

**ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES
PROVENIENTES DE LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN AGUSTÍN, HUILA**

JULIAN ALBERTO GÓMEZ ROJAS

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2019**

**ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES
PROVENIENTES DE LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN AGUSTÍN, HUILA**

JULIAN ALBERTO GÓMEZ ROJAS

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental, en la
modalidad: trabajo de investigación**

**Directora
María Elena Isabel Castro Caicedo
Ingeniera Civil, MSc. Ingeniería Ambiental**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2019**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, Cauca

17 de octubre de 2019

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	9
3. OBJETIVOS.....	10
3.1 OBJETIVO GENERAL	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4. MARCO TEÓRICO	11
5. METODOLOGÍA	13
5.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES.....	13
5.1.1 <i>Tamaño de la muestra</i>	13
5.1.2 <i>Distribución de la muestra representativa.....</i>	14
5.1.3 <i>Selección de la muestra.....</i>	14
5.1.4 <i>Toma de muestras</i>	15
5.1.5 <i>Equipo de pesaje.....</i>	16
5.1.6 <i>Estandarización y validación de la producción por usuario (ppu).....</i>	17
5.1.7 <i>Validación de la varianza y la muestra</i>	18
5.1.8 <i>Clasificación</i>	18
5.1.9 <i>Estimación de la producción por usuario (ppu).....</i>	19
5.2 DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO	20
5.2.1 <i>Estimación de la población futura con el método aritmético.....</i>	21
5.2.2 <i>Estimación de la población futura con el método geométrico</i>	21
5.2.3 <i>Proyecciones, año 2030, 2040 y 2050.....</i>	22
5.2.4 <i>Densidad del material reciclable</i>	22
5.2.5 <i>Espacio tridimensional necesario para almacenar el material reciclable</i>	23
5.2.6 <i>Proceso de reciclaje.....</i>	24
5.2.7 <i>Diseño arquitectónico de la zona operativa y de almacenamiento.....</i>	26
5.3 CLIENTES POTENCIALES Y PRECIOS DE COMERCIALIZACIÓN DEL MATERIAL RECICLABLE	27
5.4 EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD	27

6.	RESULTADOS.....	29
6.1	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES.....	29
6.1.1	<i>Tamaño de la muestra</i>	29
6.1.2	<i>Distribución de la muestra representativa.....</i>	30
6.1.3	<i>Material recolectado en el muestreo.....</i>	30
6.1.4	<i>Estandarización y validación de la producción por usuario (ppu).....</i>	31
6.1.5	<i>Validación de la varianza y la muestra</i>	31
6.1.6	<i>Clasificación</i>	32
6.1.7	<i>Estimación de la producción por usuario (ppu).....</i>	33
6.2	DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO	36
6.2.1	<i>Estimación de la población futura con el método aritmético.....</i>	36
6.2.2	<i>Estimación de la población futura con el método geométrico</i>	36
6.2.3	<i>Proyecciones, año 2030, 2040 y 2050.....</i>	37
6.2.4	<i>Densidad del material reciclable</i>	39
6.2.5	<i>Espacio tridimensional necesario para almacenar el material reciclable</i>	40
6.2.6	<i>Proceso de reciclaje.....</i>	41
6.2.7	<i>Diseño arquitectónico de la zona operativa y de almacenamiento.....</i>	42
6.3	CLIENTES POTENCIALES Y PRECIOS DE COMERCIALIZACIÓN DEL MATERIAL RECICLABLE	47
6.4	EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD	49
7.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	54
8.	CONCLUSIÓN	55

ANEXOS

	pág.
Anexo I. Volante.....	59
Anexo II. Cantidad de material recolectado.....	59
Anexo III. Validación de la producción por usuario.....	62
Anexo IV. Flujo de caja.....	65
Anexo V. Encuesta.....	69

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Lett (2014), desde que se comenzó a evidenciar los problemas causados por la inadecuada eliminación de los residuos sólidos, surgió la necesidad de ejecutar procesos como el reciclaje para para minimizar el impacto ambiental, este proceso ha dado muy buenos resultados dado que reincorpora al ciclo económico productivo los residuos aprovechables que han sido desechados; reduciendo el consumo de recursos naturales, energía y acumulación de desechos.

Corredor (2010) afirma que el reciclaje está compuesto por varios actores, e implica una serie de procesos industriales en donde se hace necesario la utilización de equipos, maquinarias e instalaciones técnicamente diseñadas como las estaciones de clasificación y aprovechamiento (ECA), en las cuales se separa, adecua y almacena el material reciclable recuperado, por ende, es de suma importancia que los centros poblados cuenten con estas estaciones y dado que el municipio de San Agustín carece de una ECA, se evidencia la mala gestión de los residuos sólidos ya que son mezclados en la fuente y enviados al relleno sanitario regional; en pro de solucionar esta situación es necesario implementar una ECA, sin embargo Victoria (2012) menciona que “aunque se consideran ambientalmente deseables, se cuestiona su rentabilidad” (p. 59), es por estos motivos que el presente trabajo de grado tiene como objetivo general: determinar la viabilidad técnica y económica para la implementación de una estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos provenientes de la cabecera municipal de San Agustín, Huila.

El estudio de viabilidad se desarrolló en cuatro fases: primero, se realizó la caracterización y cuantificación de los principales residuos sólidos reciclables (que de acuerdo con el ICONTEC (2009) y Aluna Consultores Limitada (2011)son cinco: metal, plástico, vidrio, papel y cartón) en los puntos de generación, dado que en el actual PGIRS el estudio lo realizaron en el sitio de disposición final y MINVIVIENDA (2015) considera que no se puede obtener información confiable por estrato socioeconómico si se realiza la caracterización en estos sitios; segundo, se diseñó la estructura de la ECA teniendo en cuenta el volumen cuantificado en la primera fase y con los planos obtenidos se estimó el presupuesto requerido para la construcción; tercero, se identificaron a los posibles clientes y los precios que se pagan por kilogramo de material reciclable y cuarto, se realizó el flujo de caja proyectando los egresos e ingresos hasta el año 2050, en el cual se obtuvo un saldo neto positivo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con Elías (2008), el consumismo de una población en aumento que excluye el problema inherente de usar y tirar los productos que se compran innecesariamente o considerados no esenciales, ha causado una mayor demanda de materias primas afectando negativamente el funcionamiento natural de los ecosistemas, además este modelo consumista ha generado grandes cantidades de residuos, los cuales podrían ser aprovechados, pero por falta de una buena gestión ambiental terminan en los rellenos sanitarios, formando verdaderas montañas de desperdicio.

Aluna consultores limitada (2011) describe que en Colombia de los 11 368 222 ton de residuos sólidos producidos anualmente tan solo el 16,54% de los residuos son recuperados; el 8,68% (986 291 ton/año) por recicladores informales y 7,86% (893 727 ton/año) por empresas privadas, estas cifras indican que hay una importante cantidad de residuos desaprovechados. Las causas principales de esta problemática son: inadecuada separación en la fuente, ausencia de rutas limpias y falta de estaciones de reciclaje en la mayoría de los centros poblados.

El municipio de San Agustín Huila no es ajeno a esta problemática dado que los residuos sólidos reciclables para su presentación son mezclados con todo tipo de material, convirtiéndose en residuos difíciles de recuperar; situación que minimiza el aprovechamiento que realiza la planta de tratamiento regional del sur del Huila (Biorgánicos del Sur del Huila S.A. E.S.P.) y por ende maximiza la cantidad de material inservible. Esta planta se encuentra ubicada a 22 Km de San Agustín en la ciudad de Pitalito, lo que genera grandes costos para el municipio en transporte y disposición, ya que se paga por cada tonelada de residuo y como muestra Superservicios (2015) se disponen 3,01 toneladas diarias.

Con el fin de asegurar un manejo integral de los residuos sólidos y teniendo en cuenta el programa de aprovechamiento del PGIRS (2015), una posible solución sería implementar una ECA, pero ¿Es técnica y económicamente viable la implementación de una estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos reciclables en el municipio de San Agustín? La respuesta a dicha pregunta se encuentra en el presente trabajo de grado.

2. JUSTIFICACIÓN

Colombia cuenta con una completa guía normativa para realizar actividades de aprovechamiento de residuos sólidos bajo estándares de calidad y en concordancia con los prestadores públicos de aseo, puesto que el decreto 596 de 2016 garantiza la formalización de los recicladores y los acredita como prestadores del servicio de aseo en la modalidad de aprovechamiento, de tal modo que obtengan beneficios económicos no solo por la comercialización del material reciclable sino también por la prestación del servicio de recolección.

El reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS (2012) establece que la gestión integral de residuos sólidos es un compromiso del estado, la industria, el comercio y la ciudadanía; que incluye el desarrollo de procesos de aprovechamiento y valorización de residuos, en donde se busca una economía circular que propone la reinserción de los residuos en el ciclo productivo para minimizar costos, consumo de energía, demanda de materias primas provenientes de los recursos naturales y prolongar la vida útil de los sitios de disposición final. Estos procesos de aprovechamiento requieren de sitios especializados para el acondicionamiento, denominados; estaciones de clasificación y aprovechamiento, las cuales deben de realizarse si son técnica y económicamente viables, de manera que se satisfagan los requerimientos exigidos para un óptimo funcionamiento durante el periodo de diseño.

La viabilidad técnica-económica es de suma importancia en todo proyecto, ya que determina si es posible llevarlo a cabo con la tecnología disponible y estima el flujo de caja en un periodo establecido, determinando si vale la pena o no ejecutar el proyecto. Como la idea principal es crear una ECA en San Agustín Huila bajo los criterios del plan nacional de negocios verdes, se inició con el presente trabajo de grado, determinando la viabilidad técnica y económica.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar la viabilidad técnica y económica para la implementación de una estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos reciclables provenientes de la cabecera municipal de San Agustín, Huila.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los principales residuos sólidos reciclables generados en establecimientos comerciales y viviendas suscritas a la empresa de servicios Públicos San Agustín E.S.P.
- Diseñar la estación de clasificación y aprovechamiento, bajo los lineamientos del título F del RAS 2012 y el decreto 596 de 2016.
- Comparar los precios del mercado y estándares de calidad exigidos para la comercialización del material reciclable en las empresas de la región, identificando los clientes potenciales.
- Evaluar la rentabilidad a partir del flujo de caja proyectado, utilizando el método del valor actual neto (VAN).

4. MARCO TEÓRICO

Desde que se comenzó a evidenciar los problemas asociados a la generación de residuos, la sociedad ha utilizado diferentes técnicas para reducir y disponer adecuadamente los desechos de tal modo que se minimice el impacto ambiental causado, de acuerdo con el RAS 2012 entre estas alternativas técnicas se destacan la disposición en rellenos sanitarios, reciclaje, incineración y los procesos térmicos para la generación de energía como pirolisis y gasificación. Dado que el presente trabajo de grado está enmarcado en el reciclaje, se hace necesario describir en que consiste.

Corredor (2010) describe que el reciclaje es un proceso que consiste en convertir los materiales que no tienen valor de uso para quien los genera y desecha, en nuevos productos, este proceso consta de varias etapas en donde los actores involucrados desarrollan las siguientes actividades: primero, el generador debe separar los residuos en la fuente clasificándolos en orgánicos, inorgánicos aprovechables e inservibles; segundo, la entidad prestadora del servicio de recolección dispone de una ruta limpia o delega a la organización de recicladores para que preste el servicio de recolección; tercero, los residuos reciclables son llevados a una ECA para separarlos por tipo de material mediante procesos manuales, mecánicos o mixtos; cuarto, las empresas pre transformadoras acondicionan el material con procesos que le den valor agregado, como el lavado, compactación, triturado o peletizado, embalaje, entre otros; quinto, las empresas transformadoras con el material ya acondicionado fabrican los nuevos elementos; la comercialización se desarrolla de manera transversal en cada una de las actividades mencionadas.

Las ECA son instalaciones técnicamente diseñadas con criterios de ingeniería que deben cumplir los siguientes requisitos: tener zonas de administración, recepción, pesaje, almacenamiento, clasificación de materiales y un diagrama de flujo donde se describa todo el proceso que se realiza en la estación. Para diseñar y dimensionar las ECA es necesario estimar la cantidad de material reciclable que se va a procesar, esta estimación se logra realizando una caracterización de los residuos potencialmente aprovechables que genera la población de estudio; existen diferentes metodologías de caracterización y de acuerdo con Runfola (2009) las más relevantes son las siguientes: análisis de pesada total, análisis peso-volumen, análisis de balance de masas y análisis por muestreo estadístico, de esta última se deriva la diseñada por Cantanhede (2006), la cual se abordó para realizar la caracterización del presente trabajo de grado, dado que está respaldada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS); la

ventaja de esta metodología es que permite estimar la generación per cápita, composición y densidad de los residuos sólidos generados en las pequeñas ciudades o poblaciones de América Latina y el Caribe, partiendo de una muestra representativa de viviendas.

El siguiente enfoque que se abordó fue la viabilidad técnica-económica del proyecto, en donde se diseñó la ECA y se calculó el flujo de cada para definir mediante criterios de evaluación si es rentable su inversión, de acuerdo con Sapag (2011) los criterios o métodos que se utilizan con frecuencia son: el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el periodo de recuperación de la inversión, la relación beneficio-costos y la relación costo-efectividad; sin embargo el más conocido y utilizado por los evaluadores de proyectos es el VAN, dado que con base en los flujos de caja futuros mide los ingresos después de haber recuperado la inversión y obtenido la rentabilidad exigida.

Sapag (2008) expresa que los flujos de caja son la base de la evaluación y se construyen dependiendo de la información que se desea obtener, en general se construyen para medir uno de los siguientes fines: la rentabilidad del capital total invertido en el proyecto independientemente de donde provengan los fondos, la rentabilidad de los recursos propios invertidos o la capacidad de pago de un eventual préstamo para financiar la inversión. Como uno de los fines del presente proyecto es evaluar la rentabilidad que se generará en la ECA independientemente de la procedencia del capital inicial, se eligió la primera opción para el estudio.

En general el proyecto se enfocó: en determinar la viabilidad técnica y económica de implementar una ECA en el municipio de San Agustín; se inició con la caracterización de los residuos sólidos reciclables generados en los establecimientos comerciales y viviendas, teniendo en cuenta la metodología de Cantanhede, luego se realizó el diseño arquitectónico de la ECA y después de que se identificaron a los clientes potenciales, se calculó el VAN para estimar la rentabilidad del proyecto.

5. METODOLOGÍA

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES

Olaya (2013) ratifica que la cantidad de los residuos sólidos que se desechan diariamente depende del estrato socioeconómico del generador, por lo tanto, para estimar la generación por usuario, volumen y composición de los residuos generados en los establecimientos comerciales y viviendas suscritas a la empresa de servicios públicos San Agustín E.S.P., fue necesario utilizar el muestreo probabilístico estratificado que según Naciones Unidas (2009) considera grupos con similares características, de tal forma que reduce la varianza en cada estrato y aumenta la precisión de las estimaciones.

Variables y población de estudio:

Las variables que se consideraron fueron el peso y volumen de los principales residuos reciclables: metal, plástico, vidrio, papel, cartón y la población de estudio son los 2687 usuarios (338 establecimientos comerciales y 2 349 viviendas) suscritos a la empresa de servicios Públicos San Agustín E.S.P.

5.1.1 Tamaño de la muestra

La muestra representativa se calculó aplicando la fórmula 1 y siguiendo el procedimiento estadístico desarrollado por Cantanhede (2006), quien establece que generalmente se trabaja con un nivel de confianza del 95%, esto es, un coeficiente de confianza $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$ (Valor obtenido con la tabla de distribución normal estándar); una desviación estándar de 0,200 kg/hab./día si la generación promedio de residuos es aproximadamente de 0,655 kg/hab./día, es decir aproximadamente el 30% de la ppc; un error permisible del 1% al 15% de la ppc promedio y finalmente a la muestra calculada se le debe adicionar del 10% al 20% como contingencia. En resumen, las variables requeridas para la fórmula 1 se deducen porcentualmente de la producción promedio, por ende, el primer paso para calcular el tamaño de la muestra fue tomar un valor de referencia de ppc de un estudio anterior y se encontró que la caracterización más reciente fue realizada en el PGIRS del año 2015, en donde se obtuvo una ppc de 0,540 kg/hab./día.

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N - 1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2} \quad (1)$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra, N = Tamaño de la población, E = Error permisible
 σ = Desviación estándar, $Z_{1-\alpha/2}$ = Coeficiente de confianza.

Como la caracterización se realizó por viviendas, es decir, se estimó la producción por usuario (ppu) y el valor de referencia está en unidades de ppc fue necesario hacer la conversión teniendo en cuenta el promedio de personas por vivienda, que según el plan de desarrollo municipal (2015) es 4 hab./vivienda.

5.1.2 Distribución de la muestra representativa

La muestra presentativa (84 usuarios) se distribuyó proporcionalmente a la estratificación actual (ver tabla 1), es decir, se calculó el porcentaje de población que hay en cada estrato con la fórmula 2.

Tabla 1. Estratificación actual

Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Zona comercial	Total
585	1216	548	338	2 687

Fuente: Plan de desarrollo municipal. San Agustín para todos, año 2015.

$$q_h = \frac{N_h}{N} * 100 \quad (2)$$

Donde:

q_h = Porcentaje de la población de estudio que hay en cada estrato.

N_h = Tamaño de la población en cada estrato.

Luego la población porcentual que hay en cada estrato se multiplico por el tamaño de la muestra representativa, para determinar la muestra de usuarios que le corresponden a cada estrato. Como se indica en la fórmula 3.

$$n_h = n * q_h \quad (3)$$

Donde:

n_h = Tamaño de la muestra del estrato h (1, 2, 3)

n = Tamaño de muestra representativa de la población

5.1.3 Selección de la muestra

Con el mapa de San Agustín y la base de datos (estratificación de los usuarios) de la empresa de servicios públicos, se identificaron las cuatro zonas a estudiar, ver Figura 1: tres residenciales clasificadas de acuerdo al estrato socioeconómico y una comercial (la zona comercial no se encuentra en un solo lugar sino que son tiendas distribuidas en todo el casco urbano); luego, se enumeraron las manzanas de cada zona y con la función RanInt (función que genera números aleatorios en un intervalo determinado) de la calculadora se escogieron al azar tres manzanas de cada zona; luego se eligieron dos lados de cada manzana, se enumeraron todas las viviendas que conforman los lados anteriormente seleccionados, para finalmente escoger al azar las unidades muestrales que le corresponden a cada estrato.

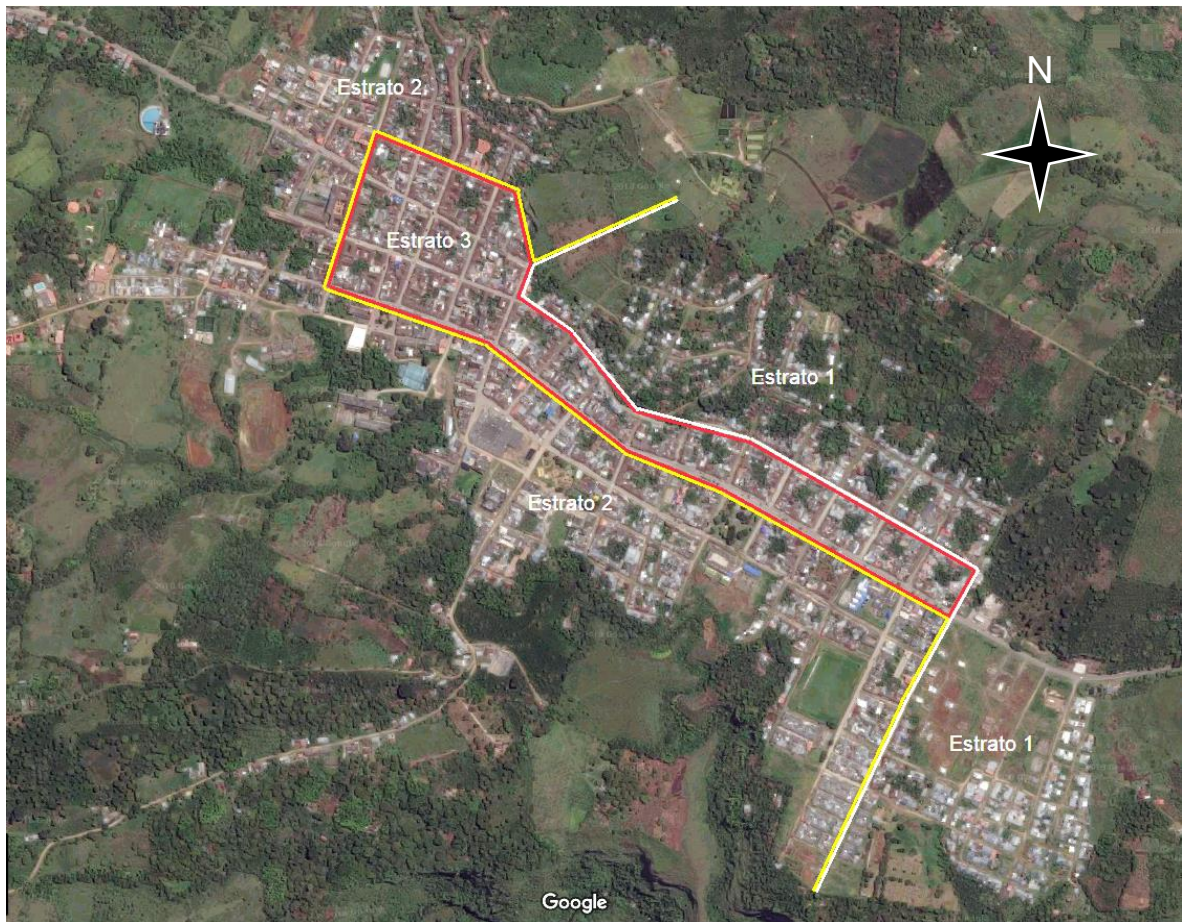


Figura 1. Identificación gráfica de los estratos socioeconómicos en San Agustín. Fuente: Figura tomada de Google Maps

5.1.4 Toma de muestras

El día Martes 6 de marzo se visitó a los usuarios que resultaron seleccionados para informarles del proyecto que se estaba realizando, de la importancia de su participación y si estaban dispuestos a colaborar con la separación de los residuos durante las siguientes tres semanas, obteniendo una intención de participación satisfactoria; del 100% de los usuarios seleccionados.

Para la recolección de los residuos se entregaron dos bolsas plásticas a la muestra de estudio seleccionada; una verde para los residuos no aprovechables y una negra para los reciclables, igualmente un volante con las instrucciones necesarias para una correcta segregación, ver anexo I. Después de dar las instrucciones pertinentes a los integrantes de la familia se dejaron acumular los residuos por siete días, ya que actualmente es el tiempo establecido por la empresa de servicios públicos.

El día martes 13 de marzo se contrató un vehículo de tracción animal para realizar la primera recolecta puerta a puerta del material reciclable (bolsa negra), en el

momento en que el usuario entregó la bolsa; esta se rotuló con la dirección de la casa, además se realizó una breve revisión del material depositado para comprobar que la segregación fuera la adecuada, en los casos en que se observó material inapropiado; se dieron las recomendaciones pertinentes para mejorar el proceso, y por último se entregaron bolsas nuevas (una negra y una verde) para la separación de la próxima semana; el registro fotográfico se presenta en las figuras 2 y 3. La segunda y tercera recolección se realizaron los días 20 y 27 de marzo, en donde los usuarios participaron activamente y agradecieron la labor que se realizó, ya que reconocen la importancia del reciclaje.

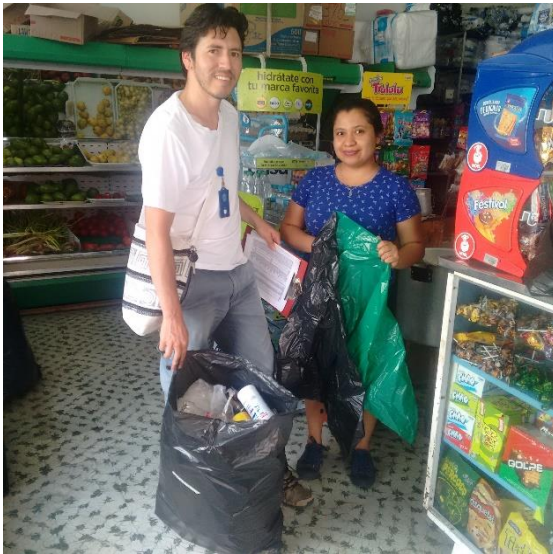


Figura 2. Entrega del material



Figura 3. Vehículo recolector

5.1.5 Equipo de pesaje

El material recolectado se llevó al sitio de clasificación en donde lo primero que se hizo fue pesar el material recolectado en una báscula mecánica de muelle elástico con una capacidad máxima de 10 kg y una división mínima de 25g como la que se observa en la Figura 4, a la cual se le adaptó una canasta plástica para colocar las bolsas recolectadas como se observa en la Figura 5.

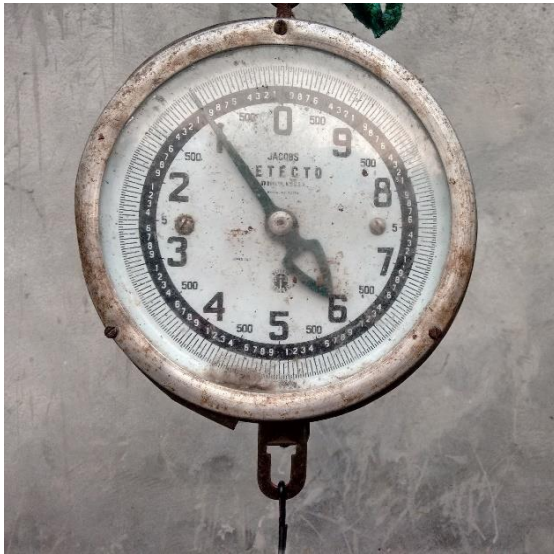


Figura 4. Báscula mecánica



Figura 5. Báscula con canastilla

5.1.6 Estandarización y validación de la producción por usuario (ppu)

Teniendo en cuenta que los resultados de ppu se aproximan a una distribución normal se siguió la metodología establecida por Levine (2014), donde recomienda transformar los valores a una distribución normal estándar con la ecuación 4, de modo que se facilite la identificación de los datos extremos, los cuales se caracterizan por estar fuera del intervalo de confianza, es decir los datos que son menores a -1,96 y mayores a +1,96 (valores obtenidos con la función de distribución normal estándar para un nivel de confianza del 95%); estos datos también son conocidos como atípicos o dudosos y es necesario descartarlos dado que pueden alterar drásticamente las medidas de dispersión y por ende la representatividad del promedio.

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S} \quad (4)$$

Donde:

Z = Valor z en una distribución normal estándar, X = ppu promedio de cada usuario, \bar{X} = ppu promedio de todos los usuarios, S = desviación estándar obtenida

Una vez estandarizados los valores de ppu se ordenaron de menor a mayor (ver anexo III) para facilitar la validación, la cual consiste en eliminar los datos que estén fuera del intervalo de confianza.

5.1.7 Validación de la varianza y la muestra

Para la validación de la varianza se siguió la metodología de Cantanhede (2006), donde establece que si la varianza asumida es mayor o igual a la varianza obtenida con los datos de campo, entonces esta se acepta, de lo contrario se rechaza.

También establece recalcularse el tamaño de la muestra, pero con la varianza obtenida de los datos recolectados, o sea con la varianza experimental, para compararlo con el tamaño muestral inicial en donde la varianza fue asumida. Con fines de validación al tamaño muestral calculado con la varianza experimental se la denomina n y al tamaño muestral calculado con la varianza asumida se la denomina m , entonces al comparar los tamaños se pueden presentar tres casos:

- I. Si $n > m$, se debe obtener del campo el número de unidades muestrales faltantes.
- II. Si $n = m$, no será necesario analizar más elementos para considerar como válido el muestreo.
- III. Si $n < m$, se debe asumir como válido el valor de la muestra m y no se deben eliminar las supuestas unidades muestrales sobrantes.

5.1.8 Clasificación

Luego de haber pesado, registrado y validado lo que generó cada usuario, las bolsas se separaron por estrato, después se vaciaron y dispersaron en el piso para clasificar el material reciclable, ya que este se encontraba revuelto, una vez clasificado por tipo de material, este se pesó nuevamente, obteniendo el total generado en cada estrato, se encontraron materiales que a pesar de estar dentro de las cinco categorías se desecharon por estar sucios o con restos de comida y otros que por su composición se clasifican como no reciclables o inservibles. El registro fotográfico del proceso realizado se presenta en las figuras 6, 7, 8 y 9.



Figura 6. Registro material generado



Figura 7. Dispersion del material



Figura 8. Clasificación manual



Figura 9. Registro material clasificado

5.1.9 Estimación de la producción por usuario (ppu)

Como el registro se realizó por estratos, o sea se registró lo que generó el conjunto de usuarios de cada estrato en una semana y para los cálculos finales es necesario expresarlos en unidades de kilogramos/usuario/día, entonces estos valores se dividen entre el número total de usuarios validados y por el número de días que conforman la semana, como se indica en la siguiente fórmula:

$$ppu = \frac{\text{Peso total del material recolectado en una semana}}{7 * \text{Número de usuarios validados de cada estrato}} \quad (5)$$

Para calcular la ppu de toda la población en estudio (sector comercio y domiciliario) por estratos, se multiplica la ppu promedio de la muestra representativa por la población de cada estrato, como se indica en la siguiente fórmula:

$$\text{Producción total por estrato} = ppu \text{ promedio} * \text{número de usuarios del estrato} \times \quad (6)$$

5.2 DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO

De acuerdo con el título F del RAS (2012) y el decreto 596 de 2016, las ECA deben contar con las siguientes áreas de operación:

- Área de Administración
- Área Recepción
- Área Pesaje
- Área de clasificación
- Área de almacenamiento

Las áreas relacionadas con el proceso de reciclaje deben dimensionarse en base a la cantidad de material generado y teniendo en cuenta el crecimiento poblacional para un periodo mínimo de 10 años, por ende, para dimensionar la ECA que recuperará los residuos sólidos reciclables generados en la cabecera municipal de San Agustín, se decidió proyectar la población a los años 2030, 2040 y 2050 con el fin de estimar la producción total en dichos años, partiendo de la producción por usuario promedio estimada en el presente proyecto y con los resultados obtenidos se eligió el periodo de diseño más idóneo.

El Departamento Administrativo Nacional de estadística DANE con el censo del año 2005 realizó las proyecciones hasta el 2020 y dado que para los años posteriores no hay registros de población futura, fue necesario estimar la población por uno de los métodos de crecimiento poblacional matemáticos, en donde los más usuales son el método aritmético y geométrico, ahora para definir cual utilizar; El RAS recomienda emplear el método aritmético en los niveles de complejidad bajo y medio, los cuales dependen de la población proyectada, tal cual como se indica en la tabla 2 y el método geométrico en todos los niveles de complejidad. Siguiendo estos parámetros se encontró que la población de San Agustín se acerca al umbral del nivel medio alto, sin embargo en el Título B del RAS (2010) se aclara que: “El método geométrico es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades” (p. 27) y dado que el municipio de San Agustín se encuentra ubicado en la cordillera central, en una zona montañosa con terrenos escarpados; no cumple con las condiciones necesarias para aplicar el método geométrico, dicho de otra manera, por las condiciones geográficas del municipio no es claro que método utilizar, por ende, se proyectó la población al año 2020 con los dos métodos, y el que tuvo mayor similitud con la proyección del DANE fue el que se eligió.

Tabla 2. Asignación del nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Población proyectada	< 2 500	2 501 a 12 500	12 501 a 60 000	> 60 000

Fuente: RAS, Título A

5.2.1 Estimación de la población futura con el método aritmético

El RAS en el título B (2010) plantea que el método consiste en suponer que la población aumenta constantemente la misma cantidad en los periodos futuros, es decir que la población tiene un comportamiento lineal, que si se representa gráficamente se obtiene una recta en donde la pendiente indica la tasa de crecimiento poblacional. La fórmula para calcular la población futura es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + k * (T_f - T_{uc}) \quad (7)$$

Donde:

$$k = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} = \text{Tasa de crecimiento poblacional (pendiente de la recta).}$$

P_f = Población correspondiente al año proyectado (habitantes).

P_{uc} = Población correspondiente al último censo del DANE (habitantes).

P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial del DANE (habitantes).

T_{uc} = Año correspondiente al último censo del DANE.

T_{ci} = Año correspondiente al censo inicial del DANE.

T_f = Año al cual se quiere proyectar la información.

5.2.2 Estimación de la población futura con el método geométrico

En este método la población crece más rápido que en el lineal, ya que el aumento es proporcional al tamaño de la última población estimada. La ecuación para calcular la población futura es la siguiente:

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad (8)$$

Donde:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1 = \text{Tasa de crecimiento anual.}$$

P_f = Población correspondiente al año de proyección.

P_{uc} = Población del último censo realizado por el DANE.

P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial del DANE.

T_{uc} = Año correspondiente al último censo del DANE.

T_f = Año al cual se quiere proyectar la información.

5.2.3 Proyecciones, año 2030, 2040 y 2050

La producción futura del material reciclable se obtiene multiplicando la ppu actual por los usuarios proyectados, por lo tanto, la población proyectada se tiene que dividir entre el promedio de personas que conforman un hogar para obtener los usuarios proyectados; tal y como se indicada en la siguiente fórmula.

$$Usuarios_{Año\ proyectado} = \frac{Población\ proyectada}{Número\ de\ personas\ por\ vivienda} \quad (9)$$

Sin embargo, como no se quiere dar una estimación generalizada de producción sino la producción en cada estrato, Se optó por distribuir los usuarios proyectados tal cual como se encuentran actualmente (Tabla 6), es decir, se supone que la distribución porcentual y el promedio de personas por vivienda se mantienen en el tiempo, quedando finalmente la producción futura por estratos como se indica en la fórmula 10. La ppu también se asumió constante, dado que no existe información suficiente para identificar o deducir un factor de cambio tendencial, pues solamente hay dos registros (PGIRS 2013 Y 2015), en donde la cuantificación del material reciclable se realizó en el sitio de disposición final con el método de cuarteo; o sea que además de que son insuficientes para marcar una tendencia de ppu confiable, se realizaron con una metodología diferente a la del presente trabajo.

$$Producción\ futura = PPU\ actual * \left(\begin{array}{l} Usuarios\ distribuidos \\ en\ el\ año\ proyectado \end{array} \right) \quad (10)$$

5.2.4 Densidad del material reciclable

La densidad es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un material, usualmente se simboliza así: $\rho = m/V$ y es indispensable para diseñar las ECAS, ya que los cuartos de almacenamiento deben ser dimensionados de acuerdo a la cantidad del material generado.

Para determinar la densidad del material reciclable se dispuso de una canasta plástica rectangular con una capacidad volumétrica de 0,046m³ y un peso de 1,905kg, la cual se llenó con cada uno de los materiales recuperados para posteriormente pesarla en una báscula electrónica que tiene una capacidad máxima de 40kg y precisión de 1g (ver figuras 10-13). Al peso obtenido se le resto el peso de la canasta y este resultado se dividió entre el volumen de la misma para obtener la densidad de cada material; tal y como se indica en la fórmula 11.

$$\rho = \frac{Peso\ (material + canasta) - 1,905}{0,046} = \frac{Peso\ material\ reciclable\ (kg)}{Volumen\ (m^3)} \quad (11)$$



Figura 10. Vidrio



Figura 11. Cartón



Figura 12. Plástico (Botellas)



Figura 13. Metal (Chatarra)

5.2.5 Espacio tridimensional necesario para almacenar el material reciclable

Con la cantidad estimada de ppu en los años proyectados y la densidad de cada uno de los materiales, se calculó el volumen necesario para almacenar el material reciclable que llegará a la ECA, tal como se indica en la fórmula 12, esta magnitud es la base para el dimensionamiento, ya que todos los espacios o zonas se dimensionan de acuerdo al volumen total de material reciclable.

$$Volumen = \frac{\text{Peso total del material reciclable generado diariamente en el periodo de diseño (m)}}{\text{Densidad del material reciclable } (\rho)} \quad (12)$$

Los materiales reciclables se pueden someter a compactación para aumentar la densidad y por ende reducir el espacio necesario para el almacenamiento. La densidad del material compactado no es un parámetro fijo, pues esta magnitud depende de la prensa hidráulica que se utilice; actualmente existen diferentes marcas que difieren tanto en diseño como en tamaño y sobre todo en la fuerza de compactación, Aun así, Röben (2003) concluye que las prensas con fuerza de

compactación entre ocho y diez toneladas forman pacas de 390 kg/m³, 288 kg/m³, 315 kg/m³, 593 kg/m³ y 504 kg/m³ para el papel, cartón, plástico, vidrio y metal respectivamente. Como la prensa hidráulica valorada en este proyecto es similar a la descrita por Röben, se realizaron los cálculos de compactación con dichas densidades.

5.2.6 Proceso de reciclaje

En el municipio de San Agustín el proceso de reciclaje iniciará en la fuente de generación, en donde los usuarios separan y almacenan el material aprovechable de miércoles a lunes para presentarlos el día martes en la acera del predio; ese día el vehículo de recolección selectiva (ruta limpia) los recoge y transporta hasta la ECA. Una vez se encuentre el material reciclable en la ECA se le realizará el siguiente proceso: Primero, se descarga el material en el área de recepción.

Segundo, se ingresa el material al área de almacenamiento temporal, utilizando contenedores plásticos con ruedas como el que se observa en la figura (a)14, los cuales tienen una capacidad volumétrica de 0,5 m³ (1,40x0,80x0,98 m).

Tercero, se clasifica por tipo de material, este proceso se realiza manualmente dispersando el material en una mesa metálica que tiene 2,90 metros de largo por 1.5 metros de ancho, en el cual 2 operarios se ubican a cada lado para escoger el material y depositarlo en 6 contenedores plásticos con ruedas como el que se observa en la figura (a)14 (uno para cada material).

Cuarto, se somete a compactación el papel, cartón y plástico por medio de una prensa hidráulica vertical, la cual tiene una base interna de 45x60 cm como la que se observa en la figura (b)14, las pacas tendrán una altura aproximada de 47, 64 y 58 cm respectivamente, esto con el fin de obtener pacas de aproximadamente 50 kg, al vidrio se le realiza una compactación manual dejando caer las botellas a un contenedor, mientras que a la chatarra no se le realizara ningún tipo de compactación dado que se requiere de una prensa o triturador con mayor fuerza de compactación.

Quinto, el material se pasa al área de pesaje utilizando una carretilla de dos ruedas como la que se observa en la figura (c)14, en esta área se encuentra una báscula digital con plataforma como la que se observa en la figura (d)14, en la cual se pesa el material para posteriormente registrarlo.

Sexto, el almacenamiento se realiza apilando el material en cuartos o compartimientos, los cuales debe tener la capacidad para almacenar el material por un mes. El material inservible se almacena en 2 contenedores metálicos como el que se observa en la figura (e)14, los cuales tienen una capacidad volumétrica de

2,42 m³ (1,63x1,62x1,02 m), suficiente para almacenar el material por una semana, estos contenedores se ubican al frente de la ECA para que el camión recolector de residuos acceda a ellos fácilmente.

Séptimo, la comercialización es el último proceso, en donde cada mes se organiza el material en dos camiones de eje sencillo y envían a Bogotá o Cali.



Figura 14. Equipo necesario para proceso de reciclaje. (a) Contenedor plástico de volteo con ruedas. (b) Prensa hidráulica vertical. (c) Carretilla de dos ruedas. (d) Bascula digital con plataforma. (e) Contenedor metálico para material inservible. Fuente: Figuras tomadas de los sitios web que hacen parte del e-commerce.

5.2.7 Diseño arquitectónico de la zona operativa y de almacenamiento

Después de que se estimó el volumen del material que llegará a la ECA y se definió el proceso que se va a realizar, se procedió a diseñar la ECA con la información anteriormente mencionada; además se identificó en el mapa de San Agustín la ubicación en donde se pueda construir la ECA, teniendo en cuenta lo establecido en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) (2013). En la tabla 3 se presentan los factores que influyeron en el dimensionamiento de la ECA.

Tabla 3. Factores que influyen en el tamaño de la ECA.

Área	Dimensionamiento
Administración	El área de administración se diseñó con el espacio suficiente para ubicar un escritorio y cuatro sillas
Recepción	El área de recepción se dimensiono para permitir el ingreso de un camión de dos ejes, el cual tiene un ancho de 2,60 m.
Almacenamiento Temporal	El área de almacenamiento temporal se dimensionó con base al volumen total de material suelto que ingresa a la ECA.
Clasificación	El área de clasificación, compactación y pesaje se dimensionó en base a los equipos y herramientas a utilizar.
Compactación	
Pesaje	
Almacenamiento	<p>Para definir el área de almacenamiento primero se delimitó la altura de apilamiento del material y teniendo en cuenta que el proceso de almacenamiento se va a realizar manualmente, se decidió que el apilamiento máximo sea de 4 pacas para el plástico y de 5 para el papel y cartón, es decir que al apilarlas, la última paca quedaría a una altura de 1,74, 1,80 y 1,80 m respectivamente, lo cual indica que un operario fácilmente puede tomarla con los brazos estirados. Para el vidrio y chatarra de igual forma se decidió que el apilamiento no supere los 2 m.</p> <p>Teniendo definido el apilamiento del material se procedió a definir el área de cada uno de los cuartos de almacenamiento, delimitándolos con una longitud de 3 m, o sea que el valor a determinar fue el ancho y este se consiguió distribuyendo el número total de pacas que se acopiaran durante un mes.</p>

Fuente: Elaboración propia

5.3 CLIENTES POTENCIALES Y PRECIOS DE COMERCIALIZACIÓN DEL MATERIAL RECICLABLE

Por medio de la internet se identificó a las empresas que comercializan material reciclable, ubicadas en Cali (Valle) y Bogotá D.C. a las cuales se les preguntó vía email o telefónicamente que materiales compran, la cantidad mínima que compran, el precio por kilogramo, si la comercialización cubre el transporte y las condiciones o estándares de calidad exigidos.

De las 10 empresas que cuentan con sitio web, respondieron a los emails y a las llamadas 6 empresas, las cuales tienen como razón social, los siguientes nombres: Materias Primas del Valle, Reciclemos el Mundo, Recuperadora de Materiales MAG, Ekored, Papeles el Vergel y El Abrigo Ecológico; las primeras 3 ubicadas en Cali y las siguientes en Bogotá.

5.4 EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD

Para evaluar la rentabilidad se construyó el flujo de caja; el cual consiste en estimar los egresos futuros de operación e impuestos, los ingresos por la venta del material reciclable y los ingresos por la prestación el servicio público de aseo en la modalidad de aprovechamiento hasta el periodo de diseño, año 2050.

El procesamiento del material reciclables y los impuestos son los dos factores que causan egresos, el primero por el pago de nómina, que equivale a 6 salarios mínimos mensualmente, 2 para el gerente y 4 para los operarios (uno para cada operario), además del alquiler de los vehículos tipo camión (uno para la recolección domiciliaria y dos para transportar el material al punto de comercialización), el segundo factor es por el pago de facturas o recibos (agua, energía, internet, cámara y comercio e impuesto predial). Para calcular los egresos en los años proyectados se realizó un aumento porcentual constante; 6% (aumento salarial del año en curso) para el pago de nómina y 3,18% (inflación año anterior) para alquiler vehicular y pago de impuestos.

Los ingresos por la venta del material reciclable se obtuvieron al multiplicar el material reciclable proyectado por el precio de compra, al cual se le aumento anualmente el 3,18% (inflación año anterior) y el cálculo para el cobro por la prestación del servicio público de aseo en la modalidad de aprovechamiento se realizó con la metodología tarifaria de la resolución CRA 720 de 2015, en donde se establece que la tarifa de aprovechamiento o valor base de remuneración de aprovechamiento (VBA) es el resultado de sumar el costo de recolección y transporte (CRT) de los residuos no aprovechables con el costo por la disposición final (CDF), como se observa en la fórmula 13, donde DINC es el incentivo por la separación en la fuente y equivale al 4%; este VBA es el valor que se cobrará por

cada tonelada de material reciclable comercializado en la ECA y se proyectó anualmente con un aumento del 3,18%.

$$VBA = (CRT + CDF)(1 - DINC) \quad (13)$$

Después de haber realizado el flujo de caja se graficó el saldo neto en función del tiempo para ver el comportamiento económico en los años proyectados, además se calculó la máxima rentabilidad que puede generar la ECA y esta evaluación se realizó con el método del Valor Actual Neto (VAN), que según Sapag (2011) es el método más utilizado para obtener la rentabilidad de un proyecto; la fórmula para ejecutar este método es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (14)$$

Donde: I_0 = Inversión inicial, i = Tasa de descuento o Tasa de interés, n = El horizonte de evaluación, F_t = Flujo neto de efectivo en el periodo t .

Sapag también indica que si el VAN es mayor a cero, el proyecto es rentable dado que además de recuperar el capital y la rentabilidad exigida se obtiene un excedente económico, o sea que al proyecto se le puede exigir una tasa de interés superior; a medida que se aumente la tasa de interés o tasa de descuento el resultado del VAN se va reduciendo hasta llegar al punto crítico (VAN igual cero), en este punto se obtiene la máxima rentabilidad del proyecto, y como uno de los objetivos es conocer la rentabilidad durante los años de operación, se igualó el VAN a cero y luego se encontró la máxima tasa de interés permitida para que el proyecto sea viable.

Para aplicar dicha fórmula fue necesario conocer la inversión inicial, o sea el capital requerido para comprar el predio, material de construcción, herramientas, quipos, estudio de suelos, estudio de seguridad industrial, permisos de construcción y mano de obra. El material de construcción se calculó con el diseño arquitectónico realizado en AUTOCAD, primero se determinó el área de los muros, pisos y techo, luego la longitud de las vigas, columnas y los soportes para el techo, después el número de varillas teniendo en cuenta que cada viga/columna tiene cuatro varillas. Con el área total de los muros se determinó el número de ladrillo, pues se sabe que cada metro cuadrado de pared contiene 14,41 ladrillos de 10x20x30; este mismo procedimiento se realizó para determinar el número de tejas y el número baldosas necesarias para cubrir los baños y el área de administración; la cantidad de cemento, arena y grava se calculó con tablas de dosificación y para esto fue necesario primero calcular el volumen de concreto y mortero necesario para toda la construcción; finalmente se contaron los sanitarios, lavamanos, ventanas y puertas.

6. RESULTADOS

6.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES

6.1.1 Tamaño de la muestra

De acuerdo con el PGIRS del municipio de San Agustín, la ppc de residuos es de 0,540 kg/hab./día; 62,0% de material orgánico, 24,6% de material reciclable (papel, cartón, vidrio, plástico y metal) y 13,4% de otros e inservibles, o sea que la ppc de material reciclable es 0,133 kg/hab./día. Ahora al multiplicar la ppc por el promedio de personas que habitan en cada vivienda se obtiene la producción por vivienda o producción por usuario (ppu). Como se indica a continuación:

$$\overline{PPU}_{material\ reciclable} = 0,133 \frac{kg}{hab.*\ día} * \frac{4\ hab.}{vivienda} = 0,531 \frac{kg}{usuario * día}$$

Como la desviación estándar equivale aproximadamente al 30% de la generación promedio y el error permisible al 7% (valor asumido), estos dos parámetros quedaron así:

$$s = 0,531 \frac{kg}{usuario * día} * 30\% = 0,159 \frac{kg}{usuario * día}$$

$$E = 0,531 \frac{kg}{usuario * día} * 7\% = 0,037 \frac{kg}{usuario * día}$$

En la tabla 4 se presentan los parámetros necesarios para calcular la muestra representativa.

Tabla 4. Parámetros para calcular la muestra

Parámetro	Símbolo	Valor
Tamaño de la población	N	= 2 687
Coefficiente de confianza	$Z_{1-\alpha/2}^2$	= 1,96
Desviación estándar	s	= 0,16
Error permisible	E	= 0,037

Fuente: Elaboración propia

Cálculos para determinar la muestra representativa:

La muestra representativa se obtiene reemplazando los parámetros de la tabla 4 en la fórmula 1, tal cual como se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Tamaño muestra representativa

Tamaño de la muestra	$n = \frac{1,96^2 * 2687 * 0,16^2}{(2687 - 1) * 0.037^2 + 1,96^2 * 0,16^2} = 69,99 \approx 70$
Tamaño de contingencia	$c = 70 * 20\% = 14$
Muestra representativa	$nr = n + c = 70 + 14 = 84$

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene una muestra representativa de 84 usuarios que representa a los 338 establecimientos comerciales y 2 349 viviendas.

6.1.2 Distribución de la muestra representativa

Aplicando las fórmulas 2 y 3 se obtuvo el número de usuario que representan a cada estrato; por ejemplo, para calcular los usuarios del estrato uno se realizó el siguiente procedimiento:

$$q_h = \frac{585}{2687} * 100 = 21,77\%$$

$$n_h = 84 * 21,77\% = 18$$

Los cálculos de los demás estratos se desarrollaron de la misma forma. En la tabla 6 se presentan todos los resultados.

Tabla 6. Distribución muestral

Zonas de muestreo	Población de estudio	Porcentaje de población	Muestra representativa
Estrato 1	585	21,77%	18
Estrato 2	1 216	45,26%	38
Estrato 3	548	20,39%	17
Zona Comercial	338	12,58%	11
TOTAL	2 687	100%	84

Fuente: Elaboración propia

6.1.3 Material recolectado en el muestreo

Como las bolsas estaban debidamente rotuladas, a cada vivienda y local comercial se le registró lo que realmente generó, ver registro en el anexo II. De los 84 usuarios que participaron en las tres semanas se obtuvo un total de 401,600 kg de material potencialmente aprovechable; 235,275 kg en el sector domiciliario y 166,325 kg en el sector comercio. En la tabla 7 se presentan los datos obtenidos por estrato.

Tabla 7. Cantidad de material recolectado en kg

	Semanas			Total
	1	2	3	
Estrato 1	21,800	22,750	18,200	62,750
Estrato 2	43,850	39,325	33,575	116,750
Estrato 3	19,575	17,325	18,875	55,775
Comercio	63,050	56,750	46,525	166,325
Total	148,275	136,150	117,175	401,600

Fuente: Elaboración propia

6.1.4 Estandarización y validación de la producción por usuario (ppu)

Al realizar la tipificación teniendo en cuenta $IC_{95\%} = (-1,96 ; 1,96)$ se encontró un valor atípico en el sector comercio (ver anexo III), el cual no se tuvo en cuenta para el estudio, quedando finalmente 83 usuarios, los cuales generaron 343,750 kg de residuos potencialmente aprovechables; 235,275 kg en el sector domiciliario y 108,475 kg en el sector comercio. En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos después de la validación.

Tabla 8. Material validado para el estudio en kg

	Semanas			Total
	1	2	3	
Estrato 1	21,800	22,750	18,200	62,750
Estrato 2	43,850	39,325	33,575	116,750
Estrato 3	19,575	17,325	18,875	55,775
Comercio	39,750	38,525	30,200	108,475
Total	124,975	117,925	100,850	343,750

Fuente: Elaboración propia

6.1.5 Validación de la varianza y la muestra

Como la varianza obtenida en el presente estudio es 0,021 (ver anexo III), menor a la asumida que es 0,026; los parámetros asumidos para encontrar el tamaño de la muestra representativa se aceptan.

Al calcular el tamaño de la muestra representativa con la varianza experimental (datos de campo) se obtiene una muestra total de 57 usuarios, menor a la obtenida con la varianza asumida que es de 70 usuarios, es decir, la muestra experimental (n) es menor que la muestra asumida (m) y por ende esta última se acepta para realizar el estudio.

6.1.6 Clasificación

En las Tablas 9, 10, 11 y 12 se describe la cantidad de material reciclable generado por los 83 usuarios, el material clasificado como desechado; es material reciclable pero en mal estado (sucio) y el clasificado como inservible; son materiales diferentes al papel, cartón, plástico, vidrio y metal.

Tabla 9. Peso del material separado en el estrato uno (kg)

Material Estrato 1	Semanas			Total
	1	2	3	
Papel	1,350	4,250	3,175	8,775
Cartón	4,275	3,075	2,975	10,325
Plástico	4,900	3,175	2,775	10,850
Vidrio	3,475	4,475	3,975	11,925
Metal	3,550	0,750	0,575	4,875
Desechado	2,275	5,150	3,175	10,600
Inservible	1,975	1,875	1,550	5,400
Total	21,800	22,750	18,200	62,750

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Peso del material separado en el estrato dos (kg)

Material Estrato 2	Semanas			Total
	1	2	3	
Papel	4,375	4,800	5,125	14,300
Cartón	8,350	8,425	6,775	23,550
Plástico	10,175	8,125	8,225	26,525
Vidrio	8,325	7,225	6,900	22,450
Metal	4,350	2,475	0,925	7,750
Desechado	5,400	4,650	3,450	13,500
Inservible	2,875	3,625	2,175	8,675
Total	43,850	39,325	33,575	116,750

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Peso del material separado en el estrato tres (kg)

Material Estrato 3	Semanas			Total
	1	2	3	
Papel	2,475	1,575	2,925	6,975
Cartón	3,675	2,150	3,100	8,925
Plástico	3,700	4,350	3,425	11,475
Vidrio	3,325	4,375	3,700	11,400
Metal	1,150	0,925	1,075	3,150
Desechado	3,675	2,700	2,475	8,850
Inservible	1,575	1,250	2,175	5,000
Total	19,575	17,325	18,875	55,775

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Peso del material separado en el sector comercio (kg)

Material Comercio	Semanas			Total
	1	2	3	
Papel	1,100	0,500	0,950	2,550
Cartón	14,900	19,125	12,250	46,275
Plástico	12,350	11,550	10,475	34,375
Vidrio	9,025	5,850	5,700	20,575
Metal	0,425	0,925	0,225	1,575
Desechado	1,375	0,225	0,375	1,975
Inservible	0,575	0,350	0,225	1,150
Total	39,750	38,525	30,200	108,475

Fuente: Elaboración propia

6.1.7 Estimación de la producción por usuario (ppu)

Para expresar la producción en unidades de kilogramo/usuario/día se hace uso de la fórmula 5, por ejemplo, para realizar la conversión de los 1,350 kg de papel que se generaron en la primera semana del estrato uno, este valor se divide entre 18, que es número total de usuarios del estrato uno y 7 que es el número de días que conforman la semana, obteniendo un resultado promedio de 0,011 kg de papel generados diariamente por vivienda (0,011 kg/usuario*día). En las Tablas 13, 14, 15 y 16 se indica la ppu promedio que se genera en cada uno de los estratos.

Tabla 13. Producción por usuario, estrato uno

Material Estrato 1	ppu (kilogramo/usuario/día)			Promedio
	1.ª Recolecta	2.ª Recolecta	3.ª Recolecta	
Papel	0,011	0,034	0,025	0,023
Cartón	0,034	0,024	0,024	0,027
Plástico	0,039	0,025	0,022	0,029
Vidrio	0,028	0,036	0,032	0,032
Metal	0,028	0,006	0,005	0,013
Desechado	0,018	0,041	0,025	0,028
Inservible	0,016	0,015	0,012	0,014
Total	0,173	0,181	0,144	0,166

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Producción por usuario, estrato dos

Material Estrato 2	ppu (kilogramo/usuario/día)			Promedio
	1. ^a Recolecta	2. ^a Recolecta	3. ^a Recolecta	
Papel	0,016	0,018	0,019	0,018
Cartón	0,031	0,032	0,025	0,030
Plástico	0,038	0,031	0,031	0,033
Vidrio	0,031	0,027	0,026	0,028
Metal	0,016	0,009	0,003	0,010
Desechado	0,020	0,017	0,013	0,017
Inservible	0,011	0,014	0,008	0,011
Total	0,165	0,148	0,126	0,146

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Producción por usuario, estrato tres

Material Estrato 3	ppu (kilogramo/usuario/día)			Promedio
	1. ^a Recolecta	2. ^a Recolecta	3. ^a Recolecta	
Papel	0,021	0,013	0,025	0,020
Cartón	0,031	0,018	0,026	0,025
Plástico	0,031	0,037	0,029	0,032
Vidrio	0,028	0,037	0,031	0,032
Metal	0,010	0,008	0,009	0,009
Desechado	0,031	0,023	0,021	0,025
Inservible	0,013	0,011	0,018	0,014
Total	0,164	0,146	0,159	0,156

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Producción por usuario, sector comercio

Material Comercio	ppu (kilogramo/usuario/día)			Promedio
	1. ^a Recolecta	2. ^a Recolecta	3. ^a Recolecta	
Papel	0,016	0,007	0,014	0,012
Cartón	0,213	0,273	0,175	0,220
Plástico	0,176	0,165	0,150	0,164
Vidrio	0,129	0,084	0,081	0,098
Metal	0,006	0,013	0,003	0,008
Desechado	0,020	0,003	0,005	0,009
Inservible	0,008	0,005	0,003	0,005
Total	0,568	0,550	0,431	0,517

Fuente: Elaboración propia

$$PPU \text{ promedio total} = 0,166 + 0,146 + 0,156 + 0,517 = 0,985 \text{ kg/usuario} * \text{ día}$$

La cantidad promedio de residuos potencialmente aprovechables generados por los usuarios del sector domiciliario es similar en los tres estrados, esto difiere con el estudio realizado por Olaya (2013) donde establece que las zonas con mayores ingresos generan más residuos y las zonas con menores ingresos, menos residuos.

sin embargo; es entendible dado que el municipio de San Agustín no tiene zonas tan marcadas como las ciudades; donde las familias más pudientes viven en zonas de estrato alto y las más pobres en zonas de estrato bajo.

Producción total

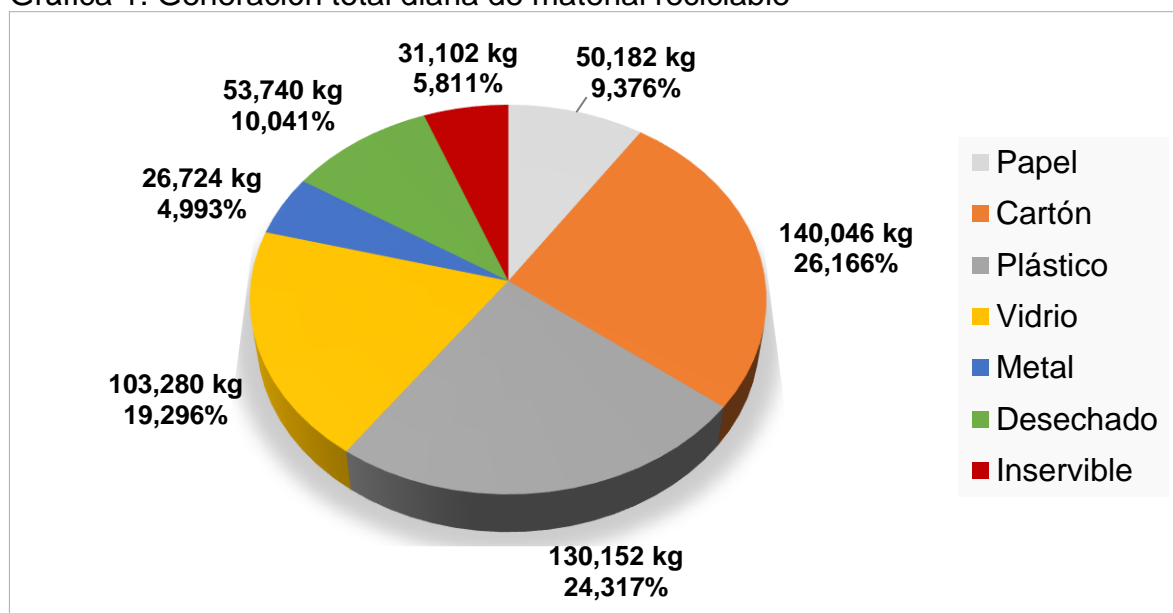
Para determinar la producción total por estratos se hace uso de la fórmula 6, por ejemplo, para el estrato uno la ppu promedio de papel es de 0,023 kg/usuario/día, al multiplicarlo por los 585 usuarios que pertenecen al estrato; da un total de 13,580 kg/día. En la tabla 17 se presentan los resultados obtenidos en todos los estratos.

Tabla 17. Generación actual de material reciclable

Material	Generación Total (kg/día)					Porcentaje
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	comercio	Total	
Papel	13,580	21,790	10,707	4,104	50,182	9,376%
Cartón	15,980	35,886	13,700	74,481	140,046	26,166%
Plástico	16,792	40,419	17,614	55,327	130,152	24,317%
Vidrio	18,455	34,210	17,499	33,116	103,280	19,296%
Metal	7,545	11,810	4,835	2,535	26,724	4,993%
Desechado	16,405	20,571	13,585	3,179	53,740	10,041%
Inservible	8,357	13,219	7,675	1,851	31,102	5,811%
Total	97,114	177,905	85,615	174,593	535,227	100,000%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 1. Generación total diaria de material reciclable



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 1 se observa que de los 535,227 kg generados diariamente en el sector comercio y domiciliario; los materiales que más se generan son el cartón y plástico con un porcentaje de 26,166% y 24,317% respectivamente, seguidos del vidrio, papel y metal con un porcentaje de 19,296%, 9,376% y 4,993% respectivamente. El 10,041% de material desechado se podría recuperar en su totalidad ya que es material reciclable pero mal separado a diferencia del 5,811% que es material no reciclable. En general se podrían recuperar 504,125 kg de material reciclable diariamente; es decir que en estos momentos en el municipio de San Agustín se están desperdiciando aproximadamente 15 toneladas de material reciclable, mensualmente.

6.2 DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO

6.2.1 Estimación de la población futura con el método aritmético

El DANE ha realizado censos de población aproximadamente cada 10 años, los últimos censos fueron realizados en los años 1985, 1993 y 2005, en donde la población censada para dichos años en la cabecera municipal de San Agustín fue la siguiente: 7 759, 7 774 y 9 904 respectivamente, ahora con base en los datos anteriores y la fórmula 7 se estimó la población futura para el año 2020. En la tabla 18 se presentan los resultados.

Tabla 18. Población estimada para el año 2020 en la cabecera municipal.

Año	Población	Constante k	Población año 2020 Aplicando la fórmula (7)
1985	7 759 hab.	$k = \frac{9904 - 7759}{2005 - 1985} = 107,250$	11 512,750 hab.
1993	7 774 hab.	$k = \frac{9904 - 7774}{2005 - 1993} = 177,500$	12 566,500 hab.
2005	9 904 hab.		
Promedio		$k = 142,375$	12 039,625 hab.
$P_{\text{Año } 2020} = 9\,904 + 142,375 * (2020 - 2005) = 12\,039,625 \text{ habitantes}$			

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Estimación de la población futura con el método geométrico

Para este método se utilizan los mismos datos base publicados por el DANE. En la tabla 19 se presentan los resultados.

Tabla 19. Estimación de la población futura, año 2020

Año	Población	Constante r	Población año 2020 Aplicando la fórmula (8)
1985	7 759 hab.	$r = \left(\frac{9904}{7759}\right)^{\frac{1}{(2005-1985)}} - 1 = 0,012$	11 893,63 hab.
1993	7 774 hab.	$r = \left(\frac{9904}{7774}\right)^{\frac{1}{(2005-1993)}} - 1 = 0,020$	13 405,04 hab.
2005	9 904 hab.		
Promedio		r = 0,016	12 649,34 hab.
$P_{\text{Año 2020}} = 9\,904(1 + 0,016)^{2020-2005} = 12\,628,25 \text{ habitantes}$			

Fuente: Elaboración propia

6.2.3 Proyecciones, año 2030, 2040 y 2050

Según el DANE, la proyección poblacional para el año 2020 en la cabecera municipal de San Agustín será de 11 997 habitantes; Ahora, al comparar este dato con las proyecciones anteriormente descritas se observó que el método aritmético es el que menos diferencia tiene, por lo tanto, este método fue elegido para realizar las proyecciones a los años 2030, 2040 y 2050.

$$P_{\text{Año 2030}} = 9\,904 + 142,375 * (2030 - 2005) = 13\,463,375 \text{ habitantes}$$

$$P_{\text{Año 2040}} = 9\,904 + 142,375 * (2040 - 2005) = 14\,887,125 \text{ habitantes}$$

$$P_{\text{Año 2050}} = 9\,904 + 142,375 * (2050 - 2005) = 16\,310,875 \text{ habitantes}$$

El número de usuarios en los años 2030, 2040 y 2050 se obtuvieron reemplazando en la fórmula 9 los resultados inmediatamente anteriores, como se indica a continuación:

$$Usuarios_{\text{Año 2030}} = \frac{13\,463,375 \text{ hab.}}{4 \text{ hab.}} = 3\,365,844 \text{ usuarios}$$

$$Usuarios_{\text{Año 2040}} = \frac{14\,887,125 \text{ hab.}}{4 \text{ hab.}} = 3\,721,781 \text{ usuarios}$$

$$Usuarios_{\text{Año 2050}} = \frac{16\,310,875 \text{ hab.}}{4 \text{ hab.}} = 4\,077,719 \text{ usuarios}$$

Finalmente, para estimar la producción futura se hizo uso de la fórmula 10, en donde era necesario conocer la distribución de los usuarios en el año proyectado y la ppu actual, estos datos se presentan en las tablas 20 y 21 respectivamente.

Tabla 20. Usuarios distribuidos proporcionalmente por estrato

Usuarios		Estrato				Total
		Uno	Dos	Tres	Comercio	
Año	2030	732,744	1523,381	686,296	423,423	3365,844
	2040	810,232	1684,478	758,871	468,200	3721,781
	2050	887,719	1845,576	831,447	512,977	4077,719

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Producción actual por usuario en cada estrato

Material	PPU (kilogramo /usuario/día)				
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	comercio	Total
Papel	0,029	0,021	0,024	0,014	0,089
Cartón	0,033	0,033	0,030	0,222	0,318
Plástico	0,034	0,037	0,037	0,166	0,274
Vidrio	0,037	0,032	0,037	0,100	0,205
Metal	0,019	0,013	0,014	0,009	0,055
Inservible	0,014	0,011	0,014	0,005	0,045
Total	0,166	0,146	0,156	0,517	0,985

Nota: En esta Tabla no se observa la categoría desechado (material reciclable, pero en mal estado, o sea sucio o con restos de comida) porque se distribuyó proporcionalmente en las cinco categorías, ya que con una buena gestión pueden llegar limpios a la ECA.

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo, para obtener la producción de papel en el año 2030 para el estrato uno se realizó la siguiente operación:

$$\text{Producción de papel (Estrato 1)} = 0,029 \frac{\text{kg}}{\text{usuario} * \text{día}} * 732,744 \text{ usuarios} = 21,120 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

En las Tablas 22, 23 y 24 se presenta la proyección total de los materiales reciclables en los años 2030, 2040 y 2050 respectivamente.

Tabla 22. Producción total proyectada, año 2030

Material Año 2030	Producción (kilogramo /día)				
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	comercio	Total
Papel	21,120	32,453	16,811	5,938	76,322
Cartón	24,125	50,111	20,560	94,101	188,897
Plástico	25,142	55,790	25,462	70,107	176,501
Vidrio	27,226	48,011	25,318	42,282	142,837
Metal	13,560	19,949	9,458	3,972	46,939
Inservible	10,468	16,561	9,612	2,319	38,959
Total	121,640	222,876	107,222	218,718	670,456

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Producción total proyectada, año 2040

Material Año 2040	Producción (kilogramo /día)				Total
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	comercio	
Papel	23,353	35,885	18,589	6,566	84,393
Cartón	26,676	55,410	22,734	104,052	208,873
Plástico	27,801	61,690	28,155	77,521	195,166
Vidrio	30,105	53,089	27,995	46,753	157,942
Metal	14,994	22,059	10,458	4,392	51,903
Inservible	11,575	18,312	10,628	2,564	43,079
Total	134,504	246,445	118,560	241,848	741,356

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Producción total proyectada, año 2050

Material Año 2050	Producción (kilogramo /día)				Total
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	comercio	
Papel	25,587	39,317	20,367	7,194	92,464
Cartón	29,228	60,710	24,908	114,003	228,849
Plástico	30,460	67,590	30,847	84,934	213,831
Vidrio	32,984	58,166	30,673	51,224	173,047
Metal	16,428	24,168	11,459	4,812	56,867
Inservible	12,682	20,063	11,645	2,809	47,199
Total	147,367	270,014	129,899	264,977	812,257

Fuente: Elaboración propia

6.2.4 Densidad del material reciclable

La densidad se obtiene reemplazando el peso y volumen del material reciclable en la fórmula 11, por ejemplo, para calcular la densidad del papel se realiza la siguiente operación:

$$\rho = \frac{13,636 - 1,905}{0,046} = \frac{11,731 \text{ (kg)}}{0,046 \text{ (m}^3\text{)}} = 252,702 \text{ kg/m}^3$$

De la misma forma se calcula la densidad de los demás materiales; en la tabla 25 se presentan los resultados.

Tabla 25. Densidad del material reciclable

Material reciclable	Peso (kg)	Volumen (m³)	Densidad (kg/m³)
Papel (archivo)	11,731	0,046	252,702
Cartón (cajas)	4,595		98,981
Plástico (botellas y bolsas)	3,182		68,542
Vidrio (botellas)	13,685		294,790
Metal (chatarra)	16,095		346,704
Inservible	3,170		68,285
68,542 kg/m ³ es la densidad promedio de botellas y bolsas, ya que la densidad se determinó por separado. 37,051 kg/m ³ para botellas aplastadas (pisadas) y 100,037 kg/m ³ para las bolsas comprimidas manualmente.			

Fuente: Elaboración propia

6.2.5 Espacio tridimensional necesario para almacenar el material reciclable

Remplazando la producción total proyectada y la densidad del material en la fórmula 12, se obtuvo el espacio requerido para almacenar el material reciclable, por ejemplo, para almacenar el papel archivo que se producirá en el año 2030 se requiere del siguiente espacio:

$$\text{Volumen requerido para almacenar papel} = \frac{76,322 \text{ kg/día}}{252,702 \text{ kg/m}^3} = 0,302 \text{ m}^3/\text{día}$$

Por día (año 2030)

$$\text{Volumen requerido para almacenar papel} = 0,302 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 30 \text{ días} = 9,061 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Por mes (año 2030)

En la tabla 26 se indica el volumen necesario para almacenar el material reciclable que llegará a la ECA y en la tabla 27 el volumen necesario después de realizar el proceso de compactación, excluyendo los inservibles.

Tabla 26. Volumen total proyectado

Material Reciclable	Volumen Proyectado					
	Año 2030		Año 2040		Año 2050	
	m ³ /día	m ³ /mes	m ³ /día	m ³ /mes	m ³ /día	m ³ /mes
Papel	0,302	9,061	0,334	10,019	0,366	10,977
Cartón	1,908	57,252	2,110	63,307	2,312	69,361
Plástico	2,575	77,252	2,847	85,421	3,120	93,591
Vidrio	0,485	14,536	0,536	16,073	0,587	17,611
Metal	0,135	4,062	0,150	4,491	0,164	4,921
Inservible	0,571	17,116	0,631	18,926	0,691	20,736
Total	5,976	179,279	6,608	198,238	7,240	217,196

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Volumen total compactado

Material Reciclable	Volumen Compactado						Porcentaje de compactación
	Año 2030		Año 2040		Año 2050		
	m ³ /día	m ³ /mes	m ³ /día	m ³ /mes	m ³ /día	m ³ /mes	
Papel	0,196	5,871	0,216	6,492	0,237	7,113	35,205%
Cartón	0,656	19,677	0,725	21,758	0,795	23,838	65,631%
Plástico	0,560	16,810	0,620	18,587	0,679	20,365	78,240%
Vidrio	0,241	7,226	0,266	7,990	0,292	8,754	50,288%
Metal	0,093	2,794	0,103	3,089	0,113	3,385	31,210%
Inservible	0,571	17,116	0,631	18,926	0,691	20,736	0,000%
Total	2,316	69,494	2,561	76,842	2,806	84,191	61,237%

Fuente: Elaboración propia

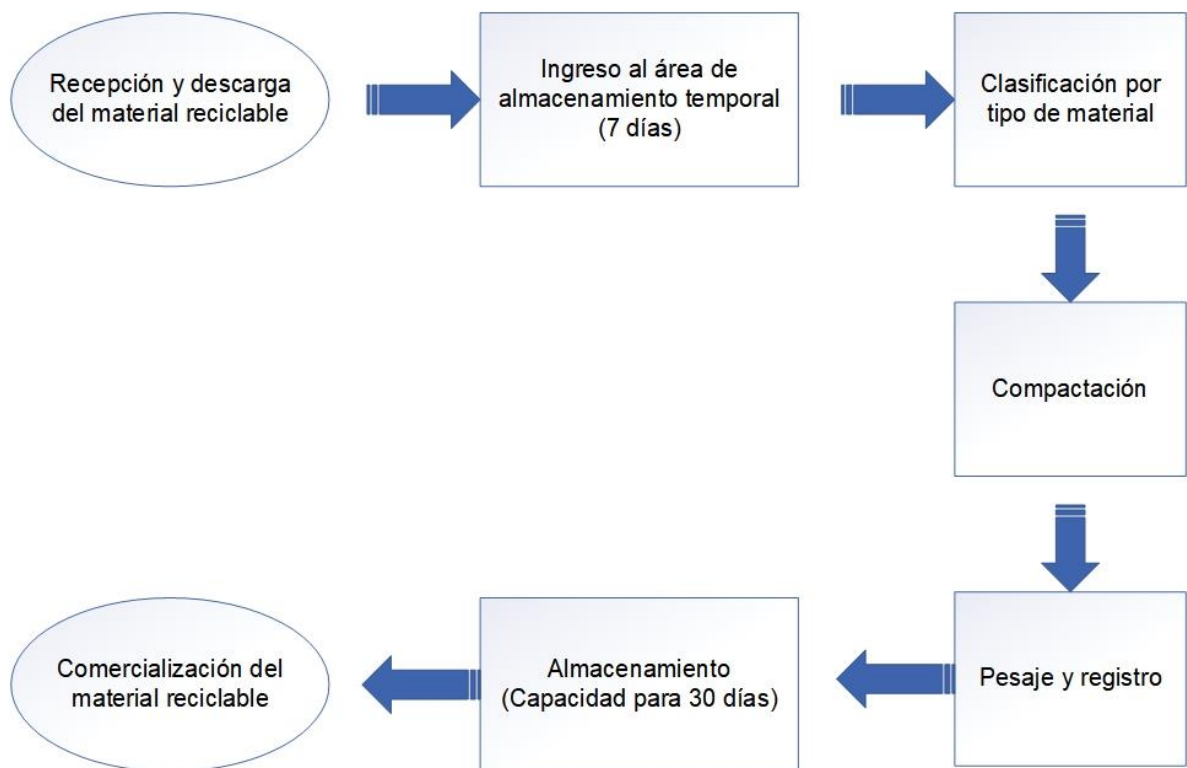
En los resultados anteriores se puede observar que cada década el volumen aumenta 18,959 m³/mes para el material suelto y 7,349 m³/mes para el material compactado, es decir que al almacenarlo a una altura de 2 metros, el área requerida de más por década es 9,479 m²/mes para el material suelto y 3,674 m²/mes para el material compactado, evidenciando poca diferencia volumétrica en las próximas 3 décadas, situación que se verá de igual forma reflejada en el costo de construcción y dado que es mejor elegir el máximo periodo de diseño, se opta por diseñar la ECA con las proporciones necesarias para adecuar y almacenar los materiales que se producirán en el año 2050.

En la Tabla también se puede observar que al someter a compactación todos los materiales el volumen se reduce en un 61,237%, sin embargo, para este proyecto no se compactará el metal o chatarra, dado que tiene un bajo volumen y además, se requiere una prensa hidráulica con mayor fuerza de compactación, o sea que la reducción final es del 60,530%.

6.2.6 Proceso de reciclaje

El proceso de reciclaje descrito en la metodología se resume en el esquema 1.

Esquema 1. Proceso de reciclaje



Fuente: Elaboración propia

6.2.7 Diseño arquitectónico de la zona operativa y de almacenamiento

Las áreas de almacenamiento se determinaron distribuyendo las pacas en un espacio rectangular que tiene de largo 3 m, por ejemplo: al apilar las 56 pacas de papel se obtienen 12 columnas, cada una con 5 pacas, en donde la base es 0,47x0,60 m y la altura total 2,25 m. Ahora, como el largo es de 3 m se pueden ubicar 6 columnas a lo largo y 2 hacia lo ancho, es decir que se necesitan 1,20 m de ancho para el almacenamiento; en resumen, el área necesaria para almacenar el papel es 3,60 m². En la tabla 28 se presentan las áreas que se requieren para los demás materiales.

Tabla 28. Área de almacenamiento requerida

Material reciclable	Papel	Cartón	Plástico	Vidrio	Metal	Inservible
Volumen (m3/mes)	7,11	23,84	20,36	8,75	4,92	20,74
Número de pacas	56,05	137,95	130,04	No aplica		
Número de filas	5,00	5,00	4,00			
Columnas necesarias	11,21	27,59	32,51			
Columnas disponibles	12,00	30,00	35,00			
Número de columnas (L1)	6,00	5,00	5,00			
Número de columnas (L2)	2,00	6,00	7,00			
Altura de la paca (m)	0,45	0,45	0,58			
Base de la paca (m)	0,47x0,60	0,60x0,64	0,60x0,45			
Altura de almacenamiento (m)	2,25	2,25	2,32			
Largo L1 (m)	3					
Ancho L2 (m)	1,20	3,84	3,15	1,46	0,82	3,46
Área (m2)	3,60	11,52	9,45	4,38	2,46	10,37

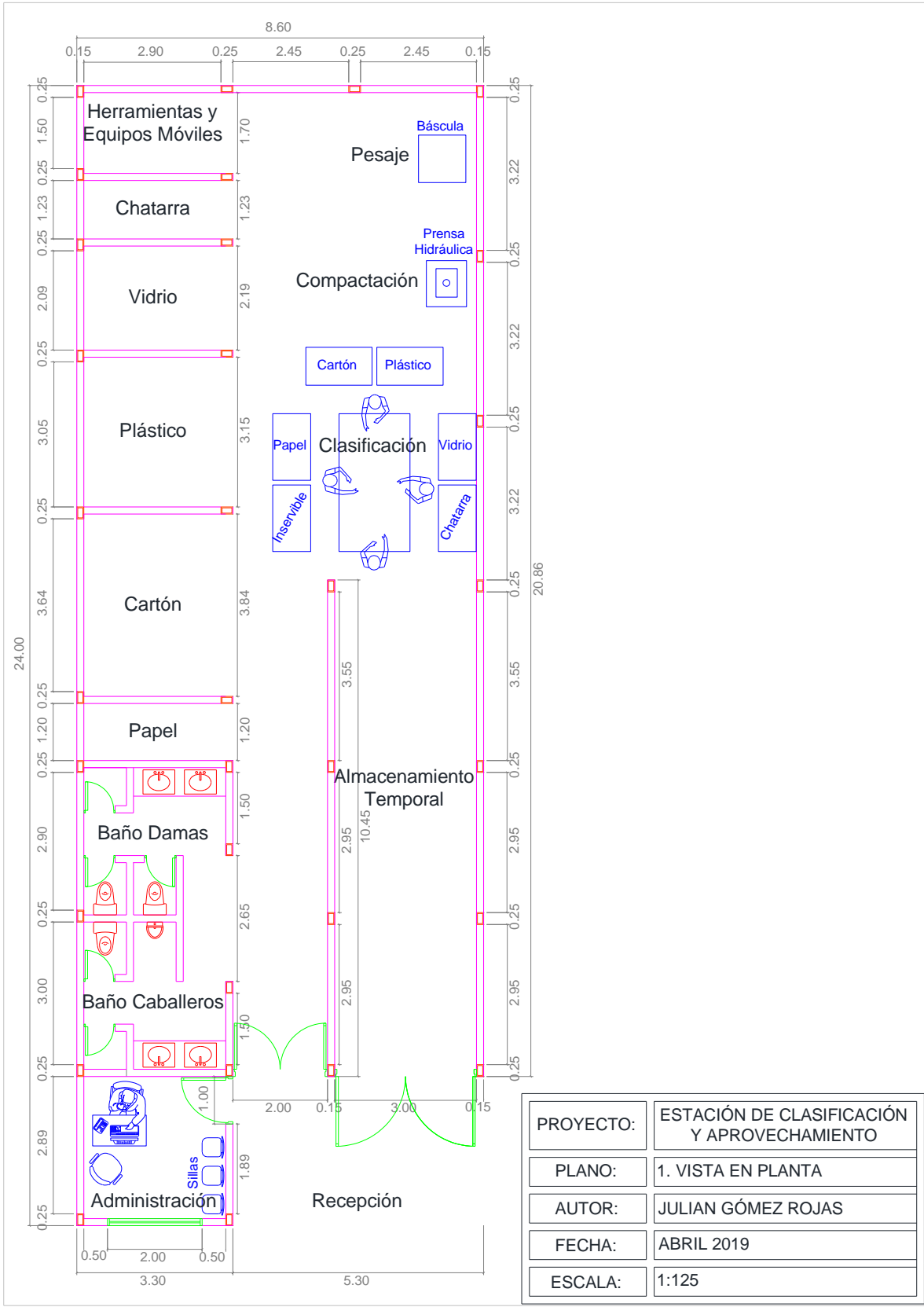
Nota: Las áreas calculadas son las necesarias para almacenar el material durante un mes. El área para el material inservible es solo informativa, ya que el almacenamiento se va a realizar en 2 contenedores, los cuales se ubicarán al frente de la ECA para facilitar la recolección que se realiza semanalmente el día miércoles.

A los compartimientos destinados para almacenar el vidrio y chatarra se les adiciona el 50% de área (se aumenta el ancho), dado que el apilamiento no se hace verticalmente sino inclinado, es decir que al verlo lateralmente se forma un trapecio-rectángulo, además a todos los compartimientos se les adiciona 15 cm de largo (L1) para que el material no quede muy ajustado.

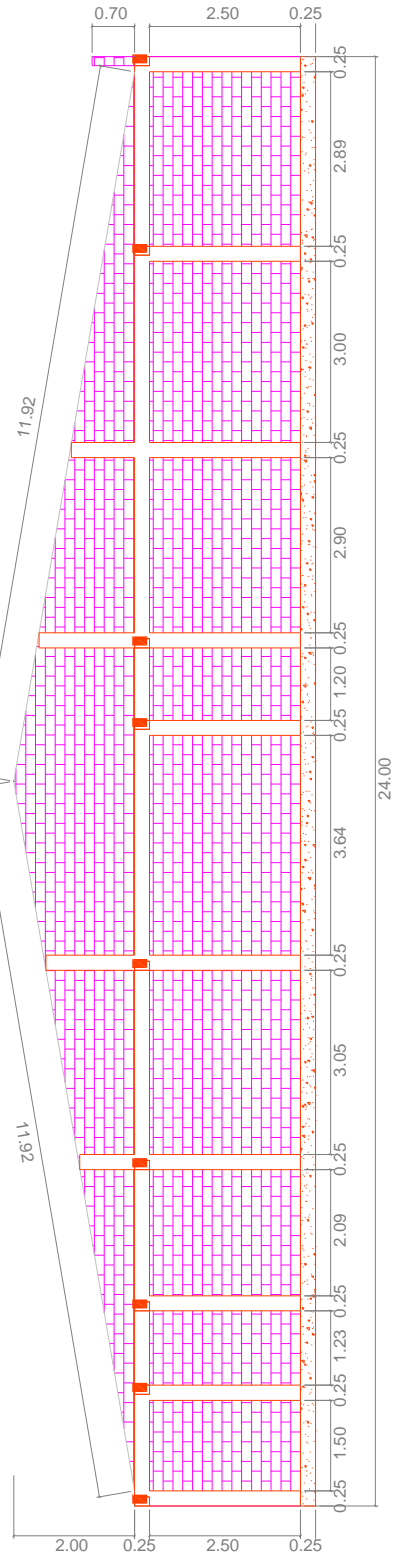
Fuente: Elaboración propia

El compartimento de almacenamiento temporal requiere un volumen de 50,68 m³ para acopiar el material por 7 días (tiempo suficiente para clasificarlo) y como se va almacenar a una altura de 2 m, el área requerida es 3,00x8,45=25,34 m²; a esta área por las cuestiones anteriormente mencionadas también se le adicionó el 23,68%, es decir 2 m hacia lo largo.

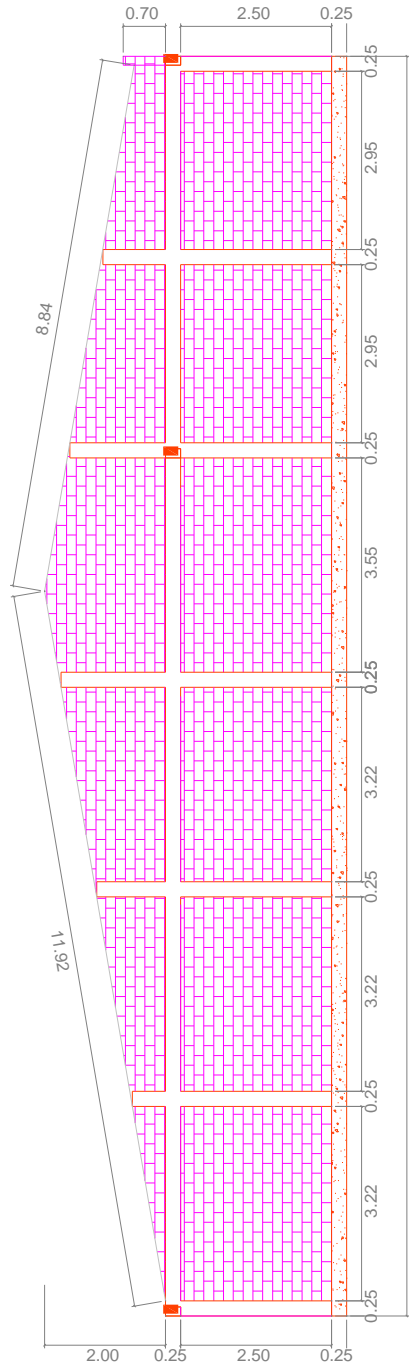
Con la información del Esquema 1 y la Tabla 28 se diseñó la ECA y se generaron 3 planos arquitectónicos: el de vista en planta, el de vista en lateral y el de fachada; todos se escalaron para imprimirlos en tamaño carta, o sea a 1:125 y como el de vista en planta no alcanzó a imprimirse en su totalidad, la parte delantera de este se imprimió en la hoja de fachada. A continuación, se presentan los planos generados.



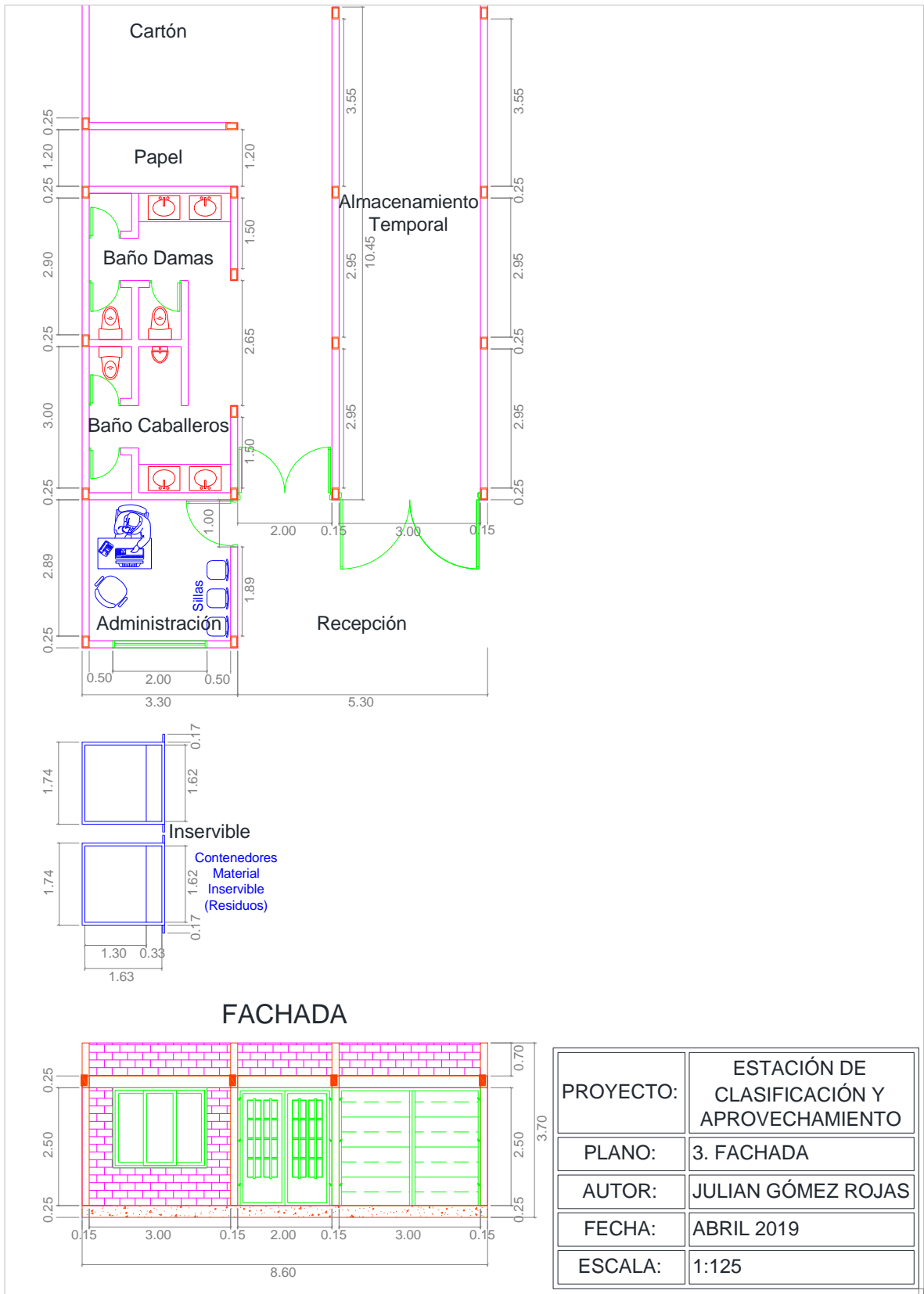
VISTA LATERAL DERECHA



VISTA LATERAL IZQUIERDA



PROYECTO	ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO	PLANO:	2. VISTA LATERAL
AUTOR:	JULIAN GÓMEZ ROJAS	FECHA:	ABRIL 2019
ESCALA:	1:125		



Localización de la ECA

La ECA de residuos orgánicos (PAOCOS) se encuentra ubicada a 800 m de la cabecera municipal, en la vereda La Florida, dado que es el sector que se ha establecido en el PBOT para la ubicación de este tipo de plantas. En la Figura 15 se ha marcado con un punto rojo la ubicación de la empresa PAOCOS y con un cuadro azul los lotes idóneos para la ubicación de la ECA de residuos reciclables, diseñada en este proyecto.



Figura 15. Sector acto para la ubicación de la ECA (cuadro azul). Fuente: Figura tomada de Google Maps.

6.3 CLIENTES POTENCIALES Y PRECIOS DE COMERCIALIZACIÓN DEL MATERIAL RECICLABLE

En la tabla 29 se presentan los precios de comercialización entre la ECA y las empresas transformadoras de material reciclable que figuran como potenciales clientes, ubicadas en Cali (Valle) y Bogotá D.C., además las condiciones en que reciben el material, la cantidad mínima que compran, el punto o lugar de entrega y el número de contacto telefónico.

Tabla 29. Clientes potenciales y precios de comercialización

Empresa	Ubicación	Materiales requeridos	Condiciones o Requerimientos	Precio por kilogramo
Materias Primas del Valle	Cali (Valle)	Cartón	limpio	\$ 240
		Plástico PET	Transparente	\$ 1.400
		Chatarra	material ferroso	\$ 450
Reciclemos el Mundo		Cartón	Limpio	\$ 250
		Papel archivo	Limpio	\$ 500
		Chatarra	material ferroso	\$ 450
		Aluminio	Grueso	\$ 3.000
		Aluminio	Perfil	\$ 4.000
		Cobre	Ninguna	\$ 12.500
		Bronce		\$ 10.500
Recuperadora de Materiales MAG		Cartón	Limpio	\$ 290
		Papel archivo	Limpio	\$ 500
		Chatarra	material ferroso	\$ 450
		Aluminio	Ninguna	\$ 2.200
		Cobre		\$ 11.500
	Bronce	\$ 8.500		
	Acero	\$ 2.100		
	Plomo	\$ 2.000		
Ekored	Bogotá D.C.	PET Transparente	Sin etiquetas	\$ 1.500
		PET Ambar		\$ 810
Papeles el Vergel		Cartón	Limpio	\$ 460
		Papel archivo		\$ 750
		PET transparente		\$ 1.300
		PET verde		\$ 400
		Chatarra	material ferroso	\$ 420
		Vidrio	Ninguna	\$ 70
		El Abrigo Ecológico / Reciclajes Bogotá / Papeles el Tunal / Papeles Capital	Papel archivo	limpio
Cartón			\$ 370	
Plástico PET	Verde/Transparente		\$ 1.200	
Vasija	Ninguna		\$ 500	
Vidrio (botellas)			\$ 50	
Chatarra			\$ 400	

continúa...

Tabla 29. (otra tabla)

Empresa	Cantidad mínima requerida (t/mes)	Gastos de transporte a cargo del:	Punto de entrega	Números de contacto
Materias Primas del Valle	Mínimo una tonelada entre todos los materiales	Vendedor / ECA San Agustín	Empresa Materias Primas del Valle	3108382502
Reciclemos el Mundo			Empresa Reciclemos el Mundo	3046321907
Recuperadora de Materiales MAG			Empresa Recuperadora de Materiales MAG	3177759043
Ekored			Empresa Ekored	(032)3827520
Papeles el Vergel			Empresa Papeles el Vergel	3112082281
El Abrigo Ecológico / Reciclajes Bogotá / Papeles el Tunal / Papeles Capital			Empresa El Abrigo Ecológico	(031)7165806 3014929037

Fuente: Elaboración propia

6.4 EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD

En la tabla 30 se describen los egresos e ingresos de los primeros 5 años y en el anexo IV los demás años proyectados, el saldo neto o diferencial de flujo de caja se graficó para ver cómo cambia a medida que pasa el tiempo, el resultado se observa en la Gráfica 2 , en donde se puede ver que las ganancias aumentan en los primeros años, hasta el 2042, año en donde se obtienen la mayor ganancia (\$ 78 763 383). A partir del año 2043 las ganancias comienzan a decaer; sin embargo para el año 2050 las ganancias son superiores a las iniciales (\$ 67 931 889).

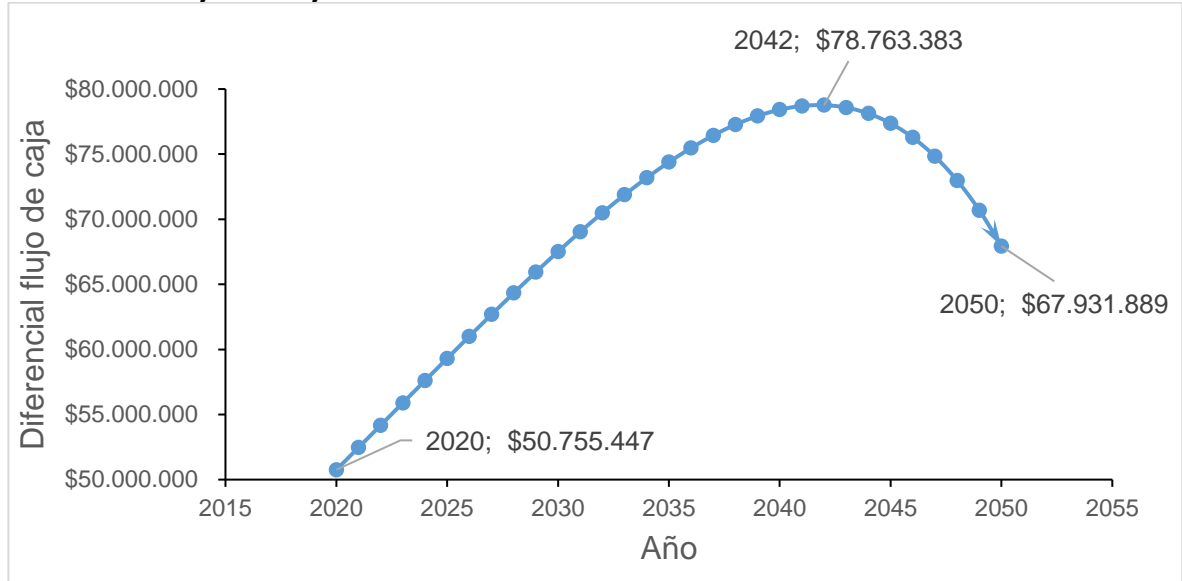
Tabla 30. Flujo de caja

		Descripción	Precio unitario	2020	2021	2022	2023	2024
Egresos	Procesamiento	4 operarios para realizar el proceso de reciclaje	\$ 828.116	\$ 42.134.542	\$ 44.662.615	\$ 47.342.371	\$ 50.182.914	\$ 53.193.889
		Gerente	\$ 1.656.232	\$ 21.067.271	\$ 22.331.307	\$ 23.671.186	\$ 25.091.457	\$ 26.596.944
		Alquiler vehículo recolector	\$ 300.000	\$ 16.096.080	\$ 16.607.935	\$ 17.136.068	\$ 17.680.995	\$ 18.243.250
		Alquiler de 2 camiones para la comercialización	\$ 800.000	\$ 19.810.560	\$ 20.440.536	\$ 21.090.545	\$ 21.761.224	\$ 22.453.231
	Impuestos	Agua	\$ 40.000	\$ 495.264	\$ 511.013	\$ 527.264	\$ 544.031	\$ 561.331
		Energía	\$ 50.000	\$ 619.080	\$ 638.767	\$ 659.080	\$ 680.038	\$ 701.663
		Internet	\$ 54.000	\$ 668.606	\$ 689.868	\$ 711.806	\$ 734.441	\$ 757.797
		Impuesto predial	\$ 100.000	\$ 1.238.160	\$ 1.277.533	\$ 1.318.159	\$ 1.360.077	\$ 1.403.327
		Cámara y comercio	\$ 770.000	\$ 794.486	\$ 819.751	\$ 845.819	\$ 872.716	\$ 900.468
			Subtotal	\$ 102.924.050	\$ 107.979.325	\$ 113.302.297	\$ 118.907.892	\$ 124.811.900
Ingresos	Venta del material reciclable	Papel	\$ 19.277.852	\$ 20.126.109	\$ 21.008.819	\$ 21.927.318	\$ 22.882.988	
		Cartón	\$ 29.263.799	\$ 30.551.452	\$ 31.891.408	\$ 33.285.690	\$ 34.736.398	
		Plástico	\$ 68.655.866	\$ 71.676.833	\$ 74.820.506	\$ 78.091.634	\$ 81.495.144	
		Vidrio	\$ 3.367.334	\$ 3.515.502	\$ 3.669.688	\$ 3.830.126	\$ 3.997.056	
		Metal	\$ 6.639.423	\$ 6.931.569	\$ 7.235.580	\$ 7.551.917	\$ 7.881.057	
		Total por año	\$ 127.204.274	\$ 132.801.464	\$ 138.626.001	\$ 144.686.685	\$ 150.992.644	
	Cobro por la prestación del servicio público de aseo en la modalidad de aprovechamiento	Total por año	\$ 26.475.222	\$ 27.640.174	\$ 28.852.444	\$ 30.113.863	\$ 31.426.332	
		Subtotal	\$ 153.679.497	\$ 160.441.638	\$ 167.478.445	\$ 174.800.548	\$ 182.418.976	
Diferencial flujo de caja		Total	\$ 50.755.447	\$ 52.462.313	\$ 54.176.149	\$ 55.892.656	\$ 57.607.076	

Fuente: Elaboración propia

Continúa en el anexo IV...

Gráfica 2. Flujo de caja anual



Fuente: Elaboración propia

El cobro por la prestación del servicio público de aseo en la modalidad de aprovechamiento se calculó con la fórmula (13), como se indica a continuación:

$$VBA = (\$84\,478,60 + \$68\,078,00)(1 - 4\%) = \$146\,454$$

\$146 454 es el Valor Base de Remuneración de Aprovechamiento actual (año 2019), al aplicarle la inflación del año anterior que es 3,18% y el descuento de reserva de inversión que es 15% se estima el VBA del año 2020, el cual queda así: $\$146\,454 \times 103,18\% \times 85\% = \$128\,445$; esta cantidad es el pago que se obtiene por cada tonelada aprovechada y como se tiene previsto comercializar 17,18 toneladas de material reciclable al mes, el pago total que se obtendrá mensualmente en el año 2020 por prestar el servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento es \$ 2 206 269, o sea \$ 26 475 222 en el primer año. En la Tabla 30 y anexo IV se presentan los resultados de cada año proyectado.

Con el flujo de caja se aclaró que el proyecto es económicamente beneficioso, sin embargo, quedo el interrogante de que tan rentable es, o sea ¿Cuál es la máxima rentabilidad obtenida en los 31 años de operación?, para responder esta pregunta se calculó el Valor Actual Neto (VAN) utilizando la fórmula (14) e igualándola a cero. Las variables de dicha fórmula con sus respectivos valores se presentan a continuación:

t) Año en que se inicia a ejecutar el proyecto: 2020.

n) Horizonte de evaluación: 2050.

F_t) Flujo neto de efectivo: Ver Gráfica 2.

I₀) Inversión inicial: En la tabla 31 se presenta el capital requerido para construir la ECA en el año 2020.

Tabla 31. Inversión mínima para construir la ECA

Descripción		Inversión inicial		
		Precio unitario	Total	
Adquisición de:	Predio (Area:30,00 m x 8,60 = 258 m2)		\$ 30.000.000	
	Materiales de construcción	Tabla	\$ 23.732.872	
	Equipamiento para el procesamiento	1 prensa hidráulica	\$ 13.500.000	\$ 13.500.000
		1 bascula	\$ 350.000	\$ 350.000
		6 contenedores de plástico	\$ 1.300.000	\$ 7.800.000
		2 contenedores metálicos	\$ 3.400.000	\$ 6.800.000
		1 mesa en acero inoxidable	\$ 560.000	\$ 560.000
		2 carretillas de dos ruedas	\$ 150.000	\$ 300.000
		480 tulas o lonas	\$ 500	\$ 240.000
		8 escobas	\$ 6.000	\$ 48.000
		8 traperos	\$ 5.000	\$ 40.000
		8 overoles	\$ 50.000	\$ 400.000
		16 pares de guantes	\$ 8.000	\$ 128.000
		16 tapabocas	\$ 1.000	\$ 16.000
		8 gafas de protección	\$ 7.000	\$ 56.000
		8 pares de zapatos	\$ 65.000	\$ 520.000
	Herramientas de oficina	1 computador	\$ 800.000	\$ 800.000
		1 escritorio	\$ 350.000	\$ 350.000
		5 sillas	\$ 35.000	\$ 175.000
		Varios (lapiceros, hojas, etc.)	\$ 40.000	\$ 40.000
Pago por:	Estudio de suelos		\$ 2.000.000	
	Estudio de seguridad industrial		\$ 1.000.000	
	Permiso de construcción		\$ 500.000	
	Mano de obra para la construcción		\$ 17.000.000	
Total			\$ 106.355.872	
<p>Nota: En el título F del RAS y el decreto 596 de 2016 no se contempla el requerimiento de licencia ambiental para los proyectos de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos, sino, para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y rellenos sanitarios, es decir que la implementación del presente proyecto no requiere estudio de impacto ambiental.</p>				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32 se describen los egresos derivados por la adquisición del material de construcción.

Tabla 32. Material de construcción

Material	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Ladrillo 10x20x30	4191	\$ 600	\$ 2.514.320
Arena (m3)	26	\$ 31.250	\$ 827.188
Cemento (bultos 50kg)	169	\$ 22.500	\$ 3.802.500
Grava (m3)	9	\$ 100.000	\$ 889.000
Varilla de 6 m (3/8")	189	\$ 9.650	\$ 1.823.850
Estribos o Flejes 1/4"	946	\$ 1.150	\$ 1.087.900
Sanitario	3	\$ 130.000	\$ 390.000
Lavamanos	4	\$ 100.000	\$ 400.000
Baldosa pared (m2)	73	\$ 22.000	\$ 1.604.240
Baldosa piso (m2)	27	\$ 29.000	\$ 772.560
Válvula ducha	2	\$ 45.000	\$ 90.000
Regadera ducha	2	\$ 10.000	\$ 20.000
Teja zinc ondulada e20 0,80x3,05 acesco	88	\$ 44.090	\$ 3.879.920
Tubo rectangular cercha cal. 18 (6m)	24	\$ 40.900	\$ 981.600
Canales agua lluvia 3m	6	\$ 71.900	\$ 431.400
Ventana	1	\$ 460.000	\$ 460.000
Puerta	1	\$ 650.000	\$ 650.000
Portón	1	\$ 950.000	\$ 950.000
Instalaciones hidráulicas y sanitarias			\$ 890.890
Instalación eléctrica			\$ 1.267.505
Total			\$ 23.732.872
Nota: Los precios se obtuvieron del sitio web: www.homecenter.com.co			

Fuente: Elaboración propia

.) Tasa de interés o Tasa de descuento:

Al remplazar los datos de las Tablas 30 y 31 en la fórmula 14 (operación realizada en una hoja de cálculo con la aplicación Excel) se encontró que la máxima rentabilidad que puede generar la ECA en 31 años de operación es el 50,86% anualmente. Sin embargo, para la ejecución del proyecto se recomienda trabajar con una rentabilidad menor, ya que la rentabilidad es directamente proporcional al riesgo.

7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Al comparar la ppu total (0,985kg/usuario*día) con la ppu del estudio realizado en el PGIRS año 2015 (0,531kg/usuario*día), se observa que la producción estimada en el presente proyecto es aproximadamente el doble de la realizada en el estudio anterior, y esto no solamente se debe al crecimiento poblacional sino a la metodología empleada, ya que Victoria (2012) afirma que cuando la separación de los residuos se realiza en la fuente y se hace una recolección selectiva como en el presente trabajo, la cantidad de material potencialmente aprovechable aumenta.

En la tabla 27 se observa que hay discrepancia en los precios de compra, incluso dentro de la misma ciudad, situación que concuerda con lo dicho por Osorio (2017), quien afirma que la comercialización del material reciclable en Colombia no está regulada, es decir, que los precios son desiguales en todo el país y dependen de la empresa que los compra. De las empresas consultadas; Papeles el Vergel tiene los mejores precios de comercialización para el papel, cartón y vidrio; la empresa Ekored para el PET y las ubicadas en Cali para la chatarra (diferencia de \$30/kg), indicando que el material reciclable se debe de enviar a Bogotá D.C. para obtener mayores ganancias.

Con el presente estudio se determinó que la tecnología requerida para la puesta en marcha de la ECA se puede conseguir fácilmente en el mercado nacional y que de llegar a implementarse la ECA en el municipio de San Agustín se obtendrían beneficios económicos por 31 años, evidenciándose una oportunidad de negocio viable, que consiste en prestar el servicio de recolección en la modalidad de aprovechamiento y comercialización del material reciclable que se recupere.

Estos resultados están estrechamente relacionados con lo que sustenta Torres (2018) y Manzano (2018), quienes afirman que el emprendimiento mediante sistemas de reciclaje es técnica, económica y ambientalmente viable si se desarrolla bajo los lineamientos de la normatividad vigente, en especial con el decreto 596 de 2016 que garantiza la retribución económica por prestar el servicio de recolección.

Este proyecto tiene un alto potencial para ser implementado, ya que está enmarcado en temas novedosos como lo es: La Economía Circular, Basura Cero y Negocios Verdes; temáticas que son atractivas para las entidades que apoyan el emprendimiento, de las cuales hace parte el Fondo Emprender, Bancoldex, Innpulsa Colombia, Corporación Ventures, entre otras. O sea que con la realización de este proyecto quedan las puertas abiertas para continuar con el proceso de implementación, dado que es técnica y económicamente viable.

8. CONCLUSIÓN

En el presente proyecto se estimó que actualmente la población estudiada genera 15,1 ton/mes de material reciclable y de acuerdo a la población proyectada para los años 2030, 2040 y 2050 se producirán 18,9 ton/mes, 20,9 ton/mes y 23,0 ton/mes respectivamente, esta última cantidad es la producción al final del periodo de diseño, la cual requiere un volumen de almacenamiento de 196 m³ sin compactar y de 63,5 m³ compactado.

Los precios de comercialización que se eligieron para realizar los cálculos fueron los ofrecidos por las empresas ubicadas en Bogotá D.C. ya que además de pagar el material reciclable a un mejor precio; la vía de transporte o ruta a dicha ciudad está en mejores condiciones que la ruta para llegar a Cali.

Al analizar el flujo de caja se observó que la ECA es económicamente rentable, ya que durante los años de operación proyectados se obtiene un ingreso neto de \$2.150'431.505, suficientes para recuperar la inversión inicial y generar una rentabilidad hasta del 4,24% mensual; situación que la hace técnica y económicamente viable.

BIBLIOGRAFÍA

- ALUNA CONSULTORES LIMITADA. Aproximación al Mercado de Reciclables y las Experiencias Significativas. Estudio Nacional del Reciclaje y los Recicladores. Bogotá D.C., 2011. p. 5, 9.
- CANTANHEDE, Alvaro, et al. Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. En: Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica. 2006. vol. 1, no. 1. p. 4, 7.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Decreto 596 (11, abril, 2016). Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 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. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2016.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los planes de gestión integral de residuos sólidos. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2015. p. 79.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: Título A. Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. Bogotá, D.C.: El Ministerio, 2000. p. 9.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: Título B. Sistemas de acueducto. 2 ed. Bogotá, D.C.: El Ministerio, 2010. p. 27.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: Título F. Sistemas de aseo urbano. Bogotá, D.C.: El Ministerio, 2012. p. 107-118.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Resolución CRA 720 (9, julio, 2015). Bogotá: El Ministerio, 2015. p. 23.
- CORREDOR, Martha. El sector reciclaje en Bogotá y su región: Oportunidades para los negocios inclusivos. Oswaldo segura. 2010. p. 37-44.
- DANE. Proyecciones de población. Estimaciones y proyecciones de población nacional, departamental y municipal total por área 1985-2020. Archivo Excel.
- ELÍAS, Carlos, et al. Ciencias para el mundo contemporáneo 1. Bachillerato. España: McGraw-Hill, 2008. p. 150. ISBN 84-481-6715-5.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente. GTC 24. Bogotá D.C.: El Instituto, 2009. p. 7.

LETT, Lina A. Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. En: Revista Argentina de Microbiología. 2014. vol. 46, no. 1, p. 1-2.

LEVINE, David M.; KREHBIEL, Timothy C. y BERENSON, Mark L. Estadística para administración. 6 ed. México: Pearson, 2014. p. 104.

MANZANO SÁNCHEZ, Geovany. Oportunidades socioeconómicas derivadas del potencial aprovechamiento de los residuos plásticos generados en el municipio de Arauca. Tesis de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales: Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Económicas, 2018. p. 159-165.

NACIONES UNIDAS. Diseño de muestras para encuestas de hogares Directrices prácticas. Nueva York: 2009. p. 229.

OLAYA, Javier, et al. Asociación entre la composición socioeconómica familiar y la generación urbana de residuos sólidos domiciliarios. En: Escuela de Ingeniería de Antioquia. Julio-Diciembre, 2013. vol.10, no. 20, p. 133, 136.

OSORIO GRANADOS, Daisy Judith. Lineamientos para el fortalecimiento de las organizaciones de recicladores formales con miras a convertirse en una estación de clasificación y aprovechamiento "ECA". Tesis de Magister en Gestión Ambiental. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de estudios ambientales y rurales, 2017. p. 57.

RÖBEN, Eva. El Reciclaje. Oportunidades para reducir la generación de los desechos sólidos y reintegrar materiales recuperables en el círculo económico. Loja: 2003. p. 57.

RUNFOLA, J. y GALLARDO, A. Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Barranquilla. Septiembre, 2009. p. 4-8.

SAN AGUSTÍN. CONCEJO MUNICIPAL. Acuerdo No.009. Por medio del cual se aprueba el Plan Básico de Ordenamiento Territorial. p. 62.

SAN AGUSTÍN. CONCEJO MUNICIPAL. Plan de desarrollo municipal. San Agustín para todos. 2015 p. 19.

SAN AGUSTÍN. CONCEJO MUNICIPAL. Plan de gestión integral de residuos sólidos. 2015.

SAPAG CHAIN, Nassir y SAPAG CHAIN, Reinaldo. Preparación y evaluación de proyectos. 5 ed. Bogotá D.C.: McGraw-Hill, 2008. p. 291.

SAPAG CHAIN, Nassir. Proyectos de inversión formulación y evaluación. 2 ed. Chile: Pearson, 2011. p. 300

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Disposición final de residuos sólidos. Informe nacional. Bogotá D.C., 2015. p. 40.

TORRES SÁNCHEZ, Juan Sebastián y LESMES GAMBOA, Jhorman Steven. Plan de negocio para la creación de una empresa dedicada al manejo, clasificación y reciclaje de residuos metálicos (ECA), posterior comercialización en la ciudad de Villavicencio. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental. Villavicencio: Universidad Santo Tomás. Facultad de Ingeniería Ambiental, 2018. p. 44-78.

VICTORIA CALAMBAS, Fanor Alirio; MARMOLEJO REBELLÓN, Luís Fernando y TORRES LOZADA, Patricia. Alternativas para fortalecer la valorización de materiales reciclables en plantas de manejo de residuos sólidos en pequeños municipios. En: Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Junio, 2012. vol. 22-1, p. 59, 71.

ANEXOS

Anexo I: Volante

¿COMO SEPARAR?

RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES	RESIDUOS ORGÁNICOS BIODEGRADABLES	RESIDUOS ORDINARIOS (NO APROVECHABLES)
Papel Cartón Plástico Metal (chatarra) Vidrio (botellas, recipientes) 	Restos de comida Podas de material vegetal Hojarasca 	Elementos de icopor Residuos de Barrido Residuos sanitarios Colillas de cigarrillo Material de barrido Empaques sucios Otros 
 Bolsa Negra	 Caneca	 Bolsa Verde

Cuidemos el planeta

¡Reciclemos!

Anexo II: Material recolectado en kilogramos (kg)

Tabla 33. Listado usuarios participantes

No	Dirección	Estrato	Nombre	PPU (kg/Usuario/Semana)		
				Semana 1	Semana 2	Semana 3
1	C 3 No 4-25	Uno	Dora Ortiz	0,650	1,100	0,850
2	C 3 No 4-45		Sandra Girón	0,875	0,950	1,525
3	C 3 No 4-75		Flor de María	0,525	1,500	1,025
4	C 4 E No 2-24 S		Ruth Ruiz	0,375	0,575	0,450
5	C 4 No 4-26		Jesús Herazo	1,625	0,750	1,125
6	C 4 No 4-40		Dora Samboni	0,800	0,450	0,775
7	C 4A E No 2-39 S		Clemencia Garcés	0,750	0,800	0,475
8	C 6 No 5A-49		José Rengifo	1,525	1,200	0,600

Continúa...

Tabla 33. (otra tabla)

No	Dirección	Estrato	Nombre	PPU (kg/Usuario/Semana)			
				Semana 1	Semana 2	Semana 3	
9	C 6 No 5A-57	Uno	Dumer Eduardo	1,450	2,700	2,275	
10	C 6 No 5A-93		Miriam Rengifo	1,350	1,025	0,525	
11	C 7 No 5A-36		Edilma López	0,400	1,575	0,750	
12	C 7 No 5A-58		Zulma Cerón	3,350	1,525	1,375	
13	K 4 No 3-16		María Rengifo	2,075	1,125	1,350	
14	K 4 No 3-28		Lucio Torres	1,125	1,000	0,900	
15	K 4 No 3-64		Lucia Samboni	1,025	1,350	0,400	
16	K 4 No 3-74		Celimo Gomez	1,225	1,500	1,425	
17	K 5 No 6-20		Fredy Ordoñez	1,675	2,250	1,500	
18	K 5 No 6-38		Adrián David	1,000	1,375	0,875	
19	C 1 No 1-19 S		Dos	Idaly Gaviria	0,475	0,675	0,150
20	C 1 No 1-35 S			Íngrid Jiménez	0,650	0,675	1,050
21	C 1 No 1-45 S			Aminta Uesaquillo	0,725	0,650	0,950
22	C 1 No 1-65 S			Fran Olaya	3,350	0,075	1,000
23	C 17 No 2-18			Noralba Bolaños	0,950	1,650	0,100
24	C 17 No 2-30			Teresa Torres	2,350	0,300	0,250
25	C 17 No 2-36			Sara Herazo	0,625	1,225	0,950
26	C 2 No 1-04 S			Eber Ortiz	0,875	1,475	0,975
27	C 2 No 1-24 S	Alejandra Salazar		0,675	1,125	0,800	
28	C 2 No 1-54 S	Rosa Llanos		2,100	0,675	0,425	
29	C 2 No 1-64 S	Eva Ordoñez		1,025	0,850	0,725	
30	C 8 No 1A-04	Nubia Mendoza		1,100	1,300	1,050	
31	C 8 No 1A-12	Umberto Salamanca		0,400	1,325	0,950	
32	C 8 No 1A-34	Flor María		0,950	1,300	0,775	
33	C 8 No 1A-36	María Izabel		0,525	0,700	1,100	
34	K 1 No 1-09	Dora Muñoz		0,950	1,175	0,475	
35	K 1 No 1-19	Jorge Artunduaga		1,425	1,000	1,925	
36	K 1 No 1-31	Eduwilson Perdomo		0,875	0,475	0,650	
37	K 1 No 1-47	Ema Caiza		0,825	0,450	1,700	
38	K 1A No 7-48	Luz Pabon		0,700	0,800	0,300	
39	K 1A No 7-52	Leyder Fandiño		2,300	2,650	1,750	
40	K 1A No 7-76	María López		1,775	1,150	0,450	
41	K 2 No 16-06	Fabiola Urbano		0,250	2,275	1,500	
42	K 2 No 16-28	Elizabeth Jiménez		2,075	1,700	0,750	
43	K 2 No 16-48	Leonor Imbachi		1,200	0,875	1,500	
44	K 2 No 16-56	Silveria Rivera		0,600	1,500	0,925	
45	K 2 No 16-76	Lucio Muñoz		1,425	0,800	0,750	
46	K 2 No 7-05	Olga Gómez		1,700	0,575	0,875	
47	K 2 No 7-15	Luisa Salazar		0,725	0,625	0,925	
48	K 2 No 7-17	Marcos Paladines		2,350	0,925	1,625	
49	K 2 No 7-31	Eliana Morales		0,800	1,250	1,275	
50	K 2 No 7-61	Daniel Delgado		1,300	1,250	1,075	

Continúa...

Tabla 33. (otra tabla)

No	Dirección	Estrato	Nombre	PPU (kg/Usuario/Semana)			
				Semana 1	Semana 2	Semana 3	
51	K 2 No 7-67	Dos	Arnulfo bolaños	0,800	1,450	1,225	
52	K 2 No 7-75		María Elena	0,475	1,150	0,225	
53	K 3 No 16-15		Luz Caiza	1,400	0,950	0,125	
54	K 3 No 16-55		Mari Ordoñez	0,700	0,350	0,775	
55	K 3 No 16-65		Nubia Chates	1,275	1,450	0,800	
56	K 3 No 16-75		Jairo Castillo	1,150	0,500	0,725	
57	C 11A No 5-19		Tres	Alicia Toro	0,725	1,400	0,975
58	C 11A No 5-51	Tulia Anacona		0,475	0,550	0,675	
59	C 12 No 5-50	María Leonor		0,725	0,850	0,700	
60	C 12 No 5-56	María Diaz		0,825	0,575	0,750	
61	C 2 No 3-25	Rosa Ruiz		1,375	0,500	0,850	
62	C 2 No 3-49	Ligia Muñoz		1,425	0,700	1,125	
63	C 2 No 3-63	Blanca Elsa		0,725	0,550	0,450	
64	C 3 No 3-20	Carlos Diaz		0,900	1,825	0,675	
65	C 3 No 3-64	Miguel Fernández		1,275	1,150	1,300	
66	C 6 No 3-16	Pedro Anacona		1,425	1,150	0,950	
67	C 6 No 3-42	Ana Rojas		2,375	2,700	3,600	
68	C 6 No 3-52	Lilia Rosero		1,600	1,450	1,375	
69	C 6 No 3-58	Joaquín Muñoz		1,125	1,000	1,500	
70	K 4 No 2-03	Amparo Molina		1,275	0,375	1,325	
71	K 4 No 2-05	Melisa Burbano		1,025	1,200	0,900	
72	K 5 No 11A-02	Sandra Salamanca		1,175	0,700	1,100	
73	K 5 No 11A-32	Alba Salamanca		1,125	0,650	0,625	
74	C 14 No 4-93	Comercio		Maribel Jacobo	2,500	2,700	2,075
75	C 14 No 5-40			Pascual Mazorra	5,150	7,075	3,475
76	K 2 No 10-50			Ana Ortiz	4,225	2,850	2,350
77	K 2 No 7-25			Oscar Torres	5,375	5,350	4,500
78	K 3 No 1-05		Juan Trujillo	3,500	5,500	3,150	
79	K 3 No 2-76		María Burbano	3,525	2,975	1,975	
80	K 3 No 4-77		María Peña	2,950	2,550	2,775	
81	K 3 No 5-56		Nury Bolaños	4,350	1,775	2,350	
82	K 3 No 5-72		Misael Meneses	4,250	6,500	5,750	
83	K 4 No 13-22		Aura Ortiz	23,300	18,225	16,325	
84	K 4 No 13-23		Aidaly Muños	3,925	1,250	1,800	

Fuente: Elaboración propia

Anexo III. Validación de la producción por usuario

Tabla 34. Validación

No	Nombre	PPU				kg/ usuario/ día	Validación Z
		kg/Usuario/Semana					
		Semana Uno	Semana Dos	Semana Tres	Promedio		
1	Idaly Gaviria	0,475	0,675	0,150	0,433	0,062	-0,529
2	Ruth Ruiz	0,375	0,575	0,450	0,467	0,067	-0,514
3	Tulia Anacona	0,475	0,550	0,675	0,567	0,081	-0,468
4	Blanca Elsa	0,725	0,550	0,450	0,575	0,082	-0,464
5	Luz Pabon	0,700	0,800	0,300	0,600	0,086	-0,453
6	Mari Ordoñez	0,700	0,350	0,775	0,608	0,087	-0,449
7	María Elena	0,475	1,150	0,225	0,617	0,088	-0,445
8	Eduwilson Perdomo	0,875	0,475	0,650	0,667	0,095	-0,422
9	Dora Samboni	0,800	0,450	0,775	0,675	0,096	-0,419
10	Clemencia Garcés	0,750	0,800	0,475	0,675	0,096	-0,419
11	María Díaz	0,825	0,575	0,750	0,717	0,102	-0,400
12	María Leonor	0,725	0,850	0,700	0,758	0,108	-0,381
13	Luisa Salazar	0,725	0,625	0,925	0,758	0,108	-0,381
14	Aminta Uesaquillo	0,725	0,650	0,950	0,775	0,111	-0,373
15	María Izabel	0,525	0,700	1,100	0,775	0,111	-0,373
16	Íngrid Jiménez	0,650	0,675	1,050	0,792	0,113	-0,365
17	Jairo Castillo	1,150	0,500	0,725	0,792	0,113	-0,365
18	Alba Salamanca	1,125	0,650	0,625	0,800	0,114	-0,362
19	Luz Caiza	1,400	0,950	0,125	0,825	0,118	-0,350
20	Dora Ortiz	0,650	1,100	0,850	0,867	0,124	-0,331
21	Alejandra Salazar	0,675	1,125	0,800	0,867	0,124	-0,331
22	Eva Ordoñez	1,025	0,850	0,725	0,867	0,124	-0,331
23	Dora Muñoz	0,950	1,175	0,475	0,867	0,124	-0,331
24	Umberto Salamanca	0,400	1,325	0,950	0,892	0,127	-0,320
25	Noralba Bolaños	0,950	1,650	0,100	0,900	0,129	-0,316
26	Edilma López	0,400	1,575	0,750	0,908	0,130	-0,312
27	Rosa Ruiz	1,375	0,500	0,850	0,908	0,130	-0,312
28	Lucia Samboni	1,025	1,350	0,400	0,925	0,132	-0,305
29	Sara Herazo	0,625	1,225	0,950	0,933	0,133	-0,301
30	Miriam Rengifo	1,350	1,025	0,525	0,967	0,138	-0,286
31	Teresa Torres	2,350	0,300	0,250	0,967	0,138	-0,286
32	Ema Caiza	0,825	0,450	1,700	0,992	0,142	-0,274
33	Amparo Molina	1,275	0,375	1,325	0,992	0,142	-0,274
34	Lucio Muñoz	1,425	0,800	0,750	0,992	0,142	-0,274
35	Sandra Salamanca	1,175	0,700	1,100	0,992	0,142	-0,274
36	Lucio Torres	1,125	1,000	0,900	1,008	0,144	-0,267
37	Flor María	0,950	1,300	0,775	1,008	0,144	-0,267
38	Silveria Rivera	0,600	1,500	0,925	1,008	0,144	-0,267
39	Flor de María	0,525	1,500	1,025	1,017	0,145	-0,263

Continúa...

Tabla 34. (otra tabla)

No	Nombre	PPU				kg/ usuario/ día	Validación Z
		kg/Usuario/Semana					
		Semana Uno	Semana Dos	Semana Tres	Promedio		
40	Alicia Toro	0,725	1,400	0,975	1,033	0,148	-0,255
41	Melisa Burbano	1,025	1,200	0,900	1,042	0,149	-0,252
42	Olga Gómez	1,700	0,575	0,875	1,050	0,150	-0,248
43	Rosa Llanos	2,100	0,675	0,425	1,067	0,152	-0,240
44	Adrián David	1,000	1,375	0,875	1,083	0,155	-0,233
45	Ligia Muñoz	1,425	0,700	1,125	1,083	0,155	-0,233
46	José Rengifo	1,525	1,200	0,600	1,108	0,158	-0,221
47	Eliana Morales	0,800	1,250	1,275	1,108	0,158	-0,221
48	Eber Ortiz	0,875	1,475	0,975	1,108	0,158	-0,221
49	Sandra Girón	0,875	0,950	1,525	1,117	0,160	-0,217
50	María López	1,775	1,150	0,450	1,125	0,161	-0,214
51	Carlos Diaz	0,900	1,825	0,675	1,133	0,162	-0,210
52	Nubia Mendoza	1,100	1,300	1,050	1,150	0,164	-0,202
53	Arnulfo bolaños	0,800	1,450	1,225	1,158	0,165	-0,198
54	Jesús Herazo	1,625	0,750	1,125	1,167	0,167	-0,195
55	Nubia Chates	1,275	1,450	0,800	1,175	0,168	-0,191
56	Pedro Anacona	1,425	1,150	0,950	1,175	0,168	-0,191
57	Leonor Imbachi	1,200	0,875	1,500	1,192	0,170	-0,183
58	Daniel Delgado	1,300	1,250	1,075	1,208	0,173	-0,176
59	Joaquín Muñoz	1,125	1,000	1,500	1,208	0,173	-0,176
60	Miguel Fernández	1,275	1,150	1,300	1,242	0,177	-0,160
61	Fabiola Urbano	0,250	2,275	1,500	1,342	0,192	-0,115
62	Celimo Gomez	1,225	1,500	1,425	1,383	0,198	-0,096
63	Jorge Artunduaga	1,425	1,000	1,925	1,450	0,207	-0,065
64	Lilia Rosero	1,600	1,450	1,375	1,475	0,211	-0,054
65	Fran Olaya	3,350	0,075	1,000	1,475	0,211	-0,054
66	Elizabeth Jiménez	2,075	1,700	0,750	1,508	0,215	-0,039
67	María Rengifo	2,075	1,125	1,350	1,517	0,217	-0,035
68	Marcos Paladines	2,350	0,925	1,625	1,633	0,233	0,018
69	Fredy Ordoñez	1,675	2,250	1,500	1,808	0,258	0,098
70	Zulma Cerón	3,350	1,525	1,375	2,083	0,298	0,223
71	Dumer Eduardo	1,450	2,700	2,275	2,142	0,306	0,250
72	Leyder Fandiño	2,300	2,650	1,750	2,233	0,319	0,291
73	Aidaly Muños	3,925	1,250	1,800	2,325	0,332	0,333
74	Maribel Jacobo	2,500	2,700	2,075	2,425	0,346	0,379
75	María Peña	2,950	2,550	2,775	2,758	0,394	0,531
76	María Burbano	3,525	2,975	1,975	2,825	0,404	0,561
77	Nury Bolaños	4,350	1,775	2,350	2,825	0,404	0,561

Continúa...

Tabla 34. (otra tabla)

No	Nombre	PPU				kg/ usuario/ día	Validación Z
		kg/Usuario/Semana					
		Semana Uno	Semana Dos	Semana Tres	Promedio		
78	Ana Rojas	2,375	2,700	3,600	2,892	0,413	0,591
79	Ana Ortiz	4,225	2,850	2,350	3,142	0,449	0,705
80	Juan Trujillo	3,500	5,500	3,150	4,050	0,579	1,119
81	Oscar Torres	5,375	5,350	4,500	5,075	0,725	1,586
82	Pascual Mazorra	5,150	7,075	3,475	5,233	0,748	1,659
83	Misael Meneses	4,250	6,500	5,750	5,500	0,786	1,780
84	Aura Ortiz	23,300	18,225	16,325	19,283	2,755	8,061
Una vez eliminado el valor atípico (Z=8,061) se calculan nuevamente las variables para obtener los valores definitivos		Promedio Total (X)				0,228	Valor Crítico -1,96 +1,96
		Desviación Estándar (σ)				0,314	
		(X) Recalculado				0,197	
		(σ) Recalculada				0,144	
		Varianza (σ^2)				0,021	

Fuente: Elaboración propia

Anexo IV. Flujo de caja

Tabla 35. Flujo de caja del 2025 a 2050

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Egresos	\$ 56.385.522	\$ 59.768.653	\$ 63.354.772	\$ 67.156.059	\$ 71.185.422	\$ 75.456.548	\$ 79.983.940
	\$ 28.192.761	\$ 29.884.327	\$ 31.677.386	\$ 33.578.029	\$ 35.592.711	\$ 37.728.274	\$ 39.991.970
	\$ 18.823.386	\$ 19.421.969	\$ 20.039.588	\$ 20.676.847	\$ 21.334.371	\$ 22.012.804	\$ 22.712.811
	\$ 23.167.244	\$ 23.903.962	\$ 24.664.108	\$ 25.448.427	\$ 26.257.687	\$ 27.092.681	\$ 27.954.229
	\$ 579.181	\$ 597.599	\$ 616.603	\$ 636.211	\$ 656.442	\$ 677.317	\$ 698.856
	\$ 723.976	\$ 746.999	\$ 770.753	\$ 795.263	\$ 820.553	\$ 846.646	\$ 873.570
	\$ 781.894	\$ 806.759	\$ 832.414	\$ 858.884	\$ 886.197	\$ 914.378	\$ 943.455
	\$ 1.447.953	\$ 1.493.998	\$ 1.541.507	\$ 1.590.527	\$ 1.641.105	\$ 1.693.293	\$ 1.747.139
	\$ 929.103	\$ 958.648	\$ 989.134	\$ 1.020.588	\$ 1.053.043	\$ 1.086.529	\$ 1.121.081
Subtotal	\$ 131.031.020	\$ 137.582.914	\$ 144.486.265	\$ 151.760.835	\$ 159.427.531	\$ 167.508.470	\$ 176.027.051
Ingresos	\$ 23.877.265	\$ 24.911.638	\$ 25.987.652	\$ 27.106.908	\$ 28.271.069	\$ 29.481.859	\$ 30.741.067
	\$ 36.245.712	\$ 37.815.891	\$ 39.449.280	\$ 41.148.312	\$ 42.915.510	\$ 44.753.491	\$ 46.664.969
	\$ 85.036.149	\$ 88.719.950	\$ 92.552.048	\$ 96.538.151	\$ 100.684.178	\$ 104.996.269	\$ 109.480.793
	\$ 4.170.730	\$ 4.351.408	\$ 4.539.359	\$ 4.734.864	\$ 4.938.212	\$ 5.149.706	\$ 5.369.656
	\$ 8.223.493	\$ 8.579.738	\$ 8.950.324	\$ 9.335.803	\$ 9.736.748	\$ 10.153.753	\$ 10.587.433
	\$ 157.553.348	\$ 164.378.624	\$ 171.478.663	\$ 178.864.039	\$ 186.545.718	\$ 194.535.078	\$ 202.843.918
	\$ 32.791.822	\$ 34.212.377	\$ 35.690.119	\$ 37.227.249	\$ 38.826.049	\$ 40.488.886	\$ 42.218.218
Subtotal	\$ 190.345.170	\$ 198.591.002	\$ 207.168.783	\$ 216.091.288	\$ 225.371.767	\$ 235.023.964	\$ 245.062.136
Total	\$ 59.314.150	\$ 61.008.087	\$ 62.682.518	\$ 64.330.453	\$ 65.944.236	\$ 67.515.495	\$ 69.035.085

Continúa...

Tabla 35. (otra tabla)

Año	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Egresos	\$ 84.782.977	\$ 89.869.956	\$ 95.262.153	\$ 100.977.882	\$ 107.036.555	\$ 113.458.748	\$ 120.266.273
	\$ 42.391.488	\$ 44.934.978	\$ 47.631.076	\$ 50.488.941	\$ 53.518.277	\$ 56.729.374	\$ 60.133.137
	\$ 23.435.078	\$ 24.180.314	\$ 24.949.248	\$ 25.742.634	\$ 26.561.249	\$ 27.405.897	\$ 28.277.405
	\$ 28.843.173	\$ 29.760.386	\$ 30.706.766	\$ 31.683.241	\$ 32.690.768	\$ 33.730.335	\$ 34.802.959
	\$ 721.079	\$ 744.010	\$ 767.669	\$ 792.081	\$ 817.269	\$ 843.258	\$ 870.074
	\$ 901.349	\$ 930.012	\$ 959.586	\$ 990.101	\$ 1.021.587	\$ 1.054.073	\$ 1.087.592
	\$ 973.457	\$ 1.004.413	\$ 1.036.353	\$ 1.069.309	\$ 1.103.313	\$ 1.138.399	\$ 1.174.600
	\$ 1.802.698	\$ 1.860.024	\$ 1.919.173	\$ 1.980.203	\$ 2.043.173	\$ 2.108.146	\$ 2.175.185
	\$ 1.156.731	\$ 1.193.515	\$ 1.231.469	\$ 1.270.630	\$ 1.311.036	\$ 1.352.727	\$ 1.395.744
Subtotal	\$ 185.008.032	\$ 194.477.607	\$ 204.463.494	\$ 214.995.022	\$ 226.103.228	\$ 237.820.957	\$ 250.182.969
Ingresos	\$ 32.050.547	\$ 33.412.223	\$ 34.828.092	\$ 36.300.221	\$ 37.830.759	\$ 39.421.930	\$ 41.076.044
	\$ 48.652.761	\$ 50.719.787	\$ 52.869.077	\$ 55.103.771	\$ 57.427.128	\$ 59.842.528	\$ 62.353.475
	\$ 114.144.356	\$ 118.993.811	\$ 124.036.264	\$ 129.279.085	\$ 134.729.919	\$ 140.396.694	\$ 146.287.632
	\$ 5.598.388	\$ 5.836.237	\$ 6.083.552	\$ 6.340.694	\$ 6.608.039	\$ 6.885.975	\$ 7.174.905
	\$ 11.038.426	\$ 11.507.397	\$ 11.995.032	\$ 12.502.043	\$ 13.029.171	\$ 13.577.181	\$ 14.146.869
	\$ 211.484.479	\$ 220.469.455	\$ 229.812.015	\$ 239.525.814	\$ 249.625.015	\$ 260.124.308	\$ 271.038.925
	\$ 44.016.592	\$ 45.886.649	\$ 47.831.130	\$ 49.852.878	\$ 51.954.840	\$ 54.140.074	\$ 56.411.750
Subtotal	\$ 255.501.070	\$ 266.356.104	\$ 277.643.145	\$ 289.378.692	\$ 301.579.856	\$ 314.264.382	\$ 327.450.675
Total	\$ 70.493.039	\$ 71.878.497	\$ 73.179.651	\$ 74.383.670	\$ 75.476.627	\$ 76.443.425	\$ 77.267.706

Continúa...

Tabla 35. (otra tabla)

Año	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Egresos	\$ 127.482.250	\$ 135.131.185	\$ 143.239.056	\$ 151.833.399	\$ 160.943.403	\$ 170.600.007	\$ 180.836.007
	\$ 63.741.125	\$ 67.565.592	\$ 71.619.528	\$ 75.916.699	\$ 80.471.701	\$ 85.300.004	\$ 90.418.004
	\$ 29.176.626	\$ 30.104.443	\$ 31.061.764	\$ 32.049.528	\$ 33.068.703	\$ 34.120.288	\$ 35.205.313
	\$ 35.909.694	\$ 37.051.622	\$ 38.229.863	\$ 39.445.573	\$ 40.699.942	\$ 41.994.200	\$ 43.329.616
	\$ 897.742	\$ 926.291	\$ 955.747	\$ 986.139	\$ 1.017.499	\$ 1.049.855	\$ 1.083.240
	\$ 1.122.178	\$ 1.157.863	\$ 1.194.683	\$ 1.232.674	\$ 1.271.873	\$ 1.312.319	\$ 1.354.051
	\$ 1.211.952	\$ 1.250.492	\$ 1.290.258	\$ 1.331.288	\$ 1.373.623	\$ 1.417.304	\$ 1.462.375
	\$ 2.244.356	\$ 2.315.726	\$ 2.389.366	\$ 2.465.348	\$ 2.543.746	\$ 2.624.638	\$ 2.708.101
	\$ 1.440.128	\$ 1.485.924	\$ 1.533.177	\$ 1.581.932	\$ 1.632.237	\$ 1.684.142	\$ 1.737.698
Subtotal	\$ 263.226.051	\$ 276.989.138	\$ 291.513.442	\$ 306.842.581	\$ 323.022.728	\$ 340.102.757	\$ 358.134.405
Ingresos	\$ 42.795.495	\$ 44.582.765	\$ 46.440.429	\$ 48.371.156	\$ 50.377.715	\$ 52.462.977	\$ 54.629.917
	\$ 64.963.602	\$ 67.676.680	\$ 70.496.615	\$ 73.427.461	\$ 76.473.420	\$ 79.638.849	\$ 82.928.266
	\$ 152.411.259	\$ 158.776.416	\$ 165.392.273	\$ 172.268.338	\$ 179.414.469	\$ 186.840.889	\$ 194.558.198
	\$ 7.475.248	\$ 7.787.437	\$ 8.111.922	\$ 8.449.169	\$ 8.799.662	\$ 9.163.903	\$ 9.542.410
	\$ 14.739.059	\$ 15.354.607	\$ 15.994.399	\$ 16.659.355	\$ 17.350.428	\$ 18.068.606	\$ 18.814.915
	\$ 282.384.663	\$ 294.177.905	\$ 306.435.638	\$ 319.175.479	\$ 332.415.693	\$ 346.175.222	\$ 360.473.706
	\$ 58.773.157	\$ 61.227.702	\$ 63.778.923	\$ 66.430.486	\$ 69.186.192	\$ 72.049.984	\$ 75.025.950
Subtotal	\$ 341.157.819	\$ 355.405.607	\$ 370.214.561	\$ 385.605.965	\$ 401.601.886	\$ 418.225.207	\$ 435.499.655
Total	\$ 77.931.769	\$ 78.416.469	\$ 78.701.119	\$ 78.763.383	\$ 78.579.157	\$ 78.122.450	\$ 77.365.251

Continúa...

Tabla 35. (otra tabla)

Año	2046	2047	2048	2049	2050
Egresos	\$ 191.686.168	\$ 203.187.338	\$ 215.378.578	\$ 228.301.293	\$ 241.999.371
	\$ 95.843.084	\$ 101.593.669	\$ 107.689.289	\$ 114.150.646	\$ 120.999.685
	\$ 36.324.842	\$ 37.479.972	\$ 38.671.835	\$ 39.901.599	\$ 41.170.470
	\$ 44.707.498	\$ 46.129.196	\$ 47.596.105	\$ 49.109.661	\$ 50.671.348
	\$ 1.117.687	\$ 1.153.230	\$ 1.189.903	\$ 1.227.742	\$ 1.266.784
	\$ 1.397.109	\$ 1.441.537	\$ 1.487.378	\$ 1.534.677	\$ 1.583.480
	\$ 1.508.878	\$ 1.556.860	\$ 1.606.369	\$ 1.657.451	\$ 1.710.158
	\$ 2.794.219	\$ 2.883.075	\$ 2.974.757	\$ 3.069.354	\$ 3.166.959
	\$ 1.792.957	\$ 1.849.973	\$ 1.908.802	\$ 1.969.502	\$ 2.032.132
Subtotal	\$ 377.172.442	\$ 397.274.851	\$ 418.503.015	\$ 440.921.925	\$ 464.600.387
Ingresos	\$ 56.881.622	\$ 59.221.291	\$ 61.652.242	\$ 64.177.915	\$ 66.801.876
	\$ 86.346.356	\$ 89.897.977	\$ 93.588.163	\$ 97.422.137	\$ 101.405.312
	\$ 202.577.388	\$ 210.909.852	\$ 219.567.407	\$ 228.562.303	\$ 237.907.238
	\$ 9.935.724	\$ 10.344.402	\$ 10.769.026	\$ 11.210.194	\$ 11.668.531
	\$ 19.590.417	\$ 20.396.215	\$ 21.233.451	\$ 22.103.310	\$ 23.007.020
	\$ 375.331.506	\$ 390.769.737	\$ 406.810.290	\$ 423.475.860	\$ 440.789.977
	\$ 78.118.327	\$ 81.331.510	\$ 84.670.055	\$ 88.138.685	\$ 91.742.299
Subtotal	\$ 453.449.833	\$ 472.101.247	\$ 491.480.345	\$ 511.614.545	\$ 532.532.276
Total	\$ 76.277.391	\$ 74.826.397	\$ 72.977.329	\$ 70.692.620	\$ 67.931.889

Fuente: Elaboración propia

Anexo V. Encuesta

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD DEL CAUCA
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
UNA ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS
SÓLIDOS RECICLABLES PROVENIENTES DE LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN
AGUSTÍN, HUILA

ENCUESTA

Esta encuesta es útil para conocer la perspectiva que tiene la población de San Agustín sobre el reciclaje. La información que usted brinde será confidencial y utilizada solo para realizar la investigación.

Barrio: _____ Fecha: _____

Dirección: _____ Estrato: _____

Persona mayor de edad encuestada: _____

1. ¿Cuántas personas viven en esta casa? Género F: ____ Género M: ____
2. ¿Dentro de su vivienda se desarrolla alguna actividad económica? Si ____ No ____
¿cuál? _____
3. ¿Su vivienda cuenta con el servicio de recolección de basura? Si ____ No ____
4. ¿Conoce el día y la hora en que pasa el camión recolector de residuos sólidos?
Si ____ No ____
5. ¿Qué días pasa el camión recolector? _____
6. ¿En qué horario se realiza la recolección? En la mañana ____ En la tarde ____
7. ¿Cree que con n (*) días a la semana que pasa el camión recolector es suficiente?
Si ____ No ____ (**)
8. ¿Cuántas veces a la semana cree que se debería realizar la recolección? ____
9. ¿Cómo dispone los residuos fuera de su vivienda?
 - a. Entrega al personal de recolección
 - b. Frente a la vivienda
 - c. En un lugar alejado de su vivienda. ¿Aproximadamente a que distancia? ____m
10. ¿Conoce que es el reciclaje? Si ____ No ____

(*) n es la suma de los días que se obtuvieron en respuesta a la pregunta 5.

(**) si la respuesta es NO entonces pregunta 8, de lo contrario 8 no aplica

11. ¿Reciclan en su vivienda? Si ___ No ___
12. ¿Qué materiales reciclan? _____
13. ¿En cuántos recipientes disponen el material reciclable? En: ____
14. ¿Qué hace usted y su familia con los residuos reciclables que generan en casa?
- Los desechan
 - Los venden
 - Los regalan
 - Otros ¿Cuáles? _____
15. ¿Por qué razón no se recicla en esta vivienda? (si reciclan no aplica)
- No se le ha informado
 - Implica tiempo adicional
 - Falta espacio en la vivienda
 - No le interesa
16. ¿Conoce usted que es una ruta limpia o una recolección selectiva? Si ___ No ___
*Si la respuesta es **No** se les enseña que es una ruta limpia para continuar con las siguientes preguntas*
17. ¿Estaría dispuesto a separar los residuos si se implementara una ruta limpia?
 Si ___ No ___
18. ¿Estaría dispuesto a disponer los residuos reciclables en un módulo especial o contenedor fuera de su casa? Si ___ No ___
19. ¿En dónde le gustaría encontrar estos contenedores?
- En el frente de su casa
 - En la esquina de su cuadra
 - En el parque más cercano
 - Otros ¿Cuáles? _____
20. En su opinión, ¿de quién es la responsabilidad de mantener limpia la zona?
- De la empresa de servicio público de aseo (San Agustín E.S.P.)
 - De la población
 - De ambos
21. ¿Ha recibido información, sensibilización, sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos? Si ___ No ___
22. ¿Conoce las sanciones y normas sobre el manejo de residuos sólidos? Si ___ No ___
23. Evalúe el servicio público de recolección actual de 1 a 5: _____

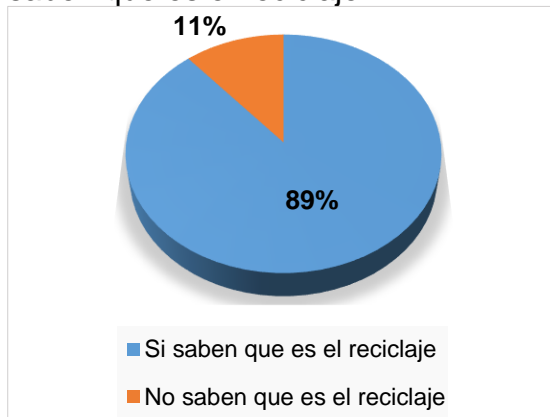
Resultados de la encuesta

Lo primero que se realizó con la muestra de estudio seleccionada fue una encuesta (ver anexo V) para conocer el número de habitantes por vivienda, porque razones no reciclan o de lo contrario que reciclan y como lo hacen, si han recibido información sobre el manejo adecuado de los residuos, si saben que es una ruta limpia, etc.

Los resultados de las preguntas claves se presentan a continuación:

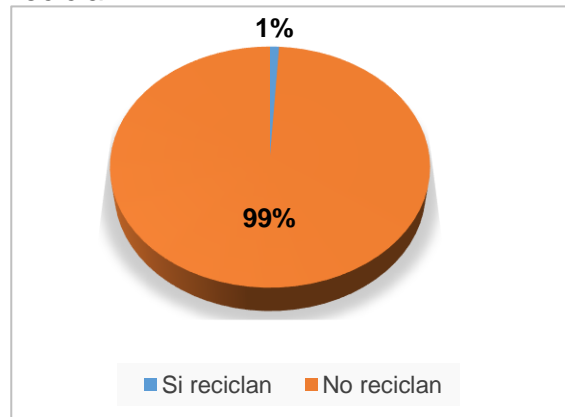
¿Conoce que es el reciclaje?

Gráfica 1. Porcentaje de usuarios que saben que es el reciclaje.



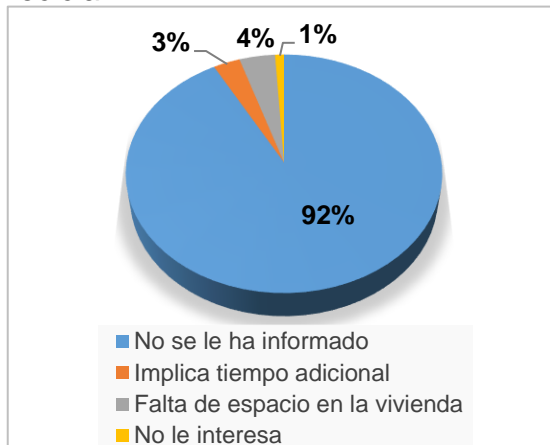
¿Reciclan en su vivienda?

Gráfica 2. Porcentaje de usuarios que reciclan



¿Por qué razón no se recicla en esta vivienda?

Gráfica 3. Razones por las que no reciclan



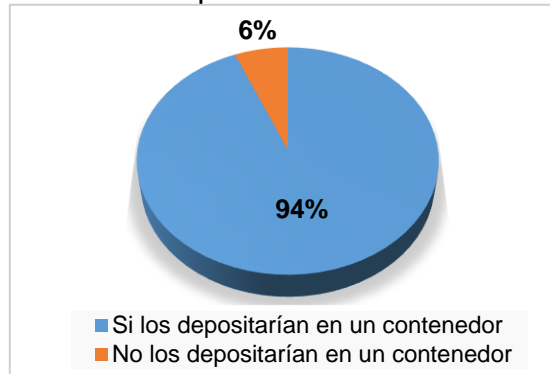
¿Estaría dispuesto a separar los residuos si se implementara una ruta limpia?

Gráfica 4. Dispuestos a separar



¿Estaría dispuesto a disponer los residuos reciclables en un módulo especial o contenedor fuera de su casa?

Gráfica 5. Depositarían en contenedor



¿En dónde le gustaría encontrar estos contenedores?

Gráfica 6. Ubicación del contenedor

