

Aprovechamiento de los Residuos Plásticos Generados en el Municipio de Arauca desde la Perspectiva del Desarrollo Sostenible.

Autor; Geovany Manzanos Sanchez¹, Coautor; Carlos Eduardo Garcia Lopez²
Facultad de Ciencias Económicas - Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo
Universidad de Manizales
2018



INFORMACIÓN ARTICULO

Artículo en revisión Versión 1
Mayo 31 de 2018

RESUMEN

El presente trabajo pretende determinar el potencial de aprovechamiento de los residuos plásticos en el municipio de Arauca a través de procesos de transformación y valorización, realizando un análisis desde tres perspectivas; la económica, la ambiental y la social en el marco de los procesos de desarrollo sostenible. Para ello inicialmente se realizó una revisión bibliográfica que permitiera establecer el estado actual en cuanto a los niveles de generación de residuos plásticos, su caracterización fisicoquímica, las técnicas y tecnologías de aprovechamiento, sus principales efectos ambientales y tendencias a nivel mundial, nacional y local. Así mismo se realizaron entrevistas a las unidades de comercialización de residuos y recuperadores locales que permitiera conocer las condiciones actuales y perspectivas de esta actividad. Adicionalmente se realizó visita técnica a las empresas de servicios públicos de los municipios de Tame y Saravena quienes realizan procesos de aprovechamiento; esto con el fin de conocer su experiencia en valorización de residuos, técnicas empleadas, procesos de comercialización, retos y perspectivas futuras. Adicionalmente se contrastó la información obtenida en campo y los datos registrados en el Plan Integral de Residuos Sólidos de Arauca 2017-2028, mediante simulación de dos escenarios de prefactibilidad basados en las experiencias de los municipios anteriormente mencionados en procesos de aprovechamiento mecánico de residuos plásticos teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos, técnicos, operativos, financieros y comerciales fijados en el artículo 92 del decreto 2981 de 2013. Los resultados obtenidos muestran una practicable oportunidad de aprovechamiento con un claro beneficio social y ambiental para la comunidad de recicladores del municipio mediante el potencial reciclaje de aproximadamente de 60 toneladas mensuales de residuos plásticos.

Palabras Clave: Aprovechamiento; Impacto Ambiental; Plásticos; Reciclaje; Residuos.

¹ gmanzanosa@unal.edu.co

² cegarcialopez.ceg@gmail.com

ABSTRACT

The present work tries to determine the potential of use of the plastic waste in the municipality of Arauca through processes of transformation and valorization, making an analysis from three perspectives; economic, environmental and social within the framework of sustainable development processes. Initially, a bibliographic review was carried out to establish the current status regarding the levels of generation of plastic waste, its physicochemical characterization, the techniques and technologies for its use, its main environmental effects and trends at the global, national and local levels. Likewise, interviews were carried out with the waste disposal and local recovery units that allowed to know the current conditions and perspectives of this activity. In addition, a technical visit was made to the public service companies of the municipalities of Tame and Saravena, who carry out harvesting processes; this in order to know their experience in waste valorization, techniques used, marketing processes, challenges and future perspectives. Additionally, the information obtained in the field and the data recorded in the Solid Waste Plan of Arauca 2017-2028 was contrasted, by simulating two pre-feasibility scenarios based on the experiences of the municipalities in processes of mechanical use of plastic waste. taking into account social, economic, technical, operational, financial and commercial aspects set forth in article 92 of decree 2981 of 2013. The results obtained show an practicable opportunity for exploitation with a clear social and environmental benefit for the community of recyclers of the municipality through the potential recycling of approximately 60 monthly tons of plastic waste.

Keywords: Exploitation; Environmental Impact; Plastics; Recycling; Waste.

1. INTRODUCCIÓN

La presión a la que viene siendo expuesto el medio ambiente hoy día es irrefutable, palpable y visible por cada uno de nosotros como ciudadanos. Basta con salir de nuestros hogares camino a la escuela, sitios de trabajo o recreación para evidenciar los cambios continuados en nuestro entorno; nuevos edificios, supermercados, tiendas, automóviles, equipos tecnológicos y todo aquello que denominamos y es sinónimo de desarrollo. El desarrollo de las sociedades y la ciencia perse es una consecuencia y evidencia de nuestra capacidad de crear y construir mejores condiciones de vida, así como elementos y artilugios que la facilitan, sin embargo, a pesar de muchos esfuerzos, legislación y procesos de concienciación, persiste un desbalance en la ecuación para el desarrollo y su sostenibilidad con los predominantes modelos y actividades económicas, productivas y de consumo. Con este panorama poco alentador, han surgido en los últimos años diversas iniciativas y enfoques que, en lugar de perseguir únicamente el crecimiento económico, abogan por la consecución de un desarrollo sostenible que considere sus tres elementos –el medio ambiente, la economía y la sociedad–, mediante la aplicación de políticas, estrategias, tecnologías, e instrumentos a nivel internacional y nacional que los integren.

Es así como se manifiesta una de las consecuencias más negativas de origen antrópico para el medio ambiente en la actualidad, la descontrolada generación de residuos y su insuficiente tratamiento. Son variados los problemas derivados de los residuos, entre los que destacan, sin ser los únicos, los aspectos medioambientales, correspondiente a daños considerables sobre los ecosistemas contaminando el aire, el suelo y las aguas, entre otros efectos negativos. La legislación actual en Colombia, así como en muchas partes del mundo establece que los residuos deben ser gestionados una vez generados, pero realizar una correcta gestión muchas veces conlleva a altos costos y los recursos económicos disponibles para ello pueden ser insuficientes por parte del estado y entes territoriales por lo que deben ser transferidos mayoritariamente a los usuarios. A su vez, si dicha gestión no es apropiada, la inconformidad por parte de las comunidades suele ser notoria y las problemáticas asociadas a la inadecuada gestión de estos residuos tienen un alto impacto en los sistemas de salud ligados a enfermedades por vectores y a la contaminación de los suelos y fuentes de agua por causa de la inadecuada disposición de estos. Aunque la orientación de las de las

políticas públicas en la de gestión de residuos sea principalmente enfocada hacia salud pública y la protección ambiental, la génesis de la problemática puede hallarse en los propios sistemas de consumo y producción por lo que es preciso abordarla también desde un punto de vista social y económico. Es así que se considera que un sistema de gestión de residuos exitoso es aquel medioambientalmente sostenible, económicamente asequible y socialmente aceptable (Artaraz MIñon, 2010).

Los tipos de residuos generados en cualquier sociedad es altamente heterogénea pudiéndose clasificar en función de su estado físico, composición química, la naturaleza de su origen, la porción de materiales que lo componen o sus efectos potenciales sobre el medio. Una fracción importante de los residuos sólidos generados en el mundo corresponden a los residuos plásticos; este material obtenido de procesos químicos de polimerización ocupa un lugar predominante en las sociedades modernas debido a propiedades como flexibilidad, elasticidad, maleabilidad, durabilidad, resistencia y bajo coste, facilitando la producción de una amplia gama de productos para nuestro uso diario. Sin que sea una novedad que estamos produciendo cada vez más residuos, es preocupante saber que actualmente los residuos crecen a una mayor velocidad que la tasa de urbanización del mundo. Esto significa que las ciudades producen más desperdicios valorizables y no valorizables de lo que ellas mismas pueden manejar, así lo expone el informe “What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management” (Banco Mundial, 2012). Algunos datos contenidos en este informe ofrecen una perspectiva de la problemática de los residuos en los próximos años; actualmente las ciudades alrededor del mundo generan aproximadamente 1.300 millones de toneladas de residuos sólidos por año. Este volumen se espera que aumente a 2,200 millones de toneladas para 2025. A nivel mundial, los costos de la gestión de los residuos sólidos aumentaron de \$ 205,4 mil millones al año y se proyecta elevarse a \$ 375.5 mil millones en 2025, es decir, un incremento en costos del 82,81%. (Banco Mundial, 2012, pág. 9). Bajo esta perspectiva se estima según cifras Banco Mundial que los residuos plásticos representan el 10% del total de los residuos sólidos a nivel global; en Colombia se estima que estos residuos plásticos representan el 10.78% de acuerdo con cifras del Banco Interamericano de Desarrollo; y en el municipio de Arauca bordean el 2,3% según cifras contenidas en la última actualización del PGIRS. Es por estas cifras y desafíos futuros a nivel local en cuanto a la gestión integral de sus residuos sólidos, pero especialmente sus residuos plásticos la presente investigación está dirigida a identificar el

potencial aprovechamiento y las alternativas de valorización de este tipo de residuos en el municipio de Arauca de forma tal que se integren las perspectivas ambiental, económica y social en un marco de sostenibilidad. En este sentido desde hace aproximadamente cinco décadas en los Estados Unidos, se empezó a acuñar el término recuperación de materiales en lo relativo a los residuos sólidos tales como el papel, cartón, plástico, vidrio, metales ferrosos, aluminio entre otros. El término se expresaba como una función económica donde el valor en el mercado y la cantidad disponible de los materiales recuperados permitieran viabilizar procesos de aprovechamiento. (Ingeniería & Administración - Tchobanoglous, 1982).

A finales de los 80 e inicios de los 90 la recuperación y valorización de los residuos de origen antrópico fue incorporada gradualmente con mayor fuerza en las agenda internacional y nacional a partir de las Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo³, Río en (1992), Johannesburgo (2002) y Río+20 (2012). Ya en el año 2015, Colombia y otras 192 naciones en el mundo adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. A éstos se les conoce como: “Los Objetivos de Desarrollo Sostenible⁴ (Organización de Naciones Unidas, 2015). En esta agenda mundial la gestión de residuos se enmarcó en los objetivos once: “Ciudades y Comunidades Sostenibles” y doce “Producción y Consumo Responsable”, convirtiéndose en un marco de actuación para la gestión de residuos en el mundo al año 2030. Así mismo el gobierno nacional realizó su mayor reciente apuesta en la atención a esta problemática en el año 2016 a través de la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos contenida en el documento del Consejo de Política Económica y Social, Conpes 3874; ésta se propone fundamentalmente avanzar hacia una economía circular⁵, la cual busca que el valor de los productos y materiales se mantengan durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo.

³ La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y el Desarrollo, es un encuentro internacional entre jefes de estado de todos los países del mundo, con el objetivo de lograr acuerdos sobre el medio ambiente, desarrollo, cambio climático, biodiversidad y otros temas relacionados.

⁴ Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Mundiales, son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad. Estos 17 Objetivos se basan en los logros de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, aunque incluyen nuevas esferas como el cambio climático, la desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible y la paz y la justicia, entre otras prioridades. (“Objetivos de Desarrollo Sostenible | UNDP,” n.d.)

⁵ Modelo que busca que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos.

De acuerdo con las diferentes investigaciones y estudios de caracterización y cuantificación que se han hecho de los residuos sólidos que se generan en Colombia, según el informe nacional de disposición de residuos sólidos del 2015 presentado por la Superintendencia de Servicios Públicos – SSP para el año 2014, Colombia generó aproximadamente 13,8 millones de toneladas anuales de residuos sólidos; así mismo se proyecta por esta entidad que para el año 2030 se llegue a producir en el país 18,74 toneladas de residuos sólidos representando un crecimiento del 13,74%. Por otra parte, referente a la información de aprovechamiento se presentan grandes dificultades para establecer cifras globales debido a la informalidad del mercado y a la ausencia de mecanismos de recolección de datos por parte de las autoridades competentes. Sin embargo, existe información recopilada por organizaciones privadas, ONG y algunas entidades gubernamentales a través de diferentes estudios de consultoría e investigación. A partir de ésta se calculó que la tasa nacional de aprovechamiento⁶ fue 17% en el año 2013 respecto a la totalidad de los residuos sólidos municipales generados y suponiendo que no se realiza aprovechamiento de residuos orgánicos” (CONPES, 2016, pág. 43).

Para el caso de Arauca, según datos consultados en el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS - Arauca) 2017-2028, se estima que actualmente el municipio genera aproximadamente 295 toneladas/semana de residuos sólidos; esta tasa generación se calculó teniendo en cuenta la resolución 236 de 2002 de la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. Se determinó para el municipio de Arauca una cantidad de residuos sólidos recolectados mensual de 1281,95 toneladas. Con base a los monitoreos globales realizados, se estimó que la fracción porcentual de los residuos del municipio corresponde a orgánicos (73%), plástico (**2,31%**), vidrio (1,21%), cartón (1,72%) y aluminio (0,10%). De acuerdo con estos datos para la época de caracterización global realizada en el PGIRS, año 2016, la oferta mensual de residuos plásticos fue de aproximadamente 30 toneladas⁷, lo que los ubica como el tercer tipo de residuo con mayor

⁶ La tasa de aprovechamiento se estimó como la relación entre el total de las toneladas de residuos sólidos aprovechadas y el total de las toneladas de residuos sólidos generados (residuos dispuestos en rellenos más residuos aprovechados).

⁷ La cantidad de residuos plásticos aquí descritas corresponde solo a los datos contenidos en el PGIRS, sin embargo, existe un mercado paralelo desarrollado por los recicladores o recuperadores que desvían materiales y los comercializan con ocho (8) centros de acondicionamiento y comercialización “chatarrerías” ubicados en el municipio de Arauca, lo cual aumentaría en un alto porcentaje de material plástico disponible para aprovechamiento.

potencial de aprovechamiento pero que paradójicamente en la actualidad están siendo depositados en el relleno sanitario las Garzas del municipio. Claramente este tipo de residuo pudiese tener otro tipo de destino final al separarlos, caracterizarlos y transformarlos para su reincorporación al ciclo productivo lo cual permitiría desarrollar procesos de aprovechamiento y conferirles un valor agregado; generando fuentes de empleo formales a los recicladores mejorando así sus condiciones de vida; esto también conllevaría a disminuir los impactos ambientales derivados del tratamiento menos deseable dentro de la gestión integral de los residuos plásticos que corresponde al vertido directo o disposición final al relleno sanitario.

Desde el ámbito normativo, actualmente el municipio de Arauca incumple lo dispuesto en el artículo 90 del decreto 2981 de 2013. En éste se reglamenta la prestación del servicio público de aseo y estipula que se deben desarrollar procesos de aprovechamiento de residuos; en esta norma se define que: “Los municipios y distritos al actualizar el respectivo plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) están en la obligación de diseñar, implementar y mantener actualizados, programas y proyectos sostenibles de aprovechamiento de residuos sólidos. En desarrollo de esta actividad deberán dar prioridad a los estudios de factibilidad sobre aprovechamiento de residuos.” Por último, es importante mencionar que existe una población en condición de vulnerabilidad vinculada a la actividad del reciclaje en el municipio que se vislumbra como principales beneficiarios directos a través de estrategias y acciones encaminadas a su vinculación vía implementación de procesos de aprovechamiento como los señalan explícitamente los artículos 88 y 92 del decreto 2981 de 2013.

La población recicladora de acuerdo con el censo realizado en el PGIRS de Arauca se estimó que un 54% (59 recicladores) encontrados pertenecen a algún tipo de organización; el 68% de la población recicladora del municipio son hombres, mientras que solo un 33% son mujeres, en su mayoría madres cabeza de hogar. 70% no cuenta con trabajos o fuentes de ingreso alternas, el 100% percibe ingresos semanales menores a \$ 500.000 y el 56, 79% ejerce la actividad del reciclaje desde hace menos de 10 años. Solo un 8,64% de la población recicladora ejerce la actividad desde hace más de 20 años.(PGIRS Arauca, 2016, pag.85).

2. DESARROLLO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de estudio

El desarrollo de esta investigación se enmarca en el concepto de investigación mixta con procesos de investigación y de análisis cuantitativo y cualitativo fundamentados en el estudio de contenidos de variadas fuentes sectoriales y datos estadísticos de los principales actores de aprovechamiento de residuos plásticos a nivel regional y local. Así mismo, es importante mencionar que el presente capítulo se desarrolla complementando el análisis cuantitativo y cualitativo con la estructura metodológica definida por el artículo 92 “Viabilidad de proyectos de aprovechamiento” del decreto 2981 de 2013.

2.2 Método para establecer la viabilidad de aprovechamiento

La metodología empleada para la determinación del aprovechamiento potencial de residuos plásticos en el municipio de Arauca se desprende del decreto 2981 de 2013; este en el marco del PGIRS delinea los aspectos básicos a desarrollar para determinar la viabilidad de los proyectos de aprovechamiento de residuos, entre ellos el plástico, teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos, técnicos, operativos, financieros y comerciales, así como beneficios ambientales. Empleando el método descrito se desarrollarán cada uno de los nueve ítems presentes en la siguiente tabla. Así mismo de acuerdo con las pautas del ítem número tres se simularán dos escenarios de aprovechamiento mecánico, seleccionándose aquel con mejores resultados en sus indicadores financieros con el fin de aplicar la totalidad de la metodología descrita en el artículo 92 del decreto 2981. Por último, es importante anotar que para desarrollar los modelos y resultados financieros se empleó el aplicativo Evaproject; éste está diseñado para facilitar a quien elabore un proyecto en un nivel de prefactibilidad o factibilidad, elaborar todos los estados financieros y determinar las bondades de un proyecto aplicando los criterios de VPN, TIR y B/C con horizontes hasta de quince años. Para el caso específico de la presente investigación se utilizó un horizonte de diez años de acuerdo con el artículo 2.3.2.5.3.4. Planes de Fortalecimiento Empresarial del decreto 596 de 2016.

Tabla 1.

Metodología para establecer la viabilidad de proyectos de aprovechamiento según decreto 2981 de 2013

Ítem	Descripción
1. Análisis de Mercado	Realizar un análisis de mercado en el cual se evalúe como mínimo la oferta, la demanda, los precios históricos de compra y venta de materiales; Identificación de los actores de la cadena de comercialización y transformación de material reciclable, que permita estimar la cantidad de residuos a ser incorporados en el ciclo productivo en un periodo determinado de tiempo
2. Cuantificación y caracterización y residuos plásticos	Realización de la cuantificación y caracterización de los residuos para determinar el potencial de aprovechamiento, de acuerdo con sus propiedades y condiciones de mercado
3. Infraestructura	Realizar predimensionamiento de la infraestructura y equipos necesarios en lo posible considerando por lo menos dos alternativas tecnológicas y administrativas, apropiadas a las condiciones socioeconómicas del municipio. Para el efecto se considerará la cantidad y tipo de residuos que se gestionarán en el proyecto de aprovechamiento, teniendo en cuenta el tipo de producto que el proyecto ofrecerá en el mercado
4. Indicadores Operacionales	Comparar alternativas a través de indicadores como beneficio/costo, empleos generados, costos de operación y mantenimiento, ingresos, entre otros.
5. Viabilidad Financiera	Evaluación de la viabilidad financiera y comercial de la alternativa seleccionada, para lo cual deberá considerar los costos de inversión, operación, administración y mantenimiento. Así mismo, deberá incluir los ingresos por concepto de comercialización de materiales y de tarifas. El análisis deberá ser desarrollado para un periodo mínimo de diez años, incorporando indicadores financieros como B/C, VPN y TIR. La viabilidad del proyecto se considera positiva en condiciones de indiferencia de estos indicadores.
6. Articulación	En el marco de los PGIRS, el municipio deberá considerar la articulación del proyecto de aprovechamiento de residuos con los demás componentes del servicio público de aseo como la presentación de los residuos separados en la fuente, recolección y transporte selectivo, sensibilización y capacitación en separación en la fuente
7. Ubicación	El sitio donde se instalará la infraestructura debe ser compatible con los usos del suelo definidos en las normas de ordenamiento territorial vigentes
8. Permisos y Concepción	El proyecto debe contar con los permisos, concesiones y autorizaciones a que haya lugar, según lo establecido en la normativa vigente
9. Vinculación de los recicladores	Estructurar las estrategias para la vinculación de los recicladores de oficio cuando sea del caso

Fuente. Artículo 92 – Decreto 2981 de 2013

Como se mencionó anteriormente, para el desarrollo de este objetivo se simularán dos escenarios que permitan determinar de prefactibilidad técnica y financiera para el aprovechamiento de residuos plásticos en el municipio de Arauca de acuerdo con el literal número tres del acuerdo 2981. Para facilitar la comprensión se presentan a continuación su caracterización.

Tabla 2.**Escenario 1: Aprovechamiento residuos plásticos como materia prima.**

Producto Escenario #1					
Nombre	Tipo	Usos	Peso	Medidas	Resinas
Resina plástica reciclada Molida	Materia Prima	Elaboración de Postas, tabletas y madera plástica para construcción	Saco 25 kg	Particulado de 4mm a 7mm	PET, PDAD, PVC, PP.

Fuente. Construcción propia

Tabla 3.**Escenario 2: Aprovechamiento residuos plásticos transformándolos hasta producto final.**

Producto Escenario #2						
Nombre	Tipo	Usos	Presentación	Medidas	Resinas	Características
Posta	Producto Construcción	Cerramientos de cercas Construcción parques Invernaderos	12 kg aprox	8x8x210	PDBD, PVC, PP	Fácil instalación Material anticorrosivo. No pierde sus propiedades físicas.
Posta	Producto Construcción	Pesebreras. Corrales. Establos	14 kg aprox	10x10x210	PDAD, PDBD, PVC, PP	No requiere aislantes Sustituye la madera, el metal, el concreto. Se puede grapar, clavar, atornillar, etc.
Caja Acueducto	Producto Construcción	Alcantarillado Residencial comercial	8kg aprox	20x32x20	PDAD, PDBD, PVC, PP	Fácil instalación Material anticorrosivo. Se puede grapar, clavar, atornillar, etc.

Fuente. Construcción propia

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A partir de los resultados cuantitativos y cualitativos de la evaluación de los aspectos sociales, económicos, técnicos, operativos, financieros y comerciales, así como los posibles beneficios ambientales de los escenarios seleccionados para la simulación a través de criterios técnicos, un alto componente normativo y el trabajo de campo permeado por un contexto particular en el municipio de Arauca, a continuación se detallan los resultados del escenario seleccionado y las posibles estrategias para su desarrollo en el mediano plazo.

El escenario seleccionado consiste en el aprovechamiento mediante producción y comercialización de residuos plásticos tipo Polietilen Tereftalato (PET), Polietileno de alta densidad (PEAD), Polietileno de baja densidad (PEBD) y Polipropileno (PP), como materia prima para la mediana y gran industria encargada de su transformación en productos finales. *Ver tabla 2.*

3.1 Resultados viabilidad del proyecto de aprovechamiento escenario 1 – componente Social

Como resultado del componente social fundamentado en los procesos de formalización descritos en el artículo 96 del decreto 2981 de 2013 y reglamentado en el decreto 596 de 2016; el escenario arroja una proyección de veinte empleos formales directos con la totalidad de los requisitos de ley. De estos veinte empleos el 80% podrían desempeñarse como recuperadores u operarios previa a una formación por competencias exigidas por ley para el desarrollo de esta actividad. Es importante mencionar que el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, a través de la Gran Encuesta Integrada de Hogares – GEIH, el 10 de abril de 2017, ubicó una tasa de desempleo para el municipio de Arauca del 15,8% muy por encima del nivel nacional.

Bajo este escenario de desempleo que afecta directamente en mayor medida a esta población vulnerable incapaz de acceder a empleos formales entre otras causales por su bajo nivel de escolaridad; representaría un gran avance lograr desarrollar iniciativas de aprovechamiento de residuos que formalicen esta actividad otorgándoles unos mayores niveles de bienestar vía ingreso. Por último, es importante mencionar que de acuerdo con datos contenidos en el PGIRS, esta alternativa lograría formalizar el 27,11% de los recuperadores de oficio agremiados en alguna de las asociaciones existentes en la actualidad.

Tabla 4.
Personal a vincular alternativa seleccionada

Personal Administrativo			
Descripción	Cantidad	Salario (miles)	
Gerente	1	2.500	
Secretaria Ejecutiva Contable	1	1.200	
Personal de Ventas			
Descripción	Cantidad	Salario (miles)	
Asesor Comercial	1	1.500	
Personal de Producción			
Descripción	Cantidad	Salario (miles)	
Jefe de Planta	1	1.500	
Operarios	4	781	
Recuperadores	12	781	

Fuente. Proyección escenario N° 1

3.2 Resultados viabilidad del proyecto de aprovechamiento escenario 1 – componente Económico

La significancia de este componente más allá de los resultados en las simulaciones financieras y comerciales que para esta alternativa resulta positiva bajo los supuestos planteados, conlleva a una necesaria diversificación de la matriz económica imperante en el municipio durante las últimas décadas. Para esto cabe mencionar que el desarrollo esta iniciativa conllevaría a potenciar los procesos de industrialización en el municipio que hasta ahora solo se vislumbra de manera tangencial en la industria petrolera. Al ser el petróleo un recurso finito debe ser política permanente de los gobiernos crear las condiciones necesarias para nuevos desarrollos industriales que permitan crear empleos formales más aun con beneficios no externalizados difíciles de cuantificar en procesos de salud pública, disminución en la contaminación bajo un enfoque de economía circular y por ende ir creando escenarios de un desarrollo sostenible. Con el fin de mostrar los detalles de la simulación en el ámbito financiero se describen a continuación los resultados de los indicadores financieros

Resultados viabilidad del proyecto de aprovechamiento escenario 1 – componente Financiero – Comercial

En la tabla 5 se muestran los resultados de los indicadores integrales para la simulación de la alternativa seleccionada que para el caso muestra la conveniencia de la inversión bajo las condiciones planteadas. Los buenos resultados arrojados para los indicadores de TIR y VPN suponen un escenario adecuado de inversión y por ende de posibilidades de éxito frente a los procesos de aprovechamiento de residuos plásticos como materia prima para la mediana y gran industria transformadora. También es importante mencionar que en la simulación se incluyeron los diferentes factores de riesgo de sensibilidad para las ventas, gastos administrativos y de ventas y costos indirectos de fabricación con una proyección de variación de 10%, 0,5% y 0,5% respectivamente por cada factor. En primera instancia se muestra un comparativo de los indicadores operacionales y financieros arrojados en la simulación para los dos escenarios propuestos; y en segunda instancia se detallan los indicadores e incorporan los resultados comerciales. *Ver tabla 6.*

Tabla 5.**Comparación indicadores operacionales y financieros**

INDICADOR	RESULTADO ESCENARIO #1	RESULTADO ESCENARIO #2
Empleo generado	20	23
Costos de operación	\$3.968.691.000	\$5.315.478.000
Gasto Recurso Humano	\$4.638.401.000	\$6.532.921
Ingresos de comercialización	\$11.775.221.000	\$8.651.020.000
Indicador beneficio costo	3,57	0
Tasa Interna de Oportunidad	15%	15%
Beneficio/Costo	3,57	0
Valor Presente Neto (VPN)	\$540.684.000	-\$2.123.807.000
Tasa Interna de Retorno (TIR)	39%	0

Fuente. Construcción propia basada en la herramienta Evaproject

Tabla 6.**Resumen indicadores financieros y comerciales alternativa seleccionada**

COSTO/INDICADOR	APROVECHAMIENTO RESIDUOS PLÁSTICOS TRANSFORMÁNDOLOS HASTA PRODUCTO FINAL
Costo de Inversión Inicial	\$146.299.000
Costo de Operación	\$3.968.691.000
Costo de Administración	\$2.658.283.000
Gasto Recurso Humano	\$4.638.401.000
Costo de Mantenimiento	\$288.647.000
Ingresos por comercialización	\$11.775.221.000
Beneficio/Costo (B/C) ⁸	3,57
Valor Presente Neto (VPN) ⁹	\$540.684.000
Tasa Interna de Retorno (TIR) ¹⁰	39%

Fuente. Construcción propia basada en la herramienta Evaproject

De acuerdo con la estrategia encaminada a fomentar los procesos de formalización de la población de recicladores como elemento fundamental de la componente social propia del triángulo de la

⁸ El análisis coste/beneficio mide la relación entre el coste por unidad producida de un bien o servicio y el beneficio obtenido por su venta. (Economipedia, 2018)

⁹ El Valor Presente Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. *Formula Cálculo VPN*

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

¹⁰ La Tasa Interna de Retorno (TIR), es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión, entendida como la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un VAN igual a cero. *Formula Cálculo TIR*

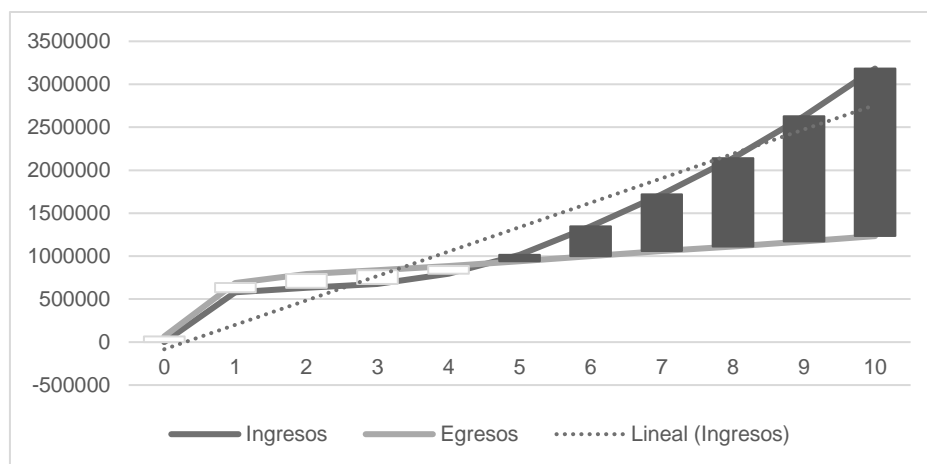
$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

sostenibilidad y en el marco del decreto 596 de 2016, se incluye en el escenario la remuneración vía tarifaria. Para este caso de acuerdo con el artículo 2.3.2.5.2.1.6. Registro de las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento; se hace necesario que la organización se registre Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) de conformidad con lo establecido en el numeral 9 del artículo 79 de la Ley 142 de 1994 para poder ser beneficiada y recibir el valor correspondiente a la remuneración de los residuos efectivamente aprovechados. Para el caso de esta investigación y el escenario simulado se incorpora la tarifa de aprovechamiento en la proyección de ingresos por la producción y comercialización de productos terminado que corresponde a \$207.895, 88

A continuación, se presenta comparativo de ingresos y gastos equiparados en cercanías del año cinco de operación y los reportes Evaproyect para los estados de resultados anualizado y el flujo de caja proyectado.

Figura 1.

Comparación ingresos y gastos alternativa seleccionada para un periodo de 10 años.



Fuente. Construcción propia

3.3 Resultados viabilidad del proyecto de aprovechamiento escenario 1 – componente Ambiental

Los resultados del componente ambiental al desarrollo de la alternativa se pueden considerar en primera instancia el aporte que haría el municipio en la tendencia mundial hacia una economía circular enmarcada en los compromisos del país frente a los objetivos de desarrollo sostenible, el convenio marco de cambio climático y como candidato a ingreso de Colombia a la OCDE. A nivel nacional el municipio estaría alineado los objetivos de la política para la gestión integral de

residuos sólidos y todo el marco regulatorio derivado y por último a nivel local entre otros beneficios ambientales se estarían vertiendo alrededor de 60 toneladas de residuos plásticos que ampliarían la vida útil de relleno sanitario con la contaminación derivada del suelos y afluentes.

4. CONCLUSIONES

Balance Social y Económico

- ***Generación puestos de trabajo:*** La factibilidad del escenario uno de acuerdo con los supuestos extrapolados de la información recabada, muestra un impacto significativo positivo en la generación de puestos de trabajo cuya suma asciende a veinte entre recicladores, operarios y personal administrativo. De los puestos generados en cuenta estructura operativa y administrativa podrían formalizarse dieciséis recicladores que hoy día no alcanzan ingresos superiores a quinientos mil pesos mensuales. En este sentido se ha de mencionar que se proyecta cada puesto de trabajo cumpliendo la totalidad de requisitos de ley.
- ***Valor agregado:*** Los ingresos vía comercialización y ahorros vía tratamiento de residuos que le aportan el reciclaje plástico al municipio son importantes. De acuerdo con la proyección de ingresos por cada tonelada de plástico recuperado y convertido en materia prima reciclado ingresarían alrededor de \$1.300.000 por tonelada. El proceso de transformación representaría entre un 40% a 50% de ingreso adicional al que se percibe en la actualidad por la comunidad de recicladores (recuperadores)
- ***Desarrollo paulatino:*** De acuerdo con los datos de la simulación, aunque el escenario dos no presenta resultados positivos frente a los supuestos incorporados, es posible concluir que de acuerdo con los niveles de generación, la apuesta de formalización de los recicladores de oficio, la localización del municipio y el nivel de desarrollo de la actividad en el municipio se requiere iniciar con procesos de menos desarrollo tecnológico e ir avanzando hacia escenarios más desarrollados acorde a los avances de corto o mediano plazo en la actividad de aprovechamiento.

- ***La dignificación de una labor:*** Por último aunque es difícil de cuantificar y lograr transmitir, las condiciones de trabajo de la comunidad recicladora en la actualidad son dramáticas; un bajo ingreso, bajos niveles de escolaridad, altos promedios de edad entre otras condiciones de vulnerabilidad hacen imperantes desarrollar acciones conjuntas (entes gubernamentales, empresa privada y academia) que permitan dignificar mediante procesos de formalización de cerca de una centena de colombianos que ejercen en la actualidad procesos de reciclaje en el municipio de Arauca.

Balance Ambiental

- ***Disminución impactos Ambientales:*** Desde la perspectiva ambiental el desarrollo del escenario uno, según estimaciones representaría la disminución de aproximadamente 60 toneladas mensuales de residuos plásticos al vertedero municipal, siendo significativo la mitigación de los impactos ambientales.
- ***Otras iniciativas de aprovechamiento:*** Según la caracterización de residuos se presenta un gran potencial para el aprovechamiento de residuos orgánicos ya que estos representan el 73,23% del total de la fracción de residuos sólidos del municipio con dos claras ventajas sobre otras zonas geográficas, acompañado de los niveles de generación, la disponibilidad de espacio disponible para este tipo de iniciativas y el clima del municipio que facilitaría los procesos de descomposición y compostaje. Esto aunado a que se crearían más plazas de trabajo para la población recicladora además de las dieciséis proyectadas para el aprovechamiento de residuos plásticos.
- ***Educación ambiental:*** Evidenciando los bajos niveles de aprovechamiento de residuos sólidos se convierte en una tarea imperativa fortalecer los procesos de educación ambiental por parte del ente territorial y los centros de enseñanza del municipio que permita cambiar la tendencia actual y el comportamiento de la ciudadanía en general frente a la gestión de los residuos sólidos en el municipio.
- ***Participación de la academia:*** Para el desarrollo de la actividad se requieren adelantar estudios de valoración de residuos aprovechables por las universidades y grupos de investigación

presentes en el municipio, con el fin de facilitar la recuperación de materiales o su uso alternativo, reduciendo las cantidades de residuos a vertidos y reincorporando dichos materiales a los procesos productivos en consonancia con procesos de economía circular y la sostenibilidad. Ante los resultados de las simulaciones realizadas se precisa buscar apalancamiento adicional vía apoyo territorial y presentación de proyectos de ciencia y tecnología que permita robustecer o ampliar los procesos de aprovechamiento hacia otros residuos sólidos como el cartón, el vidrio o el metal.

5. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Manizales, a sus directores y docentes por haber profundizado en mis conocimientos; y en especial al Dr. Carlos Eduardo Garcia, quien contribuyo de la mejor manera a guiar y acompañar este proceso de investigación con sus valiosos aportes y experiencia.

A las diferentes instituciones relacionadas con la gestión de residuos por brindar valiosa información para sacar adelante esta tesis, a las empresas de comercialización de Arauca y a los recuperadores del municipio.

6. BIBLIOGRAFÍA

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). GTC 24 de 2009_Guia Separación en la Fuente.

Acoplásticos. Nuestra Asociación. Retrieved March 19, 2018, from <http://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-nos/mnu-nos-nta-aso>

Theisen, Hillary., & Tchobanoglous. (1982). Desechos Sólidos - Principios de Ingeniería y Administración.

Aluna Consultores Limitada. (2011). Aproximación al mercado de reciclables y las experiencias significativas. *Estudio Nacional de Reciclaje y Los Recicladores*. Retrieved from <http://www.cempre.org.co/documentos/7>. Aproximación_mercado RECICLABLES VERSION final agosto 1 de 2011.pdf

Contraloría Departamental de Arauca. (2015). Informe sobre el estado de los recursos naturales y del medio ambiente de Arauca, 1–104.

Concejo Departamental de Arauca. (2015). Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Arauca.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de Arauca. (2016). Plan de gestión integral de residuos sólidos del Municipio de arauca 2017-2028, 1–280.

Artaraz Miñon, M. (2010). Política Pública para una Gestión Sostenible de los Residuos Municipales. Un Análisis Aplicado al Municipio de Victoria-Gasteiz., 429.

Asociación Colombiana de Plásticos - Acoplásticos. (2018). Retrieved March 6, 2018, from <http://www.acoplasticos.org/>

Asociación Andina de Residuos - Asoresiduos. (2017). Responsabilidad Extendida del Productor sobre envases y empaques en Colombia : Reto para ingresar a la Oede.

Banco Mundial. (2012). What_a_Waste2012_Final, 116.

Programa Basura Cero - Observatorio Ambiental de Bogotá. Retrieved March 4, 2018, from <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/campanas/programa-basura-cero>

Departamento Administrativo de Planeación Municipal. (2015). Plan De Gestión Integral. Santiago de Cali, pag. 733.

Fundación para la Economía Circular. Retrieved February 3, 2018, from <http://economiecircular.org/>

Colciencias. (2013). Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación PEDCTI (1st ed.).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved July 10, 2017, from <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2651-colombia-ingresa-al-comite-de-politica-ambiental-de-la-ocde>

Consejo Nacional de Política Publica y Economica CONPES. (2016). Conpes 3874. Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Solidos.

Corte Constitucional. (2016). Decreto 596 de abril de 2016, 1–20. Retrieved from https://docs.wixstatic.com/ugd/b6c176_b2e260d143b14369b6abd7d2ae3f69c6.pdf

Consultorías, C. M. A. G. (2017). Tips de Comercialización de Materiales.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo. (2013). Decreto 2981. Reglamentación del prestación del servicio público de aseo

Revista Dinero. (2010). La oportunidad está en la basura. Retrieved March 5, 2018, from <http://www.dinero.com/green/seccion-patrocinios/articulo/la-oportunidad-esta-basura/84440>

Revista Dinero. (2017). Cuánta basura genera Colombia y cuánta recicla. Retrieved March 10, 2018, from <http://www.dinero.com/edicion-impresa/pais/articulo/cuanta-basura-genera-colombia-y-cuanta-recicla/249270>

Economipedia. (2018). Diccionario económico y financiero. Retrieved March 31, 2018, from <http://economipedia.com/diccionario-económico>

Empresa de Servicios Públicos de Arauca - Emserpa. (2010). Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGRIS., (018), 41.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - Icontec. GTC 86:2003_Guia implementación de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - Icontec. GTC53-2:2004_Guia Aprovechamiento Residuos Sólidos Plásticos.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - Icontec. (2012). *Compendio: Guías para la gestión de los Residuos sólidos* (2nd ed.). Bogotá, Colombia.

Cedron J.; Landa V.; Robles J., Polímeros | Química general. Retrieved January 24, 2018, from <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/82-polimeros.html>

Lindhqvist, T. (2000). Extended Producer Responsibility in Cleaner Production: Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems. Lund University (Vol. PhD thesis). <https://doi.org/http://www.lub.lu.se/luft/diss/tec355.pdf>

Lizarralde, N. M., Rivadeneira, T. F., Ortega Pérez, M. C., & Bohórquez Beltraán, J. P. (2016). Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos. 2016-2017

Directorio colombiano de reciclaje de residuos plásticos. Acoplasticos. Retrieved from <http://www.acoplasticos.org/AFshjuraaF47lfjbOSTNKYs4831gepsfiq57DRCFws38164LXIEMF14h2nkr/dcr17/index.html>

Méndez, R. (2014). Formulación y Evaluación de Proyectos - Enfoque para Emprendedores (Octava edi). Santa Fe de Bogotá.

Organización de Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible | UNDP. (n.d.). Retrieved July 10, 2017, from <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Organización de Naciones Unidas. (2015). Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible. Retrieved July 8, 2017, from <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Pauli, Gunter. (2011). The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs. (TUSQUETS, Ed.) (1st ed.).

Secretaria de Salud, Municipio de Arauca. (2014). Análisis de situación de Salud (ASIS).

Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2003). Sentencia T-724

Corte Constitucional. Sentencia T-724 de 2003. Retrieved March 24, 2018, from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=11617#0>

Solociencia. La polimerización. Retrieved January 13, 2018, from <https://www.solociencia.com/quimica/07012601.htm>

Távora, R. R. (2004). Propuesta de reciclaje mecánico de plásticos en la ciudad de Piura. Repositorio Institucional PIRHUA - Universidad de Piura.

1. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA NO REFERENCIADA EN EL PRESENTE ESCRITO

Callister, W. D. (1995). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los materiales*. Reverté S.A.

Porter, M. E. (2016). *On Competición. Update and Expanded Edición*. Barcelona: Harvard Business Review.

7. APENDICES

Tabla 7. Resumen de las características de los plásticos más comúnmente reciclados

	(1) PET	(2) HDPE	(3) PVC	(4) LPDE	(5) PP	(6) PS	(7) OTROS
NOMBRE COMPLETO	POLIETILENO TEREFTALATO	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	POLICLORURO DE VINILO	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	POLIPROPILENO	POLIESTIRENO	PC; ABS; SAN; EVA; PMMA
PUNTO DE FUSIÓN	250 – 270 °C	125 – 135 °C	150 – 200 °C	110 – 120 °C	160 – 170 °C	70 – 115 °C	
DENSIDAD	1.37 – 1.40 g/cm ³	0.95 – 0.97 g/cm ³	1.16 – 1.45 g/cm ³	0.91 – 0.94 g/cm ³	0.90 – 0.91 g/cm ³	1.04 / 1.09 g/cm ³	
USOS Y APLICACIONES	Envases para gaseosas, Aceites, Agua mineral, cosmética, películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera productos alimenticios), bandejas para microondas, geotextiles (pavimentación /caminos), películas radiográficas	Envases para detergentes, aceites de motor, champú, lácteos, bolsas para supermercados, bazar y menaje, cajones para gaseosas, cervezas, baldes para pintura, helados, caños para gas, agua, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas.	Botellas para aceites, agua mineral, yogurt, etc. Tuberías para agua, desagüe, suelas de calzado, sandalias, botas, capas, tapas de libros, artículos para oficina, balones, manteles, etc.	Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, etc, películas para agricultura (invernaderos), base para pañales descartables, bolsas para suero, contenedores herméticos domésticos.	Película / Film (para alimentos, golosinas, indumentaria), bolsas de rafia tejidas, envases industriales (Big Bag), hilos, tapas en general, envases, cajas para bebidas, baldes para pintura, fibras para tapicería, cajas de baterías	Envases para lácteos (yogurt, postres, etc.), helados, dulces, etc., vasos, bandejas de supermercado, contraportas y anaqueles, máquinas de afeitar descartables, platos, cubiertos, juguetes, cassettes, planchas de PS espumado	Partes de computadoras. Teléfonos, electrodomésticos, CD's, Accesorios náuticos y deportivos, Piezas de ingeniería aeroespacial, Artículos para cosmetología; botellones de agua
VENTAJAS Y BENEFICIOS	<ul style="list-style-type: none"> • Barrera a los gases • Transparente • Irrompible • Liviano • Impermeable • No tóxico • Inerte (al contenido) 	<ul style="list-style-type: none"> • Resisten te a las bajas temperaturas. • Irrompible • Liviano • Impermeable • Inerte (al contenido) • No tóxico 	<ul style="list-style-type: none"> • Liviano • Ignifugo • Resistente a la intemperie y a la corrosión • Transparente • No tóxico • Inerte (al contenido) • Buena permeabilidad. • Resistente al impacto • No es atacado por bacterias o insectos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No tóxico • Flexible • Liviano • Transparente • Inerte (al contenido) • Impermeable • Económico 	<ul style="list-style-type: none"> • Inerte (al contenido) • Resistente a la temperatura (hasta 135°C) • Barrera a los aromas • Impermeable • Irrompible • Brillo • Liviano • Transparente en películas • No tóxico • Alta resistencia química 	<ul style="list-style-type: none"> • Brillo • Ignifugo • Liviano • Irrompible • Impermeable • Inerte y no tóxico • Transparente • Fácil limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia a la intemperie y cambios de temperatura. • Mejor resistencia a química. • Buenas propiedades como aislante • Mayor rigidez y dureza • Transparente
SE RECICLA EN	Alfombras, fibras, films, envases para alimentos y productos no alimenticios.	Bolsas de residuos, caños, madera plástica para postes, marcos, film para agricultura.	Tuberías para electricidad y desagüe, cubrecables, suelas de calzado.	Bolsas de residuos, caños, madera plástica para postes, marcos, film para agricultura, etc.	Tabla de plástico, muebles de jardín, pilotes, postes y vallas, pitas de rafia, baldes y conos.	Desde macetas para plantas, accesorios de oficina, asilamientos térmicos.	

Fuente. Construcción propia basada la GTC 53-2:2004