

**ESQUEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS COMUNES
PARA LA UPB BAJO EL CONCEPTO DE ECONOMÍA CIRCULAR**

**PRESENTADO POR
ANDRÉS CAMILO CARVAJAL SUÁREZ
ID: 00219212**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

**ESQUEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS COMUNES
PARA LA UPB BAJO EL CONCEPTO DE ECONOMÍA CIRCULAR**

**ANDRÉS CAMILO CARVAJAL SUÁREZ
ID: 00219212**

**DIRECTOR ACADÉMICO
Sandra Rocío Villamizar, PhD.
Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

Nota de aceptación:

Firma Presidente del Jurado

Firma Jurado N°1

Firma Jurado N°2

Bucaramanga, Julio de 2018

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi familia, a mis padres Martin e Iveth, a mi hermano Juan Felipe, y a mis abuelos Macario y Lili, por el constante apoyo que me dieron para ver culminado mi proyecto de Ingeniería Civil.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.2 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos específicos	5
3. MARCO NORMATIVO	6
4. MARCO TEÓRICO.....	11
4.1 Economía circular	11
4.2 Jerarquía de los residuos sólidos.....	14
4.3 Criterios para la separación en la fuente.	15
5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	17
6. CONTEXTO INTERNACIONAL, NACIONAL Y LOCAL DEL RECICLAJE.....	23
6.1 Contexto internacional	23
6.2 Contexto nacional	26
6.3 Contexto local	29
7. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA UPB.....	34
8. REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACTIVIDADES DE LA CONSTRUCCIÓN.....	42
Aplicaciones en el sector de la construcción.	42
9. PROPUESTA	54
10. CONCLUSIONES	62
11. BIBLIOGRAFÍA	65

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Principios de la Economía Circular	12
Figura 2. Jerarquía de los residuos.....	15
Figura 3. Código de colores para separación en la fuente.....	16
Figura 4. Metodología	17
Figura 5. Participación mundial de países en la generación de basuras urbanas	25
Figura 6. Países de la OCDE que más reciclan.....	26
Figura 7. División política Área Metropolitana de Bucaramanga.....	29
Figura 8. Organizaciones formales de reciclaje en el área metropolitana de Bucaramanga.....	30
Figura 9. Porcentaje de aprovechamiento de residuos sólidos Totales por municipio del AMB (%/mes)	31
Figura 10. Cobertura del servicio público de aseo de servicios aprovechables	31
Figura 11. Porcentaje de Residuos Sólidos Aprovechados	32
Figura 12. Caracterización de los residuos sólidos aprovechados por organización de recicladores.....	33
Figura 13. Localización general del área de estudio - Universidad Pontificia Bolivariana (UPB)	34
Figura 14. Generación diaria de residuos.	35
Figura 15. Residuos aprovechables generados en los años 2015 – 2017.....	36
Figura 16. Residuos generados en el primer trimestre 2018.	37
Figura 17. Separación de papel de archivo	38
Figura 18. Separación de cartón.....	38
Figura 19. Separación de papel periódico	38
Figura 20. Registro fotográfico separación de envases plásticos y tapas.....	39
Figura 21. Separación de envases y tapas.....	39
Figura 22. Separación de bolsas plásticas	39
Figura 23. Tipo de plástico para pasta de color (muestra)	40
Figura 24. Tipo de plástico para pasta transparente (muestra)	40

Figura 25. Tramo de carretera proyecto POLIMIX.	43
Figura 26. Bolardo fabricado con caucho reciclado.	44
Figura 27. Edificio ECOARK.....	45
Figura 28. Bloques PET.....	45
Figura 29. Panel multiuso en tecnología WPC.....	47
Figura 30. Ladrillos de plástico.....	47
Figura 31. Viviendas de un piso.....	48
Figura 32. Bloque de plástico reciclado BRICKARP.....	49
Figura 33. Propuestas de viviendas con ladrillos BRICKARP.....	49
Figura 34. Sistema BLOCKARP- Bloque de papel.....	50

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Lineamientos internacionales que soportan la implementación de la economía circular en las organizaciones.	7
Tabla 2. Normas nacionales que soportan los objetivos del trabajo de grado	7
Tabla 3. Normas locales que soportan los objetivos del trabajo de grado	10
Tabla 4. Clasificación de residuos sólidos.	19
Tabla 5. Clasificación de los plásticos.	20
Tabla 6. Listado de producción de residuos	28
Tabla 7. Distribución poblacional para el área metropolitana de Bucaramanga	30
Tabla 8. Composición por peso de la pasta para población y muestra	40
Tabla 9. Características y beneficios de los aditivos MR6, MR8 y MR10	51
Tabla 10. Precios de materiales reciclados (Bello Renacer)	55
Tabla 11. Precios de materiales reciclados (Ekoplanet)	55
Tabla 12. Generación de residuos por año en kilogramos	56
Tabla 13. Valores anuales estimados por venta de material reciclado	56

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ESQUEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS COMUNES PARA LA UPB BAJO EL CONCEPTO DE ECONOMÍA CIRCULAR

AUTOR(ES): Andrés Camilo Carvajal Suárez

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Sandra Rocío Villamizar Amaya

RESUMEN

El modelo de economía circular se basa en un sistema de aprovechamiento de recursos, apostando por la reutilización de los elementos que, por sus propiedades, no pueden volver al medio ambiente. Las instituciones educativas generan residuos aprovechables de diferentes tipos que tienen potencialidades de reutilización. Este trabajo se enfoca en la evaluación y formulación de una propuesta de reúso de desechos producidos en el interior del campus de la Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, con fines de utilización en la Ingeniería Civil. El documento presenta una revisión de los marcos normativos, conceptual y contextual del reúso de los residuos sólidos en el marco de la economía circular con aplicabilidad en la construcción; una caracterización de los residuos aprovechables producidos al interior de la Universidad; una revisión de las diferentes propuestas comerciales que existen en términos del reúso de residuos en actividades relacionadas a la Ingeniería Civil; y finalmente, desarrolla una propuesta de reúso que se enfoca en el plástico (identificado como el material que tiene un alto potencial de reúso en actividades de la construcción). Los resultados de este trabajo pueden servir para incentivar una idea de negocio relacionada con la temática del trabajo o para dar soporte a la línea de investigación de nuevos materiales para la construcción.

PALABRAS CLAVE:

Economía Circular, Construcción, Infraestructura, Desarrollo Sostenible, Residuos Sólidos, Reciclaje, Plástico.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: SCHEME OF USE OF SOLID WASTE FOR THE UPB
UNDER THE CONCEPT OF CIRCULAR ECONOMY

AUTHOR(S): Andrés Camilo Carvajal Suárez

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Sandra Rocío Villamizar Amaya

ABSTRACT

The circular economy model is based on a system of resource exploitation, betting on the reuse of elements that, due to their properties, can not return to the environment. Educational institutions generate usable waste of different types that have potential for reuse. This work focuses on the evaluation and formulation of a waste reuse proposal produced inside the campus of the Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, for the purpose of use in Civil Engineering activities. The document presents a review of the normative, conceptual and contextual state of the art for the reuse of solid waste, all in the framework of the circular economy with applicability in construction; a characterization of the usable waste produced within the University; a review of the different commercial proposals that exist in terms of the reuse of waste in activities related to Civil Engineering; and finally, it develops a reuse proposal that focuses on plastic (identified as the material that has a high reuse potential in construction activities). The results of this work can be used to encourage a business idea related to this topic, or to support the line of research of new materials for construction.

KEYWORDS:

Circular Economy, Construction, Infrastructure, Sustainable Development, Solid Waste, Recycling, Plastic

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

El continuo aumento de la población mundial, que desde el año 1950-2000 ha crecido en un 141% y con proyecciones de llegar a 11400 millones de personas en el año 2050, así como la migración de la población rural a áreas urbanas (donde encuentran mejores posibilidades de empleo, atención en salud y educación) aumentaron directamente la demanda de recursos, bienes y servicios, lo que derivó en un aumento en la generación de residuos per cápita asociado al estilo de vida de las ciudades [1]. La generación mundial de residuos sigue aumentando, en el año 2000, alrededor de 2900 millones de habitantes urbanos, que correspondía al 49% de la población mundial de la época, generaban más de 3 millones de toneladas de residuos diarios. En este contexto, se espera que para el año 2025 se duplique esta cantidad y en el año 2100 alcance los 11 millones de toneladas [2].

Los productos asociados a la vida urbana contribuyen al cambio climático pues antes de que un producto se convierta en desecho, el proceso de extracción de materias primas, fabricación y transporte requieren de energía generada principalmente de combustibles fósiles. El problema se acentúa con el crecimiento económico que genera muchos subproductos, que pudiendo ser reincorporados en la cadena productiva a través de modelos de economía circular que promuevan su reciclaje y reutilización (creando valor en el mercado de un desecho), terminan en rellenos sanitarios o fuentes hídricas. Los plásticos son el residuo que ha llegado en mayor magnitud a los océanos, aumentando la mortalidad de las especies marinas, arriesgando la salud humana al evidenciarse la acumulación de plástico en las especies y transferencia en la cadena trófica [3].

Referirse al manejo de los residuos sólidos implica entender el concepto del reciclaje, entendido como un proceso mediante el cual se recuperan, de forma directa o indirecta, los componentes aprovechables que contienen dichos residuos. Se pueden salvar grandes cantidades de recursos naturales no renovables cuando

en los procesos de producción se utilizan materiales reciclados. La utilización de productos reciclados disminuye el consumo de energía, implicando una reducción en el consumo de combustibles fósiles e inherentemente, una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero [4].

Para mitigar los impactos ambientales de los residuos sólidos, es importante avanzar hacia esquemas de aprovechamiento que incorporen el concepto de economía circular en la creación de nuevos productos pues de esta manera se reintegran los residuos al ciclo productivo, utilizándolos como materias primas en nuevos procesos industriales y así evitando los flujos lineales de la economía actual. Ellen MacArthur define la economía circular como restaurativa y regenerativa en la cual los productos, componentes y materias mantienen su utilidad y valor máximos en todo momento, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos, concibiendo la economía circular como un ciclo de desarrollo positivo continuo, que preserva y mejora el capital natural, optimizando los rendimientos de los recursos y minimizando los riesgos del sistema al gestionar reservas finitas y flujos renovables [5].

Un esquema de aprovechamiento de residuos con resultados medibles permite además reducir el impacto ambiental de la disposición final mediante la tecnología relleno sanitario, al establecer estrategias de aprovechamiento ajustadas al concepto de economía circular, como son la venta del material a las industrias del aprovechamiento o la elaboración de un material con aplicación civil o de construcción que genere valor del residuo. La obra civil implica gran demanda de materiales, y la producción y extracción de estos materiales genera gran impacto ambiental. Tal es el caso de la producción de cemento que emite 1 tonelada de CO₂ por cada tonelada de cemento producida [6]. En la producción de concreto a nivel mundial se usa el 9% del agua del sector industrial, lo que corresponde al 1,7% de todas las extracciones de agua en el mundo, según la investigación publicada por la revista Nature [7] Este impacto se amplía si al finalizar la vida útil de la obra civil,

ésta es demolida y los materiales no son reutilizados (siguiendo el modelo de la economía lineal).

De acuerdo con el artículo titulado “Evaluación del manejo de residuos sólidos en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga” [8], publicado a partir de una caracterización realizada durante el primer semestre del año 2013, en el campus de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga se generaba un total de 408,19 kg/día de residuos para una población de 6592 personas representadas en estudiantes, docentes, administrativos y personal de servicios. Esto implicaba una producción per-cápita de 0,062 kg/persona-día. En el citado artículo se menciona igualmente que de los 408,19 kg/día de residuos sólidos generados, aproximadamente el 44,2% era potencialmente aprovechable si se implementara un sistema de separación en la fuente, lo cual evitaría que alrededor de 180,26 kg/día de residuos sólidos fueran llevados al sitio de disposición final El Carrasco.

La estrategia de separación en la fuente se ha ido implementando en el campus de la Universidad, y actualmente se vende el material reciclado en períodos trimestrales. Para aprovechar el potencial de la Universidad como gran generador de residuos sólidos, se propone la ejecución de un esquema de aprovechamiento de residuos sólidos mediante el concepto de economía circular que cumpla con las disposiciones contenidas en la Norma Técnica GTC 24 Gestión Ambiental (Residuos Sólidos), diseñando estrategias de aprovechamiento de acuerdo al tipo de material, conociendo que aproximadamente el 44,2% es potencialmente aprovechable (de acuerdo a la evaluación realizada en 2013).

Este documento, particularmente, propone el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la UPB con orientación a su uso en obras civiles. Contiene un contexto normativo, conceptual y contextual sobre el manejo de los residuos sólidos, una evaluación diagnóstica de los residuos producidos en el campus universitario,

una revisión de las diferentes propuestas comerciales que existen en términos del reuso de residuos para actividades relacionadas a la construcción y una propuesta de reuso que incluye el impacto económico y ambiental de adoptar este tipo de estrategias.

2. OBJETIVOS

2.2 Objetivo general

Formular un esquema de aprovechamiento de residuos sólidos comunes que se generan en una institución de educación superior, bajo el modelo de la economía circular del que trata la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos – Documento CONPES 3874, con aplicabilidad a obras civiles.

2.2 Objetivos específicos

- Sintetizar las diferentes estrategias de reutilización de residuos sólidos en actividades constructivas a partir de un ejercicio de revisión bibliográfica y de tecnologías ofertadas en medios nacionales e internacionales.
- Caracterizar los residuos sólidos potencialmente aprovechables para obras constructivas que se generan en el campus de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga a partir de información existente generada por la oficina de Gestión Ambiental.
- Proponer estrategias de aprovechamiento de los materiales identificados con potencial de reúso en actividades constructivas que sean aplicables al contexto local.

3. MARCO NORMATIVO

En Colombia existe un marco normativo que soporta los objetivos del presente trabajo de grado, el cual tiene como principal antecedente jurídico el Código Sanitario Nacional - Ley 9 de 1979 [9] y el Decreto-Ley 2811 de 1974 [10] dándole una importancia jerárquica a las normas ambientales. Posteriormente, la Constitución Política de Colombia de 1991 establece como un derecho colectivo el derecho a un medio ambiente en el cual las personas gozan de un ambiente sano, garantiza la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarla y protege la diversidad e integridad del ambiente; conserva las áreas de especial importancia ecológica y fomenta la educación para el logro de estos fines.

Igualmente, la constitución de 1991 define el Desarrollo Sostenible como el crecimiento económico sin agotar la base de los recursos naturales renovables, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. Por otra parte, la Ley 142 de 1994 [11] establece el servicio público de aseo como la recolección municipal de residuos, principalmente sólidos y las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos.

En el contexto internacional se ha reconocido la necesidad de garantizar la sostenibilidad del planeta por lo que existen lineamientos que orientan hacia la implementación de la economía circular como estrategia de lucha por la sostenibilidad. En este contexto, las Tablas 1 a 3 muestran las normas y lineamientos actuales en el contexto internacional, nacional y local que dan soporte a los objetivos de este trabajo.

Tabla 1. Lineamientos internacionales que soportan la implementación de la economía circular en las organizaciones.

<p>BS 8001:2017 Marco para la aplicación de los principios de la economía circular en las organizaciones (British Standards Institution (BSI) [12]</p>	<p>Se basa en los principios de economía circular: Pensamiento sistémico, Innovación, Gestión, Colaboración, Optimización del valor, Transparencia. La norma proporciona BS 8001:2017 orienta en los temas para la transición a un modelo circular. No es una norma certificada, es una guía que orienta a las organizaciones a romper con el modelo lineal.</p>
<p>Proceso de Marrakech (Naciones Unidas) [13]</p>	<p>La Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible responde a los compromisos adquiridos de manera voluntaria por el país, en el marco del Proceso de Marrakech¹, el cual es impulsado por La Organización de Naciones Unidas - ONU.</p>

Tabla 2. Normas nacionales que soportan los objetivos del trabajo de grado

<p>CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA DE 1991 (Asamblea Nacional Constituyente) [14]</p>	<p>En su Artículo 79, la Constitución Nacional (CN) consagra que Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. En su artículo 8, incorpora este principio al imponer al Estado y a las personas la obligación de proteger las riquezas culturales y naturales. Art. 63 establece Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la Ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables. Art. 80: el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación o sustitución.</p>
<p>LEY 142 DE 1994 [15] Reglamentada Parcialmente por el Decreto Nacional 1641 de 1994, Reglamentado por el Decreto Nacional 2785 de 1994, Reglamentada por el Decreto Nacional 3087 de 1997, Reglamentada por el Decreto Nacional 302 de 2000, Reglamentada por el Decreto Nacional 847 de 2001, Reglamentada por el Decreto Nacional 1713 de 2002, Reglamentada parcialmente por el</p>	<p>Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios. El servicio público de aseo domiciliario según lo establecido por artículo 14 de la Ley 142 de 1994. En el marco de la Ley 142 de 1994 se reconoce el aprovechamiento de los residuos como una actividad complementaria del servicio público de aseo, de la Política Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos del 2016 y el Decreto 1077 de 2017 modificado por el Decreto 596 de 2016.</p>

Decreto Nacional 549 de 2007 (Congreso de la República)	
EL DECRETO 596 DE 1994 DE 2016 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) [16]	Referente al esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y al régimen transitorio para la formalización de recicladores de oficio.
LA RESOLUCIÓN 276 DE 2016 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) [17]	Define los lineamientos del esquema operativo de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo.
EL DECRETO 1505 DE 2003 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) [18]	Artículo 1º Adiciónese el artículo 1º del Decreto 1713 de 2002, da las siguientes definiciones: Aprovechamiento en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. 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, sociales y/o económicos. (Decreto 1505 de 20103, artículo 1).
EL DECRETO 1077 DE 2015 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) [19]	El decreto 1077 de 2015, en su título 2, capítulo 1: establece que la actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje”. (Decreto 1077 de 2015, título 2. Capítulo 1)
DECRETO 1713 DE 2002 (Congreso de la República) [20]	Decreto 1713 de 2002 en su artículo primero. Reciclador. Es la persona natural o jurídica que presta el servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento. Reciclaje. Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias.
RESOLUCIÓN 754 DE 2014 (Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio) [21]	Por el cual se reglamenta la formulación, actualización e implementación de los Planes de Gestión Integral de Residuos sólidos municipales y regionales.
Documento CONPES 3874 de 2016	Documento CONPES 3874 de 2016, la actividad de

(Consejo Nacional de Política Económica y Social) [22]	aprovechamiento debe hacerse mediante la inclusión de recicladores informales que hacen parte de una población marginada y vulnerable.
DECRETO 596 DE 2016 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) [23]	El decreto 596 de 2016. “Por el cual se modifica y adiciona el Decreto número 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones”.
RESOLUCIÓN DE LA CRA 720 DE 2015 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio República de Colombia Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico) [24]	“Por la cual se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones”. La resolución crea un incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos en aquellas entidades territoriales en cuyo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) se hayan definido proyectos de aprovechamiento viables.
LA RESOLUCIÓN 276 DE 2016 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) [25]	Por la cual se reglamentan los lineamientos del esquema operativo de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo.
El Plan Nacional de Desarrollo de Colombia para el periodo del 2014- 2018 [26]	El Plan Nacional de Desarrollo de Colombia para el periodo del 2014- 2018 “Todos por un Nuevo País”, tiene como objetivo “construir una Colombia en paz, equitativa y educada, en armonía con los propósitos del Gobierno Nacional, con los estándares de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), y con la visión de planificación de largo plazo prevista por la Agenda de Desarrollo post 2015” (Planeación, 2014) El Artículo 86 del Plan Nacional de Desarrollo hace referencia a la eficiencia en el manejo integral de residuos sólidos, dentro del cual se crea un incentivo al aprovechamiento de los residuos para los entes territoriales que en su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS.

Tabla 3. Normas locales que soportan los objetivos del trabajo de grado

<p>Acuerdo Metropolitano No.012 de 2013 (Área metropolitana de Bucaramanga) [27]</p>	<p>Por el cual se establece como Hecho Metropolitano la Gestión Integral de Residuos Sólidos y se establece como obligatoriedad la separación en la fuente y la recolección selectiva en el AMB</p>
<p>Decreto 2891 de 2013 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) [28]</p>	<p>Por el cual se reglamenta la prestación del Servicio Público de Aseo y los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos municipales</p>
<p>Acuerdo Metropolitano No.019 de 2014 (Área metropolitana de Bucaramanga) [29]</p>	<p>Por el cual se modifica parcialmente el Acuerdo Metropolitano 012 de 2013 y se establece la cuarta frecuencia de recolección de residuos sólidos operada por las organizaciones de recicladores</p>

4. MARCO TEÓRICO.

El marco teórico conceptual está basado en los principios, postulados y conceptos establecidos en el Documento CONPES 3874 Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos [30], que es la política pública aprobada (Noviembre de 2016) para la gestión integral de los residuos sólidos en Colombia bajo el modelo de economía circular, reemplazando el esquema existente (obsoleto e inconveniente) de economía lineal.

4.1 Economía circular

La economía circular tiene como fin principal la conservación del valor de los productos, los subproductos, los residuos y sus materiales durante el mayor tiempo posible en los procesos productivos. El economista suizo Walter Stahel, quien es asesor de la Comisión Europea, precursor de la economía circular e inventor de su eslogan: “de la cuna a la cuna” (cradle to cradle) define: “La economía circular se identifica con el reciclado de los residuos. Pero el reciclado es la práctica menos sostenible de todas las actividades económicas circulares, en cuanto a rentabilidad y eficiencia de los recursos” [31]. Este modelo persigue que el uso de los recursos naturales y la generación de desechos se minimicen drásticamente, aumentando el tiempo de vida útil de los materiales mediante la transformación a materias primas repetidamente, lo que se deriva en un aumento del valor intrínseco de los residuos aprovechables. Fundaciones tales como la Fundación Ellen MacArthur tienen el propósito de posicionar la economía circular en las agendas de los responsables de empresas, gobiernos y académicos.

La economía circular se basa en los principios descritos en la Figura 1, en la cual encontramos en el primer lugar el principios de la eco-concepción, que considera los impactos medioambientales a lo largo del ciclo de vida de un producto y los integra desde su diseño, así como principios de valoración, aprovechamiento, y reutilización, consistentes en el aprovechamiento energético de los residuos que no se pueden reciclar.

Figura 1. Principios de la Economía Circular

Ecoconcepción	Considera los impactos medioambientales a lo largo del ciclo de vida de un producto y los integra desde su concepción.
Ecología industrial y territorial	Establecimiento de un modo de organización industrial en un mismo territorio, caracterizado por una gestión optimizada de los stocks y de los flujos de materiales, energía y servicios.
Economía de la funcionalidad	Privilegiar el uso frente a la posesión y la venta de un servicio frente a la venta de un bien.
Segundo uso	Reintroducir en el circuito económico aquellos productos que ya no se corresponden a las necesidades iniciales de los consumidores.
Reutilización	Reutilizar ciertos residuos o ciertas partes de los mismos que todavía pueden funcionar para la elaboración de nuevos productos.
Reparación	Encontrar una segunda vida a los productos estropeados.
Aprovechamiento	Aprovechar los materiales que se encuentran en los residuos.
Valorización (tratamiento)	Aprovechar energéticamente los residuos que no se pueden reciclar.

Fuente: Documento CONPES-3874

En los años 70s, con los primeros movimientos ambientalistas y la publicación del libro "Primavera silenciosa" [32], fue cuando empezó a cobrar relevancia el impacto negativo que causaban las industrias al planeta, debido a la explotación indiscriminada de recursos, los monocultivos y el uso excesivo de sustancias tóxicas en el ambiente. Economistas como Boulding destacaron la importancia de establecer una relación coherente entre el medio ambiente y el sistema económico. Boulding [33] propuso que la Tierra podría funcionar como un sistema cerrado, ecológico y cíclico que permitiera recircular los recursos limitados para hacerlos ilimitados. Sin embargo, no fue hasta 1990 cuando Pearce [34] y Turner formularon literalmente el término "Economía Circular", proponiendo un flujo económico cerrado que explicaba cómo sería posible su funcionamiento.

En el campo de la ingeniería, la investigación realizada por Ayres [35], propuso entender y diseñar actividades industriales que funcionaran como un metabolismo en cada empresa y luego la formación de simbiosis industrial entre organizaciones distintas, así, durante los años noventa, el concepto de sostenibilidad empezó a influir en la sociedad, y a entenderse como la integración de la prosperidad económica, social y el cuidado del ambiente. Mebratu [36] indica que las tres dimensiones de la sostenibilidad (económica, social y ambiental) no solo deben integrarse, sino que deben estar configuradas como una sola unidad donde todo lo económico afecta lo social, y todo lo social, lo ambiental.

La economía circular empezó a implementarse en la Unión Europea a partir del año 2000 con la finalidad de un crecimiento sostenible por medio del mejoramiento de la competitividad, la eficiencia en el uso de los recursos y la sostenibilidad del medio ambiente. Todo esto para lograr un crecimiento sostenible en el que participe de manera coordinada y equilibrada los factores social, ambiental y económico. La economía circular tiene como objetivo darle utilidad y valor en todo momento a los productos generando un ciclo continuo que conserva y optimiza los recursos. Entre los beneficios que ofrece la economía circular están:

- Crea empleo e incentiva la protección al medio ambiente
- Reduce la demanda de materias primas vírgenes
- Reduce los impactos ambientales.
- Disminuye la extracción de materias primas.
- Reduce el consumo de combustibles fósiles
- Alarga la vida de los productos
- Recicla materiales
- Promueve la innovación y el crecimiento económico
- Da oportunidad a nuevos trabajos.
- Promueve un consumo más sostenible.

4.2 Jerarquía de los residuos sólidos

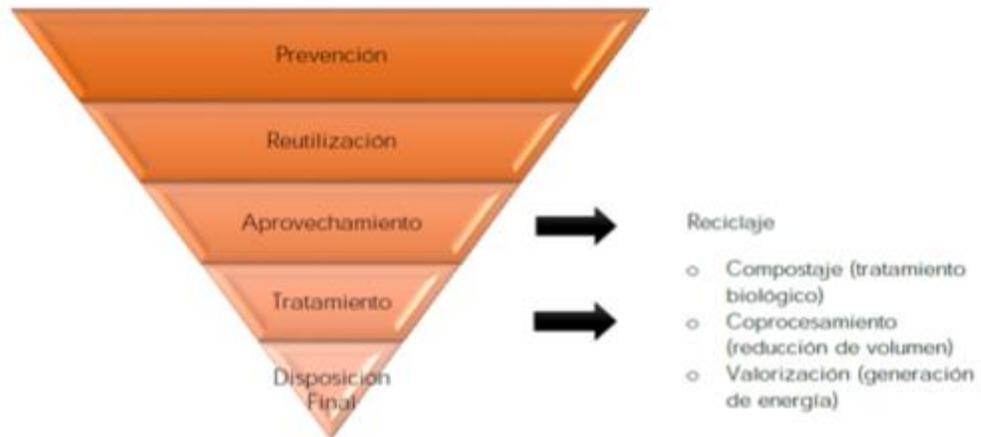
Para presentar la jerarquía de los residuos, es necesario empezar por establecer cuáles son las actividades que componen el manejo integral de los residuos sólidos:

- a. Generación de los residuos
- b. Separación en la fuente
- c. Recolección
- d. Transferencia y transporte
- e. Aprovechamiento
- f. Tratamiento
- g. Disposición final (eliminación y/o encapsulamiento).

La aplicación formal del proceso de manejo integral de los residuos sólidos ha venido materializándose a través de la implementación de plantas de manejo de residuos sólidos, cuyo funcionamiento se ha orientado hacia el aprovechamiento y valorización de la mayor cantidad posible de residuos sólidos y la disposición final de aquellos materiales que no tienen la posibilidad de ser aprovechados o también que no existen opciones para la transformación o mercadeo en el entorno.

La pirámide de jerarquía de los residuos muestra, en proporción, dónde se deben enfocar los esfuerzos de las actividades presentadas anteriormente para la correcta gestión integral de residuos. Los enfoques principales, en orden de importancia, deben estar en la prevención, reutilización y aprovechamiento. Solo una vez estén superados los esfuerzos anteriores, se debe proceder al tratamiento y disposición final de residuos (ver Figura 2).

Figura 2. Jerarquía de los residuos.



Fuente: Tomado directamente de la Figura 2 del Documento CONPES-3874 [37].

4.3 Criterios para la separación en la fuente.

La separación en la fuente es la actividad de seleccionar y almacenar los diferentes residuos sólidos en su lugar de origen, para facilitar su posterior manejo y aprovechamiento. La Norma Técnica GTC 24 Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente [38], estandariza la clasificación de los colores para los contenedores y los tipos de residuos, con el objetivo de facilitar el transporte, aprovechamiento, tratamiento y/o disposición. La Figura 3 ilustra las orientaciones técnicas plasmadas en la norma.

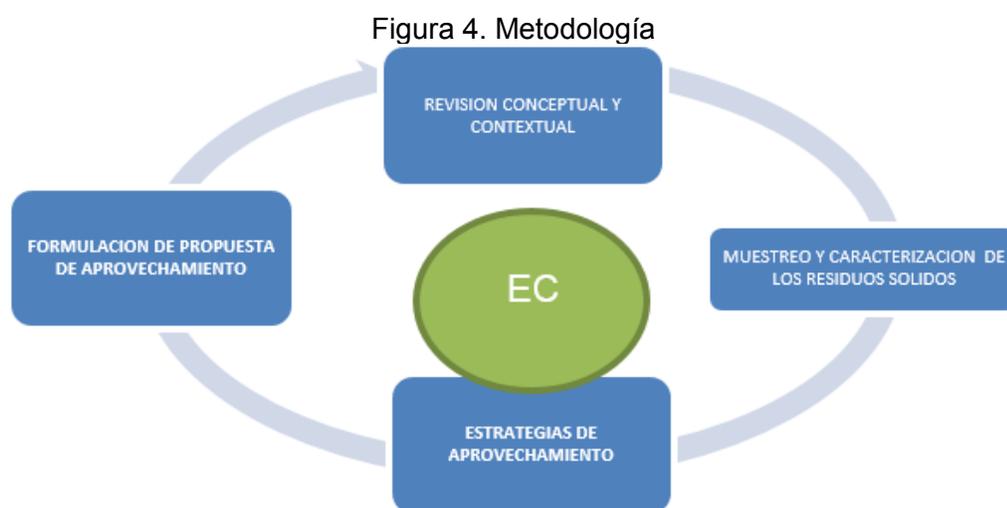
Figura 3. Código de colores para separación en la fuente

Sector	Tipo de residuo	Color
Doméstico	Aprovechables	Blanco
	No aprovechables	Negro
	Orgánicos biodegradables	Verde
Industrial, comercial institucional y de servicios	Cartón y papel	Gris
	Plásticos	Azul
	Vidrio	Blanco
	Orgánicos	Crema
	Residuos Metálicos	Café oscuro
	Madera	Naranja
	Ordinarios	Verde
<p>NOTA 1 Se recomienda que cada generador establezca un código de colores particular para aquellos residuos no incluidos en la tabla.</p> <p>NOTA 2 Se recomienda consultar la legislación local vigente para verificar si existe algún código de colores establecido por la autoridad competente.</p> <p>NOTA 3 Para residuos peligrosos se establecerá el código de colores e iconos en la guía para residuos peligrosos.</p> <p>NOTA 4 Los colores establecidos en la tabla obedecen a la normativa aplicable</p>		

Fuente: Tomado directamente de la tabla 1 de la Norma Técnica GTC 24.

5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

Este trabajo de grado implicó la ejecución de un proceso detallado de revisión bibliográfica para definir el marco normativo, conceptual y contextual del reúso de residuos sólidos en el marco del concepto de economía circular con aplicabilidad en la construcción. De la misma manera, de acuerdo a los objetivos propuestos, requirió el muestreo de los residuos sólidos aprovechables de la Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga, con el fin de hacer una caracterización de los mismos. Para este propósito también se tuvo en cuenta estudios previos e información provista por la oficina de Sostenibilidad de la Universidad. Con el fin de realizar la propuesta de aprovechamiento de los residuos sólidos de la Universidad, se hizo una revisión de las diferentes propuestas comerciales que existen en términos del reúso de residuos en actividades relacionadas a la Ingeniería Civil. Finalmente, se desarrolló una propuesta de reúso que tuvo en cuenta el análisis realizado, basándose en el plástico como materia de esta investigación, dado que en la revisión conceptual y contextual el plástico es el material predominante dentro del reciclaje para actividades y procesos constructivos, en comparación con los otros materiales reciclables de los cuales no se encontró aplicación a la construcción (ver Figura 4).



Fuente: autor

5.1 Revisión conceptual y contextual

La revisión conceptual y contextual busca identificar conceptos de la economía circular a través de tiempo, implicaciones o beneficios para el medio ambiente, la población y la industria. En el marco del contexto, se hizo una revisión del contexto internacional, nacional y local sobre normativa, problemáticas asociadas a la producción de residuos sólidos, e iniciativas existentes que están relacionadas directa o indirectamente con la economía circular.

5.2 Muestreo y caracterización de los residuos de la UPB

En esta etapa se realizó el muestreo y la caracterización de los residuos sólidos generados en la UPB con el fin de conocer las cantidades generadas en el claustro universitario. Para llevar a cabo esta actividad se contó con estadísticas provistas por la oficina de Gestión Ambiental de la Universidad para los años 2015 al primer trimestre de 2018. Adicionalmente, se realizaron visitas al centro de acopio para reconocer los diferentes tipos de materiales existentes y así encaminar el proceso de revisión de propuestas comerciales de productos para actividades de la construcción. La revisión de los residuos (en general) tuvo en cuenta criterios de clasificación (ver Tabla 4) [39] y, para el caso de los plásticos, se tuvo en cuenta la clasificación según el material de su fabricación (ver Tabla 5).

Tabla 4. Clasificación de residuos sólidos.

CLASIFICACION DE RESIDUOS SOLIDOS	
Reciclables	No reciclables
Papel y cartón	Papel carbón, mantequilla, Higiénico, de cocina, celofán, encerado, parafinado, satinado, y aluminio
Papel blanco	Películas metálicas, plásticas
Periódico	Baterías
Revistas	Aerosoles
Botellas de gaseosa y agua	Bombillos
Envases de productos de limpieza	Lámparas de neón
Empaques de paquetes de colaciones	Pantallas de televisión
Bolsas de empaques	Recipientes refractarios
Latas de gaseosa y cerveza	Vidrios de seguridad
Enlatados sin residuos	Recipientes con productos tóxicos

Fuente: Norma Técnica Colombiana, GTC-24 "Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía Práctica para la Separación en la Fuente", ICONTEC

Los plásticos están diferenciados según un Código de Identificación de Plásticos, que es un sistema utilizado internacionalmente en el sector industrial para distinguir la composición de resinas en los envases y otros productos plásticos. Esto fue realizado por la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) en el año 1988, con el fin de propiciar y dar más eficiencia al reciclaje [40].

Tabla 5. Clasificación de los plásticos.

CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS			
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	TIPO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
	(Polietileno tereftalato)	El PET se utiliza principalmente en la producción de botellas para bebidas. A través de su reciclado se obtiene principalmente fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas	
	Polietileno de alta densidad.	El HDPE normalmente se utiliza en envases de leche, detergente, aceite para motor, etc. El HDPE tras reciclarse se utiliza para macetas, contenedores de basura y botellas de detergente	
	Cloruro de polivinilo	PVC (Cloruro de polivinilo). El PVC es utilizado en botellas de champú, envases de aceite de cocina, artículos de servicio para casas de comida rápida, etc. El PVC puede ser reciclado como tubos de drenaje e irrigación.	
	Polietileno de baja densidad	LDPE (Polietileno de baja densidad). El LDPE se encuentra en bolsas de supermercado, de pan, plástico para envolver. El LDPE puede ser reciclado como bolsas de supermercado nuevamente.	
	Polipropileno	PP (Polipropileno). El PP se utiliza en la mayoría de recipientes para yogurt, sorbetes, tapas de botella, etc. El PP tras el reciclado se utiliza como viguetas de plástico, peldaños para registros de drenaje, cajas de baterías para autos.	
	Poliestireno	El PS se encuentra en tazas desechables de bebidas calientes y bandejas de carne. El PS puede reciclarse en viguetas de plástico, cajas de cintas para casetes y macetas.	
	Otros	Generalmente indica que es una mezcla de varios plásticos. Algunos de los productos de este tipo de plástico son: botellas de ketchup para exprimir, platos para hornos de microondas, etc. Estos plásticos no se reciclan porque no se sabe con certeza qué tipo de resinas contienen.	

Fuente: autor

Durante las visitas al centro de acopio, se contó con el apoyo de la persona encargada por parte de servicios generales, quien explicó el procedimiento para separar y clasificar los residuos para su posterior comercialización en el mercado del reciclaje. Se separan los materiales que pueden permanecer a la intemperie como son los plásticos y las pastas, de los materiales que pueden verse afectados por el agua o el sol, como son el cartón y el papel archivo. Para el caso de los plásticos, se separa la pasta de color de la pasta transparente.

El vidrio se empaqueta en costales dentro de la bodega de acopio; el papel periódico se separa en un reciclaje aparte del cartón y del papel de reciclaje; el papel de archivo se tritura en la máquina trituradora de papel dado que contiene información vulnerable y es comercializado como papel archivo. Los envases del aceite de cocina, que corresponden a un plástico de alta densidad, son almacenados como chatarra, y de ellos se recogen aproximadamente cinco a seis envases de 5 galones por mes. Para el caso de los envases de plástico, se abrió un costal de pasta transparente y un costal de pasta de color para hacer un muestreo de su contenido con el objetivo de conocer el tipo de plástico depositado en cada costal según la clasificación internacional de los plásticos, para poder relacionar sus propiedades físicas y químicas, así como las aplicaciones basadas en la revisión bibliográfica.

5.3 Revisión de estrategias de aprovechamiento

Se estudiaron propuestas de aprovechamiento y alternativas en la utilización del reciclaje aplicados en el ámbito de la ingeniería civil. Los criterios para las estrategias presentadas son el contexto mundial, regional y local del aprovechamiento de residuos sólidos para identificar la potencial viabilidad del reúso para las actividades constructivas. Por otra parte, se realizó una revisión bibliográfica de los materiales reutilizados en actividades constructivas por parte de empresas que estén fabricando elementos para construcción con insumos provenientes del aprovechamiento, definiendo el tipo de residuo aprovechado y la actividad o proceso constructivo para el que es utilizado. Finalmente con base en

los dos criterios anteriores, se relacionan las cantidades generadas en la UPB con los productos y procesos que se estén desarrollando en la actualidad para posteriormente, en la formulación de la propuesta, definir las propuestas de reutilización más adecuadas.

5.4 Formulación de la propuesta de aprovechamiento

La formulación de la propuesta está enmarcada en el concepto de la economía circular, en el proceso de revisión de propuestas existentes para el reúso en actividades constructivas, en el marco contextual, y en la caracterización de los residuos de la entidad educativa. Dado que el plástico tiene ventajas significativas como su ligereza, su óptima procesabilidad y la flexibilidad que aporta al diseño, y que en la actualidad encontramos empresas comprometidas con el medio ambiente, que ven en el material plástico la materia prima básica para el desarrollo de productos para ser utilizados en el sector de la construcción, la propuesta en este documento se orienta hacia este material.

6. CONTEXTO INTERNACIONAL, NACIONAL Y LOCAL DEL RECICLAJE

En las últimas dos décadas la problemática ambiental relacionada con el tema del manejo de las basuras que existe hace más de 60 años, ha escalado como una prioridad en las políticas gubernamentales de la mayoría de las naciones. Encontramos cómo los países participan en varios acuerdos y compromisos que favorecen la protección del medio ambiente por medio de un desarrollo sostenible, a través de compromisos que involucran la gestión de los residuos sólidos, incluyendo actividades de generación, disposición final y aprovechamiento de los mismos. Con el fin de dar cumplimiento a dichos compromisos, se han formulado diversas políticas públicas, reglamentadas a través de decretos, resoluciones y programas que han permitido avanzar en la gestión integral de los residuos y lograr establecer instrumentos de medición de dichos avances en un ambiente global. Así mismo, es preciso señalar que en los últimos veinte años se han focalizado esfuerzos significativos por parte de algunas organizaciones a nivel nacional e internacional de las que se pueden encontrar decenas de organizaciones preocupadas por proteger el bienestar de la tierra, la mayoría de ellas, no gubernamentales, que propenden por la adopción de medidas regulativas y mitigadoras sobre los efectos de la problemática mencionada.

6.1 Contexto internacional

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 [41]. En el caso de América Latina y el Caribe ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el esquema de “recolección y disposición final” dejando rezagados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada [41].

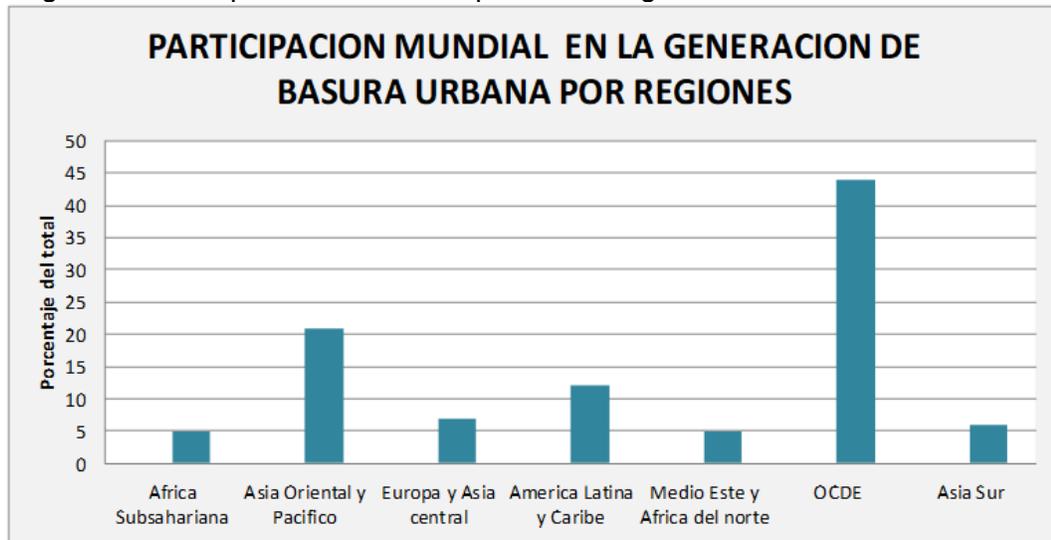
Esta situación implica que muchos países de la región aún utilizan los rellenos sanitarios a cielo abierto, muchas veces sin las debidas condiciones técnicas de salubridad, generando consigo el desarrollo de prácticas de recolección sin el debido proceso de clasificación de basuras. Como consecuencia de esto, encontramos en las ciudades de América Latina un gran número de recicladores informales que día a día desarrollan esta actividad con el fin de sobrevivir y exponiendo su salud la mayoría de la veces, por la no implementación de técnicas en la recolección o separación de estos desechos.

El Banco Mundial en un informe de fecha de 6 de junio de 2012 [42] plantea que “la cantidad de residuos sólidos de los municipios (RSM) aumentará del nivel actual de 1300 millones de toneladas al año, a 2200 millones de toneladas al año y que la mayoría del aumento se producirá en las ciudades con rápido crecimiento de los países en desarrollo. Se prevé que el costo anual de la gestión de residuos sólidos aumentará de los US\$205 000 millones actuales a US\$375 000 millones, y que el aumento más fuerte del costo se registrará en las ciudades de ingreso bajo”. Así mismo, el informe revela que “el crecimiento más rápido de la cantidad de residuos sólidos de los municipios se registra en China (que superó a los Estados Unidos como mayor generador de residuos del mundo en 2004), otras zonas de Asia oriental y partes de Europa oriental y Oriente Medio. Las tasas de crecimiento de los RSM en estas regiones son similares a sus tasas de urbanización y de aumento del producto interno bruto. Existe una correlación directa entre el nivel de ingreso per cápita en las ciudades y la cantidad de residuos per cápita que se generan. En general, con la urbanización de un país y la mejora de la salud de las poblaciones, aumenta el consumo de materiales inorgánicos (por ejemplo, plástico, papel, cristal, aluminio), mientras que disminuye la proporción relativa de materia orgánica.”

Actualmente, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) agrupa a 36 países miembros (Colombia es miembro a partir del 25 de

Mayo de 2018) que son los que más basura producen del planeta, aportando el 44% de la generación total. Medio Oriente, África Subsahariana y Asia Sur son las regiones que menos aportan al nacimiento de nuevos desperdicios mundiales con menos del 18% entre las tres (ver Figura 5).

Figura 5. Participación mundial de países en la generación de basuras urbanas

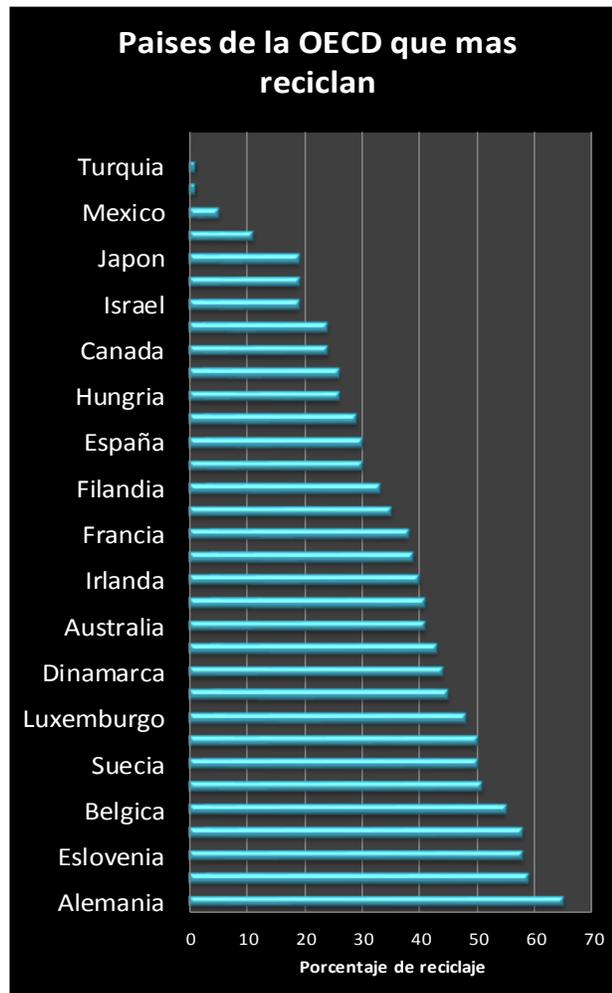


Fuente: Países que más reciclan en el mundo [43]

La OCDE (2013) [43] produjo un listado de las naciones más efectivas en los procesos de reciclaje (ver Figura 6). Alemania lidera la lista con una tasa de minimización de residuos de hasta un 65%, demostrando que con un sistema de reciclaje eficiente es posible eliminar buena parte de los residuos urbanos. De acuerdo a las estadísticas suministradas por Eurostat (la Oficina Europea de Estadística, que produce datos sobre la Unión Europea), de 353 millones de toneladas de residuos producidos en Alemania en 2012, 152.8 millones se reciclaron, 34 millones fueron a la recuperación de energía, 11 millones fueron incinerados y 63,8 millones fueron a vertederos. En el listado, siguen de cerca Corea del Sur, con un 59% de minimización de residuos, y Eslovenia junto con Austria que empatan con un 58% de residuos urbanos reciclados. Se concluye que las primeras posiciones que sobresalen en cuanto a temas de tecnificación y procesos de reciclaje se encuentran en las economías europeas. Estados Unidos es el primer

país del continente americano con el 35% del reciclaje de sus desperdicios, seguido por Canadá con 24 % y México con apenas el 5% de residuos reciclados.

Figura 6. Países de la OCDE que más reciclan.



Fuente: Países que más reciclan [43]

6.2 Contexto nacional

En materia de basuras, Colombia está en mora de seguir el ejemplo de países como Brasil y México que han avanzado en el aprovechamiento de los residuos generados como materias primas. Con esta estrategia el país podría encontrar una salida a

los problemas ambientales que se vienen presentando con los rellenos sanitarios. Ante la evidente situación, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) expidió, en noviembre de 2016, la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (documento CONPES 3874) [36]. Al respecto, se encuentran apreciaciones como la del ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Luis Gilberto Murillo, que manifiesta que “debemos ir hacia lo que se llama economía circular. Es decir, hacia el aprovechamiento de los productos que se pueden reutilizar y los que se pueden utilizar para generar energía. En la actualidad, los contratos de prestación del servicio de aseo desincentivan el reciclaje: se paga a los operadores por peso recogido, una situación que los estimula a botar más basura en los rellenos. El país genera unos 12 millones de toneladas al año y solo recicla 17%. En el caso de Bogotá, se generan unas 7.500 toneladas al día y se reciclan entre 14% y 15%, incluso por debajo del promedio nacional” [44].

De acuerdo a artículo del editorial el Tiempo de fecha de 18 de Octubre de 2016, “en el país se producen a diario 26.975 toneladas de basura en las casas. Si se suman los desechos industriales y comerciales, en todo un año se desechan cerca de 11,6 millones de toneladas. De estas, solo se recicla el 17 por ciento, que equivale a 725.000 camiones de basura” (ver 6). En ese mismo sentido, un informe adelantado en el año 2015 por el Banco Mundial y Planeación Nacional expone que “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 [45]”.

El Ministerio ha implementado jornadas de limpieza con el objeto de crear conciencia en los ciudadanos sobre la problemática que el país viene afrontando de años atrás en el tema de basuras. Con el apoyo de empresas del sector privado, Minambiente lanzó la campaña “Limpiemos Colombia”, que busca que la gente

salga a recoger las basuras de parques, calles, puentes y humedales en unas de las principales ciudades del país entre las que se destacan Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla. Esto, con el único fin de que los ciudadanos tomen conciencia sobre la importancia de separar y disponer plástico, vidrio, metal, papel o cartón, materiales que diariamente se desechan y terminan en los botaderos de las ciudades sin que se aproveche su potencial para el desarrollo de negocios [46].

Tabla 6. Listado de producción de residuos

CIUDAD o DEPARTAMENTO	CANTIDAD (ton/día)
Bogotá	6.308
Antioquia	3.147
Valle del Cauca	2.667
Atlántico	2.044
Cundinamarca	1.286
Bolívar	1.249

Fuente: El tiempo, 2016

Para Acodal, Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (entidad gremial sin ánimo de lucro fundada en 1956), en Colombia los incentivos al reciclaje y aprovechamiento de residuos no han sido suficientes. Propone que “en las tarifas aplicadas al servicio público de aseo deben incluirse las inversiones para financiar centros de reciclaje y aprovechamiento. Estos mayores costos podrían reducirse una vez entren en operación los centros de aprovechamiento. Pero además hay que incentivar la demanda por el material aprovechado” [47].

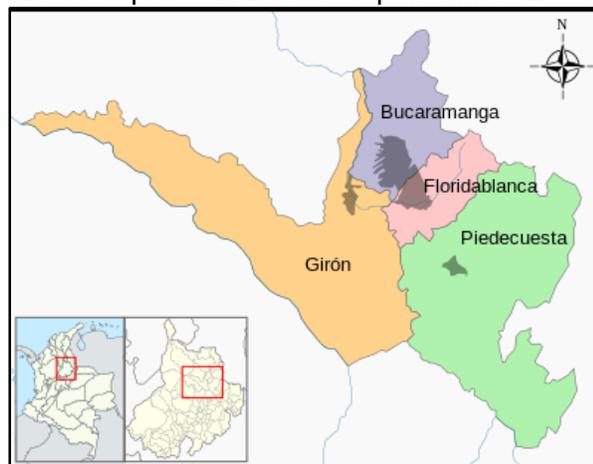
Con las nuevas intervenciones en cuanto al tema de reglamentación del servicio Público de aseo que se vienen adelantando por Minambiente, se tiene el objetivo de cumplir la meta de reciclaje del 20% de los residuos para el 2018 (actualmente la tasa de reciclaje de residuos sólidos como papel, cartón, vidrio, metales y plásticos es del 17%). El gobierno nacional y la OCDE han formulado una medidas

para desarrollar la gestión integral de residuos en Colombia, orientadas al reciclaje de papel y los residuos de envases, al transporte transfronterizo de desechos con fines de reciclaje y a la implementación efectiva de la Política para la Gestión Integral de Residuos enfocada en la prevención y la minimización de la basura. Finalmente, Carlos Herrera Santos, vicepresidente de Sostenibilidad de la Asociación de Empresarios de Colombia (Andi), manifiesta que “el aprovechamiento de residuos va de la mano de la reconversión tecnológica en los procesos productivos y que vayan asociados a procesos de comercialización que premien productos hechos a partir de insumos provenientes del reciclaje o de partes de otros que ya cumplieron su vida útil” [48].

6.3 Contexto local

El área metropolitana de Bucaramanga es una conurbación colombiana, ubicada en el Departamento de Santander, en el valle del Río de Oro (ver Figura 7).

Figura 7. División política Área Metropolitana de Bucaramanga.



Fuente: Mapa del Área Metropolitana de Bucaramanga, Colombia [49]

La población del Área Metropolitana es de 1.141.671 habitantes en el año 2017, y cuenta con una densidad poblacional de 1041,3 habitantes por kilómetro cuadrado. Su distribución se presenta de la siguiente manera:

Tabla 7. Distribución poblacional para el área metropolitana de Bucaramanga

MUNICIPIO	POBLACIÓN
Bucaramanga	528.497 habitantes
Floridablanca	266.617 habitantes
San Juan de Girón	190.350 habitantes
Piedecuesta	156.207 habitantes

Fuente: Observatorio Metropolitano de Bucaramanga. [50]

El Área Metropolitana de Bucaramanga cuenta con siete organizaciones formales de reciclaje (ver Figura 8), que recolectaron entre Febrero y Abril del año 2017, 1.361 toneladas de material, un 11,2 % más que en esos meses de 2016 [51].

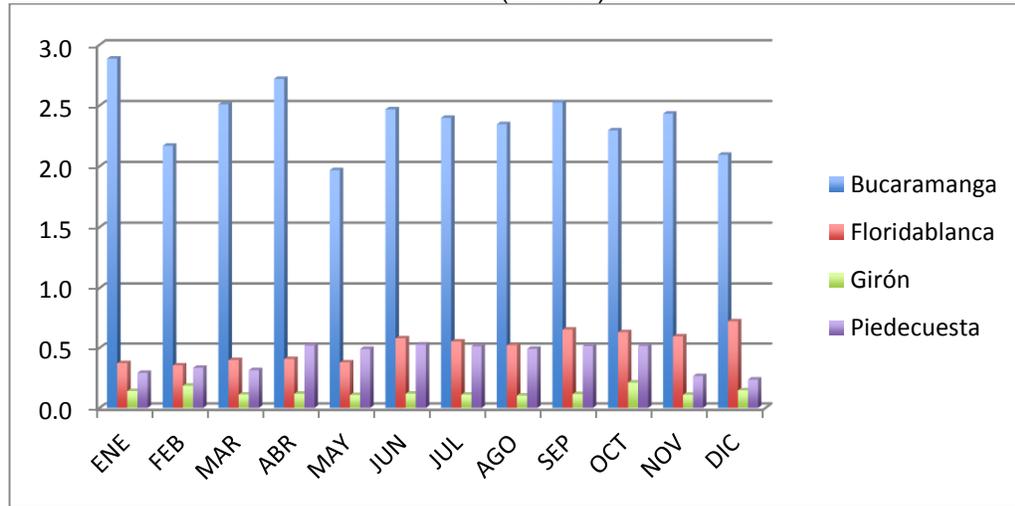
Figura 8. Organizaciones formales de reciclaje en el área metropolitana de Bucaramanga

Prestadores del servicio de aseo residuos aprovechables		
AÑO 2017		
Municipio	ORGANIZACIONES	NUMERO
Bucaramanga	Coopreser	3
	Bello Renacer	
	Reciclemos	
Floridablanca	Asoreflor	2
	Recupmsoc	
Girón	Areys	1
Piedecuesta	Ecopiedecuesta	1
AMB	TOTAL	7

Fuente: Prestadores servicios aseo en el área Metropolitana de Bucaramanga [52]

En el Área Metropolitana de Bucaramanga, no existe cultura de reciclaje ya que la mayoría de los hogares no separan los residuos en la fuente, por lo que la separación del material reciclado tiene un mayor costo. El porcentaje de aprovechamiento de residuos sólidos es bajo y existe una diferencia significativa en el porcentaje de aprovechamiento de residuos en Bucaramanga y los otros tres municipios (ver Figura 9). Girón es el municipio con más bajo porcentaje de aprovechamiento.

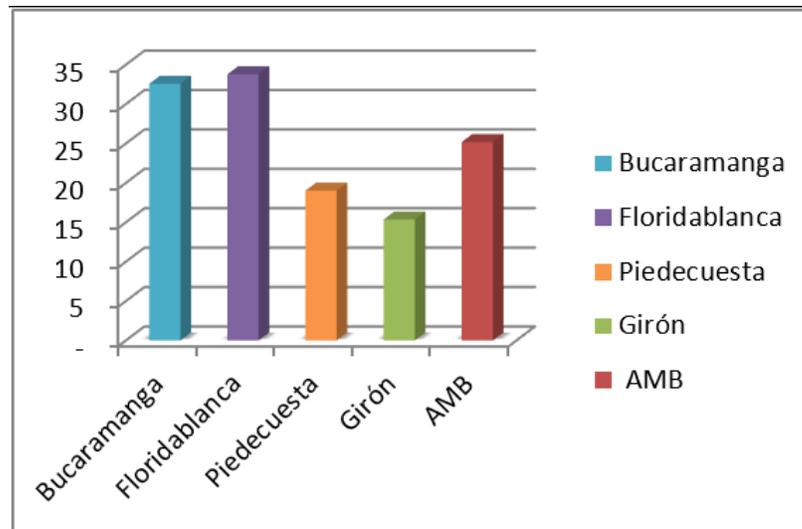
Figura 9. Porcentaje de aprovechamiento de residuos sólidos Totales por municipio del AMB (%/mes)



Fuente: Observatorio Metropolitano AMB [52]

En el tema de cobertura de servicio público de aseo para residuos aprovechables por municipio del área metropolitana de Bucaramanga (%), el municipio con mayor cobertura es el municipio de Floridablanca seguido de Bucaramanga, Piedecuesta y Girón (ver Figura 10).

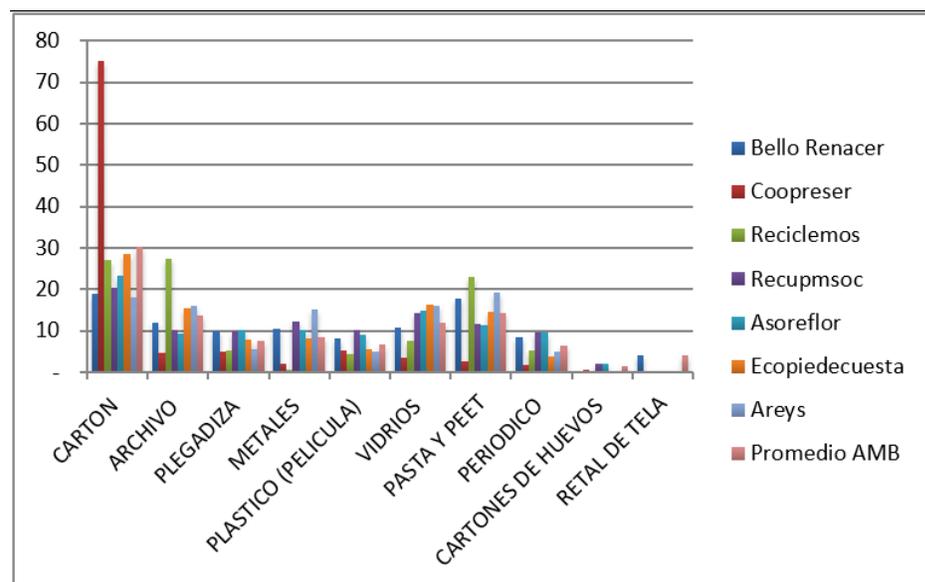
Figura 10. Cobertura del servicio público de aseo de servicios aprovechables



Fuente: Observatorio Metropolitano AMB [52].

Resultados de la investigación adelantada por el observatorio metropolitano del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) acerca del trabajo que adelantan cada una de las organizaciones de recicladores, muestran el nivel de aprovechamiento de los residuos sólidos mediante los trabajos de caracterización para el año 2016, en los municipios que conforman en área Metropolitana de Bucaramanga (ver Figura 11 y Figura 12). Para el año 2016, el cartón fue el residuo aprovechable con mayor participación dentro de los residuos recuperados en las rutas selectivas del AMB con un porcentaje equivalente al 30%, quedando la pasta y PET en un 25% del material reciclado.

Figura 11. Porcentaje de Residuos Sólidos Aprovechados



Fuente: Observatorio Metropolitano AMB [52]

Figura 12. Caracterización de los residuos sólidos aprovechados por organización de recicladores

Caracterización de los residuos sólidos aprovechados por Organización de Recicladores (Promedio/año)								
AÑO 2016								
TIPO DE RESIDUO	Bello Renace	Coopreser	Reciclemos	Recupmsoc	Asoreflor	Ecopiedecuesta	Areys	Promedio AMB
CARTON	19	75,1	27,1	20,4	23,4	28,4	18,1	30,2
ARCHIVO	12	4,7	27,3	10,1	9,4	15,3	16,1	13,6
PLEGADIZA	10	5,0	5,1	9,7	10,0	7,9	5,6	7,6
METALES	10	2,1	0,2	12,1	10,1	8,2	15,1	8,3
PLASTICO (PELICULA)	8	5,3	4,4	10,1	9,1	5,5	4,9	6,8
VIDRIOS	11	3,4	7,5	14,2	14,9	16,3	16,0	11,9
PASTA Y PEET	18	2,6	23,0	11,7	11,3	14,6	19,1	14,3
PERIODICO	9	1,7	5,3	9,5	9,6	3,9	5,1	6,2
CARTONES DE HUEVOS	-	0,1	0,0	2,1	2,1	0,0	-	1,4
RETAL DE TELA	3,9	0,0	0	0	0,0	0,0	-	3,9

Fuente: Observatorio Metropolitano a partir de cálculos con base en microdatos de las organizaciones de recicladores del AMB [50]

7. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA UPB

La Universidad Pontificia Bolivariana sede Bucaramanga está ubicada sobre el Valle del Menzulí, en el kilómetro 7 de la autopista que conduce de Bucaramanga a Piedecuesta, al sur de la ciudad de Floridablanca (ver Figura 13).

Figura 13. Localización general del área de estudio - Universidad Pontificia Bolivariana (UPB)



Fuente: Tomada de Google Earth

El Campus, es un referente para la ciudad de Bucaramanga, no solo por sus más de 53.700 m² de área construida, sino porque actualmente cuenta con una población discente de 5101 personas repartidas en programas de pregrado, especialización, maestría, docentes, administrativos y personal de servicio. Dentro de los objetivos de proyección de la UPB encontramos la realización de acciones solidarias que generen impacto en el entorno y la promoción de entornos saludables [53]. Los programas de recogida de residuos establecidos son un primer paso esencial en todo proceso de gestión de residuos.

La implementación del PGIRS (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos) en la UPB inició con un trabajo de evaluación del manejo de los residuos sólidos de la Universidad para el período comprendido entre el año 2011 y el primer trimestre del 2013. Las actividades desarrolladas fueron:

- caracterización de los residuos sólidos que van a disposición final.
- cuantificación de residuos destinados a aprovechamiento.
- evaluación de otros factores asociados a la gestión de los residuos sólidos.
- análisis estadístico de la información.

Dentro del grupo de elementos reciclables y reutilizables inventariados en el sitio de acopio de la UPB se encuentran papel, chatarra, cartón, periódico, plástico, pasta, aluminio y cobre. La Figura 14 muestra un aumento significativo en la cantidad diaria de residuos a lo largo del tiempo. Se puede identificar claramente que del grupo de los plásticos generados se identifican cantidades de generación de tres principales grupos, el primer grupo corresponde a los plásticos (genérico), el segundo grupo a los PET y el tercer grupo al poliestireno expandido (Icopor).

Figura 14. Generación diaria de residuos.

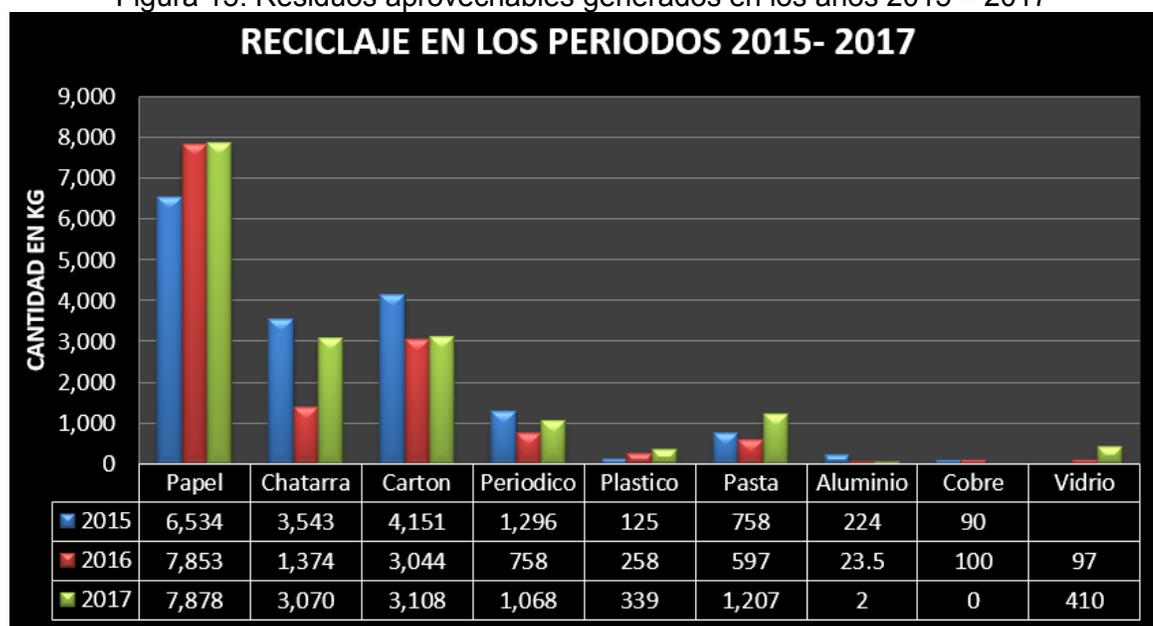
RESIDUO	Cantidad (kg/día)		
	2011	2012	2013
Comida y jardinería	52,50	68,72	149,33
Papel reciclable		23,73	25,17
Papel no reciclable		35,62	26,48
Total papel	20,48	59,35	51,65
Cartón	7,99	17,63	31,26
Plástico	18,96	38,45	42,43
PET	8,46	28,00	28,07
Vidrio	22,92	36,40	46,39
Poliestireno expandido	6,91	13,23	12,62
Metales	6,06	6,07	6,94
Otros	3,71	27,81	39,50
TOTAL	147,99	295,67	408,19

Fuente: Generación diaria de residuos de la UPB [8]

En la Figura 15, se muestra la generación por peso de diferentes tipos de residuos aprovechables para el período años 2015-2017. El proceso de separación es realizado por trabajadores del departamento de Servicios Generales de la Institución. Los elementos recuperables son papel, chatarra, cartón, periódico, plástico, pasta, aluminio, cobre y vidrio. Los resultados de este proceso muestran que el material de residuo que se más se produce es el papel, seguido de la

chatarra, cartón, periódico y pasta. La generación de cartón está relacionada con el aumento en el uso de materias primas que utilizan cajas de cartón como parte de su embalaje. En este sentido se observa una leve disminución a lo largo de los tres periodos analizados. Con respecto al plástico, aluminio y cobre, no se observa un cambio representativo en los porcentajes de generación a lo largo del tiempo. La pasta y el vidrio tuvieron un aumento relativo importante en el último año de análisis (2017).

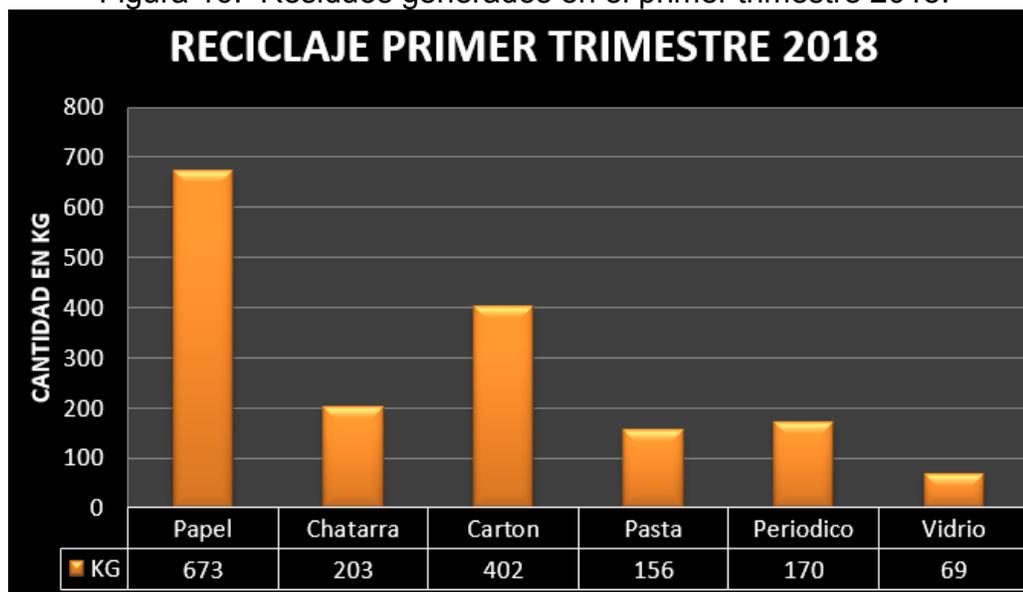
Figura 15. Residuos aprovechables generados en los años 2015 – 2017



Fuente: Elaboracion propia, a partir de informacion obtenida de la Oficina de Gestión Ambiental de la UPB

Para el primer trimestre de 2018 se cuenta con una información preliminar de los pesos de los residuos generados, que incluye únicamente las categorías papel, chatarra, cartón, pasta, periódico y vidrio (ver Figura 16). El total de 1673 Kg de residuos sólidos aprovechables se distribuye en papel (673 Kg), chatarra (203 Kg), cartón (402 Kg), pasta (156 Kg), periódico (170 Kg) y vidrio (69 kg). Estos resultados preliminares son consistentes con los datos históricos mostrando que la mayoría de los residuos aprovechables (en peso) corresponden a papel y cartón.

Figura 16. Residuos generados en el primer trimestre 2018.



Fuente: Elaboracion propia, a partir de informacion obtenida de la Oficina de Gestion Ambiental de la UPB

La información provista por la oficina de Gestión Ambiental de la Universidad fue complementada con datos obtenidos a partir de visitas realizadas al centro de acopio de residuos aprovechables. Una aclaración importante de realizar es que a pesar de que la Universidad cuenta con sitios o puntos ecológicos con tres recipientes de diferentes colores (un contenedor verde para residuos ordinarios, un contenedor azul para plástico y un contenedor gris para papel), con el fin facilitar el proceso de separación en la fuente y educar a la comunidad estudiantil sobre los procesos de separación de residuos sólidos generados en ella, se observó que estos procesos no se han apropiado completamente ya que los empleados de servicios generales se ven en la necesidad de verificar y separar los tipos de residuos en los procesos de recolección de los puntos ecológicos. Se debe fortalecer el trabajo de concientización y educación sobre la importancia de la separación en la fuente.

La recolección de papel y cartón se lleva a cabo independientemente y su modo de almacenamiento en el centro de acopio, se puede ver en las Figuras 17-19.

Figura 17. Separación de papel de archivo



Figura 18. Separación de cartón.



Figura 19. Separación de papel periódico



Fuente: Propia, sitio de acopio UPB

El reto, como se mencionó anteriormente, está en la separación de los materiales de los puntos ecológicos. Para el caso de las botellas de plástico, una vez trasladadas al sitio de acopio de la Universidad, primero se separa la pasta de color de la pasta transparente (se denomina “pasta” a envases PET y PS) y segundo, se separan las tapas de la pasta (las tapas son de PP). Las Figuras 20 y 21 dan evidencia de estos procesos.

Figura 20. Registro fotográfico separación de envases plásticos y tapas



Figura 21. Separación de envases y tapas



Fuente: Propia, sitio de acopio UPB.

Las bolsas plásticas, embalajes y envolturas de envases corresponden principalmente a plástico de baja densidad LDPE (ver Figura 22).

Figura 22. Separación de bolsas plásticas



Fuente: Propia, sitio de acopio UPB

Una vez todos los tipos de materiales son separados, se determina los pesos o cantidad por tipo de residuo y, trimestralmente son comercializados en el mercado del reciclaje.

Durante la visita realizada al centro de acopio el día 26 de abril de 2018, se trató de recolectar información sobre envases plásticos. Para cada tipo de pasta se hizo una inspección a un saco con el fin de identificar los pesos y tipos de plásticos que las conformaban (ver Tabla 8). Es evidente que en total se recolectan muchos más envases transparentes que de color (27 bolsas de pasta transparente vs. 6 bolsas de pasta de color).

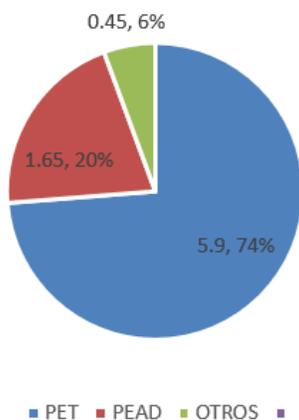
Tabla 8. Composición por peso de la pasta para población y muestra

Tipo de pasta	Peso total período (Enero 15 a Abril 26 de 2018)	Peso muestra (1 saco por tipo de pasta)
Pasta transparente	173 Kg	6.4 Kg
Pasta de color	40.5 Kg	8.3 Kg

Fuente: Autor

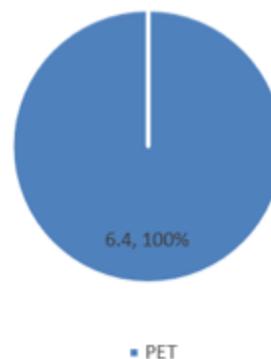
Como se mencionó anteriormente, la separación realizada en la universidad no disgrega por tipo de plástico. La visita al centro de acopio permitió realizar la caracterización por tipo de plástico, obteniendo los siguientes valores de material por una bolsa como unidad de muestreo para cada tipo de pasta (ver Figuras 23 y 24):

Figura 23. Tipo de plástico para pasta de color (muestra)



Fuente: Autor

Figura 24. Tipo de plástico para pasta transparente (muestra)



Fuente: Autor

Para el caso de la pasta de color, el muestreo arrojó que 74% del material es de tipo PET, 20% es PEAD, y 6% otros tipos de plástico. Extrapolando estas proporciones a todo el material recolectado en el período Enero-Abril de 2018, se tendría que de los 40.5 Kg de pasta de color, 29.6 Kg serían PET, 8.1 Kg serían PEAD, y 2.3 Kg otros tipos de plástico. Por otra parte, para el caso de la pasta transparente, se encontró que todo el contenido de la muestra era de tipo PET. Finalmente, vale la pena recordar que, por número de bolsas encontradas y peso asociado, la Universidad produce aproximadamente un 80% de pasta transparente y un 20% de pasta de color.

8. REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACTIVIDADES DE LA CONSTRUCCIÓN

La reutilización y reciclado de plásticos se convierte hoy en día en una oportunidad que brinda productos que constructivamente los convierten en idóneos por su duración y resistencia a la corrosión, aislamiento térmico y acústico, y su bajo costo de producción y mantenimiento. Así mismo, por ser más higiénicos y limpios, permiten un acabado estético y son ambientalmente seguros para el sector de la construcción y los equipamientos urbanos.

Aproximadamente, uno de cada cinco materiales plásticos es consumido en el sector de la construcción, que encuentra en el plástico significativas ventajas como su ligereza, su óptima procesabilidad y la flexibilidad que aporta al diseño. Si pensamos en la ligereza de estos materiales, esta propiedad es una de las causantes del crecimiento del uso de este material pues presentan, generalmente, una densidad inferior a los materiales tradicionales. Se encontró para el sector de la construcción la aplicación de los materiales plásticos en diversas formas: en puentes y edificios (dentro de la estructura), en el interior de edificios (materiales aislantes, conducción de electricidad, canaletas, tuberías, etc.) y en mobiliario urbano (conos, vallas, marquesinas, papeleras, etc.).

Aplicaciones en el sector de la construcción.

En el mundo encontramos empresas dedicadas a buscar soluciones para las ciudades con el desarrollo de productos a partir de materiales reciclados, como la empresa española ZICLA que enfoca su trabajo en la economía circular, dedicada a diseñar, desarrollar y fabricar productos reciclados de equipamiento urbano para las ciudades. Entre otros productos desarrollados están las jardineras urbanas y separador de carril para bicicletas todos estos elementos fabricados con residuos plásticos de post-consumo y post-industriales. Así mismo, plataformas diseñadas

para la mejora de la accesibilidad urbana en general y la accesibilidad en las paradas de bus en particular, también están fabricadas con residuos plásticos de post-consumo y post-industriales. Procesos que permiten que este material pase a formar parte del mobiliario urbano, el menaje, el envasado y las edificaciones que vemos.

En España se vienen adelantado proyectos en los que el principal objetivo es encontrar productos que mejoren los aspectos o deficiencias que se derivan en la actividad de la construcción. En este contexto hay dos propuestas a resaltar: la primera es POLIMIX, una investigación que desarrolló un tramo de carretera en donde se emplearon diferentes residuos plásticos: Polietileno (PE) procedentes de envases, residuos de Poliestireno (PS) procedentes de perchas, residuos de caucho a partir de neumáticos fuera de uso y residuos de Polietileno (PE) y Polipropileno (PP) provenientes de tapones de envase ver (ver Figura 25).

Figura 25. Tramo de carretera proyecto POLIMIX.



Fuente: Tomado de artículo reutilización, reciclado plásticos y oportunidades construcción de equipamiento urbano [54].

Otra investigación que se desarrolla con la materia prima del plástico en el sector de la construcción es Eco-Rubber. A través de este proyecto se consiguió desarrollar un bolardo fabricado con caucho reciclado (entre un 60 y un 90%), sin ningún tipo

de ligante, lo que facilitará volver a reciclarlo, si fuese necesario (ver Figura 26).

Figura 26. Bolardo fabricado con caucho reciclado.



Fuente: Reutilización, reciclado plásticos y oportunidades construcción de equipamiento urbano [55].

El proyecto denominado como ECOARK, edificio de 26 metros de alto hecho con botellas de plástico es un notable ejemplo de cómo un material de desecho como el PET puede ser transformado en un eficiente material de construcción que permite construir estructuras habitables. Este edificio fue creado con la premisa de la sustentabilidad: Reducir, Reutilizar y Reciclar. Es reutilizable, por el hecho de que el edificio en su totalidad, puede desarmarse y armarse en otro lugar (ver Figura 27). El desarrollador, Arthur Huang, director de la constructora sustentable "Miniwiz Sustainable Energy Developments Ltd", comenta: "Queríamos trabajar con basura reciclada pero no estábamos seguros de qué basura usar. Miramos nuestro basurero en la oficina y nos dimos cuenta de que la mayor parte de la basura que teníamos eran botellas plásticas de Té" [56]. El propósito de este proyecto es motivar el uso de materiales reciclables en sustitución de los materiales tradicionales.

Figura 27. Edificio ECOARK



Fuente: Tomada de noticias edificio Ecoark [56]

Otro proyecto enfocado al reciclaje de botellas PET es “Byfusion”, del ingeniero Peter Lewis, quien creó una máquina con la que transforma las botellas de plástico en bloques o tabiques. Estos bloques son también altamente resistentes, por lo cual pueden ser utilizados de manera estructural en muros de carga y de contención (ver Figura 28).

Figura 28. Bloques PET



Fuente: Tomada de noticias bloques PET [56].

Investigadores del Conicet en Argentina han patentado un proceso de utilización del PET para la fabricación de ladrillos para la construcción. Viendo que el ladrillo PET

no es solo una solución a un problema medioambiental, sino que también tiene ventajas técnicas significativas y económicas para la construcción, se busca lograr un desarrollo industrial que permita fabricar estos ladrillos en una cantidad suficiente para poder satisfacer las demandas del sector de la construcción.

Los proyectos antes mencionados, nos permiten ver de otra manera la basura. Más allá de un desecho se convierte en una importante materia prima para la elaboración de nuevos materiales, que aparte de resolver la contaminación ambiental, ayudan a resolver el problema de vivienda en lugares de escasos recursos, ya que la fabricación de los materiales antes mencionados es mucho más barata que la de los materiales tradicionales.

Encontramos en Colombia a SOININ, una empresa dedica a desarrollar e innovar productos de calidad realizados con materiales de fibras y polímeros reciclados hasta en un 40% con aplicabilidad para el sector de la construcción, que brindan soluciones de arte y decoración. A SOININ, la problemática de la contaminación creada por los excesos de materiales usados como madera y plásticos, la llevó a desarrollar la MADERA COMPUESTA o WPC (Wood Plastic Composite) la cual ofrece una solución natural, con fácil instalación y un mínimo mantenimiento. Entre las características de la madera compuesta están:

- Resistente a termitas e insectos,
- Se puede trabajar igual que la madera,
- No se pudre pues tiene baja absorción de humedad,
- Tiene alta resistencia y durabilidad,
- Es ecoamigable,
- No se astilla,
- Tiene apariencia elegante y cálida,
- Es de fácil mantenimiento [57].

La tecnología WPC o madera compuesta presenta soluciones en productos de alta calidad entre los que se encuentran los *decks*, cerramientos y paneles multiusos, de larga duración para uso en el sector de la construcción (ver Figura 29).

Figura 29. Panel multiuso en tecnología WPC



Fuente: Soluciones de ingeniería arte y decoración [57]

Otro de los sistemas constructivos aplicables en el sector construcción lo viene desarrollando CONCEPTOS PLÁSTICOS, empresa Colombiana dedicada a transformar residuos de plástico y caucho en un sistema constructivo alternativo para viviendas temporales y permanentes de uno o dos pisos, refugios, salones de clase, salones comunitarios y otras edificaciones (ver Figura 30).

Figura 30. Ladrillos de plástico



Fuente: El Tiempo [58].

El trabajo realizado por esta empresa consiste en que los residuos de plástico que reciclan por medio de un proceso llamado extrusión, se funden e inyectan en un molde para producir bloques de plástico que funcionan como piezas de Lego, permitiendo a las comunidades y familias enteras jugar un papel en la fácil construcción de sus propios hogares. Los materiales contienen aditivos que los hacen resistentes al fuego y como la estructura es a base de plástico, es resistente a los terremotos (ver Figura 31).

Figura 31. Viviendas de un piso



Fuente: El Tiempo [58]

También encontramos a la La Fundación para la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico – FICIDET [59], que es una institución Colombiana que apoya la investigación y el acceso a productos novedosos de diversas áreas. Esta entidad lidera dos grandes proyectos: el sistema BRICKARP y el BLOCKARP, que buscan contribuir al sostenimiento ecológico con la utilización de las materias primas extraídas de los residuos sólidos reciclados.

El sistema BRICKARP está elaborado a partir de plástico reciclado. Estos bloques de plástico reciclado contienen poliolefinas que son termoplásticos de elevada rigidez, cristalinidad, alto punto de fusión y excelente resistencia química (ver Figura 32).

Figura 32. Bloque de plástico reciclado BRICKARP



Fuente: BRICKARP Ambiental [60]

Los bloques son livianos, modulares y pueden acoplarse con facilidad; además no requieren de mano de obra especializada. Este sistema constructivo busca ofrecer una alternativa para la fabricación de elementos estructurales (vigas y columnas) y no estructurales para la construcción de proyectos arquitectónicos, mediante la generación de un sistema constructivo integrado con elementos livianos, modulares y resistentes, que permiten instalaciones rápidas, seguras y de bajo costo (Figura 33).

Figura 33. Propuestas de viviendas con ladrillos BRICKARP



Fuente: FICIDET [59]

La Fundación FICIDET, en busca de contribuir con el sostenimiento ecológico en su proceso de investigación, ha generado un nuevo producto basado en papel reciclado molido (celulosa) con PVA (alcohol polivinílico) más un catalizador y agua, obteniendo así un producto 100% reciclable. El cual tiene como destinación el uso en el desarrollo de divisiones internas de las casas (ver Figura 34).

Figura 34. Sistema BLOCKARP- Bloque de papel



Fuente: FICIDET [59]

Otra importante aplicación de las materias primas del plástico encontrada en el mundo la está desarrollando la empresa MacRebur, que ha encontrado una forma innovadora de utilizar plásticos residuales para ofrecer una solución de asfalto mejorada y rentable. MacRebur presenta los productos MR6, MR8 y MR10 su asfalto pendiente de patente, de alto rendimiento aglutinante aditivo, hechos de materiales de desecho 100% y se utilizan para reemplazar parte del betún en cualquier mezcla de asfalto. MR6, 8 y 10 son un conglomerado de polímeros cuidadosamente seleccionados, específicamente diseñado para mejorar la resistencia y durabilidad de asfalto mientras se reduce la cantidad de betún requerido en la mezcla. Los productos proporcionan una forma única de mejorar asfalto para dar una solución rentable y de mayor duración. Su fabricación proviene del reciclaje del plástico, específicamente del PET y del HDPE. Entre los beneficios de esta propuesta están:

- Enorme aumento de la resistencia a la tracción,
- Cohesión y adhesión mejoradas

- Mejora la resistencia a la combustión
- Incrementa enormemente la resistencia de los asfaltos a la deformación y la formación de surcos
- Aumenta la vida útil de la carretera [61].

La Tabla 9 presenta las características y beneficios de los productos MR6, MR8 y MR10.

Tabla 9. Características y beneficios de los aditivos MR6, MR8 y MR10

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	BENEFICIOS
<p>PRODUCTO - MR6</p> 	<p>Reemplaza parte del betún y puede ser utilizado en cualquier mezcla de asfalto. MR6 introduce polímeros en la mezcla que modifica el asfalto que resulta en un aumento resistencia a la tracción, mayor resistencia a los permanentes deformación y mayor resistencia al combustible. Debido a su maquillaje químico único MR6 aumenta el punto de reblandecimiento por lo que es ideal para usar en climas cálidos. Se usa principalmente donde se requiere una superficie fuerte; caminos utilizados por pesados vehículos, parques de camiones, pistas de aeropuertos, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la resistencia a la tracción • Mayor resistencia al combustible • Mayor resistencia a la deformación • Altamente resistente a la abrasión y al desgarro de los dientes apretados vehículos de giro • Aumenta el punto de reblandecimiento del asfalto • Reducción de vacíos de aire • Mayor resistencia a la sensibilidad al agua
<p>PRODUCTO - MR8</p> 	<p>Es más rentable que el betún de calidad estándar. Se reduce parte del betún y se puede utilizar en cualquier asfalto mezcla. MR8 mejora la reología del asfalto que resulta en instalación más suave, buena trabajabilidad y compactación. El aditivo MR8 se puede agregar a cualquier mezcla de asfalto y reemplaza hasta el 10% del contenido de betún, mientras manteniendo la resistencia a la deformación, resistencia a sensibilidad al agua y resistencia a la fatiga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativa rentable y ecológica al betún • Reducción de vacíos de aire • Incremento del módulo de resistencia a la tracción indirecta • Mejora de la trabajabilidad
<p>PRODUCTO - MR10</p> 	<p>Es un aditivo galardonado para asfalto utilizado en áreas urbanas y rurales que combina las propiedades de alta resistencia a la fatiga con excelente resistencia a la deformación MR10 es adecuado para la mayoría ubicaciones, desde caminos rurales hasta muy transitados autopistas, pero particularmente donde hay un potencial para agrietarse MR10 viene en forma de pellets. Reemplaza parte del betún y se puede usar en cualquier mezcla de asfalto. MR10 introduce polímeros en la mezcla que modifican el asfalto lo que resulta en una mayor flexibilidad y cohesión mientras reduciendo grietas reflectantes y fallas de fatiga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor resistencia al agrietamiento a baja temperatura • Alta recuperación elástica • Mayor resistencia a la deformación • Mayor resistencia a la fatiga • Incremento del módulo de resistencia a la tracción indirecta

Fuente: MACREBUR, Products [62]

Los productos MacRebur son usados en asfalto para carreteras, aeropuertos y otras construcciones y proyectos de transporte, así como el sector de servicios públicos y mercados domésticos.

Otra importante aplicación de los plásticos con los que se fabrican los envases para bebidas y tapas como es el PET y el PP es la elaboración de geo membranas y geo textiles. La empresa “TenCake” fabrica estos materiales geosintéticos para reforzar los suelos blandos, las tensiones de corte del material de relleno, aumentando la capacidad de soporte de la base, mejorando la estabilidad y presentándose como una solución rentable. Estos productos proporcionan resistencias de hasta 1600 KN/m y resistencia química (Ph>9) para suelos tratados o contaminados, garantizan la estabilidad del terraplén, optimizando las transferencias de carga para lograr un mejor asentamiento. La alta resistencia de los geosintéticos permite que en cimentaciones con pilotes se pueda aumentar el espaciado, obteniendo una significativa reducción en costos. También disminuye o evita la necesidad del relleno granular, ahorrando costos y disminuyendo el impacto ambiental de la extracción de recursos minerales.

Carthage FX® High-Performance Series of polypropylene (PP), producto de la marca Carthage Mills, recomienda el uso del geotextil de PP para separación, filtración y estabilización, con aplicaciones como:

- Paredes MSE (Temporal y Permanente)
- Refuerzo de la base
- Reclamación de tierras
- Tapado de rellenos sanitarios / cierres
- Pendientes reforzadas
- Construcción de carreteras / ferrocarriles
- Diques y terraplenes en fundaciones blandas
- Puente de vacíos
- Pistas de aeropuerto

Carthage FX® High-Strength polyester (PET), otro producto de la marca pero fabricado con plástico PET, fue desarrollado para aplicaciones específicas como:

- Terraplenes en suelos blandos

- Colapso de vacíos
- Cierres de la Laguna de Desechos
- Aplicaciones de refuerzo que requieren resistencia a la fluencia, fortalezas de diseño a largo plazo y de alta resistencia.

9. PROPUESTA

La Universidad Pontificia Bolivariana tiene potencial como gran generador de residuos sólidos. La propuesta para esta investigación es un esquema de aprovechamiento de residuos sólidos mediante el concepto de economía circular que cumpla con las disposiciones contenidas en la Norma Técnica GTC 24 Gestión Ambiental. Residuos Sólidos, con estrategias de aprovechamiento de acuerdo al tipo de material (aproximadamente el 44,2% es potencialmente aprovechable de acuerdo a la evaluación realizada en 2013), permitiendo así mitigar los impactos ambientales de los residuos sólidos producidos en el campus de la Universidad.

La incorporación del concepto de economía circular en la creación de nuevos productos es vital pues reintegra los residuos al ciclo productivo, utilizándolos como materias primas en nuevos procesos industriales, evitando los flujos lineales de la economía actual y creando valor al residuo. Nuestro enfoque es en aplicaciones orientadas a la Ingeniería Civil. El proceso de revisión del Capítulo 9 muestra que existe un campo de acción amplio para los residuos (especialmente plásticos).

Desde la perspectiva de la separación en la fuente, los residuos que tienen potencial de aprovechamiento provienen de la caneca de color gris que corresponde a papel-cartón y la caneca de color azul donde se depositan los plásticos. Por otra parte, en el área metropolitana de Bucaramanga existen diferentes asociaciones de recicladores que se encargan de recoger y realizar la comercialización primaria de los materiales reciclables y según los datos recopilados en el contexto local de esta investigación, los residuos con mayor porcentaje de recuperación son el cartón con 30% y el plástico PET con el 25% del total de materiales recuperados. Esto nos permite concluir que los materiales que predominan en el área metropolitana en materia de recuperación y reciclaje son el cartón y el plástico PET.

En cuanto a los precios de los productos reciclados, se obtuvo información de la asociación de reciclaje “Bello Renacer” y de la empresa de reciclaje “Ekoplanet”, así (ver Tablas 10 y 11):

Tabla 10. Precios de materiales reciclados (Bello Renacer)

Material	Precio (pesos/kilogramos)
Cartón	300
Archivo	350
Periódico	200
Plástico bolsa	800
Chatarra	350
Aluminio	200
Cobre	11000
Bronce	8000
PET	700
Pasta	300
Vidrio	70

Fuente. Asociación Bello Renacer

Tabla 11. Precios de materiales reciclados (Ekoplanet)

Material	Precio (pesos/kilogramos)
Papel	400
Cartón	300
Periódico	300
Plegadiza	100
PET	300
Plástico	300
Chatarra	200
Pasta	100

Fuente. Empresa Ekoplanet

Con la información suministrada por la oficina de gestión ambiental de la UPB y la visita realizada al centro de acopio para realizar el muestreo, podemos realizar estimativos basándonos en el valor en el mercado del reciclaje de las cantidades generadas por la universidad (ver Tablas 12 y 13).

Tabla 12. Generación de residuos por año en kilogramos.

Tipo de material	2015	2016	2017
Papel	6.534	7.853	7.878
Chatarra	3.543	1.374	3.070
Cartón	4.151	3.044	3.108
Periódico	1.296	758	1.068
Plástico	125	258	339
Pasta	758	597	1.207
Aluminio	224	23,5	2
Cobre	90	100	0
Vidrio	0	97	410

Fuente: Autor

Tabla 13. Valores anuales estimados por venta de material reciclado

Año	Papel	Chatarra	Cartón	Periódico	Plástico	Pasta (PET)	Aluminio	Cobre	Vidrio
2015	2'613.600	708.600	1'245.300	388.800	37.500	227.400	44.800	990.000	0
2016	3'141.200	274.800	913.300	227.400	77.400	179.100	5.300	1'100.000	6.790
2017	3'151.200	614.000	932.400	320.400	101.700	362.100	400	0	28.000

Fuente: Autor

Los residuos se puede agrupar de mayor a menor en generación de ingresos para la universidad en los 3 años (2015-2017):

1. Papel: 8'906.000 pesos
2. Cartón: 3'091.000 pesos
3. Cobre: 2'090.000 pesos
4. Chatarra: 1'597.400 pesos
5. Periódico: 936.600 pesos
6. Pasta (PET): 768.600 pesos

7. Plástico: 216.600 pesos
8. Aluminio: 50.500 pesos
9. Vidrio: 34.790 pesos

De los principios de la economía circular citados en el documento CONPES-3874 nos enfocaremos para la propuesta en la “Reutilización” para el uso de residuos o ciertas partes que puedan funcionar para la elaboración de nuevos productos. De esa forma serán de interés para la propuesta los residuos generados en la UPB que dentro de la revisión bibliográfica de empresas que estén usando materiales provenientes del reciclaje, tengan aplicabilidad a la construcción y obra civil. Los materiales encontrados en la revisión bibliográfica fueron los siguientes:

Material	Aplicación	Tipo de material	Propiedades
PET [63]	Ladrillos, elementos modulares, fachadas, madera plástica, geotextiles.	Polímero Termoplástico	<p>Material que a temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente.</p> <p>Alta resistencia al desgaste y corrosión. Muy buen coeficiente de deslizamiento.</p> <p>Buena resistencia química y térmica. Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad. Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.</p> <p>Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.</p>

POLIETILENO (PE) [63]	Tuberías, ladrillos, elementos modulares, agregado pavimentos, madera plástica.	Polímero Termoplástico	Material que a temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente. Resistente a agentes químicos. Buenas propiedades mecánicas. Aislante eléctrico Demasiado blando.
POLIESTIRENO (PS)	Agregado pavimentos, madera plástica.	Polímero Termoplástico	Material que a temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente. Resistencia mecánica, rígido. Muy frágil. Poco resistente al calor. Muy fluido (poco viscoso).
POLIPROPILENO (PP) [63]	Ladrillos, elementos modulares, agregado pavimentos, madera plástica, geotextiles.	Polímero Termoplástico	Material que a temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente. Resistente a agentes químicos. Buenas propiedades mecánicas: Resiste a la fatiga. Aislante eléctrico.
CAUCHO RECICLADO [63]	Agregado pavimentos, elementos de mobiliario urbano.	Polímero Elastómero	Al elevar la temperatura se vuelven moldeables. Sus propiedades cambian si se funden y se moldean varias veces. Elasticidad. Resistencia a la abrasión. Resistencia a los agentes químicos. Resistencia al calor y electricidad.

ALUMINIO [64]	Formaletas- encofrados.	Metal	Ligereza (sobre un tercio del peso del cobre y el acero), resistencia a la corrosión (característica muy útil para aquellos productos que requieren de protección y conservación), resistencia, es un buen conductor de electricidad y calor, no es magnético ni tóxico, buen reflector de luz (idóneo para la instalación de tubos fluorescentes o bombillas), impermeable e inodoro, y muy dúctil. Además, el gran atractivo es que se trata de un metal 100% reciclable, es decir, se puede reciclar indefinidamente sin que por ello pierda sus cualidades.
PLASTICO (Polietileno baja densidad) LDPE [63]	Madera plástica	Polímero Termoplástico	Material que a temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente. Resistente a agentes químicos. Buenas propiedades mecánicas. Aislante eléctrico Demasiado blando

La revisión anterior de aplicaciones se realizó con el objetivo de encontrar materiales que se encuentren tanto en la caracterización realizada en la Universidad como en los procesos industriales desarrollados actualmente por empresas e investigaciones, para proponer las aplicaciones de los materiales que se generan en la Universidad. Encontramos que los materiales comunes son los siguientes:

- PET
- PE
- PP
- PS
- ALUMINIO
- LDPE (Polietileno de baja densidad)

El material que se encontró que es generado en unas cantidades significativas y que se encontró en la revisión bibliográfica como parte de procesos industriales de fabricación enfocado a la construcción es el **PET**. La Universidad podría enfocarse en transformarlo y reintroducirlo a la cadena de valor como nuevos productos, así como promover la investigación en el desarrollo de materiales, sin embargo no hay que descartar los otros tipos de plásticos como el PP, PE y LDPE que se encontraron como parte de la denominada PASTA A COLOR y que pueden hacer parte de mezclas para el desarrollo de materiales y que en el caso del PP, hay una correlación de 1 tapa de este material por botella de PET, y que fueron encontrados como parte de procesos industriales enfocados a la construcción, validando su aplicabilidad. De esta manera, las propuestas para aprovechar los materiales generados en la UPB basadas en la economía circular son las siguientes:

- Fabricación e investigación con plástico PET en Ladrillos, elementos modulares, fachadas, madera plástica y geotextiles. Por sus propiedades como termoplástico, es un material que a temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente; tiene alta resistencia al desgaste y corrosión, muy buen coeficiente de deslizamiento, buena resistencia química y térmica, muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad. Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica. Lo que lo hace un material con buenas propiedades para elementos modulares no estructurales, fachadas dada su excelente resistencia química y fabricación de madera plástica por sus propiedades que le permiten resistir la intemperie y vida útil del material de 100 años, además por su abundancia y por el avanzado desarrollo que hay en el campo.
- Fabricación e investigación con plástico PE, PP y LDPE, en mezclas de estos dos materiales, así como con el plástico PET. La revisión bibliográfica muestra que se combinan estos termoplásticos para la fabricación de ladrillos y elementos modulares no estructurales de plástico y madera plástica, por

sus propiedades físicas y químicas que los dotan de excelente resistencia química y térmica, haciéndolos materiales con capacidad de resistir los agentes externos de la intemperie.

- Fabricación e investigación con plástico PE, PP, LDPE y PET, como agregado para pavimentos flexibles, con la posibilidad de ser una alternativa para el betún asfáltico, por sus propiedades como termoplásticos.
- Fabricación e investigación con plástico PET y PP de geotextiles, es usado ampliamente en la actualidad.
- Se propone hacer investigación en la aplicación a la construcción de materiales como el papel, el cartón y el aluminio. Sin embargo, hay que hacer énfasis en el poco desarrollo industrial, en torno a la aplicación de estos materiales para la construcción.

10. CONCLUSIONES

- A partir del proceso de reciclaje se observan las áreas de oportunidad tanto en la reducción de la generación de residuos sólidos, como en el incremento de la recuperación de los residuos reciclables, ya que sigue siendo una práctica común el colocar materiales potencialmente reciclables en los contenedores de residuo mixto.
- Es necesario mejorar las estrategias de comunicación institucional para lograr una sensibilización de fondo en las instituciones educativas que promuevan la reducción de la generación de residuos y la eficiente separación de éstos en la fuente.
- El principal desafío que enfrenta Colombia se da por la falta de educación en temas de reciclaje y sobre los beneficios que trae consigo el desarrollo de esta práctica. En Colombia se está reciclando del 25 al 30% del PET, lo cual corresponde a cifras muy bajas, ya que si en los colegios, universidades, hogares y empresas se tuviese claro que el PET se recicla, podríamos incrementar las tasas de reciclaje.
- Los beneficios derivados de la economía circular abarcan la protección al medio ambiente, la innovación y el desarrollo del sector industrial, la generación de empleo, un mejor entorno de competitividad, el ahorro de costos por utilización de energía, uso eficiente de las materias primas, reducción de residuos.
- Los materiales plásticos por excelencia están llamados a hacer parte de la economía circular, debido a que por sus características resulta fácil incorporarlos nuevamente a la cadena productiva.

- Las empresas generadoras de productos para el desarrollo de obras civiles deben diseñar productos y trabajar sobre procesos que busquen minimizar los residuos que posteriormente se generen de ellos.
- Las políticas públicas del estado debe trabajar en el perfeccionamiento de la economía circular, que abandona el concepto de comprar, usar y tirar, para que pasemos a diseñar productos que se puedan desmontar y sean muy fáciles de reutilizar, con el fin de recuperar materiales potencialmente reciclables.
- Es clave crear una infraestructura de recolección de residuos accesible, para que la gente se adapte al manejo de los residuos sólidos y se incentive la participación en los procesos domésticos, institucionales e industriales.
- Las prácticas de la sociedad de consumo actuales conllevan un grave perjuicio para el medio ambiente, siendo gran parte del problema el exceso de residuos. Para minimizarlo los consumidores debemos poner en práctica algunos procesos, como la reducción de residuos, mediante la clasificación de envases y cartones son un solo uso en el lugar de generación; la reutilización, que es dar un nuevo uso a un artículo que ya haya cumplido la función para la que se adquirió originalmente; y el reciclado, que consiste a groso modo en volver a introducir en el ciclo de producción y consumo los materiales obtenidos de residuos.
- Habitualmente, los consumidores no contamos en el entorno doméstico con los medios necesarios para reciclar nuestros propios residuos, dejando esta función o la gestión de la misma a las empresas, que sí disponen de la infraestructura adecuada para la recuperación de las materias primas. No obstante, sí tenemos una importante responsabilidad en este tema, pues de la adecuada separación de los residuos en el ámbito doméstico depende, en

gran medida, el eficiente tratamiento de los mismos para su reciclado, por lo que se considera que es fundamental formar y educar en mayor medida a la ciudadanía creando una cultura del reciclaje, ya que estamos llamados a capacitarnos y dirigir nuestra actividad hacia la conservación efectiva del medio ambiente.

- En los procesos de reciclaje se deben formular diferentes estrategias como incentivos económicos, disminuyendo la tarifa de aseo público con relación al porcentaje de material recuperado en cada uno de los municipios, con esto se logrando que la comunidad en general se interese más por la inclusión de adelantar el proceso de reciclaje a través de la realización de una adecuada separación en la fuente de generación.
- Dentro de las estrategias diseñadas en la Política Ambiental para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos se encuentra el desarrollo de acciones que contribuyan a un cambio de actitud o de modificación de los patrones de consumo, en todos los niveles de la sociedad.
- El reto más fuerte se encuentra en emprender acciones dirigidas hacia la articulación de las políticas públicas con el papel que desempeñan los principales actores, relacionados con la reutilización de residuos sólidos, lo cual implica un mayor compromiso por parte de las entidades territoriales frente al diseño de sus Planes Integrales de Gestión de Residuos Sólidos - PGIRS, en donde se incluyan proyectos de fortalecimiento de la actividad de aprovechamiento.
- El manejo adecuado de los residuos sólidos es una necesidad predominante en nuestro mundo actual para que se puedan implementar estrategias y métodos tendientes a disminuir el impacto ambiental negativo sobre la tierra

11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Marx y E. OSPINA , Can a City Be Sustainable, Barcelona: Icaria S.A, 2016, p. 223.
- [2] D. HOORWEG , B. PERIBAZ , T. KENNEDY y C. PEAK, When Is It Likely to Occur?,*Journal of Industry Ecology* 19, 2015, pp. pag117-118.
- [3] «DEPARTAMENTO CIENTIFICO DE GREENPEACE. Plásticos en el pescado y mariscos.,» 2016. [En línea]. Available: http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/Plasticos_en_e_l_pescado_y_el_mariscoLRpd. [Último acceso: Abril 2018].
- [4] «ECOVALE Blog Corporativo. La importancia de reciclar,» Mayo 2014. [En línea]. Available: [http://ecovale.com.mx/la-importancia-de-reciclar/..](http://ecovale.com.mx/la-importancia-de-reciclar/) [Último acceso: Abril 2018].
- [5] E. MacArthur, Fundacion Ellen MacArthur., [En línea]. Available: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf. [Último acceso: Abril 2018].
- [6] UNIVERSIDAD NACIONAL, 2015. [En línea]. Available: <https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/facultad/396-reducir-el-impacto-ambiental-en-la-produccion-de-cemento..> [Último acceso: Abril 2018].
- [7] S. A. Miller, A. Horvath y P. J. Monteiro, «Impacts of booming concrete production on water resources worldwide,» *Nature*, 2018.
- [8] L. Castillo Mesa y M. Briceño, 2013. [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/30>. [Último acceso: Abril 2018].
- [9] CONGRESO DE COLOMBIA, [En línea]. Available: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/ley-9-de-1979_1.pdf..
- [10] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2014. [En línea]. Available: <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-Ley-2811-de-1974.pdf>.
- [11] CONGRESO DE COLOMBIA. Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, 1994. [En línea]. Available: http://www.sic.gov.co/sites/default/files/normatividad/Ley_142_1994.pdf..
- [12] Madrid 7 R ECONOMIA CIRCULAR, [En línea]. Available: <http://www.madrid7r.es/actualidad/norma-bs-80012017-sobre-economia-circular>. [Último acceso: Abril 2018].
- [13] Organizacion Naciones Unidas, [En línea]. Available: <http://www.unep.fr/scp/marrakech/pdf/10yfp-project-briefES.pdf>. [Último acceso: Abril 2018].

- [14] Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, «Alcaldía de Bogotá,» [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4125>. [Último acceso: Abril 2018].
- [15] Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>.
- [16] C. y. T. Ministerio de Vivienda, Abril 2016. [En línea]. Available: <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20596%20DEL%2011%20DE%20ABRIL%20DE%202016.pdf>. [Último acceso: Abril 2018].
- [17] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Abril 2016. [En línea]. Available: <http://cempre.org.co/wp-content/uploads/2017/05/Resolucion-276-de-2016.pdf>.
- [18] SINJURISCOL, Sistema Único de Información Normativa, 2003. [En línea]. Available: <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1910114>. [Último acceso: Abril 2018].
- [19] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., «Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C,» [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62512>. [Último acceso: Abril 2018].
- [20] Fedebiocombustibles, Agosto 2002. [En línea]. Available: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/1713.pdf>. [Último acceso: Abril 2018].
- [21] Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=64163>. [Último acceso: Abril 2018].
- [22] Consejo Nacional de Política Económica y Social, Departamento Nacional de Planeación, Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>. [Último acceso: Abril 2018].
- [23] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, República de Colombia, 11 Abril 2016. [En línea]. Available: <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20596%20DEL%2011%20DE%20ABRIL%20DE%202016.pdf>. [Último acceso: Abril 2018].
- [24] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, República de Colombia, 9 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://www.cra.gov.co/documents/RESOLUCION-720-DE-2015-EDICION-Y-COPIA.pdf>. [Último acceso: Abril 2018].
- [25] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, República de Colombia, 29 Abril 2016. [En línea]. Available: <http://cempre.org.co/wp->

- content/uploads/2017/05/Resolucion-276-de-2016.pdf. [Último acceso: Abril 2018].
- [26] Departamento Nacional de Planeación, «Bases del plan Nacional de Desarrollo 2014-2018,» [En línea]. Available: <https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/Plan%20de%20Acci%C3%B3n/PLAN%20NACIONAL%20DE%20DESARROLLO%202014%20-%202018%20TODOS%20POR%20UN%20NUEVO%20PAIS.pdf>. [Último acceso: Abril 2018].
- [27] Área Metropolitana de Bucaramanga, 2013. [En línea]. Available: https://www.amb.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=263&catid=80&lang=en. [Último acceso: Abril 2018].
- [28] L. H. Villamizar Sarmiento, Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 20 Diciembre 2013. [En línea]. Available: http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/Decreto%202891%20de%202013.pdf. [Último acceso: Abril 2018].
- [29] Área Metropolitana de Bucaramanga, 2014. [En línea]. Available: https://www.amb.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=392:acuerdos-metropolitanos-ano-2014&catid=80:ciudadanos&lang=en. [Último acceso: Abril 2018].
- [30] Consejo Nacional de Política Económica y Social, « Departamento Nacional de Planeación.,» Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>.
- [31] J. F. Rojas Trujillo, «El Colombiano,» [En línea]. Available: <http://www.elcolombiano.com/negocios/innovacion/economia-circular-en-colombia-es-negocio-HH3081090>. [Último acceso: Abril 2018].
- [32] I. T. Acuña, «Ambiente y Sociedad,» Julio 2007. [En línea]. Available: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v10n2/a04v10n2.pdf>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [33] B. K. E. Boulding, «The Economics of the Coming Spaceship Earth,» *Environ. Qual. Issues a Grow. Econ.*, 1966, pp. 1-8.
- [34] D. W. Pearce y T. R. K., *Economics of natural resources and the environment*. Brighton : Harvester Wheats, 1990.
- [35] R. U. Ayres y K. A. V., «Industrial metabolism and global change,» *Int. Soc. Sci. J "Production, consumption, and externalities,"* 1989, p. 363–373.
- [36] Mebratu, D., «Sustainability and sustainable development,» *Environ. Impact Assess. Rev*, 1998, p. 493–520.
- [37] CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONOMICA Y SOCIAL, Departamento Nacional de Planeación, Noviembre 2016. [En línea]. Available:

- <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>.
[Último acceso: Mayo 2018].
- [38] I. C. d. N. T. G. 24, «Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente.,» Bogotá D.C, 2009.
- [39] Blog Villa Pinzon, «Manejo adecuado de residuos sólidos y procesos de reciclaje,» 10 Diciembre 2012. [En línea]. Available: <https://blogvillapinzon.wordpress.com/2012/12/10/manejo-adecuado-de-residuos-solidos-y-procesos-de-reciclaje-2/>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [40] R. Wilhelm, «ASTM,» Septiembre 2008. [En línea]. Available: https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPSO08/wilhelm_sps08.html. [Último acceso: 26 5 2018].
- [41] J. Daneta y A. SAEZ, «Manejo de residuos en América latina y el caribe.,» Manejo de residuos en América latina y el caribe. , Diciembre 2014. [En línea]. Available: [http://www.redalyc.org/html/737/73737091009/..](http://www.redalyc.org/html/737/73737091009/)
- [42] P. B.-T. Bhada-Tata y D. Hoornweg, «WHAT A WASTE A Global Review of Solid,» 2012.
- [43] L. Guijarro, « Los países que más basura generan y los que más reciclan en el mundo.,» 2016. [En línea]. Available: https://www.huffingtonpost.es/2016/06/22/paises-contaminan-recicla_n_10509726.html. [Último acceso: Abril 2018].
- [44] REVISTA DINERO, «Colombia genera 12 millones de toneladas de basura y solo recicla el 17%,» 2015 Agosto. [En línea]. Available: <https://www.dinero.com/edicion-impresa/pais/articulo/cuanta-basura-genera-colombia-y-cuanta-recicl>. [Último acceso: Abril 2018].
- [45] EL TIEMPO REDACCION VIDA., « Colombia recicla cerca del 17% de sus basuras,» Mayo 2017. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/bajo-porcentaje-de-reciclaje-en-el-dia-mundial-del-reciclaje-88868..>
- [46] EL TIEMPO, « Estos son departamentos que más producen basuras en el país.,» Octubre 2016. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/vida/ciencia/departamentos-que-mas-generan-basura-en-colombi>.
- [47] REVISTA SEMANA., « Medio ambiente, Colombia pone meta de reciclaje para 2018.,» Junio 2010. [En línea]. Available: [//sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/colombia-pone-meta-de-reciclaje-para-2018/35369](http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/colombia-pone-meta-de-reciclaje-para-2018/35369). [Último acceso: Abril 2018].
- [48] «ROJAS, Fernando. EL COLOMBIANO, Colombia entierra millones por no reciclar. En línea Enero 2016, Colombia entierra Millones de pesos por no reciclar,» Enero 2016. [En línea]. Available: <http://www.elcolombiano.com/especiales/que-hacer-con-la-basura/colombia-entierra-m>. [Último acceso: q 2018].

- [49] «Mapa Área Metropolitana de Bucaramanga, Colombia,» [En línea]. Available: <http://40.70.216.159:3080/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx#lg=1&slide=0> . [Último acceso: Abril 2018].
- [50] Observatorio Metropolitano del Area Metropolitana de Bucaramanga. Educacion., [En línea]. Available: Disponible en internet: <http://www.observatoriometropolitano.com.co/indicadores.aspx?idIndicador=419&CatComponente=Ssu>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [51] J. C. Chio, «Vanguardia Liberal,» Mayo 2017. [En línea]. Available: , en línea mayo, 2017, recuperado en <http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/398161-la-recoleccion->. [Último acceso: Abril 2018].
- [52] O. M. d. A. M. d. Bucaramanga, «Caracterización de los residuos sólidos aprovechados % mes,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.observatoriometropolitano.com.co/indicadores.aspx?idIndicador=251&CatComponente=Reciclaje>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [53] Universidad Pontificia de Bucaramanga. Proyección Social, [En línea]. Available: <https://www.upb.edu.co/es/proyeccion-social..> [Último acceso: Mayo 2018].
- [54] E. Verdejo, «Reutilización y reciclado de plásticos: una oportunidad para la construcción y el equipamiento urbano,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/111144-Reutilizacion-reciclado-plasticos-oportunidad-para>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [55] Nuevas tendencias en el diseño de producto, «Bolardos con caucho reciclado,» 2013. [En línea]. Available: <https://tendencias2009.wordpress.com/2013/03/31/bolardos-con-caucho-reciclado/>. [Último acceso: Abril 2018].
- [56] Noticias de Arquitectura, « Las botellas de plástico PET dejaran de ser basura para convertirse en arquitectura,» [En línea]. Available: <http://noticias.arq.com.mx/Detalles/12676.html#.WufSvu8vzIW>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [57] Soluciones de ingeniería arte y decoración., «SIONIN,» [En línea]. Available: <http://www.soinin.com.co/esp/>. [Último acceso: 2018].
- [58] El Tiempo, «Colombianos crean casas con ladrillos de plástico reciclado.,» Enero 2016. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16488356>. [Último acceso: 2018].
- [59] FICIDET, «Fundación para la investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico.,» [En línea]. Available: <http://ficidet.org/brickarp/>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [60] Brickarp Ambiental , 22 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <http://brickarpambiental.blogspot.com.co/>. [Último acceso: Mayo 2018].

- [61] MACREBUR, «Be stronger, greener and leaner with MR products from,» [En línea]. Available: <http://www.macrebur.com/the-product/>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [62] MACREBUR PRODUCTS MR6, [En línea]. Available: http://www.macrebur.com/wp-content/uploads/2017/11/MR_products_web.pdf. [Último acceso: 2018].
- [63] Fido. Palermo, «Taxonomía de los plásticos,» [En línea]. Available: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/27143_90735.pdf.
- [64] Arpal alu, «Usos y propiedades del aluminio,» [En línea]. Available: <http://aluminio.org/?p=821>.
- [65] R. Marx y E. Ospina, «World Population Growth,» [En línea]. Available: <https://ourworldindata.org/world-population-growth..> [Último acceso: Abril 2018].
- [66] DEPARTAMENTO CIENTIFICO DE GREENPEACE. Plásticos en el pescado y mariscos, 2016. [En línea]. Available: http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/Plasticos_en_el_pescado_y_el_mariscoLRpd. [Último acceso: Abril 2018].
- [67] [En línea].
- [68] J. S. Elarba, «Reciclaje y limpieza urbana,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.josesimonelarba.net/>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [69] R. d. J. Estrada Toledo, «Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios,» Gestipolis, Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.gestipolis.com/caracterizacion-de-los-residuos-solidos-domiciliarios/>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [70] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios., «Informe Nacional de Aprovechamiento,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.andi.com.co/Uploads/22.%20Informa%20de%20Aprovechamiento%20187302.pdf>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [71] O. A. Jimenez, I. A. Mantilla Portilla y K. J. Castro Pelaéz, «INPSICON Ltada. Investigación en psicología del consumidor,» Red De ciudades Cómo vamos, Marzo 2014. [En línea]. Available: http://www.barranquillacomovamos.co/bcv/images/PDF/CARTILLA_DE_INFORME_NACIONAL_DE_RECICLAJE_II.pdf. [Último acceso: Mayo 2018].
- [72] ONU HABITAT AREA METROPOLITANA DE BUCARAMAGA, «Plan integral de Desarrollo Metropolitano,» Bucaramanga. [En línea]. Available: http://www.amb.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=890:onu-habitat-destaca-plan-integral-de-desarrollo-del-amb-como-primer-instrumento-de-gestion-territorial-con-enfoque-de-prosperidad-urbana-adoptado-en-colombia&catid=83:noticias&lang=en. [Último acceso: Mayo 2018].

- [73] L. Castillo, L y M. Luzardo, «Evaluación del manejo de los Evaluación del manejo de los residuos sólidos en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga,» *Revista Facultad de ingeniería UPTC* 22, pp. 77-84, 2013.
- [74] CIENCIA Y CEMENTO, «Ladrillos PET a base de residuos plásticos,» 2015. [En línea]. Available: <http://wp.cienciaycimento.com/ladrillos-pet-a-base-de-residuos-plasticos/>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [75] Extrucol redes confiables , «Obra Civil,» [En línea]. Available: <http://www.extrucol.com/obra-civil/>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [76] INTEMPRESAS.NET, « Los plásticos en la construcción, otra forma de contribuir a la proteccion climática.,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/19796-Los-plasticos-en-la-construccion-otra-forma-de-contribuir-a-la-prot.> [Último acceso: Mayo 2018].
- [77] SF, «STRONG FORMS,» [En línea]. Available: <http://strongforms.com/>. [Último acceso: MAYO 2018].
- [78] STRONG SF FORMS, «Encofrados de aluminio STRONG Construccion rapida y limpia.,» [En línea]. Available: <http://strongforms.com/encofrados-de-aluminio-strong-obra-rapida/>. [Último acceso: Mayo 2018].
- [79] Conceptos Plasticos., «De plastico reciclado a Vivienda Digna,» [En línea]. Available: <http://conceptosplasticos.com/>. [Último acceso: 2018].
- [80] STRONG FORMS, «La Economía Circular y la Construcción,» [En línea]. Available: <http://strongforms.com/economia-circular-y-construccion/>.