

Les estaré eternamente agradecido.

*A la Universidad Industrial de Santander, especialmente a la Escuela de Ingeniería
Metalúrgica y Ciencia de Materiales, por ser una cuna de conocimiento donde pude
formarme como ingeniero Metalúrgico y como persona.*

Siempre UIS.

Christian F. Parrado Castillo

Dedicatoria

Primeramente, a Dios y a mi madre Laura Rivera por su constante apoyo, esfuerzo, amor incondicional y ser el motor de mi vida.

A mi abuela Ana Quintero, por ser mi segunda madre y brindarme los valores que hacen de mí una mejor persona.

A mi abuelo Jesús Rivera quien me brindo su amor de padre y que de sus memorias me deja su amor al campo.

A mi pareja Angelica Montero por ser parte de mi vida, por el amor brindado, la motivación y brindarme la alegría de tener a Evelyn, nuestra hija.

A mis tíos y primos por su gran unión, confianza y fortaleza familiar.

A mis compañeros Jhon Aceros, Cesar Pardo y Angie Méndez quienes me brindaron su compañía y guía académica, además de una linda amistad.

A la universidad Industrial de Santander por ser mi alma mater y permitir formarme profesionalmente.

Diego Andrés Ballesteros Rivera

Agradecimientos

*A la planta docente de la escuela por su gran compromiso con nuestra formación profesional,
pues siempre dieron lo mejor en sus clases para formarnos íntegramente.*

*A todos los técnicos laboratoristas de la escuela que hicieron parte de nuestro aprendizaje
personal a lo largo de la etapa universitaria.*

*A nuestro director Msc. Walter Pardavé Livia y nuestro codirector de tesis Phd. Pedro Luis
Delvasto Angarita por la guía que nos brindaron durante este
proceso.*

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos	15
2. Fundamentación Teórica	16
2.1 Revisión del estado del arte del aprovechamiento y recuperación de materiales	16
2.2 Estado del arte	17
2.3 Herramientas TIC	19
3. Metodología	19
4. Panorama de los materiales reciclables	21
4.1 A nivel global	23
4.2 A nivel país.....	24
4.3 A nivel Bucaramanga y su área metropolitana.....	26
5. Inventario de materiales reciclables por tipo.....	29
6. Desarrollo de la App para el aprovechamiento de materiales	32
6.1 Tecnologías utilizadas para el desarrollo del aplicativo móvil SIRAMA.....	32
6.1.1 Dart.....	32
6.1.2 Flutter	33
6.1.3 Visual Studio Code.....	34
6.2 Interfaz gráfica del aplicativo móvil SIRAMA.....	36
6.2.1 Icono del aplicativo móvil.....	36

6.2.2 Menú de opciones.....	37
6.2.3 Menú principal	39
6.2.4 Metales	40
6.2.5 Plástico	41
6.3 Esquema de navegación de la App.....	42
6.3.1 Contacto	43
6.3.2 Emprendimiento	43
6.3.3 Menú principal (Inicio)	44
7. Percepción del aplicativo móvil	44
7.1 Percepción de la app en la asignatura.....	45
7.3 Percepción del empresario en el sector de aprovechamiento de materiales.....	48
8. Conclusiones	50
9. Recomendaciones	51
Referencias Bibliográficas	52
Apéndices	59

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. El papel de la recuperación y el reciclado en el ciclo de los productos.....	17
Figura 2. Artículos con base en aprovechamiento de residuos escritos por área.	18
Figura 3. Artículos con base en aprovechamiento de residuos publicados por cada país.	18
Figura 4. Esquema sobre la metodología para la realización del proyecto	20
Figura 5. Generación de residuos municipales por país reportadas en millones de toneladas métricas.	22
Figura 6. Porcentaje de residuos generados en el mundo.	23
Figura 7. Porcentaje aproximado de residuos generados en Colombia comparado con el mundo.	24
Figura 8. Tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos en Colombia.	25
Figura 9. Ciudades con la mayor cantidad de residuos sólidos generados en toneladas por día en Colombia.	26
Figura 10. Caracterización de residuos producidos en Bucaramanga y su área metropolitana . .	27
Figura 11. Inventario de los materiales generados en el área metropolitana de Bucaramanga.....	31
Figura 12. Código en el lenguaje de programación DART.....	35
Figura 13. Icono del aplicativo móvil SIRAMA.....	36
Figura 14. Menú de opciones del aplicativo móvil SIRAMA.....	37
Figura 15. Contacto del aplicativo móvil SIRAMA.	38
Figura 16. Emprendimientos del aplicativo móvil SIRAMA.	38
Figura 17. Menú principal del aplicativo móvil SIRAMA	39
Figura 18. Menú de selección de metales del aplicativo móvil SIRAMA.....	40

Figura 19. Tipos de plásticos del aplicativo móvil SIRAMA.....	41
Figura 20. Estructura de navegación dentro del aplicativo SIRAMA.....	43
Figura 21. Resultados de la encuesta de percepción de la asignatura	46
Figura 22. Resultados de la encuesta de percepción del recolector primario.....	47

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1. Cantidad de material reciclado aproximado por toneladas anuales entre 2018 y 2021. .29

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Menú principal	59
Apéndice B. Percepción del aplicativo móvil SIRAMA	63
Apéndice C. Codificación del aplicativo móvil SIRAMA	65
Apéndice D. Tabla de la cantidad de material reciclado aproximado por toneladas anuales entre 018 y 2021.	68

Resumen

Título: Herramienta app para el aprovechamiento y recuperación de materiales con enfoque educativo y empresarial*

Autores: Christian Ferney Parrado Castillo y Diego Andrés Ballesteros Rivera **

Palabras Clave: Reciclaje, docencia, aplicación, sistemas, medio ambiente.

Descripción:

En el presente trabajo se muestra el diseño de un aplicativo móvil con el objetivo de aprovechar y recuperar diversos materiales usados desde un enfoque educativo y empresarial. El aplicativo, llamado SIRAMA, proporciona información sobre los materiales aprovechables y el comercio de estos, con el fin de contribuir al ámbito educativo y socioeconómico de la región.

Para el desarrollo de la versión 1.0 de esta aplicación, se hace uso del lenguaje Dart, el framework flutter y el editor de texto Visual Studio Code. Adicionalmente, el contenido exhibido en la App se verifica por medio de encuestas dirigidas a tres tipos de población, tales como recicladores primarios, estudiantes y profesionales del sector, los cuales aportaron su criterio, permitiendo crear un aplicativo móvil que conecta al sector educativo con el sector comercial de la ciudad por medio de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. Director: Walter Pardavé Livia Msc en ingeniería metalúrgica

Abstract

Title: App tool for the use and recovery of materials with an educational and business approach*.

Author: Christian Ferney Parrado Castillo y Diego Andrés Ballesteros Rivera**

Key Words: Recycling, teaching, application, systems, environment.

Description:

This paper shows the design of a mobile application with the objective of taking advantage of and recovering diverse used materials from an educational and business approach. The application, called SIRAMA, provides information on usable materials and their trade, in order to contribute to the educational and socioeconomic environment of the region. For the development of version 1.0 of this application, use was made of the Dart language, the flutter framework and the Visual Studio Code text editor. Additionally, the content displayed in the App is verified by means of surveys directed to three types of population, such as primary recyclers, students and professionals of the sector, who contributed with their criteria, allowing the creation of a mobile application that connects the educational sector with the commercial sector of the city through information and communication technologies (TIC).

* Degree Work

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. Director: Walter Pardavé Livia Msc en ingeniería metalúrgica

Introducción

Ojeda y Quintero (como se citó en (Ortega F., 1995)) afirman que el manejo de los residuos sólidos constituye a nivel mundial un problema para las grandes ciudades, factores como el crecimiento demográfico, la concentración de población en las zonas urbanas, el desarrollo ineficaz del sector industrial y/o empresarial, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida, entre otros, han incrementado la generación de residuos sólidos en los pueblos y ciudades.

En el caso de los residuos sólidos como la chatarra metálica, su recuperación y aprovechamiento conlleva varios ciclos en los que se encuentra el transporte, el cual inicia desde el recolector primario (habitantes de calle). En este proceso se recolecta y se surte el material a las chatarrerías minoritarias, quienes lo envían a empresas que se encargan del proceso de clasificación y compactación para luego llevarlas a su destinatario principal, la industria siderúrgica.

Es correcto afirmar que existe una ruta entre los intermediarios para hacer efectivo el reciclaje y el aprovechamiento de los materiales. Sin embargo, no existe una conexión tecnológica entre los intermediarios y tampoco una regulación del precio de la chatarra, ya que éste es establecido según la necesidad de la empresa encargada en el tratamiento de estos residuos bajo el criterio oferta - demanda; haciendo que los proveedores aumenten el precio de compra al minoritario e informando solo en el punto de compra sin la posibilidad de una comunicación más extensa.

Mediante el uso de los avances científicos las entidades educativas y comerciales se han apoyado en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) para impulsar y desarrollar sus intereses.

Contemplando el caso percibido y por medio de las TIC, este proyecto busca ser un vínculo entre las personas interesadas y las empresas involucradas en el sector, por tal motivo, se pretende

desarrollar un aplicativo móvil (SIRAMA) que contenga información necesaria sobre los materiales aprovechables y el comercio de estos, para así contribuir en el ámbito educativo y socioeconómico de la región.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollar un aplicativo app para el aprovechamiento y recuperación de diversos materiales usados con enfoque educativo y de emprendimiento empresarial.

1.2 Objetivos Específicos

Elaborar un inventario de materiales usados metálicos, cerámicos, poliméricos y otros, que puedan ser aprovechados y recuperados.

Diseñar el aplicativo con facilidades de base de datos, enlaces a entidades e interactivo.

Validar el aplicativo con estudiantes, pequeños empresarios y personas interesadas en el aprovechamiento y recuperación de materiales.

2. Fundamentación Teórica

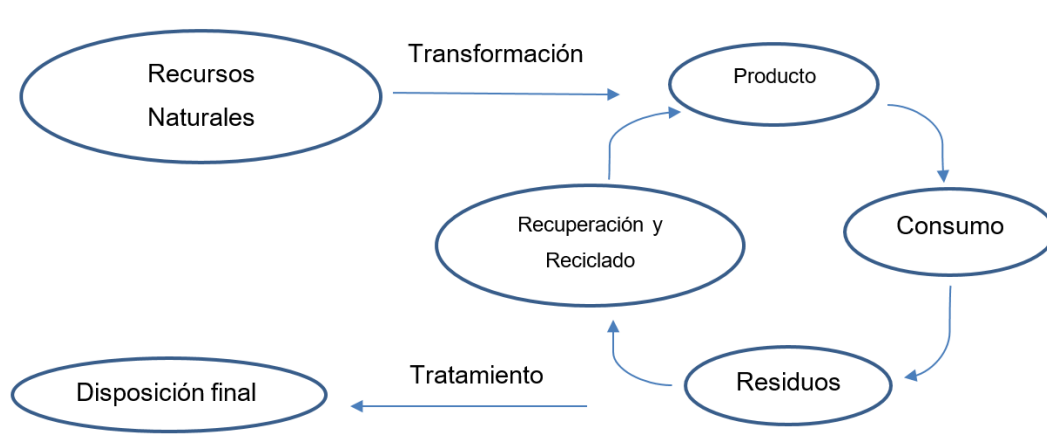
2.1 Revisión del estado del arte del aprovechamiento y recuperación de materiales

El uso de la tecnología ha aumentado la implementación de los metales en la producción de equipos electrónicos; la innovación de estos productos ha producido nuevos desechos tecnológicos, creando un nuevo tipo de chatarra donde se destacan las placas de circuito impreso (PCBs). En el caso de los teléfonos móviles, la producción de los teléfonos análogos (hasta la década del 2000) implementó alrededor de 30 elementos químicos, hoy con la innovación de la tecnología, los smartphones emplean 75 elementos químicos (entre ellos muchos metales) para su producción (Pardavé W. 2006).

Por este motivo, es importante aprovechar los materiales contenidos en los dispositivos que empleamos y así mejorar los procesos de recuperación y reciclado para que sean más completos y eficaces disminuyendo el uso de los recursos naturales primarios, teniendo en cuenta que sin importar el tipo de material o producto que se trate (metal, papel, vidrio, plástico...) su ciclo de vida se desarrolla según las siguientes etapas: materia prima, transformación, producto, utilización, residuo y tratamiento del residuo y disposición final (Ver Figura 1).

Figura 1.

El papel de la recuperación y el reciclado en el ciclo de los productos.



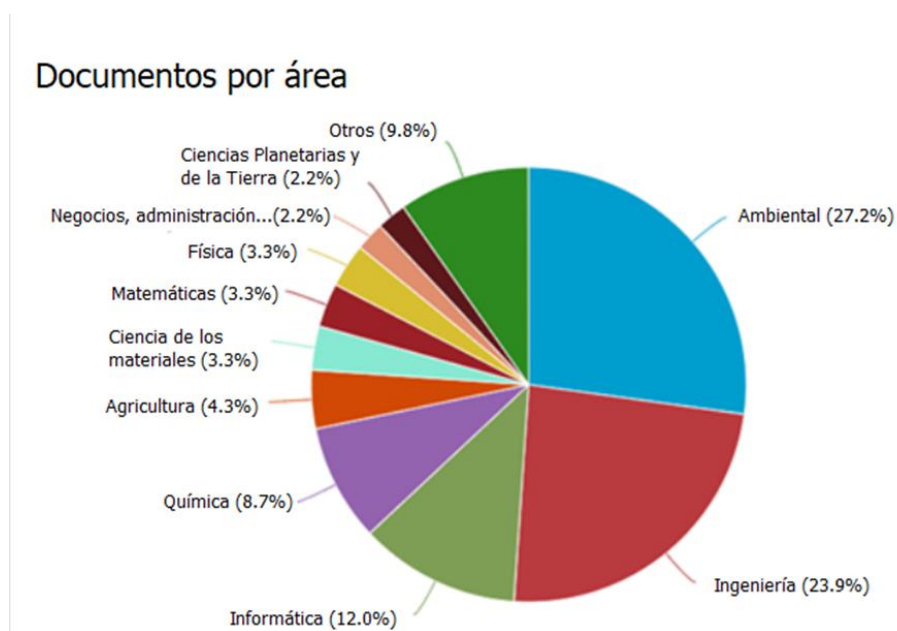
Nota: Pardavé W. (2006).

2.2 Estado del arte

A continuación, en la figura 2 se mostrarán publicaciones realizadas por área sobre el tema, destacando la participación de las ciencias ambientales y la ingeniería por el interés en el aprovechamiento y reciclado de las chatarras; además, en la figura 3, se muestran los países que más trabajan sobre el tema y los cuales son referencia y ejemplo mundial para seguir con esta investigación.

Figura 2.

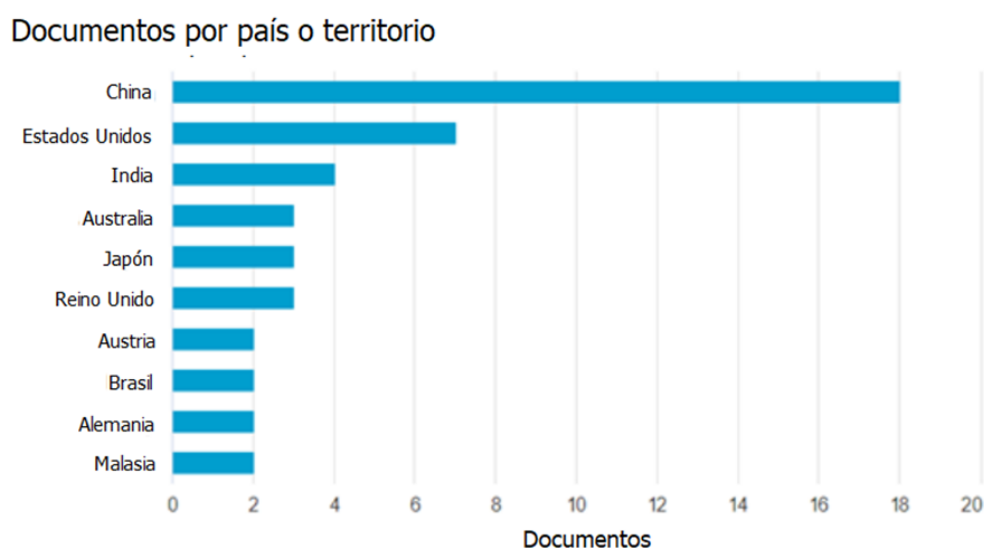
Artículos con base en aprovechamiento de residuos escritos por área.



Nota: Tomado y modificado de SCOPUS.

Figura 3.

Artículos con base en aprovechamiento de residuos publicados por cada país.



Nota: Tomado y modificado de SCOPUS.

2.3 Herramientas TIC

El auge provocado por la introducción de las TIC en el sistema educativo y los métodos de enseñanza brindados por estas, ha llevado procesos esenciales debido a su función para el tratamiento, administración y distribución de la información; siendo esto el principal desarrollo de la tecnología y uno de los pilares básicos de la sociedad. Entre las herramientas TICs podemos encontrar elementos que facilitan el acceso e intercambio de información como las Apps, entre otros.

Las aplicaciones móviles conocidas en su abreviatura como Apps “son programas de software que se pueden descargar y acceder directamente a través de su teléfono móvil y otro dispositivo, como reproductores de música o tablets” (The Federal Trade Commission, 2011). Están diseñadas para optimizar la comunicación, la conexión, el desarrollo de productividad, entre otras y por lo general están disponibles a través de plataformas en línea de distribución de aplicaciones, o tiendas de aplicaciones, que normalmente son operadas por el desarrollador del sistema operativo móvil, como Apple o Google (Mendivil, M., 2015).

3. Metodología

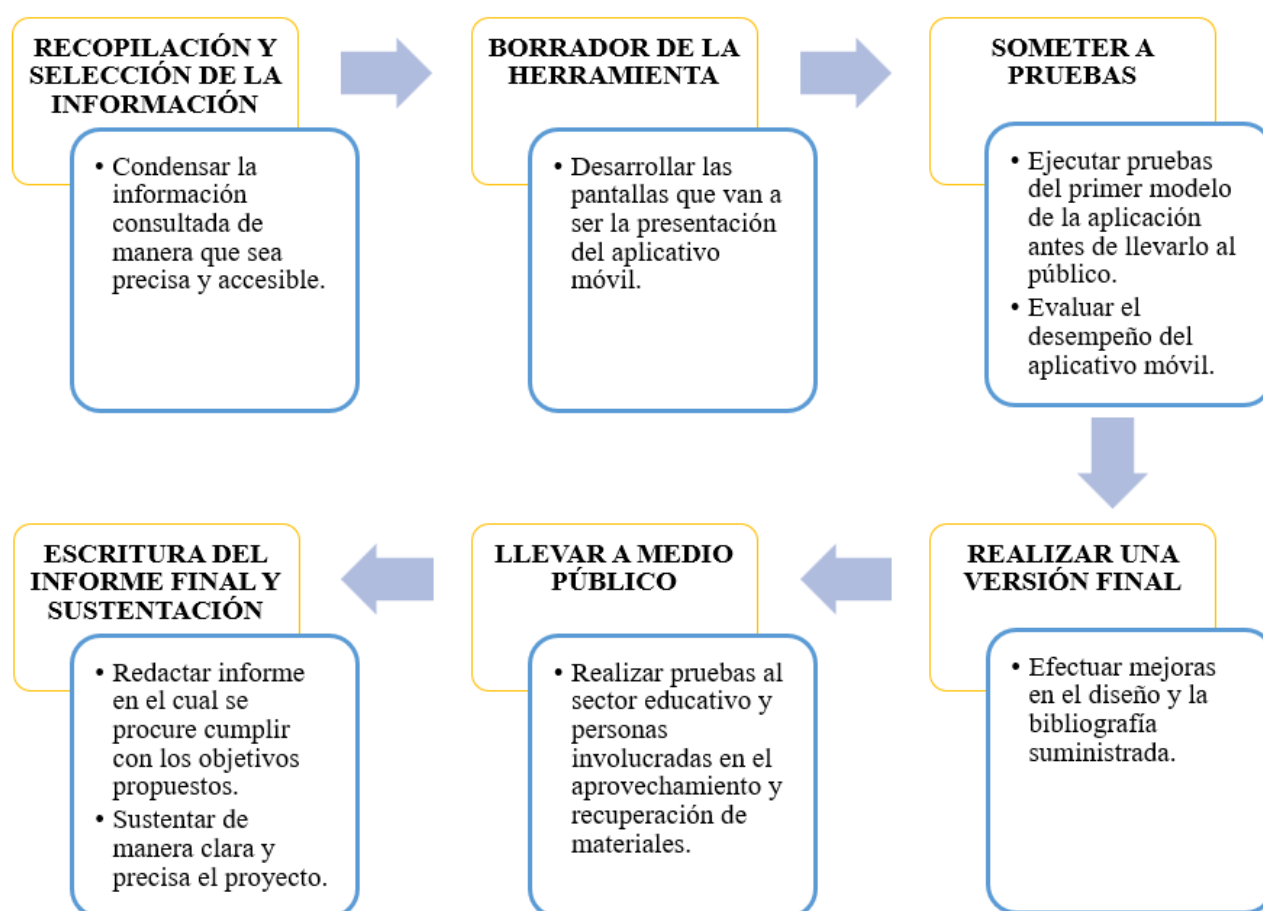
Para desarrollar la totalidad del proyecto se cuenta con seis fases, dentro de las cuales se incluye inicialmente una etapa de recopilación de información y revisión bibliográfica concerniente a la investigación, esta misma será analizada y utilizada en la segunda etapa para el desarrollo de un simulador para realizar la selección de materiales, en la tercera y cuarta etapa se analizarán los

resultados bibliográficos proporcionados con base en una prueba experimental y se efectuarán mejoras a las pantallas del aplicativo. En la quinta etapa, se realizarán encuestas sobre la efectividad del aplicativo móvil y por último se hará la documentación de los resultados, conclusiones y observaciones que proporcionen las etapas anteriores.

Para el desarrollo del sistema se propone seguir una metodología en cascada la cual permitirá tomar control de las actividades a realizar.

Figura 4.

Esquema sobre la metodología para la realización del proyecto



4. Panorama de los materiales reciclables

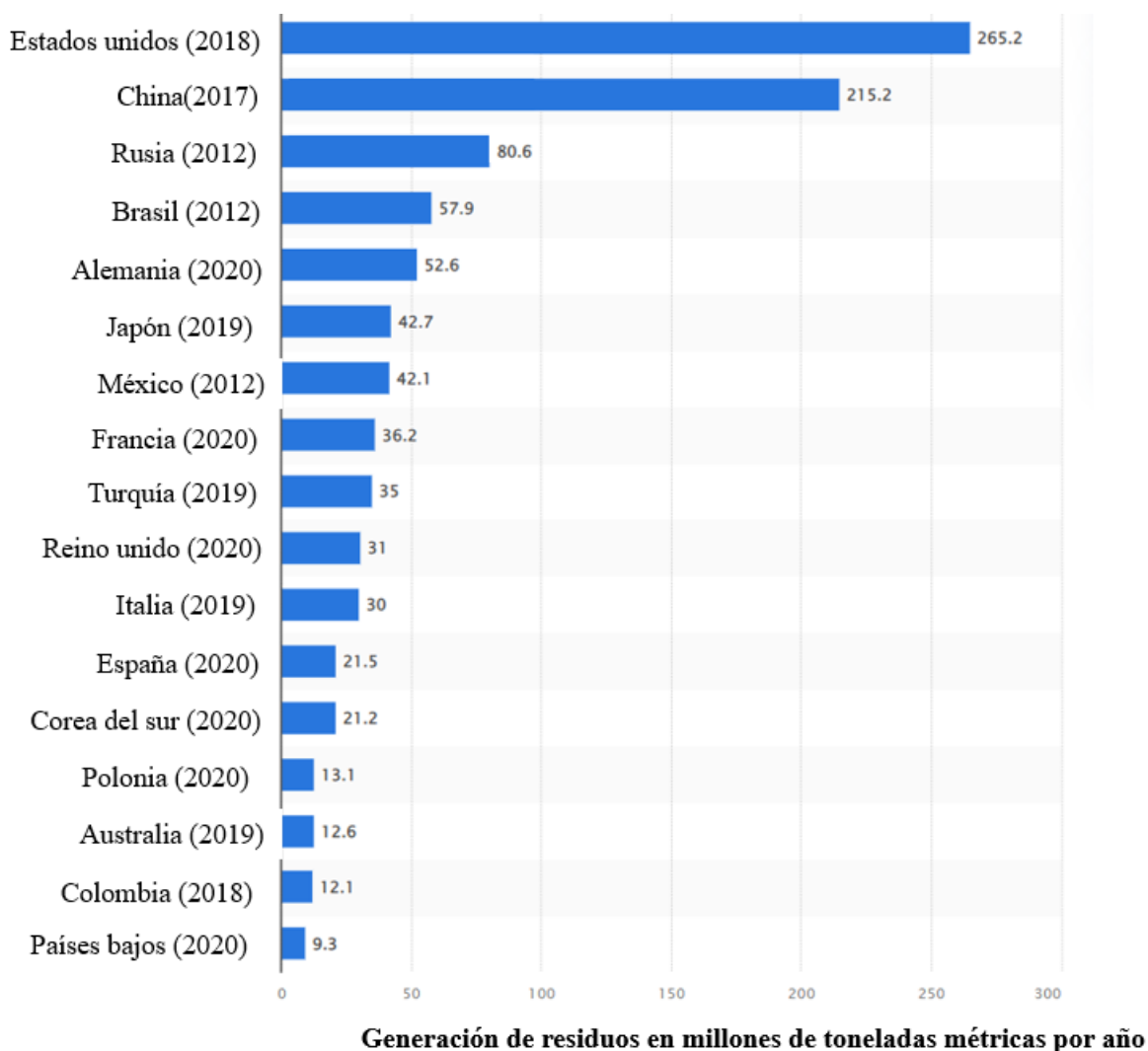
En la búsqueda de la comodidad, los seres humanos estamos transformando nuestro ambiente tomando los recursos necesarios para producir unos nuevos dependiendo de la finalidad. Crear nuevas herramientas que faciliten la vida de las personas es a lo que llamamos tecnología, lo cual es la medida de nuestro progreso.

El avance de la humanidad ha tenido gran incidencia en la generación de residuos, desde el siglo pasado, a medida que la población mundial creció y se volvió más urbana y próspera, la producción de desechos se multiplicó por diez (The World Counts, 2013).

Aunque estamos conectados como especie, este hecho impacta a cada país, región y ciudad de manera diferente puesto que la cantidad de residuos no se genera de manera uniforme y también porque la cantidad que se produce es mucho mayor a la que se aprovecha. Este hecho se puede evidenciar en un informe publicado por Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en el año 2023 (Ver Figura 5), donde se observa que Estados Unidos y China son los mayores productores de residuos municipales del mundo, generando más de 200 millones de toneladas métricas cada uno.

Figura 5.

Generación de residuos municipales por país reportadas en millones de toneladas métricas.



Nota: Tomado y modificado de Statista (Alves, 2023)

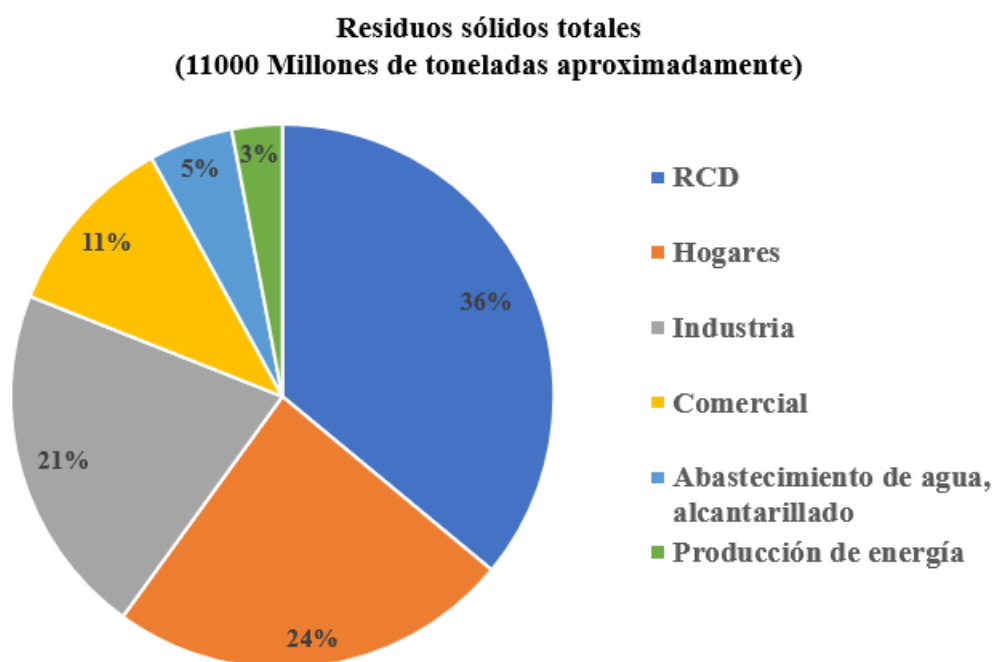
Por este motivo, es importante realizar esta comparación y analizar cuáles son los materiales que se pueden tratar después de culminar su vida útil para intentar disminuir el desecho e incentivar la reutilización de los residuos sólidos.

4.1 A nivel global

Datos de las Naciones Unidas (UN) afirman que “cada año se recolecta en el mundo una cantidad estimada de 11200 millones de toneladas de residuos sólidos” (Naciones Unidas, 2021), de los cuales el 16% de estos es reciclado lo que equivale a 1792 millones de toneladas.

Figura 6.

Porcentaje de residuos generados en el mundo.



Nota: Tomado y modificado de “*The world counts*” (Alves, 2023)

En la figura 6, se observa la distribución de los residuos sólidos a nivel global provenientes de diferentes fuentes, destacando los residuos de material de construcción y demolición, pues son responsables del 36% de la cantidad total de residuos sólidos producidos, mientras que los hogares contribuyen con un 24%; la industria representa el 21%, el sector comercial el 11% y el

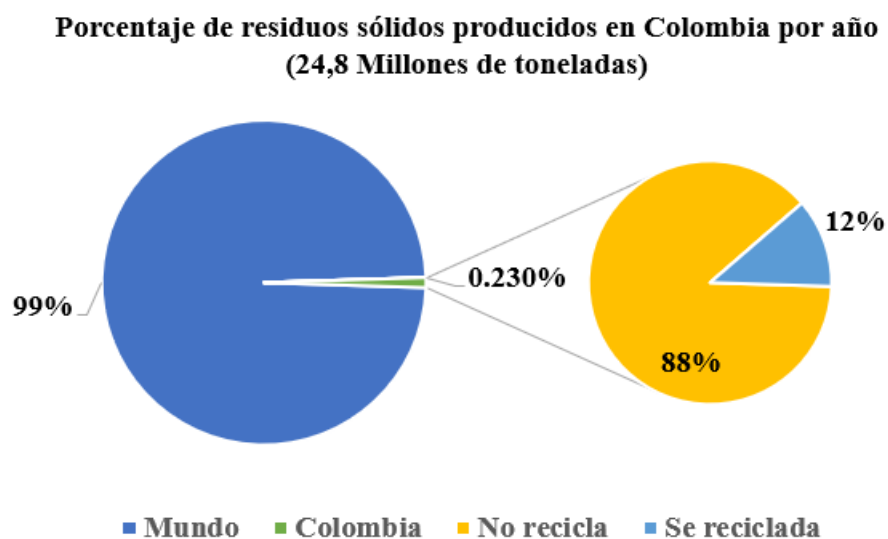
abastecimiento de agua y alcantarillado, así como la producción de energía contribuyen con un 5% y 3%, respectivamente.

4.2 A nivel país

En Colombia, de acuerdo con el DANE, se producen 24,8 millones de toneladas de residuos al año, de los cuales el 47 % provienen de los hogares y se tiene una generación per cápita de 515 kilogramos. A su vez la tasa de reciclaje, que se refiere a la proporción de material reciclado sobre la generación total de residuos sólidos, es cercana al 11,82 % en el año 2019 (Departamento Nacional de Planeación, 2022).

Figura 7.

Porcentaje aproximado de residuos generados en Colombia comparado con el mundo.

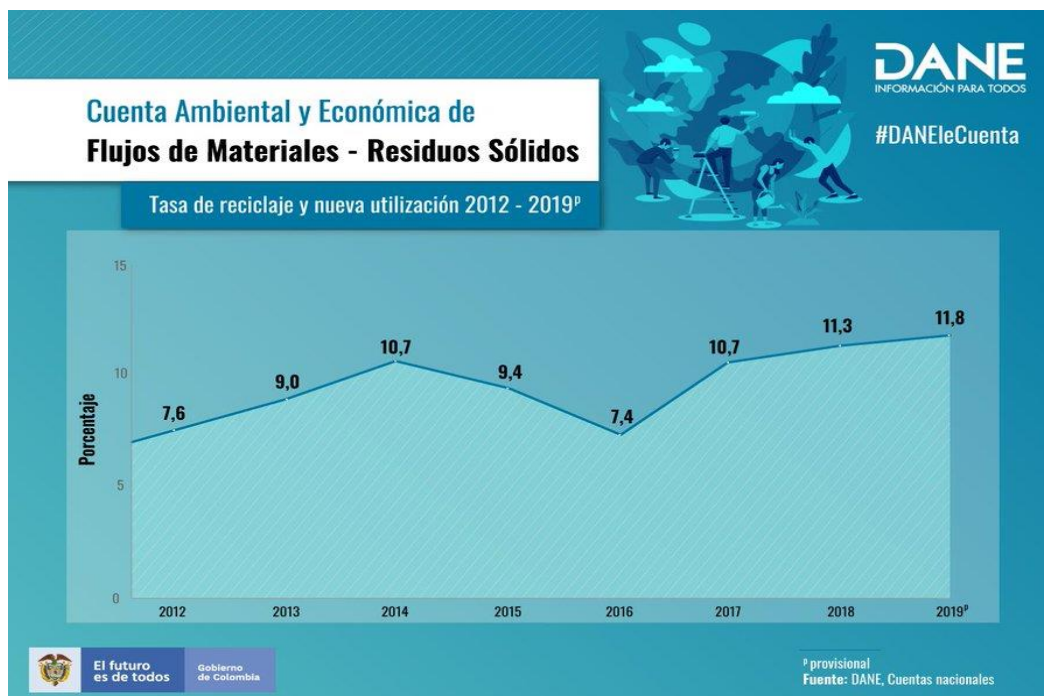


En relación con el mercado global, la gráfica 3 denota que en Colombia se genera un aproximado de 0,23% de la producción total de residuos de sólidos a nivel mundial; y que, de esta cantidad, aproximadamente 2.976.000 toneladas de residuos son aprovechados en el país mediante prácticas de reciclaje y reutilización.

Aunque en 2019, en el país se implementó la estrategia nacional de economía circular, que plantea pasar de un modelo lineal hacia uno circular teniendo como objetivo maximizar el valor agregado de los sistemas industriales y agropecuarios y las ciudades sostenibles en términos económicos, ambientales y sociales; esta no ha tenido el éxito esperado en alcanzar una tasa de recuperación estimada de 17% para aprovechar eficientemente el incremento de la generación de residuos sólidos por año.

Figura 8.

Tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos en Colombia.



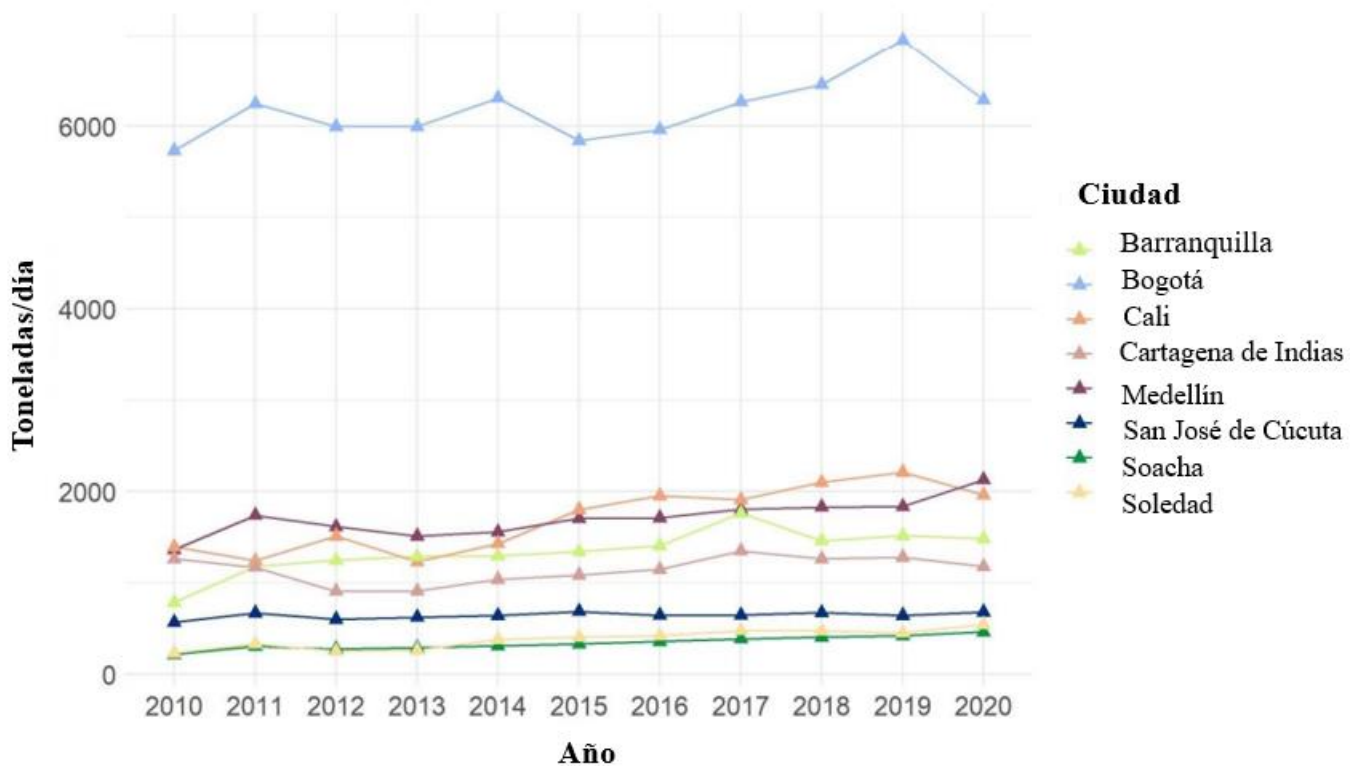
Nota: DANE, 2019.

4.3 A nivel Bucaramanga y su área metropolitana

En el año 2020 se dispusieron 32.580,96 Ton/día de residuos sólidos presentados en el marco del servicio público de aseo en el país, las cuales aumentaron en un 0,89% respecto al año 2019. Del total de toneladas diarias dispuestas el 45,23% corresponde a las 8 ciudades con mayor población: Bogotá D.C., Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, San José de Cúcuta, Soacha y Soledad (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Colombia, 2021, pág. 16).

Figura 9.

Ciudades con la mayor cantidad de residuos sólidos generados en toneladas por día en Colombia.



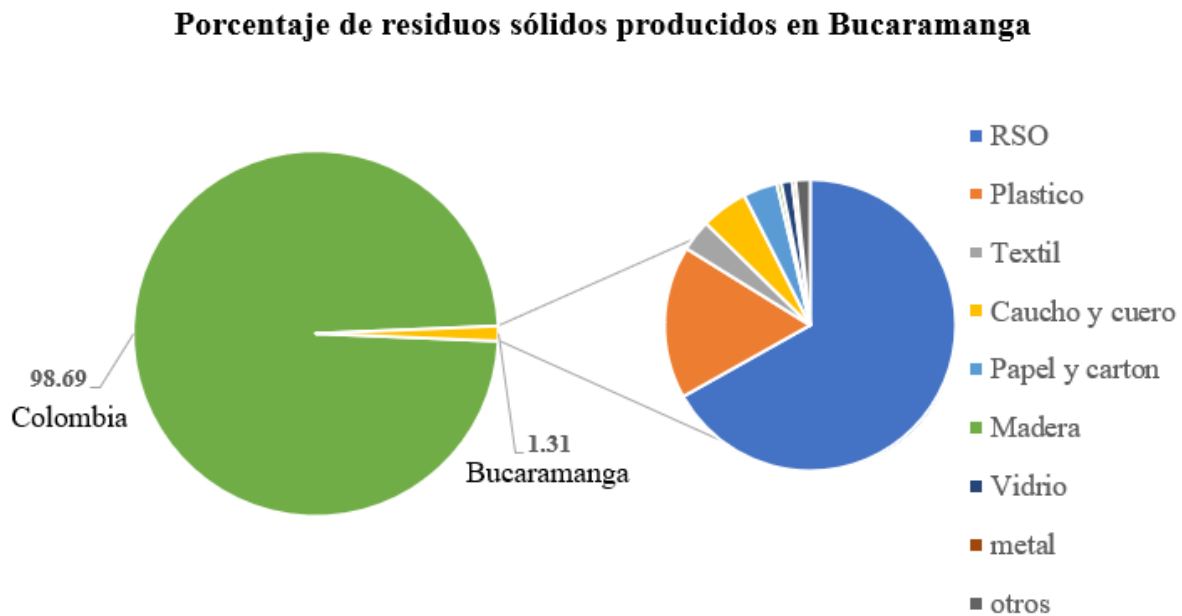
Nota: Informes de disposición final SSPD. Base de disposición final 2020. Cálculos SSPD.

Basados en el reporte del programa nacional plan de gestión integrada de residuos sólidos regionales – PGIRS, realizado para el área metropolitana de Bucaramanga en el año 2020, se estima que se generan entre 195.346 a 300.000 toneladas de residuos al año; de los cuales el 96% está llegando al relleno sanitario, inclusive los residuos del corte de césped y poda de árboles, Residuos sólidos orgánicos (RSO) que pueden ser aprovechados.

A continuación, se presenta la caracterización de los residuos en el sitio de disposición final en Bucaramanga, 2020: RSO 67%, otros:1,6%, Plástico: 17%, Textil: 3,5%, caucho y cuero: 5,2%, papel y cartón: 3,8%, madera: 0.5%, vidrio:1,2%, respel: 0, metal: 0,4%, RCD: 0%. (Alcaldía De Bucaramanga, 2021, pág. 10)

Figura 10.

Caracterización de residuos producidos en Bucaramanga.



Nota: EMAB, 2020.

Se puede observar que, aunque en Bucaramanga y su área metropolitana ha aumentado la generación de residuos sólidos, donde se genera alrededor de 1000 toneladas diarias representando anualmente entre el 1,31% y 2% de los residuos totales generados en Colombia esta cantidad no posiciona a la ciudad dentro de las que más generan residuos en el país, con una proporción casi comparada con ciudades como Cúcuta y Soledad.

Por otro lado, en cuestión de aprovechamiento de los residuos sólidos, fuentes locales informan que en el área metropolitana de Bucaramanga se recuperan 900 toneladas al mes de material reciclable, lo que representa el 3 % del total de residuos que se generan en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

Según el más reciente informe de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, en Santander existen 30 asociaciones formales de personas dedicadas al reciclaje y alrededor de 12 de ellas operan en el área metropolitana de Bucaramanga. A pesar de ello, el porcentaje de reciclaje sigue siendo bajo y se evidencia también poca cultura ciudadana, especialmente para el aprovechamiento de residuos sólidos que son aptos para su posterior recuperación, hecho que ha deteriorado la calidad ambiental de la ciudad.

Durante una entrevista, el gerente de la Empresa de Aseo de Bucaramanga (EMAB) afirmó “que de las mil toneladas de residuos que llegan al Carrasco, aproximadamente el 40% son potencialmente reciclables. A pesar de esta cantidad significativa, los índices de reciclaje son notoriamente bajos. Un estudio realizado por Pineda (2019) reveló que solamente alrededor del 2% de los residuos son recuperados por las cooperativas, mientras que un 10% se recupera a través de la informalidad. Luego de ser recolectados, los residuos son enviados a diversas empresas o cooperativas, aunque gran parte de esta labor se realiza de forma informal. Esto se debe a que solamente un 42% de los recicladores están afiliados a una de las tres asociaciones organizadas de

reciclaje que operan en la capital santandereana: Coopreser, Bello Renacer y Reciclemos” (Duarte Camacho, Carreño Granados, Prieto Triana, Yesquin Mora, & Acero Rincón, 2019, pág. 3).

5. Inventario de materiales reciclables por tipo

La tabla 1 muestra la cantidad de residuos sólidos producidos y reciclados por toneladas métricas anuales a nivel mundial, en Colombia y en el área metropolitana de Bucaramanga entre los años 2018 y 2021.

Tabla 1.

Cantidad de material reciclado aproximado por toneladas anuales entre 2018 y 2021.

Tipo de material	Cantidad de residuos sólidos					
	Global		Colombia		Bucaramanga	
	Reportadas del material	Reciclado del material	Reportadas del material	Reciclado del material	Reportadas del material	Reciclado del material
Metales	-	719,8 M	-	1 M	-	42
Chatarra de Hierro	-	650 M	1.25M	732000	-	-
Acero inoxidable	-	500 M	-	547000	-	-
Chatarra de Aluminio	60M	30 M	-	-	-	13
Chatarra de cobre	24M	9.23 M	-	-	-	2
Plástico	368M	66.24 M	1,25 M	300 mil	19140	1148.4
Papel y cartón	420M	273 M	1.2 M	820 mil	11400	1821
Vidrio	129M	27 M	-	120 mil	3600	337
RCD	6,5 mil millones	2500 M	22 M	8.8 M	$\bar{x} = 37949$	7

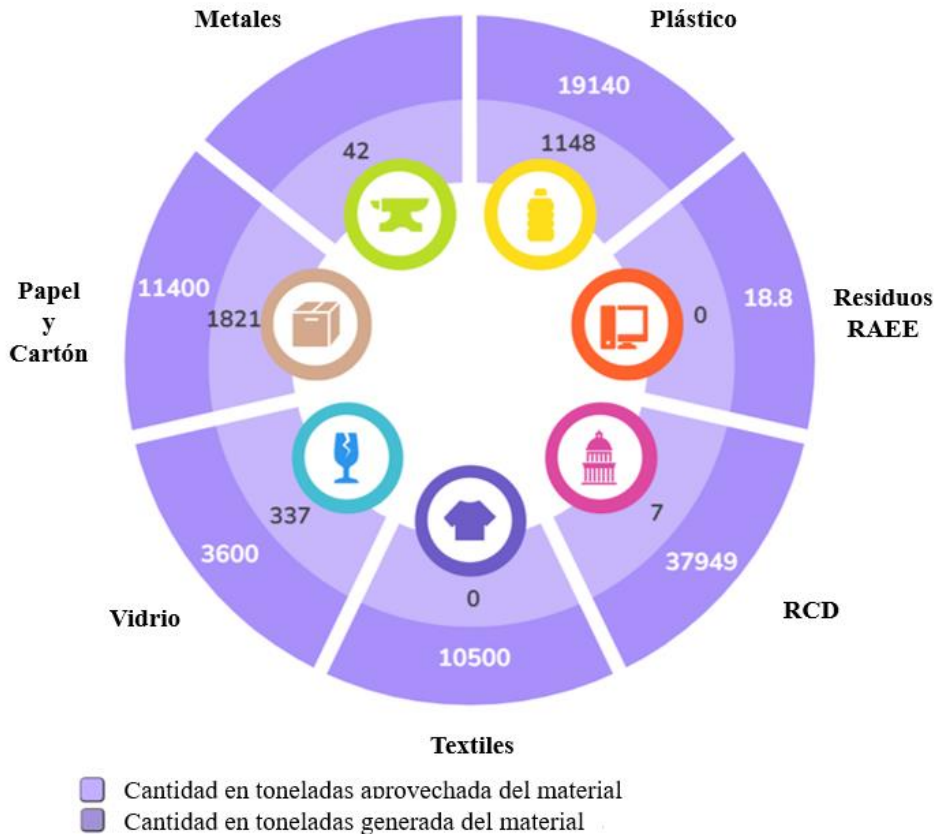
Tipo de material	Cantidad de residuos sólidos					
	Global		Colombia		Bucaramanga	
	Reportadas del material	Reciclado del material	Reportadas del material	Reciclado del material	Reportadas del material	Reciclado del material
Residuos RAEE	57,4M	10M	130 mil	0	18.814	0
Residuos de pilas y baterías	-	460 mil	11 mil	3630	1.479	-
Madera	16M	2.4M	1.3 M	-	1500	0
Textiles	92M	11M	799100	8mil	10500	-
Cuero	7 M	959000	11.3 M	974039	-	-

El panorama observado en Bucaramanga muestra que no hay cifras exactas de la cantidad de algunos residuos que se generan y recuperan en la ciudad. En la región, se generan cantidades importantes de residuos y se aprovecha menos de la mitad de cada material, encabezando la lista el plástico, el papel y cartón; el resto de estos terminan en el vertedero municipal o se envían a otras ciudades donde existen tecnologías que los reciclan de manera eficiente encontrando nuevas oportunidades para la materia prima como lo es la chatarra, la cual tiene bastante demanda.

Por esta razón, para conocer esta información se deben realizar sondeos, entrevistas y reportes en donde se cree un inventario de los distintos materiales que pueden ser aprovechados y recuperados por año en la ciudad y su área metropolitana. Un ejemplo de ello se puede observar en la figura 11, el cual es una gráfica generada basándose en un informe entregado por Alcaldía de Bucaramanga en el año 2022 e información suministrada por otras fuentes locales (Ver apéndice D).

Figura 11.

Inventario de los materiales generados en el área metropolitana de Bucaramanga.



En el caso de la chatarra ferrosa, se estima que el acero es la materia prima más reciclada en el mundo, con registros por 650 millones de toneladas al año. Según el Comité Colombiano de Productores de Acero de la Asociación Nacional de Industriales (Andi), la industria nacional aprovecha más de un millón de toneladas de chatarra al año, un escenario que abre una ventana de oportunidades para empresas como Acerías Paz del Río, Gerdau Diaco, Grupo Siderúrgico Reyna, Sidoc y Ternium, entre otras (Bohorquez, 2022).

Para que en la ciudad aumente el porcentaje de aprovechamiento de varios tipos de residuos, es importante que se especifique cuáles son los materiales con potencial de ser aprovechados, el mercado y las tecnologías que se usan para lograr este objetivo.

6. Desarrollo de la App para el aprovechamiento de materiales

6.1 Tecnologías utilizadas para el desarrollo del aplicativo móvil SIRAMA

Empleando las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y dispositivos electrónicos de apoyo como computadoras y celulares Smartphone se desarrolló la codificación en un lenguaje de programación relativamente nuevo, el cual es una alternativa al JavaScript. El lenguaje Dart está enfocado a la programación de aplicaciones para dispositivos como smartphones y ordenadores, éste dispone de variables, operadores, enunciados condicionales, bucles, funciones, objetos y listas en donde se define la lógica del código y se puede plasmar la idea a ejecutar.

A continuación, se presentarán las tecnologías y herramientas complementarias en la realización de la herramienta app:

6.1.1 Dart

Es un lenguaje de programación de código abierto creado por Google en 2011 con la intención de proporcionar una alternativa más moderna a JavaScript. Se trata de un lenguaje especialmente optimizado para la creación de interfaces de usuario (Ridjanovic & Balbaert, 2015). Es un lenguaje declarativo fácil de leer y visualizar, por lo que no necesita de otro lenguaje como XML o JSX para la construcción de interfaces permitiendo que todo el código de la aplicación se pueda implementar en un mismo lenguaje.

Se utiliza para la creación de aplicaciones con Flutter de ciclos de desarrollo rápidos con tiempos de ejecución y lanzamiento breves en donde el código Dart puede ser compilado sobre la marcha (JIT, Just In Time), con lo que se da soporte a la funcionalidad de recarga rápida de Flutter para la actualización del código durante la ejecución acelerando los tiempos de implementación. Además, Dart permite la compilación AOT (Ahead Of Time), con lo cual se obtiene código nativo con un mucho mejor rendimiento que si se usase un lenguaje interpretado como JavaScript (Vázquez Rodríguez, 2019).

6.1.2 Flutter

Flutter es un framework de desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma creado por Google. Es de código abierto y permite construir aplicaciones tanto para Android como para iOS (Vázquez Rodríguez, 2019). El objetivo de esta herramienta es permitir a los desarrolladores construir aplicaciones multiplataforma a partir de una única base de código, la cual es compilada a código nativo para cada una de las plataformas objetivo. Además, se aprovecha de la flexibilidad de Dart en cuanto a su compilación y ejecución para obtener ciclos de desarrollo más rápidos y tiempos de ejecución más bajos.

Para el desarrollo en Flutter se construye toda la aplicación usando Dart, incluida la interfaz de usuario utilizando una programación orientada a objetos, que se conocen como widgets. En Flutter se utilizan widgets propios que pueden ser personalizados permitiendo una mayor libertad en el diseño de las aplicaciones.

Otro de los puntos fuertes de Flutter es la gran calidad de sus herramientas de desarrollo y una recarga rápida mediante la compilación JIT de Dart para reflejar los cambios en el código durante la ejecución de manera casi instantánea manteniendo el estado reduciendo los tiempos de los ciclos de desarrollo (Vázquez Rodríguez, 2019).

La decisión de usar Flutter frente a otras herramientas para el desarrollo de aplicaciones multiplataforma viene dada principalmente por ofrecer un mayor rendimiento, y utilizar un único lenguaje simple y sencillo.

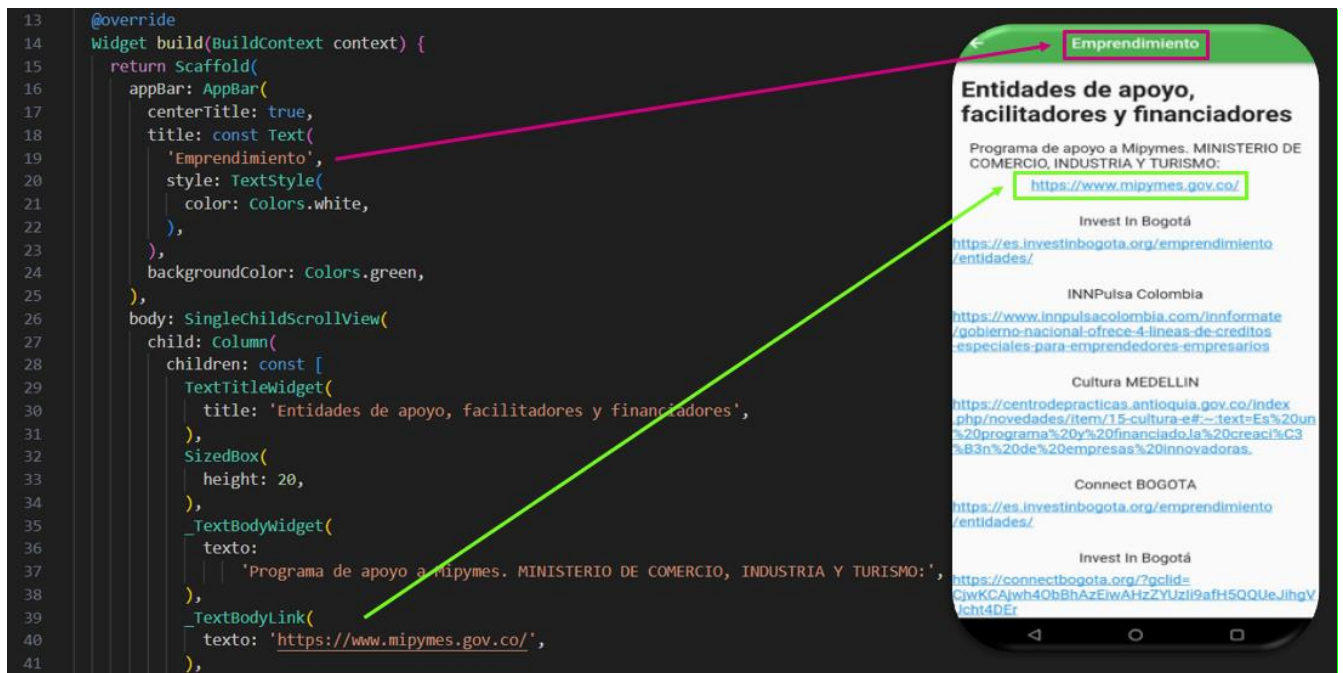
6.1.3 Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de texto desarrollado por Microsoft usando tecnologías de código abierto como Electron. Al ser solo un editor, no incorpora tantas funcionalidades como un entorno de desarrollo completo. Viene de serie con Git para el control de versiones del código, IntelliSense para la detección de errores y las sugerencias de código y herramientas de depuración integradas. El verdadero potencial de este editor se encuentra en la personalización. Más allá de la infinidad de temas y fuentes de entre los que elegir, podemos instalar extensiones de su mercado propio, la mayoría de ellas mantenidas por la comunidad. Estas extensiones añaden soporte para lenguajes específicos o proporcionan herramientas adicionales para la realización de algunas tareas (Vázquez Rodríguez, 2019, pág. 12).

Para el desarrollo de la app SIRAMA se van a utilizar las extensiones de Dart y Flutter como complementos de soporte del lenguaje y las peculiaridades del framework para ejecutar la aplicación que se está desarrollando y depurar el código desde el editor directamente (Ver Figura 12). La elección de Visual Studio Code viene dada por su velocidad puesto que la menor cantidad de características del editor de texto hacen que sea mucho más liviano y rápido.

Figura 12.

Código en el lenguaje de programación DART.



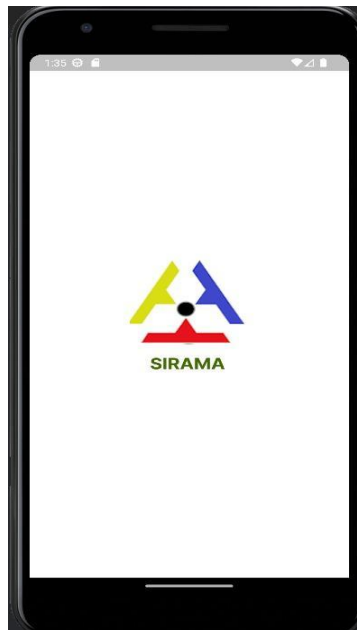
6.2 Interfaz gráfica del aplicativo móvil SIRAMA

Se implementó como apoyo el editor de código fuente Visual Studio Code y framework flutter aportando al diseño un conjunto de widgets totalmente personalizables que se utilizan para crear interfaces de manera rápida.

6.2.1 Icono del aplicativo móvil

Figura 13.

Icono del aplicativo móvil SIRAMA.



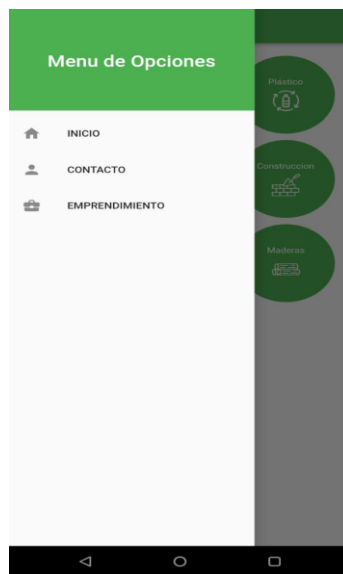
Es la pantalla que le da la bienvenida al usuario, en esta se muestra el logotipo el cual es un símbolo que identifica la aplicación SIRAMA. La imagen comprende 3 franjas con los colores

de la bandera de Colombia las cuales son un símil a las tres flechas del símbolo universal del reciclaje donde se hace referencia a las 3 erres “R” (Reusar, Reducir y Reciclar).

6.2.2 Menú de opciones

Figura 14.

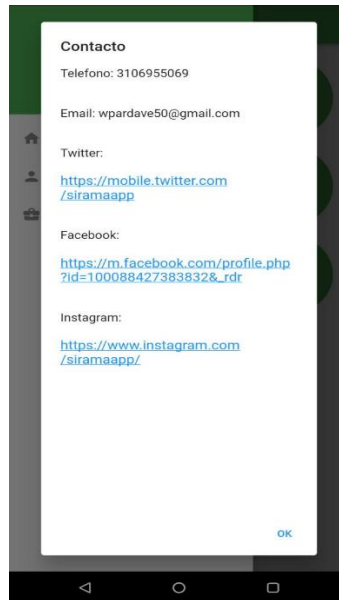
Menú de opciones del aplicativo móvil SIRAMA.



En esta sección se despliega un menú el cual cuenta con tres (3) opciones las cuales son inicio, contacto y emprendimiento. En esta zona se presentan los intereses del usuario en donde se abarca tanto el ámbito académico como el comercial.

Figura 15.

Contacto del aplicativo móvil SIRAMA.

**Figura 16.**

Emprendimientos del aplicativo móvil SIRAMA.

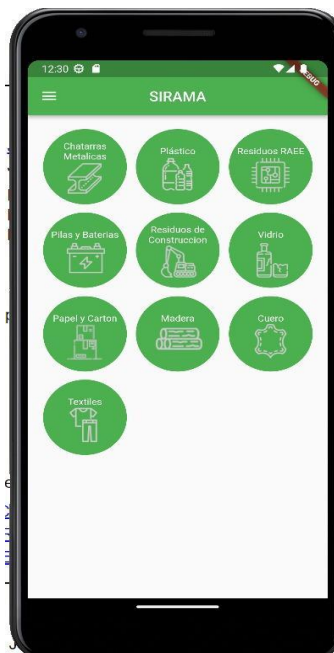


En las ilustraciones 15 y 16 se muestran las pantallas que permiten la interacción entre la persona al frente de la iniciativa, las personas interesadas, y las empresas, teniendo como objetivo ser un vínculo donde se presente información necesaria sobre los materiales aprovechables y su comercio.

6.2.3 Menú principal

Figura 17.

Menú principal del aplicativo móvil SIRAMA



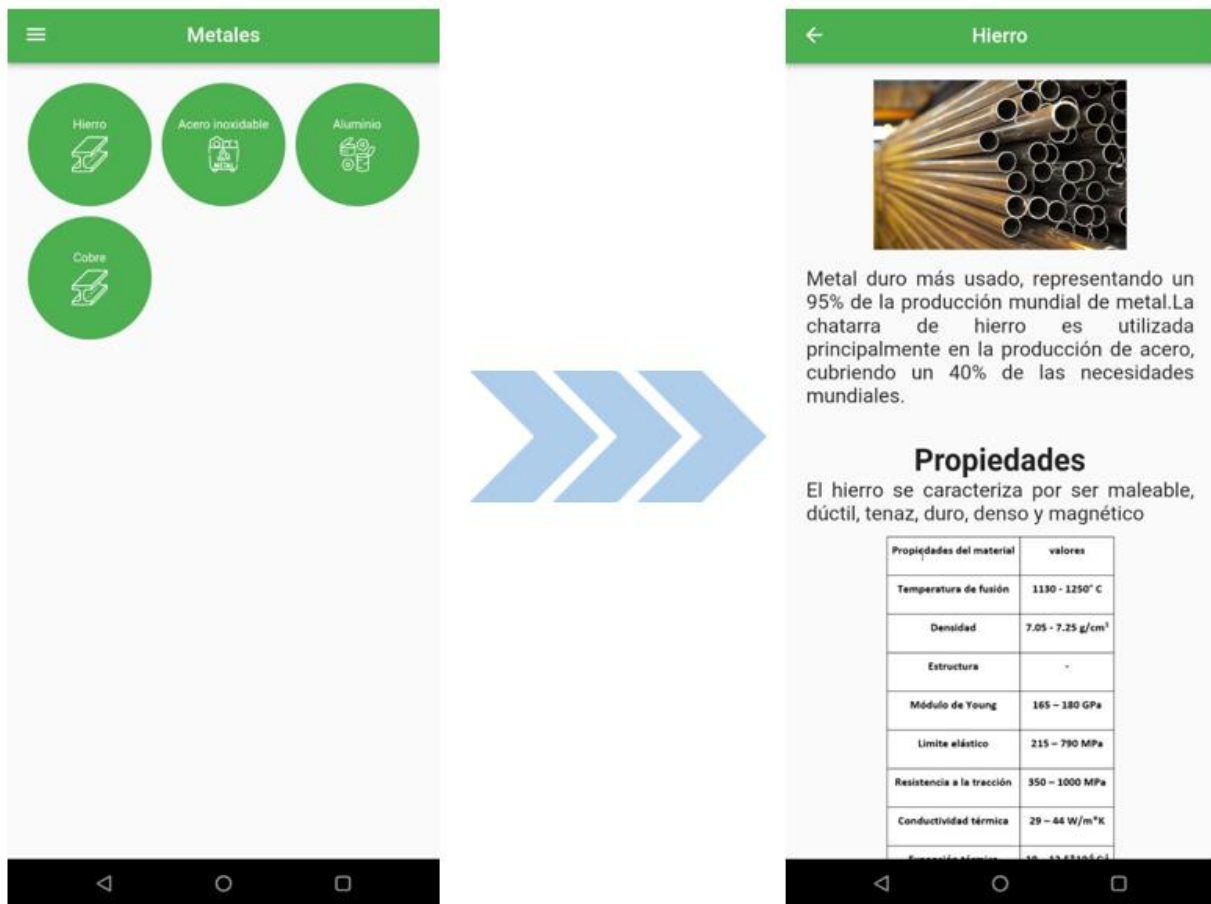
En la ilustración 17, se observa la aplicación móvil SIRAMA expuesta principalmente mediante el uso de pantallas, en las cuales se puede apreciar información sobre los materiales potencialmente reciclables. Mediante la app, los usuarios podrán identificar diferentes residuos

con el fin de resolver de manera fácil y rápida las dudas sobre su origen, tipos, propiedades y cómo aprovecharlos desde un enfoque empresarial.

6.2.4 Metales

Figura 18.

Menú de selección de metales del aplicativo móvil SIRAMA.



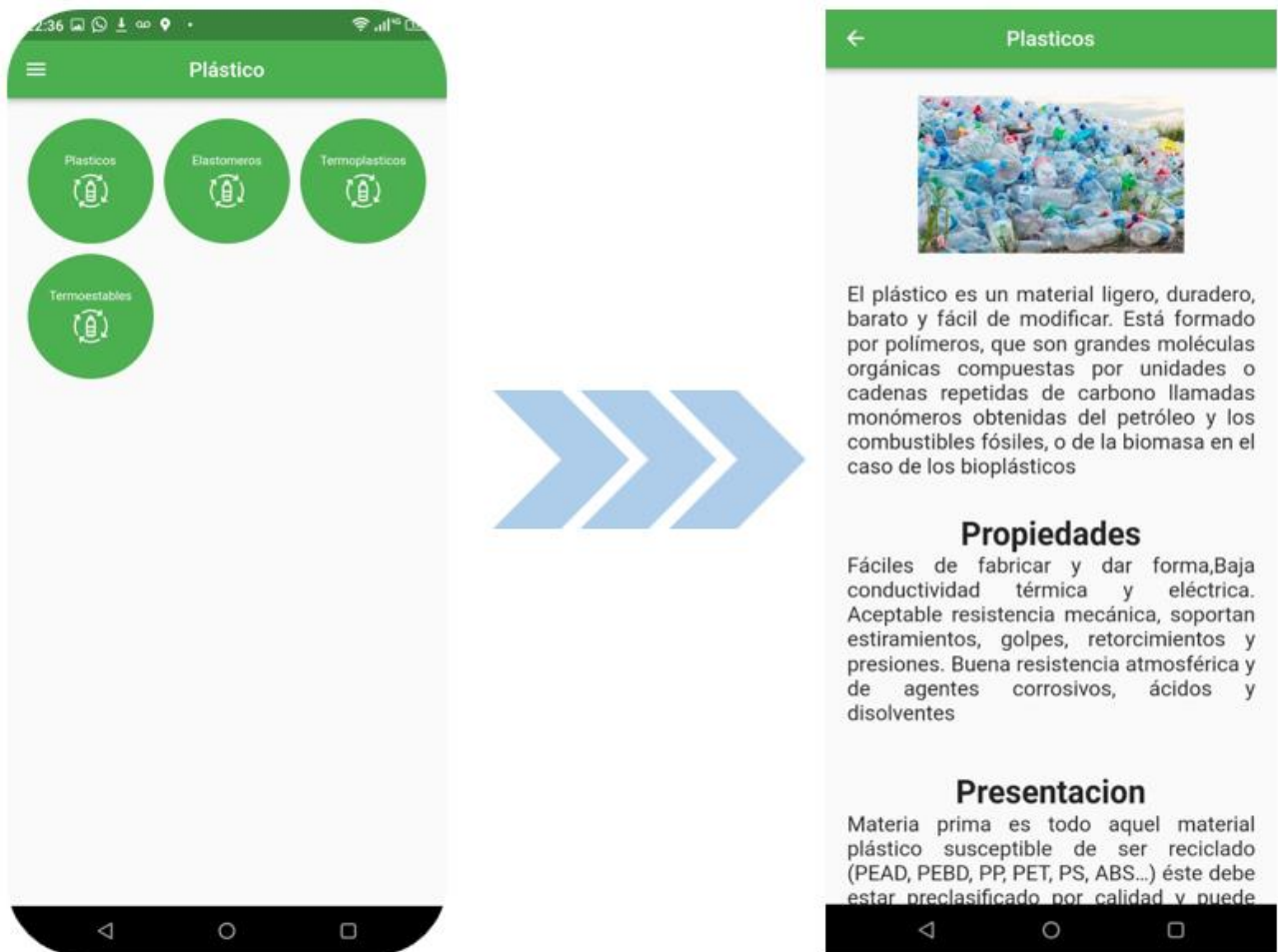
En la ilustración 18, se observan los tipos de metales cuyas chatarras son de mayor abundancia dentro del proceso de aprovechamiento de materiales. El interés por la recolección y el reciclaje de estos tipos de materiales está en que la comercialización de metales ferrosos y no ferrosos se incluye dentro del sector económico de prestación del servicio, ya que en este sector

“se agrupan todas las actividades que se relacionan con la prestación de un servicio ya sea a la comunidad, una empresa y/o las personas en general”. (Valencia, 1993). Además, se observan pantallas donde se presenta una breve descripción, modo de presentación, sus propiedades y links sobre entidades que brindan una asesoría económica de cada una de las chatarras metálicas de interés.

6.2.5 Plástico

Figura 19.

Tipos de plásticos del aplicativo móvil SIRAMA.



En la Ilustración 19, se presenta el conjunto de pantallas sobre la información correspondiente a los diferentes tipos de materiales dentro de los plásticos. Dicho conjunto comprende a los elastómeros, termoplásticos y termoestables, donde se presenta un ejemplo y una tabla de sus propiedades.

Es importante incluir a los plásticos dentro del proyecto ya que se producen bastante residuos de este material, del cual en Bucaramanga de lo que se produce, alrededor de 19140 toneladas solo se recicla el 6%.

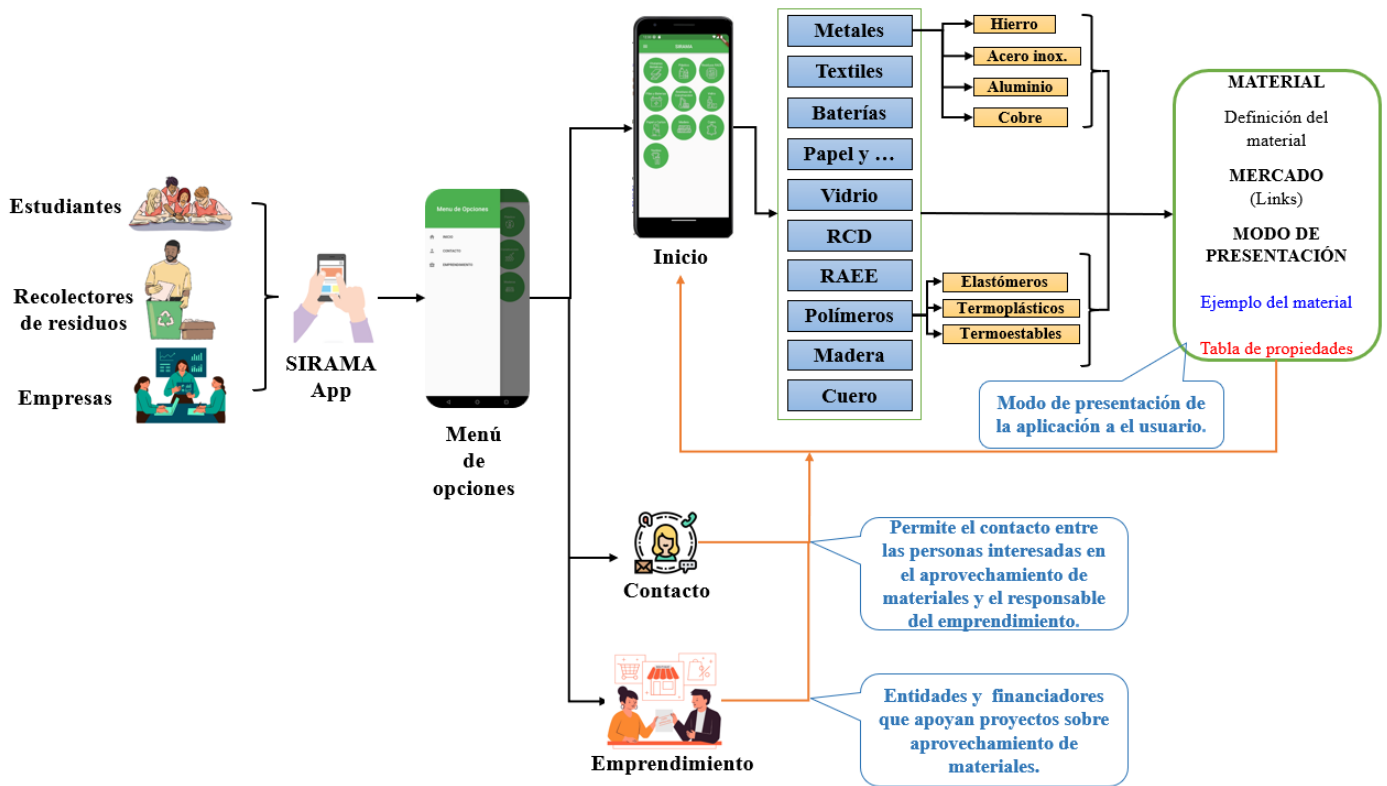
Según la caracterización de residuos que se depositan en el vertedero municipal, “del total de los residuos plásticos en disposición final el 15,7% son recipientes PET, el 10,8% es PEAD, 4,5% PVC, 38,5% de PEBD, 16,6% PS, 13% otros plásticos y unas trazas de PP” (Concejo Municipal De Bucaramanga, 2021, pág. 2)

6.3 Esquema de navegación de la App

En la ilustración 11 se muestra la estructura de navegación dentro del aplicativo móvil SIRAMA. Donde se abarca desde el usuario, el cual puede comprender un estudiante, un recolector primario y emprendedores o empresas hasta la interfaz gráfica de la aplicación.

Figura 20.

Estructura de navegación dentro del aplicativo SIRAMA.



Al ingresar a la app el usuario podrá desplegar un menú donde se encuentran tres (3) opciones que son:

6.3.1 Contacto

En esta zona el usuario podrá encontrar redes sociales y número telefónico de los responsables del emprendimiento.

6.3.2 Emprendimiento

En esta zona se presentan las empresas que se encargan de realizar una gestión y aprovechamiento adecuado de los residuos. Además, entidades que están interesadas en financiar proyectos en los que se le dé un uso posconsumo a ciertos materiales.

6.3.3 Menú principal (Inicio)

En esta zona se encuentran los materiales de interés donde se puede seleccionar que se estudia, recolecta, o que se ve financieramente aprovechable.

Dentro de esta sección se pueden elegir diez (10) distintos materiales que son de interés en el aprovechamiento de materiales, los cuales son Metales, textiles, plástico, papel y cartón, vidrio, construcción, residuos RAEE, pilas y baterías, maderas y cueros. En el caso de los metales se encuentran alternativas como hierro, acero inoxidable, aluminio y cobre; en los plásticos se encasillan los de tipo elastómero, termoplástico y termoestable.

Al ingresar a cada opción se muestra en pantalla la siguiente información:

- Título: Nombre del material.
- Modo de presentación: Indica el modo en el que cada material se presenta para su reciclaje y aprovechamiento.
- Mercado: Enlaces en los que se puede consultar el precio actual.
- Ejemplo del material: Para los metales y plásticos.
- Propiedades: En este caso se presentan las propiedades en texto o en tabla de cada material.

7. Percepción del aplicativo móvil

Para entender las dificultades que enfrenta el proceso de reciclaje y mejorar su práctica en la comunidad, se realiza el proceso de encuesta en personas relacionadas con el manejo de los

materiales, ya sea en el ámbito académico o empresarial el cual se efectúa dentro del campus universitario de la Universidad Industrial De Santander y sus alrededores.

La población a la cual se le aplicó el cuestionario, hasta la fecha, de 35 encuestados, con edades que oscilan entre 20 y 60 años, encontrándose que la mayoría un 85% está en la etapa universitaria ya que en la primera validación del funcionamiento de la app se realizó en el entorno educativo.

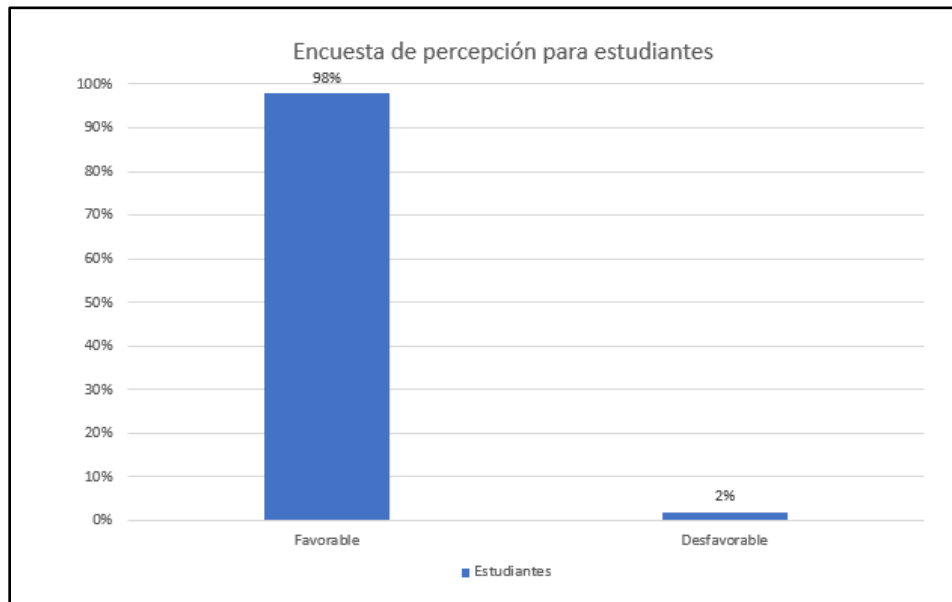
En la distribución de profesiones u ocupación de las personas interesadas se presencia que la mayoría de los entrevistados son estudiantes dado el contexto pedagógico en el que se desarrolla el aplicativo. Sin embargo, uno de los objetivos es que sea una herramienta que pueda ayudar al emprendimiento de todo tipo de personas que se desempeñen en el comercio de materiales, como lo pueden ser tanto ingenieros como grandes y pequeños empresarios en la ciudad y en otras zonas del país.

7.1 Percepción de la app en la asignatura

Realizada la encuesta a los estudiantes sobre la utilidad que encuentran en el aplicativo SIRAMA para desempeñarse en la asignatura aprovechamiento y reciclado de materiales, deja un balance positivo, puesto que el 98% de los encuestados indica que tiene una actitud positiva, comprometida y proactiva hacia el tema del reciclaje, esto se refleja en la percepción obtenida en la encuesta.

Figura 21.

Resultados de la encuesta de percepción de la asignatura



Los entrevistados indican que perciben el aplicativo móvil como una herramienta útil para complementar su aprendizaje en la asignatura de aprovechamiento y reciclado de materiales. Esto sugiere que los estudiantes son conscientes de la importancia del reciclaje y están interesados en aprender más sobre el tema. Además, la afirmación de que el aplicativo es fácil de usar y entender indica que el estudiante valora la accesibilidad y la usabilidad de las herramientas tecnológicas.

Asimismo, aseguran querer orientar a las personas que están en la cadena de reciclaje y sugieren tener una actitud proactiva y comprometida con el tema del reciclaje. Esta respuesta refleja una mentalidad de servicio y de contribución a la sociedad, lo que muestra que el estudiante podría ser un agente de cambio en su entorno y en el sector del reciclaje en general.

Por último, el compromiso de los estudiantes sobre generar una empresa con miembros de la cadena de reciclaje desempeñando funciones tecnológicas y de innovación refleja una visión

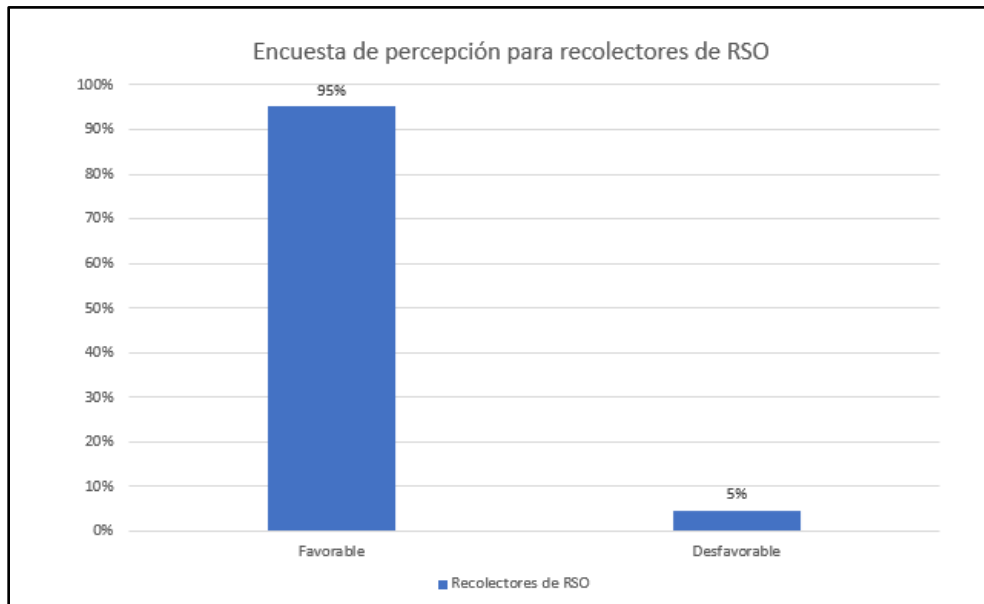
empresarial y colaborativa. Esta actitud puede ser valiosa para generar soluciones innovadoras y sostenibles en el sector del reciclaje, y contribuir a un futuro más sostenible.

7.2 Percepción del recolector primario

Los resultados de la encuesta realizada a los recolectores primarios sobre la utilidad que encuentran en el aplicativo SIRAMA en el desempeño de la recolección de residuos sólidos denota que al 95,3% de los encuestados, ven de manera útil el uso de la app para obtener información valiosa sobre el mercado de los materiales reciclables, lo que podría tener un impacto positivo en su productividad, el 4,7 % no consideran útil el uso del aplicativo, pues indican no tener acceso a un teléfono móvil.

Figura 22.

Resultados de la encuesta de percepción del recolector primario.



En relación con el conocimiento de los materiales que recolectan, se pudo constatar que los recolectores tienen un buen conocimiento sobre los materiales que recogen, entre ellos, la pasta, el aluminio, el PET (polietilentereftalato), la pasta gruesa, el bronce y el cobre. Además, el recolector primario describe el proceso de recolección que lleva a cabo, realizando un riguroso proceso de selección y separación de los materiales por categoría; encontrándose que existe un interés por parte de los entrevistados en encontrar información precisa sobre los materiales reciclables en un aplicativo móvil.

Entre la información que les gustaría encontrar en el aplicativo móvil, se incluye el seguimiento de los precios de los materiales, los materiales que están siendo comprados y cuáles ya no se compran, para poder adaptar su recolección a las necesidades del mercado. Los recolectores de materiales reciclables entrevistados se mostraron muy satisfechos con el manejo del aplicativo móvil SIRAMA, considerándolo muy fácil de utilizar.

Por último, se afirma que la percepción obtenida de los recolectores de materiales reciclables demuestra el interés y la necesidad de tener acceso a información actualizada sobre los materiales aprovechables. El uso de una aplicación móvil, como SIRAMA, puede ser una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y la productividad del trabajo de recolección de materiales reciclables.

7.3 Percepción del empresario en el sector de aprovechamiento de materiales

Los resultados de la encuesta realizada a un profesional en el aprovechamiento de materiales sobre la utilidad que encuentra en el aplicativo SIRAMA para el desempeño de la recolección de residuos sólidos, denota un interés por parte del encuestado en el desarrollo

funcional del aplicativo, aportando información y recomendaciones relevantes en el enfoque comercial. Además, resalta la utilidad de la app como un apoyo para los nuevos emprendedores en el sector de reciclaje.

El ingeniero metalúrgico entrevistado indica no conocer alguna herramienta tipo app con participación en el aprovechamiento de materiales. Sin embargo, demuestra gran interés en tener un aplicativo móvil enfocado en el mejoramiento del manejo del reciclaje, destacando la importancia que tendría para las personas que quieren comenzar a trabajar con el aprovechamiento de los materiales. Además, opina que la primera versión del aplicativo móvil SIRAMA es interesante y útil, aunque esté más dirigido a la escuela que al ámbito comercial, afirmando que el aplicativo podría tener una mejor adaptación al público empresarial, incluyendo herramientas y funcionalidades que permitan mejorar el proceso de reciclaje y comercialización de materiales.

En cuanto a los temas que le gustaría encontrar en el aplicativo SIRAMA, el profesional destaca la importancia de contar con una clasificación detallada, enfatizando en la necesidad de que esta sea más explícita, ya que algunos materiales como el cartón y el papel tienen clasificaciones diferentes y deben manejarse por separado. Además, sugiere incluir información sobre cómo se recibe el material y cómo se debe manejar para garantizar su calidad y evitar contaminaciones, lo que demuestra un interés del profesional en encontrar en la app SIRAMA información detallada y precisa que le ayude a trabajar de manera más efectiva en el campo del reciclaje.

8. Conclusiones

A nivel global el residuo que más se genera es el que proviene de la construcción y demolición (RCD) de los cuales no se aprovecha la mitad de lo que se produce, así como sucede con otros tipos de materiales cuya producción como desecho se ha incrementado pero su reciclaje no lo ha hecho al mismo ritmo. Por esta razón es importante realizar un registro de la cantidad de residuos sólidos generada y aprovechada para comprender el panorama que se presenta en el país y en la ciudad de Bucaramanga para, por medio del aplicativo móvil, promover y ayudar al aumento de la tasa de recuperación de materiales en la región.

El aplicativo móvil SIRAMA versión 1.0 presenta una interfaz gráfica cómoda de manipular donde se presenta información sobre las características, tipos, mercado y contactos sobre materiales que pueden ser aprovechados. Sin embargo, aún requiere ajustes en detalles de presentación de la información los cuales pueden ser pulidos en posteriores modelos.

El aplicativo móvil es una herramienta que, aunque tiene aspectos por mejorar y se necesita de capacitación tiene posibilidades de relacionarse con estudiantes, ingenieros y comerciantes de gran y pequeña escala en donde existe un interés en el uso de la app como medio de emprendimiento para el aprovechamiento de los materiales desde un enfoque empresarial llegando a contribuir al desarrollo educativo y socioeconómico de diferentes personas y zonas del país.

9. Recomendaciones

Se realizaron pruebas en personas que se dedican a diferentes actividades los cuales están relacionados con el aprovechamiento de los materiales, sin embargo, aún existe desconocimiento en esta área en donde es necesario informar a la ciudadanía e impulsar el uso de aplicaciones de este tipo e inclusive realizar una versión mejorada del aplicativo propuesto.

Para el ámbito comercial, se debe manejar el rubro del papel y el cartón de forma independiente ya que hay varios tipos de presentación y composición de estos materiales, donde cabe destacar que la forma en la que se recibe este tipo de elementos influye en su precio y su posterior tratamiento.

Referencias Bibliográficas

- Albis Pérez, I. P. (2019). *Solo se aprovecha el 2% de los residuos generados en el área metropolitana de Bucaramanga*. Vanguardia Liberal: <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/solo-se-aprovecha-el-2-de-los-residuos-generados-en-el-area-metropolitana-de-bucaramanga-EJ1083060>
- Alcaldía de Bucaramanga. (2022). *Actualización Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2022 - 2033*.
<https://santandercompetitivo.org/media/5668f645c52394c8433c5ef5df040e2f7aec9496.pdf>
- Alves, B. (2023). *Generación de residuos municipales en todo el mundo a partir de 2020, por país seleccionado*. Statista: <https://www.statista.com/statistics/916749/global-generation-of-municipal-solid-waste-by-country/#statisticContainer>
- ANDI . (2018). *Sector papelero en Colombia crece y se destaca por su compromiso con el desarrollo sostenible*. [https://www.andi.com.co/Home/Noticia/3294-sector-papelero-en-colombia-crece-y-se-d#:~:text=La%20tasa%20de%20recolecti%C3%B3n%20de,55%2C%25\)%2C%20y%20cercana](https://www.andi.com.co/Home/Noticia/3294-sector-papelero-en-colombia-crece-y-se-d#:~:text=La%20tasa%20de%20recolecti%C3%B3n%20de,55%2C%25)%2C%20y%20cercana)
- Aristizábal-Alzate, C. E., González-Manosalva, J. L., & Vargas, A. F. (2021). Revalorización de residuos de equipos eléctricos y electrónicos en Colombia: una alternativa para la obtención de metales preciosos y metales para la industria. *TecnoLógicas* 24 (51).
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992021000200186
- BIR. (s.f.). *Paper*. <https://www.bir.org/the-industry/paper>

Bohorquez, K. S. (2022). *Así se crean segundas oportunidades para la 'chatarra' en Colombia.*

<https://forbes.co/2022/07/22/negocios/asi-se-crean-segundas-oportunidades-para-la-chatarra-en-colombia>

Bujvar Construcciones S.A. (s.f.). *¿Sabías que...? El acero es el material más reciclado del mundo.*

Contrato Interadministrativo CI-049-2018. (2018). *Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular .*

<https://www.andi.com.co/Uploads/Documento%20An%C3%A1lisis%20Nacional.pdf>

Curran, P. (2021). *The Economics Around Lithium-Ion Battery Recycling Are Strong and Growing.* <https://glginsights.com/articles/the-economics-around-lithium-ion-battery-recycling-are-strong-and-growing/>

DANE. (2020). *Consumo intermedio de productos residuales por actividades económicas, reporte de economía circular de la DANE.*

<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/economia-circular/economia-circular-1-reporte.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Guía Nacional para la adecuada separación de residuos sólidos 2022.* <https://economiecircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/06/guia-nacional-para-la-adecuada-gestion-de-residuos-colombia-2022.pdf>

Duarte Camacho, J. S., Carreño Granados, J. R., Prieto Triana, C. E., Yesquin Mora, E. Y., & Acero Rincón, A. E. (2019). *Propuesta para mejorar la eficiencia en la recolección de*

residuos sólidos en el área metropolitana de Bucaramanga basada en la economía colaborativa. Universidad Autónoma de Bucaramanga.

<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/244/240>

EcoComputo. (2018). *Informe de Gestión 2017.*

<https://ecocomputo.com/sites/default/files/InformeDeGestion2017InformeAutoridadNacional.pdf>

Exposición de Motivos. Proyecto de Acuerdo N° 010 de 2020. (2021). *Por medio del cual se establecen medidas para restringir la adquisición y utilización de los plásticos de un sólo en las entidades públicas del municipio de Bucaramanga y se dictan medidas para promover prácticas ambientalmente responsables.* Concejo Municipal de Bucaramanga :

https://www.concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2021/PROYECTO_DE_ACUERDO_010.pdf

Grand View Research, Inc. (2020). *Metal Recycling Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Aluminum, Steel, Copper), By Application (Construction, Automotive, Consumer Goods), By Region, And Segment Forecasts, 2020 - 2027.*

[https://earth.org/statistics-about-fast-fashion-](https://earth.org/statistics-about-fast-fashion-waste/#:~:text=Globally%2C%20just%2012%25%20of%20the,inadequate%20technologies%20to%20recycle%20them)

[waste/#:~:text=Globally%2C%20just%2012%25%20of%20the,inadequate%20technologies%20to%20recycle%20them](https://earth.org/statistics-about-fast-fashion-waste/#:~:text=Globally%2C%20just%2012%25%20of%20the,inadequate%20technologies%20to%20recycle%20them)

International Aluminium Institute (IAI) . (2020). *International Aluminium Institute publishes global recycling data.*

Kilvert, N. (2021). *E-waste surges in 2021 as world sends goldmine to landfill.*

<https://www.abc.net.au/news/science/2021-10-14/e-waste-electronics-landfill-gold-landfill-recycling/100524744>

- Maestre, L. (2022). *El reciclaje del plástico se queda corto en Colombia*. El País:
<https://elpais.com/america-colombia/2022-11-05/el-reciclaje-del-plastico-se-queda-corto-en-colombia.html>
- Mendivil, M. (2015). *Diseño de la interfaz de una aplicación móvil y web para la gestión de Residuos Sólidos Urbanos*. [Trabajo Fin de Máster] Universidad de Granada.
- Ministerio de Agricultura. (2021). *Boletín Estadístico Forestal*. https://fedemaderas.org.co/wp-content/uploads/2021/11/BOLETIN_FORESTAL_SEPTIEMBRE_WEB1.pdf
- Monterrosa Blanco, H. (2018). *Se generan 130.000 toneladas de residuos electrónicos al año*. La Republica: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/se-generan-130-000-toneladas-de-residuos-electronicos-al-ano-2773068#:~:text=Seg%C3%BAn%20estimaciones%20de%20la%20Organizaci%C3%B3n,para%20que%20no%20se%20acumulen>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Datos y cifras*. <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures#:~:text=Cada%20a%C3%B1o%20se%20recolecta%20en,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero>
- Orozco Mazo, A. (2022). *Diagnóstico de la gestión y manejo de residuos textiles en Medellín con el fin de establecer estrategias de aprovechamiento a Empresas Varias de Medellín S.A E.S.P.* [Informe de prácticas] Universidad de Antioquia.
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/30129/1/OrozcoAnamaria_2022_DiagnosticoManejoTextiles.pdf
- Ortega F., R. (1995). *Introducción a la Recuperación y Reciclado de los metales no férreos*. España .
- Pineda Arenas, J. L. (2021). *Video: Así operan las rutas de reciclaje en Bucaramanga y su área*.

[https://www.portafolio.co/economia/papel-y-carton-un-negocio-que-no-muere-](https://www.portafolio.co/economia/papel-y-carton-un-negocio-que-no-muere-524269#:~:text=En%20Colombia%20se%20produce%20alrededor,reciente%20informe%20de%20la%20Andi)

[524269#:~:text=En%20Colombia%20se%20produce%20alrededor,reciente%20informe%20de%20la%20Andi](https://www.portafolio.co/economia/papel-y-carton-un-negocio-que-no-muere-524269#:~:text=En%20Colombia%20se%20produce%20alrededor,reciente%20informe%20de%20la%20Andi)

Portafolio. (2019). *Industria del acero es la mayor recicladora del país*'.

<https://www.portafolio.co/negocios/la-industria-del-acero-es-el-mayor-reciclador-del-pais-529838>

Restrepo de la Pava, J. (s.f.). *Used Batteries: From Chemical Cocktails of Hazardous Waste to Sources of New Materials*. Universidad de Antioquia:

<https://udea.edu.co/wps/portal/udea/web/generales/ingles!/ut/p/z0/fcwxD4IwEIbhX-NoriBWHYmDkTg4wi3mbC9axBboYfz5Ficnx-fLmw8QakBPL3cjccFTI9ygvmx3-zwrC3VSutCq1OdivckPq-qYQQX4P0gPrh0GLAFN8MJvgboPo1A3WaaFovire3jyvH1T72yIsyxHIUNJ0Tj2JiVTZLu8kgiPjiP0D2w-w>

Revista Semana. (2022). *El acero que transforma a Colombia proviene del reciclaje*.

<https://www.semana.com/mejor-colombia/articulo/acero-reciclado-asi-es-el-nuevo-modelo-de-produccion-de-esta-industria-en-colombia/202245/>

Ridjanovic, D., & Balbaert, I. (2015). *Learning Dart. 2 nd ed*. Packt Publishing.

Rodrigo-Illarri, J., Vargas-Terranova, C.-A., Rodrigo-Clavero, M.-E., & Bustos-Castro, P.-A.

(2021). Advances on the Implementation of Circular Economy Techniques in Rural Areas in Colombia under a Sustainable Development Framework. *Sustainability* 13(7), 3816. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/7/3816>

Ruiz, A. (s.f.). *25 Plastic Waste Statistics That Will Shock You*. <https://theroundup.org/plastic-waste-statistics/>

- Sierra Perdomo, N. (2020). *Residuos de construcción y demolición (RCD), construcción en la ciudad de Bogotá y la metodología PMBOK*. Universidad Militar Nueva Granada.
- SL Recycling. (s.f.). *Benefits of Recycling Wood*. <https://www.slrecyclingltd.co.uk/benefits-of-recycling-wood/>
- Statista Research Department. (2021). *Volumen de producción de papel y cartón a nivel mundial 2018-2018*. <https://es.statista.com/estadisticas/600577/volumen-de-produccion-de-papel-y-carton-a-nivel-mundial/#:~:text=La%20estad%C3%ADstica%20muestra%20la%20evoluci%C3%B3n,y%20cart%C3%B3n%20a%20nivel%20mundial>
- Statista Research Department. (2022). *Evolución anual de la cantidad de cobre reciclado a nivel mundial desde 2011 hasta 2021*. <https://es.statista.com/estadisticas/1140062/cantidad-de-cobre-reciclado-a-nivel-mundial/>
- Suárez-Silgado, S. S., Betancourt Quiroga, C., Molina Benavides, J., & Mahecha Vanegas, L. (2019). La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión. *Entramado 15 (1) Enero - Junio*, 224-244. <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v15n1/1900-3803-entra-15-01-224.pdf>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Colombia. (2021). *Informe nacional de disposición final de residuos sólidos 2020*. <https://www.consumer.ftc.gov/articles/0018-understanding-mobile-apps>
- The World Counts. (s.f.). *5,690,866,480 Toneladas de residuos sólidos generados*. <https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/state-of-the-planet/solid-waste>
- Tiseo, I. (2018). *Key figures on glass recycling worldwide as of 2018*.

- TW Energy. (2019). *Colombia apuesta por el reciclaje de vidrio*. <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/reciclaje/colombia-apuesta-por-el-reciclaje-de-vidrio-618/#:~:text=Al%20a%C3%B1o%20reciclan%20120.000%20toneladas,m%C3%A1s%20de%20100%20referencias%20distintas>
- Valencia, J. L. (1993). *Chatarra: recurso desperdiciado*. El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-75987>
- Vázquez Rodríguez, V. (2019). *Desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma con Flutter*. [Trabajo de Grado] Universidad de Almería. http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/8010/TFG_VAZQUEZ%20RODRIGUEZ%20C%20VICTOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Woo-hyun, S. (2021). *[Herald Interview] Korean startup turns leather scraps into yarn*. <https://www.weforum.org/agenda/2022/06/recycling-global-statistics-facts-plastic-paper/#:~:text=More%20than%2050%20million%20tons,of%20corrugated%20cardboard%20was%20recycled>
- Zapata Bravo, Á., Vieira Escobar, V., Zapata-Domínguez, Á., & Rodríguez-Ramírez, A. (2021). La Economía Circular de las botellas PET en Colombia. *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle)*, vol. 37, no. 70, e2310912. <https://www.redalyc.org/journal/2250/225069432004/html/>

Apéndices

Apéndice A. Menú principal

Figura 22.

Textiles del aplicativo móvil SIRAMA.



Figura 23.

Papel y cartón del aplicativo móvil SIRAMA.



Figura 24.

Vidrio del aplicativo móvil SIRAMA



Figura 25.

Materiales de construcción del aplicativo móvil SIRAMA



Figura 26.

Residuos RAEE del aplicativo móvil SIRAMA



Figura 27.

Pilas y baterías del aplicativo móvil SIRAMA

**Figura 28.**

Madera del aplicativo móvil SIRAMA.



Figura 29.

Cuero del aplicativo móvil SIRAMA

**Apéndice B. Percepción del aplicativo móvil SIRAMA****Figura 30.**

Recolector primario usando el aplicativo SIRAMA.

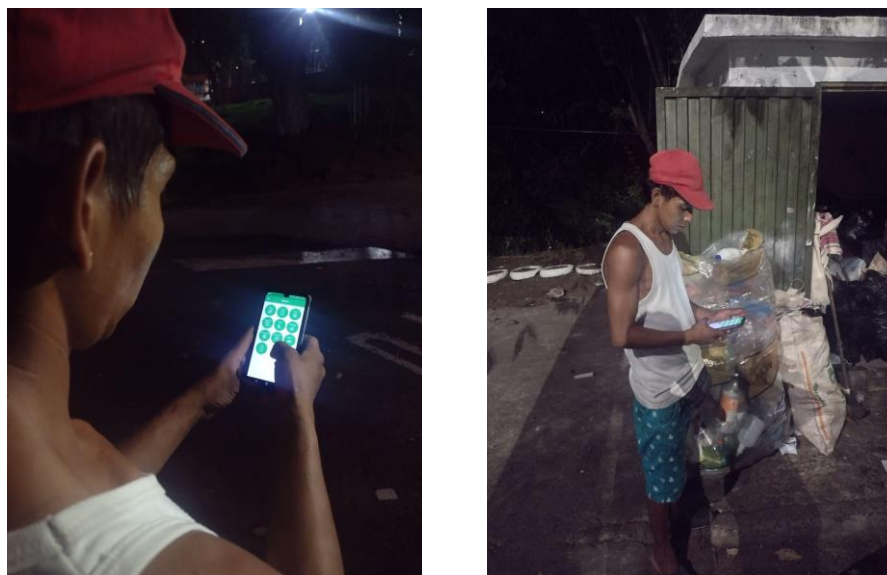
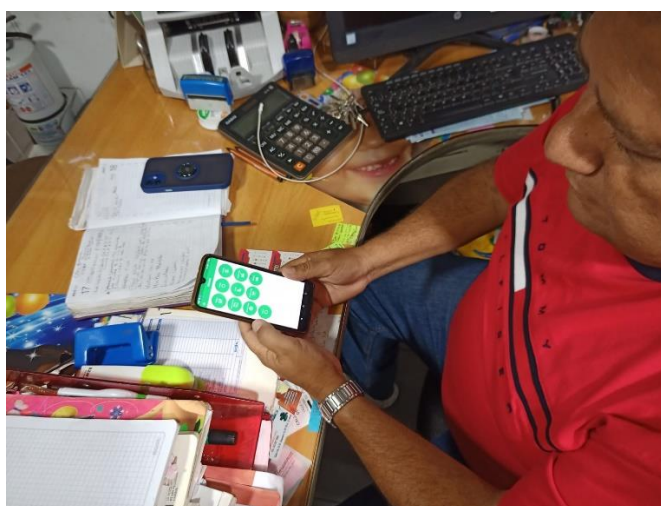


Figura 31.

Profesional del sector reciclador haciendo uso del aplicativo SIRAMA.



Apéndice C. Codificación del aplicativo móvil SIRAMA

Figura 32.

Líneas de código del aplicativo SIRAMA.

Codificación en lenguaje de programación Dart editado y compilado en Visual Studio Code de la pantalla que muestra la zona de contacto en el menú de opciones de la aplicación.

```
import 'package:flutter/material.dart';
import 'package:sirama_app/src/utils/utils_launcher.dart';

class DrawerCustom extends StatelessWidget {
  const DrawerCustom({Key? key}) : super(key: key);

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Drawer(
      child: ListView(
        padding: EdgeInsets.zero,
        children: <Widget>[
          const DrawerHeader(
            child: Center(
              child: Text(
                'Menu de Opciones',
                style: TextStyle(
                  color: Colors.white,
                  fontSize: 25,
                ),
              ),
            ),
          decoration: BoxDecoration(
            color: Colors.green,
          ),
        ],
        ListTile(
          leading: const Icon(Icons.home),
          title: const Text('INICIO'),
          onTap: () {
            Navigator.pushReplacementNamed(context, 'home');
          },
        ),
        ListTile(
```

```
leading: const Icon(Icons.person),
title: const Text('CONTACTO'),
onTap: () {
  // Alert dialog
  showDialog(
    context: context,
    builder: (context) {
      return AlertDialog(
        title: const Text('Contacto'),
        content: Column(
          crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
          // ignore: prefer_const_literals_to_create_immutables
          children: [
            const Text('Telefono: 3106955069'),
            // ignore: prefer_const_constructors
            SizedBox(
              height: 40,
            ),
            const Text('Email: wpardave50@gmail.com'),
            SizedBox(
              height: 40,
            ),
            const Text('Twitter:'),
            _TextBodyLink(
              texto: ' https://mobile.twitter.com/siramaapp',
            ),
            SizedBox(
              height: 40,
            ),
            const Text('Facebook:'),
            _TextBodyLink(
              texto:
                '
https://m.facebook.com/profile.php?id=100088427383832&_rdr',
            ),
            SizedBox(
              height: 40,
            ),
            const Text('Instagram:'),
            _TextBodyLink(
              texto: ' https://www.instagram.com/siramaapp/',
            ),
          ],
        ),
        actions: <Widget>[
```

```
        TextButton(  
          child: const Text('OK'),  
          onPressed: () {  
            Navigator.of(context).pop();  
          },  
        ),  
      ],  
    );  
  },  
);  
),  
ListTile(  
  leading: const Icon(Icons.business_center),  
  title: const Text('EMPRENDIMIENTO'),  
  onTap: () {  
    Navigator.pushNamed(context, 'emprendimiento');  
  },  
),  
],  
),  
);  
}  
}  
  
class _TextBodyLink extends StatelessWidget {  
  const _TextBodyLink({Key? key, required this.texto}) : super(key: key);  
  
  final String texto;  
  
  @override  
  Widget build(BuildContext context) {  
    return InkWell(  
      onTap: () {  
        UtilsLauncher.navegarWebTexto(texto);  
      },  
      child: Text(  
        texto,  
        textAlign: TextAlign.justify,  
        style: const TextStyle(  
          color: Colors.blue,  
          decoration: TextDecoration.underline,  
          fontSize: 18.0),  
        ),  
    );  
  }  
};
```

Apéndice D. Tabla de la cantidad de material reciclado aproximado por toneladas anuales entre 2018 y 2021.

Tipo de material	Cantidad de residuos sólidos					
	Reportada s del material	Global Reciclado del material	Reportada s del material	Colombia Reciclado del material	Reportadas del material	Bucaramanga Reciclado del material
Metales		719,8 M (Grand View Research, Inc., 2020)		1 M (Portafolio, 2019)		42 (Alcaldía de Bucaramanga , 2022)
Chatarra de Hierro		650 M ¹	1.25M ²	732000 (DANE, 2020)		
Acero inoxidabl e		500 M (Bujvar Construccione s S.A., 2019)		547000 (DANE, 2020)		
Chatarra de Aluminio	60M ³	30 M International Aluminium Institute (IAI) , 2020)				13 (Alcaldía de Bucaramanga , 2022)
Chatarra de cobre	24M ⁴	9.23 M (Alcaldia De Bucaramanga, 2021)				2 (Alcaldía de Bucaramanga , 2022)

¹ El acero es el material más reciclado del mundo: al año se reciclan 650 millones de toneladas. En Colombia, Gerdau Diaco transforma, anualmente, más 360 mil toneladas de chatarra ferrosa. (Revista Semana, 2022)

² La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI)166 , indica que en 2017 la industria siderúrgica colombiana alcanzó una producción de 1.349.009 toneladas de productos largos de acero. Sin embargo, se estima que para el 2018 la producción de largos de acero se encuentre alrededor de 1.245.167 millones de toneladas, presentando una caída de 7,7 % frente al 2017. “El aluminio es actualmente el segundo metal más utilizado en el mundo después del acero, con una producción de 60 millones de toneladas (Mt) en 2017”221, “mientras que la producción de cobre fue de 24 Mt”2 (Contrato Interadministrativo CI-049-2018, 2018)

³ Ibíd.

⁴ Ibíd.

Tipo de material	Cantidad de residuos sólidos					
	Global		Colombia		Bucaramanga	
	Reportadas del material	Reciclado del material	Reportadas del material	Reciclado del material	Reportadas del material	Reciclado del material
Plástico	368M (Ruiz, s.f.)	66.24 M (Ruiz, s.f.)	1,25 M (Zapata Bravo, Vieira Escobar, Zapata-Domínguez, & Rodríguez-Ramírez, 2021)	300 mil (Maestre, 2022)	19140 (Exposición de Motivos. Proyecto de Acuerdo N° 010 de 2020, 2021)	1148.4 (Exposición de Motivos. Proyecto de Acuerdo N° 010 de 2020, 2021)
Papel y cartón	420M (BIR, s.f.) Statista Research Department, 2021)	273 M (World Economic Forum, 2022)	1.2 M (Portafolio, 2018)	820 mil (ANDI, 2018)	11400 (Alcaldía de Bucaramanga, 2022)	1821 (Alcaldía de Bucaramanga, 2022)
Vidrio	129M (Tiseo, 2018)	27 M (Tiseo, 2018)	-	120 mil (TW Energy, 2019)	3600 (Alcaldía de Bucaramanga, 2022)	337 (Alcaldía de Bucaramanga, 2022)
RCD	6,5 mil millones (Suárez-Silgado, Betancourt Quiroga, Molina Benavides, & Mahecha Vanegas, 2019)	2500 M (Suárez-Silgado, Betancourt Quiroga, Molina Benavides, & Mahecha Vanegas, 2019)	22 M (Suárez-Silgado, Betancourt Quiroga, Molina Benavides, & Mahecha Vanegas, 2019)	8.8 M (Sierra Perdomo, 2020)	$\bar{x} = 37949$ (Alcaldía de Bucaramanga, 2022)	7 (Alcaldía de Bucaramanga, 2022)
Residuos RAEE	57,4M (Kilvert, 2021)	10M (Kilvert, 2021)	130 mil (Monterrosa Blanco, 2018)	0 (Aristizábal -Alzate, González-Manosalva, & Vargas, 2021)	18.814 (EcoComputo, 2018)	0 (CJS Canecas, 2015)

Tipo de material	Cantidad de residuos sólidos					
	Global		Colombia		Bucaramanga	
	Reportadas del material	Reciclado del material	Reportadas del material	Reciclado del material	Reportadas del material	Reciclado del material
Residuos de pilas y baterías		460 mil (Curran, 2021)	11 mil (CJS Canecas, 2015)	3630 (Restrepo de la Pava, s.f.)	1.479 (Albis Pérez, 2019)	
Madera	16M (SL Recycling, s.f.)	2.4M (SL Recycling, s.f.)	1.3 M (Ministerio de Agricultura, 2021)	-	1500 (Alcaldía de Bucaramanga, 2022)	0 (Alcaldía de Bucaramanga, 2022)
Textiles	92M (Igini, 2022)	11M (Igini, 2022)	799100 (Orozco Mazo, 2022)	8mil (Orozco Mazo, 2022)	10500 (Alcaldía de Bucaramanga, 2022)	
Cuero	7 M (Woo-hyun, 2021)	959000 (Woo-hyun, 2021)	11.3 M (Rodrigo-Ilarri, Vargas-Terranova, Rodrigo-Clavero, & Bustos-Castro, 2021)	974039 (Rodrigo-Ilarri, Vargas-Terranova, Rodrigo-Clavero, & Bustos-Castro, 2021)		