



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTUDIO DE LOS DESECHOS URBANOS PARA LA REUTILIZACIÓN DE
PRODUCTOS ALTERNATIVOS EN LA CIUDAD DE LATACUNGA

PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

Carolina Elizabeth Galarza Quijo
Christian Ilario Jami Chicaiza

TUTOR:

Cristian Xavier Espín Beltrán

LATACUNGA, MARZO, 2026

Latacunga, marzo 10 de 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Carolina Elizabeth Galarza Quijo declaro ser autora del proyecto de titulación” Estudio de los desechos urbanos para la reutilización de productos alternativos en la ciudad de Latacunga”, siendo el Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

Carolina Elizabeth Galarza Quijo
CC.1752408656

Latacunga, marzo 10 de 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Christian Ilario Jami Chicaiza declaro ser autor del proyecto de titulación "Estudio de los desechos urbanos para la reutilización de productos alternativos en la ciudad de Latacunga", siendo el Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

Christian Ilario Jami Chicaiza
CC.0504590787

Latacunga, marzo 04 de 2026

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “Estudio de los desechos urbanos para la reutilización de productos alternativos en la ciudad de Latacunga”, propuesto por la estudiante Galarza Quijo Carolina Elizabeth de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.

Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier, Mg.
C.C. 0502269368
TUTOR

Latacunga, marzo 04 de 2026

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “Estudio de los desechos urbanos para la reutilización de productos alternativos en la ciudad de Latacunga”, propuesto por el estudiante Jami Chicaiza Christian Ilario de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.

Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier, Mg.
C.C. 0502269368
TUTOR

Latacunga, marzo 06 de 2026

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “Estudio de los desechos urbanos para la reutilización de productos alternativos en la ciudad de Latacunga”, propuesto por la estudiante Galarza Quijo Carolina Elizabeth de la Carrera de Ingeniería Industrial., me permito indicar que la estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Proyecto de investigación en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,

Lector 1 (Presidente)
Dr. Jonathan Ruiz
CC: 0703323824

Lector 2
Ing. Santiago Olovacha MsC.
CC: 1804302238

Lector 3
Ing. José Naranjo MsC.
CC: 1804710463

Latacunga, marzo 06 de 2026

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “Estudio de los desechos urbanos para la reutilización de productos alternativos en la ciudad de Latacunga”, propuesto por el estudiante Jami Chicaiza Christian Ilario de la Carrera de Ingeniería Industrial., me permito indicar que el estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Proyecto de investigación en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,

Lector 1 (Presidente)
Dr. Jonathan Ruiz
CC: 0703323824

Lector 2
Ing. Santiago Olovacha MsC.
CC: 1804302238

Lector 3
Ing. José Naranjo MsC.
CC: 1804710463

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y mi fortaleza en cada momento de este camino. Gracias por darme la sabiduría, la paciencia y la oportunidad de alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

A mis padres, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. A mi madre, Guadalupe, por su amor infinito, su cuidado y por estar siempre a mi lado en cada paso que doy. Tu apoyo, tus consejos y tu ejemplo han sido la fuerza que me impulsó a no rendirme y a seguir luchando por este sueño. A mi padre, Jaime, por su esfuerzo y por el apoyo brindado durante mi formación, permitiéndome continuar y alcanzar esta meta tan importante.

A mi hermana, Johanna, por sus palabras de ánimo y por acompañarme con su cariño en este proceso.

A mis abuelitos Humberto y Yolanda, por su preocupación, su apoyo y por estar siempre pendientes de mí durante este camino.

A mi tutor, por su dedicación, paciencia y enseñanzas, que fueron fundamentales para guiarme y permitirme culminar este trabajo.

Y de manera muy especial, a mi pareja y compañero de tesis Christian, por caminar conmigo durante todo este proceso, por su paciencia, su apoyo incondicional y por no rendirse a pesar de los retos y dificultades que encontramos en el camino. Gracias por compartir conmigo cada aprendizaje y por ser parte esencial de este logro.

También a mi perrita Nalita, por su compañía incondicional y por brindarme alegría durante las largas jornadas de trabajo.

A todos ustedes, gracias por creer en mí, por acompañarme y por formar parte de este sueño que hoy se hace realidad.

CAROLINA ELIZABETH GALARZA QUIJO

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi padre, Ilario Jami Jami, por su apoyo incondicional, sus valiosas enseñanzas y por ser un ejemplo constante de esfuerzo y perseverancia, los cuales han sido una guía fundamental en mi vida y en mi formación personal y académica.

Agradezco también a la familia Jami Chicaiza, a mis hermanos y de manera muy especial a mi hermana Myriam Jami, por su dedicación, su apoyo incondicional, la confianza depositada en mí y la motivación que me brindaron a lo largo de este proceso académico.

De igual manera, extiendo mi agradecimiento a mi compañera Carolina Galarza, quien de una u otra forma me brindó su apoyo, colaboración y trabajo en equipo para que este logro pudiera hacerse realidad.

Finalmente, me agradezco a mí mismo por la constancia, el esfuerzo y la dedicación que hicieron posible culminar con éxito esta etapa tan importante de mi vida.

CHRISTIAN ILARIO JAMI CHICAIZA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi amor a mis padres, Jaime y Guadalupe, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. Su amor, esfuerzo y apoyo incondicional han sido la fuerza que me ha permitido seguir adelante y alcanzar este importante logro.

Este sueño cumplido también les pertenece, porque con su ejemplo de sacrificio, dedicación y perseverancia me enseñaron a luchar por mis metas y a no rendirme ante las dificultades.

CAROLINA ELIZABETH GALARZA QUIJO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi padre, Ilario Jami, Jami quien con su ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y perseverancia ha sido un pilar fundamental en mi vida y una inspiración constante para alcanzar mis metas.

A la familia Jami Chicaiza, por su apoyo incondicional, su comprensión y las palabras de aliento que me motivaron a continuar y a superarme a lo largo de mi formación académica.

Asimismo, dedico este logro a todas aquellas personas que confiaron en mí y me brindaron su apoyo durante este camino, contribuyendo de una u otra manera para que hoy esta meta sea una realidad.

Finalmente, me dedico este logro a mí mismo, por la constancia, el sacrificio y la determinación que me permitieron superar los desafíos y culminar con éxito esta importante etapa de mi vida.

CHRISTIAN ILARIO JAMI CHICAIZA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO: “ESTUDIO DE LOS DESECHOS URBANOS PARA LA
REUTILIZACIÓN DE PRODUCTOS ALTERNATIVOS EN LA CIUDAD DE
LATACUNGA”**

Autores:

- **Galarza Quijo Carolina Elizabeth**
- **Jami Chicaiza Christian Ilario**

RESUMEN

El presente proyecto surge frente de la problemática creciente asociada a la gestión inadecuada de los desechos urbanos en el cantón Latacunga, situación que ha generado importantes impactos sociales y ambientales. Los residuos sólidos producidos en la zona urbana son dispuestos en el relleno sanitario de Hinchapo, administrado por EPAGAL, donde la acumulación progresiva de basura ha comenzado a representar un desafío para el manejo eficiente del vertedero regulado, evidenciando la necesidad de proponer alternativas sostenibles locales.

La investigación se orientó al estudio del tipo y la cantidad de desechos urbanos generados, con el objetivo de formular una propuesta de reutilización que contribuya a reducir el impacto ambiental. Para ello, se aplicó una metodología basada en el análisis cualitativo y cuantitativo de datos históricos correspondientes al período 2020–2024, los cuales registran un total de 20.478,87 toneladas de residuos sólidos urbanos. Este análisis fue complementado con visitas de campo y actividades de muestreo realizadas en el sitio de disposición final. Mediante la aplicación del método de cuarteo, los residuos fueron clasificados en varias categorías: plástico, metal, madera, desechos orgánicos, papel, vidrio, tela y no reutilizables. Los resultados evidenciaron que el plástico constituye la fracción más representativa con el 38 % del total de materiales con potencial de reutilización. A partir de estos resultados, se planteó una propuesta enfocada en la elaboración de postes de cerca a partir de plástico reciclado. El análisis económico determinó que el precio de mercado es superior al costo de producción, generando un margen de ganancia positivo.

Palabras clave: reutilización, productos alternativos, soluciones ecológicas, desechos

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY

THEME: "STUDY OF URBAN WASTE FOR THE REUSE OF ALTERNATIVE PRODUCTS IN LATACUNGA"

Authors:

*** Galarza Quijo Carolina Elizabeth**

*** Jami Chicaiza Christian Ilario**

ABSTRACT

This project arises from the growing problem associated with inadequate urban waste management in the Latacunga canton, a situation that has had significant social and environmental impacts. Solid waste produced in the urban area is disposed of in the Hinchapo landfill, managed by EPAGAL, where the progressive accumulation of waste has begun to pose a challenge for the efficient management of the regulated landfill, highlighting the need to propose sustainable local alternatives.

The research focused on studying the type and quantity of generated urban waste, with the aim of formulating a reuse proposal that would help to reduce the environmental impact. For it, a methodology based on the qualitative and quantitative analysis of historical data for the period 2020–2024 was applied, which register a total of 20,478.87 tons of solid urban waste. This analysis was complemented by field visits and sampling activities carried out at the final disposal site. Using the quartering method, the waste was classified into several categories: plastic, metal, wood, organic waste, paper, glass, fabric, and non-reusable. The results showed that plastic constitutes the most representative fraction, accounting for 38% of the total materials with reuse potential. Based on these results, a proposal was put forward focusing on the manufacture of fence posts from recycled plastic. The economic analysis determined that the market price is higher than the production cost, generating a positive profit margin.

Keywords: reuse, alternative products, eco solutions, waste

Índice

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	III
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	IV
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	V
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES.....	VI
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES.....	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
DEDICATORIA	X
DEDICATORIA	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
Tema del proyecto:	1
Modalidad de Titulación:.....	1
Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto.....	1
Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 Situación Problemática	5

2.2	Formulación del problema.....	5
2.3	Objeto y Campo de Acción	5
2.3.1	Objeto de Investigación:.....	5
2.3.2	Campo de Acción:	5
2.4	Beneficiarios	6
2.5	Justificación.....	6
2.6	Objetivos.....	7
2.6.1	General.....	7
2.6.2	Específicos.....	7
2.7	Sistemas de Tareas.....	8
3.	MARCO TEÓRICO	10
1)	ANTECEDENTES.....	10
2)	CONTEXTUALIZACIÓN.....	12
3)	BASE METODOLÓGICA.....	13
	Economía circular.....	14
4)	MARCO CONCEPTUAL.....	15
4.1	Residuos orgánicos	16
4.2	Residuos inorgánicos	16
4.3	Gestión de residuos.....	16
4.4	Gobernanza inclusiva en gestión de residuos.....	16
4.5	Reutilización.....	16

4.6 Valorización de residuos	16
4.7 Diagnóstico ambiental participativo	16
5) HIPÓTESIS	17
4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	18
4.1 Tipos de investigación	18
4.1.2 Investigación bibliográfica.....	18
4.1.3 Investigación de campo	18
4.2 Método	18
4.2.1 Método del cuarteo	18
4.2.2 Procedimiento	19
4.3 Técnicas	19
4.3.1 Observación.....	19
4.3.2 Entrevista	19
4.4 Materiales y equipos	19
4.4.1 Equipos de protección personal.....	19
4.4.2 Materiales	20
4.4.3 Equipos	20
4.5 Población	20
4.5.1 Cálculo de la producción per cápita	20
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	22
5.1 Resultados del objetivo 1.....	22

5.1.1 Ubicación	24
5.1.2 Actividad económica	24
5.2 Resultados del objetivo 2	26
5.2.1 Resultado del método de cuarteo	35
5.2.2 Resultado del análisis de Pareto	37
5.2.2 Evolución y variación anual de los desechos sólidos urbanos en Latacunga	39
5.3 Elaboración de una propuesta	41
5.3.1 Introducción	41
5.3.2 Alcance	41
5.3.3 Objetivo	41
5.3.4 Análisis FODA	41
5.3.5 Análisis de los diferentes productos	43
5.3.6 Ingresos Potenciales por la Venta de Residuos Reciclables	44
5.3.7 Análisis económico	45
5.3.8 Plan de operación	47
5.3.7.1 Objetivos operarios	47
5.3.7.2 Desarrollo del producto	47
5.3.7.3 Proceso de reutilización del plástico:	47
5.3.7.4 Diseño de producto de segunda vida	55
5.3.7.5 Viabilidad económica	57

6. CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
7. REFERENCIAS	72
8. ANEXOS	77

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto:

Estudio de los desechos urbanos para la reutilización de productos alternativos en la ciudad de Latacunga.

Modalidad de Titulación:

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	X
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: Diseño de una planta de tratamiento integral de desechos industriales y domésticos para la obtención de insumos y productos de valor agregado.

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación: Tutor de titulación Espín Beltrán Cristian Xavier, Estudiantes Jami Chicaiza Christian Ilario, Galarza Quijo Carolina Elizabeth

Área de Conocimiento:

A continuación, se presenta un ejemplo del área 07.

Tabla 1. Áreas Conocimientos Unesco (Ver Anexo 11) [2].

07 Ingeniería, Industria y Construcción	072 Fabricación y Procesos	0722 Materiales (vidrio, papel, plástico y madera)
---	----------------------------	--

Línea de investigación: Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgos y seguridad laboral.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Sistemas integrados de producción y operaciones industriales para el desarrollo sostenible.

2. INTRODUCCIÓN

El aumento de la actividad industrial a escala global ha producido significativas ventajas económicas, pero también ha causado un incremento significativo en la generación de desechos urbanos, lo que supone un reto ambiental de gran importancia. Los residuos son una de las principales causas de polución en los países en vías de desarrollo. Por lo tanto, su correcta administración, fundamentada en los principios de economía circular y sostenibilidad, resulta imprescindible y urgente [1].

La producción y gestión de desechos sólidos urbanos es un reto medioambiental y social muy importante en todo el mundo, ya que la población urbana sigue creciendo y las actividades económicas se expanden, lo cual contribuye a aumentar la generación de residuos. La mala administración de estos residuos tiene un impacto perjudicial en el medio ambiente y la salud pública, lo cual lleva a las administraciones gubernamentales y locales a poner en marcha sistemas de gestión que apoyen la reducción, reutilización y reciclaje de materiales, además de la disposición final apropiada de los desechos que no pueden ser utilizados[2].

En Ecuador, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica ha promovido tácticas enfocadas en la producción más ecológica, la disminución de desechos y el reaprovechamiento de materiales industriales. No obstante, en áreas intermedias como el cantón Latacunga, la puesta en marcha de estas acciones se topa con desafíos significativos, incluyendo la falta de tecnología apropiada, la formación limitada y la limitada cultura ambiental corporativa [3].

En el país, las políticas públicas fomentan la administración integral de residuos sólidos, que incluye una serie de acciones conectadas: desde la separación en la fuente hasta el transporte, recolección, reciclaje y disposición final en lugares permitidos como los rellenos sanitarios. Esto está alineado con las directrices nacionales que persiguen disminuir la generación de residuos sólidos por persona y promover la sostenibilidad ecológica a través de la implementación de tecnologías y prácticas novedosas, entre las que se encuentran el reciclaje moderno y la economía circular[4].

El presente estudio se enfoca en analizar los tipos de desechos generados por la población ubicada en Latacunga, con el objetivo de identificar oportunidades de reutilización que contribuyan a minimizar su impacto ambiental. La investigación se delimita geográficamente al área urbana del cantón y se concentra en residuos no peligrosos. Su

relevancia radica en proponer alternativas viables que fomenten las soluciones ecológicas, reduzcan la presión sobre el entorno natural y apoyen el cumplimiento de la normativa ambiental vigente [5].

Para analizar esta problemática es necesario mencionar que en la empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental de Latacunga (EPAGAL) es la encargada del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos en el cantón Latacunga, que abarca una gran parte del área urbana. No obstante, siguen existiendo retos asociados a la identificación de las áreas donde se desarrolla actividad económica, a la caracterización de los desechos y a la escasa recuperación de materiales reciclables; por lo tanto, se requiere información técnica actualizada para mejorar la gestión integral de los residuos.

En este contexto, el estudio actual se lleva a cabo en la zona urbana del cantón de Latacunga y tiene como objetivo examinar la producción de desechos sólidos urbanos, teniendo en cuenta las condiciones económicas y geográfica del área que se investiga. Los hallazgos de esta investigación tienen como objetivo proporcionar información importante que pueda ser utilizada como fundamento para tomar decisiones que busquen optimizar la gestión y manejo de los residuos sólidos en el cantón[6].

Para desarrollar la gestión y el reciclaje de residuos, se necesita no solo infraestructura y políticas públicas, sino también una toma de conciencia ambiental y educación a nivel comunitario. Una investigación realizada en la Universidad de Zaragoza reveló que, aunque la comunidad está dispuesta a practicar el reciclaje y adoptar prácticas sustentables, la carencia de infraestructura e información restringe que se adopten estas acciones. Se subraya así lo crucial que son las estrategias educativas coordinadas para respaldar la aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el manejo de residuos[7].

Los residuos sólidos urbanos se caracterizan por ser la suma de materiales sólidos producidos, sobre todo en áreas urbanas, por acciones comerciales, domésticas y de servicios. Esta mezcla presenta una composición variada que incluye metales, plásticos, papel y cartón, desechos orgánicos, vidrio y otros componentes inertes. Por causa de esta diversidad, es necesario un entendimiento minucioso de sus propiedades físicas y composicionales para su adecuada administración[8].

2.1 Situación Problemática

La administración incorrecta de los desechos de la ciudad de Latacunga constituye un grave problema tanto ambiental como social. De acuerdo con información del Gobierno Autónomo Descentralizado de Latacunga, en esta región se producen anualmente más de 2869.76 toneladas de desechos sólidos, de los cuales cerca del 65% son residuos no peligrosos que no son reutilizados ni administrados de manera adecuada.

Esta circunstancia se intensifica debido a la escasa infraestructura tecnológica y la limitada formación empresarial en asuntos de gestión ambiental, lo cual aumenta la contaminación del suelo y los cuerpos de agua próximos. Las variables principales que intervienen comprenden la producción de desechos sólidos urbanos, el porcentaje de reutilización y el nivel de acatamiento de las regulaciones medioambientales[9].

Además, la repercusión social se manifiesta en el impacto en la salud pública y la degradación del medio ambiente, produciendo costos económicos y sociales considerables. Varios programas a nivel local y regional, como los promovidos por el GAD Latacunga para la producción ecológica y administración del medio ambiente, han asignado fondos para mejorar esta situación; no obstante, aún existen obstáculos técnicos y culturales que obstaculizan su eficaz ejecución [10]. Por lo tanto, es imprescindible encontrar soluciones eficaces que fomenten el reaprovechamiento de desechos y minimicen su efecto en el medio ambiente.

2.2 Formulación del problema

La ausencia de una correcta categorización y administración de los desechos urbanos de la ciudad de Latacunga restringe su reutilización sostenible, y se propone tácticas que pueden poner en práctica para maximizar su uso.

2.3 Objeto y Campo de Acción

2.3.1 Objeto de Investigación: Tecnología Industrial.

2.3.2 Campo de Acción: 3310.03 Procesos Industriales.

2.4 Beneficiarios

La tabla 2 muestra la distribución de los beneficiarios directos e indirectos del proyecto en la ciudad y cantón de Latacunga, desglosada por género.

Tabla 2. Beneficiarios directos e indirectos [11]

Beneficiarios Directos		Beneficiarios Indirectos	
Población urbana de la ciudad de Latacunga		Población del cantón Latacunga	
Hombres	36.927	Hombres	106.010
Mujeres	40.340	Mujeres	111.261
Total	77.267	Total	217.261

2.5 Justificación

La producción de desechos sólidos urbanos de la ciudad de Latacunga constituye un serio problema ecológico, de salud pública y económico, que impacta tanto en la economía pública como en la privada. La falta de formación en medio ambiente y en la cultura del reciclaje lleva a la acumulación de materiales valiosos en rellenos sanitarios, lo que promueve la expansión de vectores portadores de enfermedades contagiosas como el tétanos, la salmonelosis, el cólera y las hepatitis A, B y C, y contamina el suelo, el agua, el aire y la fauna salvaje. En respuesta a esta situación, se propone la reutilización de residuos industriales como una táctica esencial para conseguir ventajas a corto, mediano y largo plazo.

La implementación de estrategias de aprovechamiento de desechos posibilita disminuir considerablemente los gastos vinculados al transporte, almacenaje y disposición final, reducir el uso de materias primas residuales y optimizar la utilización de recursos, lo que resulta en un incremento directo de la rentabilidad. Además, al manejar correctamente los residuos, las compañías se adhieren a la legislación ambiental actual, incluyendo exigencias de certificaciones como la ISO 14001, previenen sanciones y consolidan su presencia en el mercado. Desde una perspectiva empresarial, estas medidas potencian la reputación institucional, crean confianza entre consumidores, asociados e inversores, y

generan nuevas posibilidades comerciales a través de la venta de subproductos o alianzas estratégicas entre sectores.

En conjunto, estos elementos impulsan una cultura de responsabilidad ecológica y promueven modelos de producción circulares e innovadores, esenciales en el panorama actual de cambio climático y falta de recursos. Por lo tanto, este estudio respalda la aplicación de procesos de reutilización de desechos urbanos como alternativa eficaz para minimizar efectos y potenciar la economía de Latacunga.

El presente estudio permite identificar los tipos de residuos sólidos que se pierden en el relleno sanitario, acordando la vida útil de la misma, ya que el 16 de abril del 2025 se realizó una inversión en el relleno sanitario ubicado en Hinchapo, que requirió una inversión inicial de \$417.317,98 y un plazo de ejecución de 120 días para ampliar su capacidad, ya que presentaría saturación progresiva[12].

Además, el estudio es beneficioso para las autoridades locales y las organizaciones encargadas de la gestión ambiental, porque los hallazgos pueden ser utilizados como insumo para planificar, decidir y formular estrategias que busquen mejorar la recolección, el tratamiento, la reutilización y la disposición definitiva de residuos sólidos. Así, se promueve la puesta en marcha de medidas que disminuyan los efectos negativos sobre el medio ambiente.

2.6 Objetivos

2.6.1 General

Estudiar los desechos urbanos como base para la utilización en productos alternativos, promoviendo soluciones ecológicas en la ciudad de Latacunga.

2.6.2 Específicos

- Identificar las zonas de actividad económica en la urbe del cantón Latacunga, partiendo de bases de datos iniciales, con el fin de relacionarlas con los tipos de desechos sólidos generados.
- Analizar el tipo y volumen de desechos generados por el área urbana, a través de entrevista e inspección directa y revisión documental para la comprensión de las posibilidades de manejo.

- Elaborar una propuesta de reutilización de desechos basándose en la información recolectada para la producción de productos alternativos.

2.7 Sistemas de Tareas

La Tabla 3 presenta un ejemplo del Sistema de Tareas del Plan de Titulación, en el cual se detallan los objetivos específicos del estudio, las actividades o tareas a realizar, los resultados esperados y las técnicas, medios e instrumentos utilizados. Este esquema permite visualizar de manera estructurada cómo se desarrollará la investigación para identificar zonas de actividad económica, analizar los desechos sólidos generados y elaborar propuestas de reutilización de los mismos.

Tabla 3. Ejemplo del Sistema de Tareas del Plan de Titulación.

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Identificar las zonas de actividad económica en la urbe del cantón Latacunga, partiendo de bases de datos iniciales, con el fin de relacionarlas con los tipos de desechos sólidos generados.	-Elaboración de un cronograma de visitas.	-Lista de sectores con localización y clase de actividad. - Cuadro de la tipología de desechos. - Base de datos inicial para el análisis.	- Ficha de registro.
	- Ejecución de inspecciones técnicas en EPAGAL.		
Analizar el tipo y volumen de desechos generados por el área urbana, a través de entrevista e inspección directa y revisión documental para la comprensión de las posibilidades de manejo.	- Aplicación de instrumentos de investigación, incluyendo entrevistas al personal técnico. - Muestreo en el relleno sanitario para la caracterización de los desechos.	- Datos organizados acerca de los tipos y volúmenes de producción de desechos. - Detalle de los residuos reutilizables.	- Entrevista, guía de observación y revisión documental
	- Revisión de registros de residuos.		
Elaborar una propuesta de reutilización de desechos basándose en la información recolectada para la producción de productos alternativos.	- Revisión visual de zonas de residuos.	- Informe técnico con propuesta sustentada. - Detalle de las alternativas útiles para la implementación.	- Formato de propuesta
	- Propuesta de alternativas de reutilización.		

3. MARCO TEÓRICO

1) ANTECEDENTES

Los residuos urbanos constituyen un peligro considerable para el entorno tanto nacional e internacional, dado que su composición puede abarcar desde metales pesados y compuestos tóxicos hasta sustancias que modifican la necesidad de oxígeno en los cuerpos de agua que los reciben. Estos desechos no solo perjudican la flora y fauna acuática, sino que también obstaculizan los sistemas de tratamiento de aguas residuales, creando gastos extra y problemas operativos para las instalaciones de saneamiento[13].

Estos impactos pueden categorizarse en físicos, químicos y biológicos, en función del tipo de contaminante y su interacción con el ambiente. Este texto expone uno de los efectos más críticos: la disminución del oxígeno disuelto en el agua, lo que amenaza la vida de los seres acuáticos al restringir su habilidad para respirar. Este suceso puede ser provocado por la existencia de materia orgánica susceptible a la oxidación, además de la introducción de aguas a altas temperaturas, que reducen la solubilidad del oxígeno. Adicionalmente, gran cantidad de desechos industriales poseen elementos altamente venenosos, tales como metales pesados (arsénico, plomo, cadmio), sustancias radioactivas y cianuros [14]. Estos contaminantes tienen la capacidad de impactar directamente a la flora y fauna acuática, producir efectos fisiológicos en los seres humanos y, en situaciones extremas, resultar mortales. Incluso en niveles reducidos, algunos de estos compuestos tienen efectos acumulativos, lo que supone un peligro para las poblaciones que se encuentran expuestas durante un periodo prolongado. Otros impactos perceptibles abarcan la modificación del gusto, aroma y color del agua, además de su turbidez, lo que repercute no solo en la belleza de los ecosistemas, sino también en los procesos de tratamiento y potabilización [15].

En el ámbito internacional, varias investigaciones han evidenciado que la administración eficaz de desechos urbanos es un elemento crucial para la sostenibilidad urbana. Por ejemplo, un informe de la Comisión Europea se resalta que la puesta en marcha de programas de economía circular ha facilitado la disminución del 10% de los desechos en naciones como Alemania y Países Bajos, gracias a políticas de valorización y responsabilidad ampliada del productor [16]. Igualmente, en Corea del Sur, el Ministerio del Medio Ambiente estableció el programa "Zero Waste Cities", que ha conseguido

incrementar el reaprovechamiento de desechos industriales no peligrosos hasta un 25 % anual, de acuerdo con datos del World Economic Forum.

Además, las investigaciones llevadas a cabo en naciones de América Latina evidencian progresos significativos en la incorporación de recicladores informales en la administración de desechos bajo una perspectiva de economía circular. Por ejemplo, un estudio participativo en cooperativas de reciclaje de São Paulo (Brasil) mostró que, al incluir a participantes locales en talleres de participación activa mediante técnicas como el dibujo, el mapa colectivo y la educación ambiental se potenciaba la habilidad organizativa de los recicladores y se incrementaba su reconocimiento en el sistema público de gestión de desechos[17].

Se examinó la administración de desechos sólidos en Latacunga desde 2014 hasta 2018, detectando la ausencia de coordinación institucional y fallos en las políticas públicas como factores principales de ineficiencia en la administración[18]. En el plan de gestión de desechos para el mercado El Salto, destacando la ausencia de medidas técnicas y de concienciación ambiental como barreras importantes. En el ámbito productivo se propuso un modelo empresarial ecológico centrado en la recuperación de vidrio, calculando una producción diaria de 14 304 kg de residuos vítreos aprovechables en el cantón[19].

Otro precedente significativo es el proyecto llevado a cabo por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Latacunga en 2022, en el que se llevaron a cabo campañas de sensibilización ambiental y estudios preliminares sobre la producción de desechos industriales no peligrosos en áreas periurbanas. Aunque estos intentos hicieron visible el problema, también mostraron la escasez de tecnología e infraestructura para el manejo y reutilización de estos desechos a nivel local.

La mala gestión de los residuos sólidos en áreas rurales supone un peligro para el medio ambiente, la salud y la calidad de vida. Un estudio efectuado en la parroquia San Juan de Pastocalle, que incluyó encuestas a 200 residentes y caracterización física de residuos en 115 hogares, mostró que más del 36% de las casas se deshace de los residuos orgánicos junto con los desperdicios ordinarios; por el contrario, únicamente el 17,5% los emplea como fertilizante. Los hallazgos indican que la recolección es insuficiente, ya que se lleva a cabo una vez por semana en el 54 % de las casas y el 22,5 % no recibe ningún servicio. La producción per cápita diaria (PPC) alcanzó los 0,82 kg/hab/día. En cuanto a la distribución de los residuos, el 46% fue orgánico, el 24% plástico, el 11% papel y cartón,

el 6% sanitario, el 5% vidrio, el 3% metal, el 4% textil e inerte y solo un 1 % peligroso [20].

Con esta información como fundamento, se propone un sistema completo para la gestión de residuos sólidos, que incluya: educación sobre el medioambiente, separación en la fuente, consolidación de la infraestructura a través de puntos de acopio y un sistema de compostaje para los desechos orgánicos. Esto se haría con el respaldo de EPAGAL, fomentando así un desarrollo saludable y sostenible en la parroquia.

Estos antecedentes, tanto a nivel nacional como internacional, destacan la importancia del asunto en variados entornos urbanos e industriales y enfatizan la importancia de ajustar las mejores prácticas a la situación del cantón Latacunga. Adicionalmente, evidencian la factibilidad de propuestas que incorporen elementos técnicos, sociales y ambientales en la administración de desechos industriales no peligrosos.

2) CONTEXTUALIZACIÓN

Latacunga muestra una dinámica industrial en expansión, enfocada en las industrias agroindustrial, metalmecánica, alimenticia y de la edificación. Estas tareas producen desechos sólidos no perjudiciales, tales como cartón, plásticos, madera, residuos de metal y vidrio. En mercados como El Salto y el mayorista, se han identificado desechos sólidos urbanos con una producción media de 1,53 kg por vendedor diariamente, empleando el método del cuarteo.

Además, la gestión de desechos y residuos pesados se lleva a cabo sin supervisión técnica ni una adecuada disposición final, lo que favorece el deterioro ambiental y amenaza la salud pública, en áreas periféricas de Latacunga, las escombreras informales no poseen regulación y supervisión[21].

Los estudios actuales en Latacunga han empleado técnicas diversas, fusionando la revisión de literatura, la recolección de datos a través de cuestionarios, entrevistas y observación directa, además de la caracterización técnica de desechos a través del método del cuarteo.

Se ejecuto una metodología colaborativa para la elaboración de estrategias de economía circular en colaboración con recicladores locales. Emplearon instrumentos como entrevistas semiestructuradas, observación y evaluación de los resultados a través de indicadores de impacto social y medioambiental[22]. Esta metodología facilitó la

validación de una propuesta de reutilización de desechos plásticos con una aprobación total de los participantes.

3) BASE METODOLÓGICA

Este estudio se llevó a cabo en donde se utilizaron métodos de búsqueda para la recolección de datos teóricos y referencias bibliográficas, utilizando como fuente de información revistas, artículos y libros de investigación relacionados con el tema y criterios de diversos autores que examinan el contenido del mismo.

Las investigaciones actuales en Latacunga han empleado técnicas combinadas, fusionando métodos cualitativos y cuantitativos para tratar la generación, caracterización y gestión de desechos urbanos no peligrosos. Esta mezcla posibilita una perspectiva completa del fenómeno, teniendo en cuenta tanto los elementos técnicos y cuantificables como la percepción social y el comportamiento de los participantes implicados.

Una de las técnicas más utilizadas ha sido la revisión bibliográfica para entender el contexto legal, técnico y ambiental del manejo de desechos sólidos, junto con instrumentos de recopilación de información como cuestionarios estructurados, entrevistas semiestructuradas, observación directa y formularios técnicos de campo. Estas herramientas facilitan la identificación de la cantidad, tipo, frecuencia de producción y oportunidades para valorar los desechos.

En un enfoque participativo con participantes locales tales como recicladores, vendedores y técnicos del municipio, para elaborar estrategias de economía circular mediante entrevistas, observación directa y validación comunitaria [22]. La técnica del cuarteo para describir los desechos sólidos en el mercado mayorista de Latacunga, fusionándolo con análisis estadísticos descriptivos para calcular los volúmenes producidos.

Además, se han utilizado técnicas como el análisis FODA para detectar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en la administración de desechos, y el mapeo de procesos para determinar los flujos de producción y las rutas de recolección. Estas metodologías simplifican el proceso de toma de decisiones estratégicas en contextos complicados.

A escala internacional, varios estudios sugieren el empleo del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para valorar el efecto ambiental de la reutilización de desechos durante todas las fases de producción. Naciones como Alemania y Suecia lo utilizan en iniciativas de

recuperación energética y valorización de materiales secundarios, evidenciando su efectividad para la toma de decisiones sustentables [23].

Economía circular: es un ciclo de desarrollo constante y positivo que optimiza los, conserva y expande el capital natural los rendimientos de los recursos y reduce las amenazas del sistema, administrando existencias limitadas y flujos renovables. Opera de manera eficaz, independientemente de la escala [24].

Además, sobresalen técnicas como la evaluación multicriterio para elegir opciones de administración, y el benchmarking ambiental, empleado para cotejar prácticas locales con normas internacionales y fomentar mejoras constantes en las compañías [25]. Estas perspectivas potencian el estudio al incorporar elementos económicos, técnicos, sociales y medioambientales.

En este análisis, se sugiere la aplicación de un enfoque combinado que une:

- Evaluación documental de regulaciones, políticas gubernamentales e investigaciones anteriores acerca de desechos urbanos.
- Trabajo en terreno para identificar, categorizar y describir los desechos producidos por el área urbana.
- Implementación de sondeos y conversaciones con representantes de compañías, expertos en medio ambiente y autoridades municipales.
- Evaluación de los resultados a través de matrices comparativas, diagramas estadísticos e instrumentos de diagnóstico como FODA o Ishikawa.

Esta metodología tiene como objetivo asegurar la exactitud del análisis, garantizar la implicación de los participantes locales y formular propuestas técnicas factibles para el reaprovechamiento de desechos sólidos en el cantón Latacunga. Además, facilitará la detección de desigualdades en la infraestructura, formación y acatamiento de normativas, elementos esenciales para la elaboración de estrategias de gestión sostenibles.

4) MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual es un componente crucial de este estudio, pues facilita la definición de las bases teóricas requeridas para entender el problema de la administración y reutilización de residuos sólidos urbanos del cantón Latacunga. A nivel global, naciones como Alemania y Países Bajos han conseguido disminuir en un 10% la producción de desechos industriales a través de políticas de economía circular y responsabilidad ampliada del productor [26]. Mediante el programa Zero Waste Cities, Corea del Sur reutiliza hasta el 25% de desechos industriales no peligrosos, mientras que Suecia logra valoraciones energéticas de hasta el 50%. En Latinoamérica, casos como el de São Paulo incorporan recicladores no formales en el sistema, optimizando la eficiencia y la legitimidad en la gestión de desechos [27].

A nivel nacional, estudios realizados en municipios como Quito, Cuenca y Guayaquil han determinado que los desechos industriales no peligrosos tienden a ser parecidos, dominando los plásticos, cartón, madera y residuos orgánicos. A pesar de que a menudo no se distinguen de los desechos sólidos urbanos, una administración eficaz facilitaría su reincorporación a los ciclos de producción a través de reciclaje, compostaje o valorización energética [28].

En el ámbito local, investigaciones en Latacunga indican que industrias como la agroindustria, metalmecánica, alimentos y construcción producen desechos no tóxicos. En mercados como El Salto, se generan alrededor de 1,53 kg de residuos por vendedor cada día, en cambio, en el sector productivo se reportan hasta 14 304 kg de desechos vítreos aprovechables.

Los desechos más habituales comprenden plásticos, metales, madera, papel y desechos orgánicos. El reciclaje de plásticos para muebles, la fundición de metales, el compostaje de desechos orgánicos, la utilización de madera como biomasa y la reutilización directa de cartón y vidrio, todas estas prácticas están en consonancia con los fundamentos de la economía circular y sus más recientes indicadores a nivel mundial [29].

Esta parte establece los conceptos fundamentales que orientan el análisis y que actuarán como fundamento para la interpretación de la información recolectada y la formulación de propuestas.

4.1 Residuos orgánicos: Se producen en áreas urbanas o vías de desarrollo como consecuencia de su expansión poblacional. La clasificación y composición de estos desechos pueden ser distintas dentro de los diferentes municipios de todo el mundo, tanto biodegradables como no biodegradables, orgánicos e inorgánicos con el objetivo de que no acaben en vertederos sin manejo alguno que los perjudique tanto a las personas como al entorno natural [30].

4.2 Residuos inorgánicos: Representa materia inerte, son generados por industrias y no son biodegradables, se emplean como materia prima reciclada en diversas industria [31].

4.3 Gestión de residuos: Se define como residuo sólido cualquier material que el productor o poseedor tiene la intención de desechar, ya sea porque proviene de un proceso de fabricación, transformación, uso, consumo o limpieza [32].

4.4 Gobernanza inclusiva en gestión de residuos: Los modelos de colaboración múltiple, como los que se han implementado en Europa, incorporan a municipios, empresas, organizaciones no gubernamentales y ciudadanos en las decisiones relacionadas con la infraestructura y los procesos de recolección y tratamiento, potenciando la legitimidad y efectividad de las políticas [33].

4.5 Reutilización: Se trata de reutilizar un material o producto desecho sin la necesidad de someterlo a un proceso industrial complicado. Esta acción posibilita prolongar la durabilidad de los recursos y disminuir el uso de materias primas libres, en consonancia con los fundamentos de la economía circular. Los ejemplos de reutilización comprenden la utilización de pallets, recipientes plásticos o desechos de madera para propósitos productivos nuevos [34].

4.6 Valorización de residuos: Procedimiento en el que los desechos se convierten en nuevos recursos valiosos. La valorización puede ser de carácter material, cuando los desechos se transforman en materias primas secundarias; o energética, cuando se genera energía a través de una incineración regulada. Esta táctica posibilita minimizar la carga sobre los recursos naturales y minimizar la necesidad de los vertederos [35].

4.7 Diagnóstico ambiental participativo: Metodología que implica a la comunidad de manera activa en la detección y estudio de problemas medioambientales, promoviendo soluciones adecuadas y legítimas. Emplea talleres, observación activa, cartografía comunitaria y sistematización de datos en conjunto [36].

4.8 Productos Alternativos: Los productos alternativos, o bienes sustitutos, son aquellos que pueden ser intercambiables entre sí porque satisfacen una misma necesidad del consumidor. Por lo tanto, compiten en el mercado [37].

4.9 Reciclaje: Implica utilizar los materiales varias veces para fabricar otros productos, lo que reduce significativamente el consumo de materias primas. La reutilización de recursos que se han usado en procesos para generar materiales nuevos ayuda a conservar los recursos naturales, dado que se ahorra tiempo, agua y energía que de otro modo se gastarían al fabricarlos con materias primas [38].

4.10 Soluciones ecológicas: Significa diseñar, elaborar o conducir a llevar a cabo acciones o proyectos con la finalidad de avanzar, optimizar o desarrollar algo novedoso e importante [39].

5) HIPÓTESIS (Aplica únicamente para los Proyectos de Investigación)

¿Se podrá identificar y cuantificar los desechos urbanos generados en la ciudad de Latacunga?

La cantidad y la clase de residuos urbanos que se producen en Latacunga podrán determinarse a través de inspecciones técnicas, entrevistas al personal a cargo del manejo de residuos y el análisis de documentos, lo cual permitirá caracterizar los tipos y volúmenes de residuos generados.

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1 Tipos de investigación

4.1.2 Investigación bibliográfica

Esta investigación fue el punto de partida para la realización del trabajo, que se llevó a cabo mediante revisiones bibliográficas de libros, revistas, documentos electrónicos y artículos científicos. El problema de la ausencia de clasificación de residuos sólidos se puede determinar gracias a la información recopilada, lo cual posibilita obtener una visión más clara y completa acerca del tema en investigación.

4.1.3 Investigación de campo

En el cantón de Latacunga se tiene una cultura de no recolección, en la que los transeúntes desechan residuos sin considerar el efecto que esto causa si no se manejan a tiempo. Se recopilaron datos para comprender el impacto ambiental y mitigarlo. Al realizar las actividades pertinentes en la entidad reguladora, EPAGAL, se procederá a realizar un muestreo en el relleno sanitario y observar los camiones que entran por la madrugada, así como los diversos artículos y materiales que son desechados por los habitantes de la zona urbana de Latacunga.

4.2 Método

4.2.1 Método del cuarteo

El método del cuarteo es una técnica sencilla y práctica utilizada en química, ingeniería civil, gestión de residuos y análisis de suelos para obtener una muestra representativa y homogénea a partir de un material grande. Su objetivo es reducir el volumen sin perder representatividad, evitando sesgos. Consiste en dividir la muestra en cuatro partes iguales y seleccionar dos opuestas al azar, minimizando errores. Está respaldado por la Norma Mexicana (NMX-AA-15-1985) y se aplica en laboratorios, campo y análisis ambientales [40].

La importancia del método consiste en disminuir una muestra voluminosa a un tamaño manejable y dividirla en partes iguales, para realizar y evaluar los ensayos.

4.2.2 Procedimiento

- Para ejecutar este método se necesita la participación de al menos dos personas que participen en la misma.
- Se prepara el tipo de herramientas y EPPS para la muestra requerida.
- El contenido de dicha muestra de 3160 Kg el cual se vacía formando un montón sobre un área plana. Anexo 6
- El montón de residuos sólidos se homogeniza con pala estos se dividen en cuatro partes iguales de 790 Kg, Anexo 7 denominándolas A, B, C y D eliminando las partes opuestas B y D o A y C, repitiendo esta operación se obtuvo 197.5 Kg que fueron manipulables para la muestra. Anexo 8
- De las partes eliminadas se obtiene la muestra final por consiguiente se realiza su clasificación de cada tipo de producto. Anexo 9 [40].

4.3 Técnicas

4.3.1 Observación

Mediante la visita a EPAGAL (relleno sanitario), se pudo constatar de manera directa la acumulación de basura y detectar así el problema en que los residuos reciclables terminan perdidos en los rellenos, lo cual es una consecuencia para el medio ambiente en el futuro.

4.3.2 Entrevista

Con el fin de recopilar información acerca de los residuos sólidos anuales y su clasificación, se llevará a cabo una entrevista con el analista de control y gestión ambiental de EPAGAL. Asimismo, nos permitirá comprender cómo es la situación contemporánea en términos de la categorización de los residuos sólidos en las áreas urbanas durante la recolección. Anexo 1 al 5 (Alex Batallas Changoluisa Analista De Control Y Gestión Ambiental)

4.4 Materiales y equipos

4.4.1 Equipos de protección personal Anexo 10

- Zapatos de seguridad
- Casco de seguridad
- Gafas
- Guantes

- Mascarillas con filtro
- Ropa de seguridad

4.4.2 Materiales Anexo 11

- Libreta
- Esferos
- Rastrillo
- Palas
- Recipiente plástico

4.4.3 Equipos Anexo 12

- Balanza
- Calculadora
- Celulares (cámara fotográfica)
- Computadora
- Impresora
- GPS
- Automóvil

4.5 Población

La población corresponde al total de habitantes de la ciudad de Latacunga es decir la zona urbana, mientras que la muestra se toma en cuenta de los recolectores de basura ingresados en el relleno sanitario.

4.5.1 Cálculo de la producción per cápita

La producción per cápita establece la cantidad total de desechos sólidos que se recogen por habitante en un determinado lugar mediante la fórmula (PPC) que se muestra en la Ecuación 1 [41].

Se calculará el valor utilizando los datos obtenidos del muestreo que se llevará a cabo.

La fórmula que se empleará es la siguiente:

Ecuación 1. Producción per cápita

	$PPC = \frac{\text{Kg Recolectados de residuos solidos anuales}}{\# \text{ habitantes} * \text{año}}$	(1)
--	---	-----

Donde;

PPC: Producción per cápita (kg/hab/añual)

Cantidad: Peso generado de residuos sólidos anuales

Población: Número total de habitantes de la zona urbana

Para la producción per cápita si se tomó datos de campo además de una revisión fundamental con el gerente de EPAGAL facilitando los datos recolectados anualmente por la entidad.

La producción per cápita es 0.778 (kg/hab/día) por residuos sólidos es decir residuos sólidos recolectados en el año 2024: 21953.75 toneladas, es decir, 284.1 kg al día y la población urbana del cantón Latacunga: 77.267 habitantes.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Resultados del objetivo 1

La zona de estudio de esta investigación se encuentra ubicada en toda la zona urbana de la ciudad de Latacunga está constituida por sus parroquias urbanas: La matriz, Eloy Alfaro (San Felipe), Ignacio flores (La Laguna), Juan Montalvo (San Sebastián) y San Buenaventura como se puede evidenciar en la Figura 1, en la cual se realizan procesos de barrido, recolección, almacenamiento temporal, transporte y disposición final de los desechos generados en el cantón de igual manera se realizan mingas. Para la recolección de los residuos EPAGAL, tiene 1.425 contenedores los cuales 541 son destinados para zona urbana y 5 camiones recolectores de carga lateral. El horario en la región occidental es de 7:30 am a 4:00 pm, debido a que hay menos densidad poblacional, calles más anchas y la recolección no interfiere con el desplazamiento de las personas. cubriendo el 90% de la avenida en la que el camión puede hacer su recorrido técnicamente. Esto se debe a que los vehículos que componen la flota de EPAGAL han llegado al final de su vida útil y sus mantenimientos son cada vez más costosos, lo cual provoca una menor confiabilidad operativa.

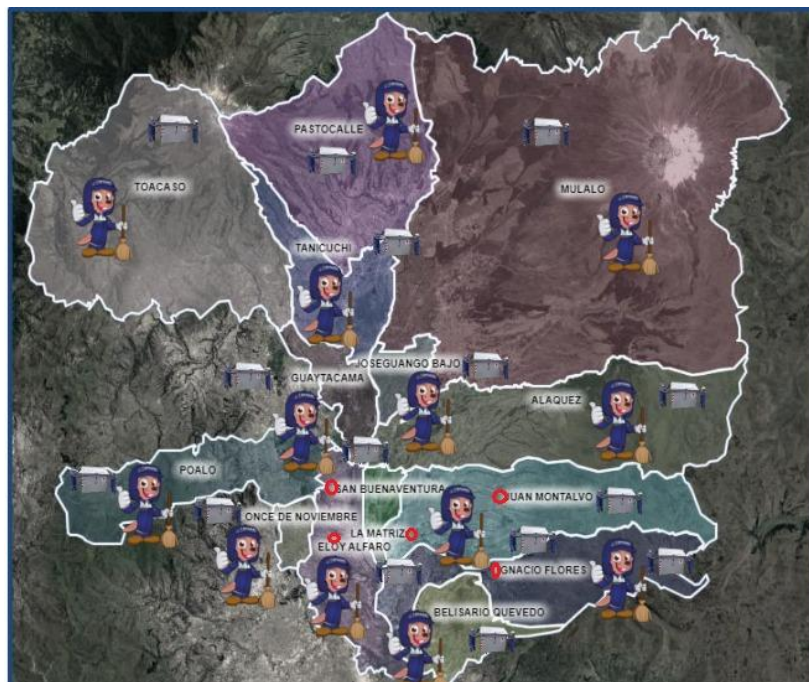


Fig. 1. Delimitación de la zona de estudio[42]

La Tabla 4 presenta las rutas de recolección de basura en Latacunga, mostrando tipo de servicio, recorrido, contenedores, cobertura y personal asignado.

Tabla 4. Rutas del servicio de la zona urbana[43]

RUTAS DE RECOLECCIÓN	TIPO	NOMBRE DE RUTA	DESCRIPCIÓN DE LA RUTA	CANTIDAD (km)	CONTENEDORES	%	PERSONAL
Zona Urbana	Carga lateral	Ruta Oriental	Cdla. Los Molinos, Mario Mogollón, Niagara, Unidad Nacional, Ashpa Cruz, Las Bathlemitas, Cdla. El Bosque, El Loreto, Sector Patronato, Cdla. San Carlos, Av. Rumiñahui, Sector La Laguna, Loco, Vía Palopo, Calle 11 de Nov.; Gualundun, La Cocha, Av. Amazonas Norte, Bellavista, Puente de Alaquez.	103,9	186	13%	4
Zona Urbana	Carga lateral	Ruta Occidental	Las Acacias, Cdla. Patria, Vía Salache, Cdla. Vasconez Cuvi, Atrás de ASSA, Barrio Rumipamba, Av. Marco Aurelio Subia, Cdla. Chofer, Las Fuentes, Los Nevados, Maldonado Toledo, Sector el Moll, San Felipe, Mercado Mayorista, Nueva Vida, Cdla. El Carmen, Melchor de Benavides, Bolivia y Cuba.	93,1	174	12%	3
Zona Urbana	Carga lateral	Ruta Nocturna	Calle Quito desde la Cristobal Cepeda hasta la Av. Rumiñahui, Sanchez de Orellana, Hospital General, Euclides Salazar, Plazoleta La Laguna, Av. Atahualpa, Juan Abel Echeverria, Av. Oriente, Calle Napo, Calixto Pino, Cementerio.	75,3	181	13%	3

5.1.1 Ubicación

Latacunga, situada en Ecuador, es la ciudad más poblada y extensa del país; además de ser la capital de la provincia Cotopaxi y el centro cantonal de Latacunga. También se le conoce como San Vicente Mártir de Latacunga. La región interandina de Ecuador, en la hoya del río Patate, está situada al centro-norte y a una altitud de 2860 metros sobre el nivel del mar. En esta zona se encuentran los ríos Cutuchi y Pumacunchi, y la temperatura promedio es de 13,6 °C.

5.1.2 Actividad económica

Latacunga es una ciudad que se encuentra en la parte central de Ecuador, y tiene una ubicación privilegiada circunstancia geográfica, cerca de los más importantes centros de crecimiento nacional, lo cual le posibilita ser un punto estratégico para las industrias locales e internacionales.

La Tabla 5 presenta la categorización de las áreas urbanas de Latacunga en función de su actividad económica, los subtipos de desechos producidos y su naturaleza; así se ofrece una descripción de los mayores productores de residuos en cada zona.

Tabla 5. Sectores con localización y clase de actividad

ZONA URBANA	LOCALIZACIÓN	CLASE DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	SUBTIPOS	TIPO DE DESECHO	DESCRIPCIÓN
La Matriz	Zona central	Comercio y servicios turísticos	Desperdicio de alimentos, frutas, verduras	Desechos orgánicos	Comercio minorista y mayorista, instituciones públicas, hoteles, hostales, transporte, restaurantes y servicios financieros.
Eloy Alfaro (San Felipe)	Zona norte-centro	Comercio y manufactura	Plásticos, papel, cartón, vidrio, metales	Desechos inorgánicos reciclables	Talleres textiles, pequeñas y medianas empresas empresa de alimentos procesados, negocios, bodegas y servicios técnicos.
Ignacio Flores (La Laguna)	Zona occidental	Comercio e Industria	Bolsas plásticas, envoltorios, envases Tetra Pak	Desechos de envases y empaques	Mercados, agroindustrias lechera, ganadera, minería y metalúrgicas tiendas de barrio e ingeniería pirotecnia.
Juan Montalvo (San Sebastián)	Zona sur	Comercio y servicios	Pañales, toallas sanitarias, residuos higiénicos, tanques de aceite automotriz	Desechos peligrosos domésticos	Restaurantes, transporte, comercio barrial, agricultura y ganadería, metalurgia, florícolas, minería de caliza, agroindustria y fabricación de muebles.
San Buenaventura	Zona oriental	Comercio, Turismo y Gastronomía	Residuos biológicos, químicos, industriales	Desechos especiales	Tiendas minoristas, servicios básicos. Agricultura, ganadería, industria y emprendimientos locales. Centros de salud, talleres, pequeñas industrias.

En la Tabla 5, ilustra la correlación entre las regiones urbanas, los tipos de residuos producidos y las actividades económicas más comunes. En la región centro, los residuos orgánicos vinculados al comercio y al turismo son los que predominan; en la zona norte-centro, por sus actividades comerciales y manufactureras, se producen mayormente residuos reciclables inorgánicos. Los desechos peligrosos domésticos que provienen de actividades comerciales y de servicios son los que se observan en la zona sur, a diferencia de la zona occidental, donde se generan residuos de empaques y envases relacionados con el comercio e industria. Por último, en la parte oriental se producen residuos especiales de tipo químico, biológico e industrial, que están vinculados con el comercio, el turismo y las actividades productivas locales.

5.2 Resultados del objetivo 2

En la ecuación 2 se muestra el cálculo para la obtención del per cápita (PPC) de las zonas urbanas del cantón Latacunga.

Ecuación 2. Producción per cápita

$$PPC = \frac{\text{Kg Recolectados de RS}}{\# \text{ Habitantes} * \text{día}} \quad (2)$$

La PPC obtenida durante 5 días de muestreo en el relleno sanitario de EPAGAL es de 0.76 kg/ día habitante ya que su peso total es de 58930 kg y su número de habitantes es de 77.267 habitantes.

Pesaje de camiones recolectores

Se expone a continuación el pesaje de los camiones desde el 20 de octubre hasta el 24 del mismo mes 2025. Para ello, se entrevistó a los guardias de seguridad del establecimiento, quienes son responsables de registrar el pesaje de los camiones, la hora y la procedencia de los camiones recolectores. Anexo 13.

En la Tabla 6 se da a conocer los resultados del pesaje del camión número 1 que se realizó el 20 de octubre del 2025 a las 6 de la mañana.

Tabla 6. Resultado del camión recolector No. 1

RECOLECTOR N° 1	
RESIDUOS ENCONTRADOS	PESAJE EN GRAMOS
Madera	7530
Orgánico	23330
Metal	1976
Cartón	3150
Plástico	24302
Papel	3500
Botellas plásticas	2000
Vidrio	5635
Tela	11430
No reutilizables	114647
Total	197500

En la Tabla 7 se da a conocer los resultados del pesaje del camión número 2 que se realizó el 21 de octubre del 2025 a las 6 de la mañana.

Tabla 7. Resultado del camión recolector No. 2

RECOLECTOR N° 2	
RESIDUOS ENCONTRADOS	PESAJE EN GRAMOS
Madera	8974
Orgánico	3000
Metal	1500
Cartón	4000
Plástico	72918
Papel	23560
Botellas plásticas	3494
Vidrio	5745
Tela	64490
No reutilizables	339819
Total	527500

En la Tabla 8 se da a conocer los resultados del pesaje del camión número 3 que se realizó el 22 de octubre del 2025 a las 6 de la mañana.

Tabla 8. Resultado del camión recolector No. 3

RECOLECTOR N° 3	
RESIDUOS ENCONTRADOS	PESAJE EN GRAMOS
Madera	2000
Orgánico	120765
Metal	3025
Cartón	9173
Plástico	49003
Papel	21851
Botellas plásticas	11716
Vidrio	16800
Tela	8636
No reutilizables	346431
Total	589400

En la Tabla 9 se da a conocer los resultados del pesaje del camión número 4 que se realizó el 23 de octubre del 2025 a las 6 de la mañana.

Tabla 9. Resultado del camión recolector No. 4

RECOLECTOR N° 4	
RESIDUOS ENCONTRADOS	PESAJE EN GRAMOS
Madera	6650
Orgánico	356760
Metal	2030
Cartón	9168
Plástico	33866
Papel	40340
Botellas plásticas	7515
Vidrio	4410
Tela	22100
No reutilizables	94661
Total	577500

En la Tabla 10 se da a conocer los resultados del pesaje del camión número 5 que se realizó el 24 de octubre del 2025 a las 6 de la mañana.

Tabla 10. Resultado del camión recolector No. 5

RECOLECTOR N° 5	
RESIDUOS ENCONTRADOS	PESAJE EN GRAMOS
Madera	8325
Orgánico	35675
Metal	1455
Cartón	11180
Plástico	11535
Papel	2655
Botellas plásticas	3095
Vidrio	7475
Tela	31975
No reutilizables	136630
Total	250000

Resultado total del muestreo de los camiones recolectores

En la Tabla 11 se muestra el resultado final de la suma de todos los 5 muestreos nos da un valor de 2141.9 Kg.

Tabla 11. Resultado total del muestreo

Resultado total del muestreo		
Camiones recolectores	Peso (g)	Peso (Kg)
N°1	197500	197,5
N°2	527500	527,5
N°3	589400	589,4
N°4	577500	577,5
N°5	250000	250
TOTAL	2141900	2141,9

En la Tabla 12 se observa el pesaje mensual de todos los meses del año, al igual que el pesaje total anual.

Tabla 12. Control del peso del año 2020

RESIDUOS SÓLIDOS 2020				
ITEM	MES	Kg/MES	TON/MES	TON/AÑO
1	Enero	1.614.680	1614,68	17528,25
2	Febrero	1.250.510	1250,51	
3	Marzo	2.276.970	2276,97	
4	Abril	1733550	1733,55	
5	Mayo	1299750	1299,75	
6	Junio	1742940	1742,94	
7	Julio	832230	832,23	
8	Agosto	1120200	1120,2	
9	Septiembre	1350420	1350,42	
10	Octubre	1530670	1530,67	
11	Noviembre	1120880	1120,88	
12	Diciembre	1655450	1655,45	

Fuente: Relleno Sanitario EPAGAL. Anexo 1

En la Tabla 13 se evidencian los residuos sólidos evaluados con respecto a sus pesajes totales y porcentaje de cada artículo por año, en este caso el año 2020.

Tabla 13. Evaluación de residuos sólidos 2020

TOTAL, MUESTREO (Kg)	Producto Identificado	% POR ARTICULO	Kg/AÑO	TON/MES
6695,8	Madera	2%	273975,57	273,98
107906	Orgánico	25%	4415246,61	4415,25
1997,2	Metal	0%	81720,48	81,72
7334,2	Cartón	2%	300097,32	300,10
38324,8	Plástico	9%	1568156,02	1568,16
18381,2	Papel	4%	752113,24	752,11
5564	Botellas plásticas	1%	227665,12	227,67
8013	Vidrio	2%	327872,14	327,87
27726,2	Tela	6%	1134487,52	1134,49
206437,6	No reutilizables	48%	8446915,97	8446,92
428,38		100%	17528250	17528,25

En la Tabla 14 se observa el pesaje mensual de todos los meses del año al igual que el pesaje total anual.

Tabla 14. Control del peso del año 2021

RESIDUOS SÓLIDOS 2021				
ITEM	MES	Kg/MES	TON/MES	TON/AÑO
1	Enero	1127920	1127,92	16737,72
2	Febrero	1047380	1047,38	
3	Marzo	1378890	1378,89	
4	Abril	1034330	1034,33	
5	Mayo	1313530	1313,53	
6	Junio	1963411	1963,41	
7	Julio	1265842	1265,84	
8	Agosto	1447070	1447,07	
9	Septiembre	1406520	1406,52	
10	Octubre	1553925	1553,93	
11	Noviembre	1310827	1310,83	
12	Diciembre	1888072	1888,07	

Fuente: Relleno Sanitario EPAGAL. Anexo 2

En la Tabla 15 se evidencian los residuos sólidos evaluados con respecto a sus pesajes totales y porcentaje de cada artículo por año, en este caso el año 2021.

Tabla 15. Evaluación de residuos sólidos 2021

TOTAL, MUESTREO (Kg)	Producto Identificado	% POR ARTICULO	Kg/AÑO	TON/MES
66,958	Madera	2%	261619,14	261,62
1079,06	Orgánico	25%	4216116,74	4216,12
19,972	Metal	0%	78034,85	78,03
73,342	Cartón	2%	286562,78	286,56
383,248	Plástico	9%	1497431,38	1497,43
183,812	Papel	4%	718192,55	718,19
55,64	Botellas plásticas	1%	217397,30	217,40
80,13	Vidrio	2%	313084,94	313,08
277,262	Tela	6%	1083321,56	1083,32
2064,376	No reutilizables	48%	8065955,76	8065,96
4283,8		100%	16737717,00	16737,72

En la Tabla 16 se observa el pesaje mensual de todos los meses del año al igual que el pesaje total anual.

Tabla 16. Control del peso del año 2022.

RESIDUOS SÓLIDOS 2022				
ITEM	MES	Kg/MES	TON/MES	TON/AÑO
1	Enero	1297174	1297,17	16176,65
2	Febrero	1228045	1228,05	
3	Marzo	1531250	1531,25	
4	Abril	1374060	1374,06	
5	Mayo	1364270	1364,27	
6	Junio	1157992	1157,99	
7	Julio	1354218	1354,22	
8	Agosto	1337370	1337,37	
9	Septiembre	1496270	1496,27	
10	Octubre	1194070	1194,07	
11	Noviembre	1336679	1336,68	
12	Diciembre	1505250	1505,25	

Fuente: Relleno Sanitario EPAGAL. Anexo 3

En la Tabla 17 se evidencian los residuos sólidos evaluados con respecto a sus pesajes totales y porcentaje de cada artículo por año, en este caso el año 2022.

Tabla 17. Evaluación de residuos sólidos 2022

TOTAL, MUESTREO (Kg)	Producto Identificado	% POR ARTICULO	Kg/AÑO	TON/MES
6,6958	Madera	2%	252849,34	252,85
107,906	Orgánico	25%	4074787,29	4074,79
1,9972	Metal	0%	75419,02	75,42
7,3342	Cartón	2%	276956,84	276,96
38,3248	Plástico	9%	1447235,63	1447,24
18,3812	Papel	4%	694117,84	694,12
5,564	Botellas plásticas	1%	210109,88	210,11
8,013	Vidrio	2%	302589,94	302,59
27,7262	Tela	6%	1047007,28	1047,01
206,4376	No reutilizables	48%	7795574,93	7795,57
428,38		100%	16176648	16176,65

En la Tabla 18 se observa el pesaje mensual de todos los meses del año al igual que el pesaje total anual.

Tabla 18. Control del peso del año 2023

RESIDUOS SÓLIDOS 2023				
ITEM	MES	Kg/MES	TON/MES	TON/AÑO
1	Enero	2825383	2825,38	30297,99
2	Febrero	2208525	2208,53	
3	Marzo	2435616	2435,62	
4	Abril	2221410	2221,41	
5	Mayo	2595585	2595,59	
6	Junio	2583070	2583,07	
7	Julio	2551110	2551,11	
8	Agosto	2597740	2597,74	
9	Septiembre	2005090	2005,09	
10	Octubre	2301190	2301,19	
11	Noviembre	2245439	2545,44	
12	Diciembre	3427820	3427,82	

Fuente: Relleno Sanitario EPAGAL. Anexo 4

En la Tabla 19 se evidencian los residuos sólidos evaluados con respecto a sus pesajes totales y porcentaje de cada artículo por año, en este caso el año 2023.

Tabla 19. Evaluación de residuos sólidos 2023

TOTAL, MUESTREO (Kg)	Producto Identificado	% POR ARTICULO	Kg/AÑO	TON/MES
6,6958	Madera	2%	468883,84	468,88
107,906	Orgánico	25%	7556286,04	7556,29
1,9972	Metal	0%	139857,05	139,86
7,3342	Cartón	2%	513588,80	513,59
38,3248	Plástico	9%	2683753,93	2683,75
18,3812	Papel	4%	1287172,21	1287,17
5,564	Botellas plásticas	1%	389627,78	389,63
8,013	Vidrio	2%	561122,83	561,12
27,7262	Tela	6%	1941570,42	1941,57
206,4376	No reutilizables	48%	14456115,09	14456,12
428,38		100%	29997978	29997,98

En la Tabla 20 se observa el pesaje mensual de todos los meses del año al igual que el pesaje total anual.

Tabla 20. Control del peso del año 2024

RESIDUOS SÓLIDOS 2024				
ITEM	MES	Kg/MES	TON/MES	TON/AÑO
1	Enero	1312390	1312,39	21953,75
2	Febrero	1906460	1906,46	
3	Marzo	2179430	2179,43	
4	Abril	2080200	2080,2	
5	Mayo	1970800	1970,8	
6	Junio	2120000	2120	
7	Julio	2030330	2030,33	
8	Agosto	2019340	2019,34	
9	Septiembre	1616200	1616,2	
10	Octubre	1616200	1616,2	
11	Noviembre	1306500	1306,5	
12	Diciembre	1795900	1795,9	

Fuente: Relleno Sanitario EPAGAL. Anexo 5

En la Tabla 21 se evidencia los residuos sólidos evaluados con respecto a sus pesajes totales y porcentaje de cada artículo por año, en este caso el año 2024.

Tabla 21. Evaluación de residuos sólidos 2024

TOTAL, MUESTREO (Kg)	Residuos Identificado	% POR ARTICULO	Kg/AÑO	TON/MES
6,6958	Madera	2%	343148,4179	343,15
107,906	Orgánico	25%	5529999,877	5530,00
1,9972	Metal	0%	102353,1199	102,35
7,3342	Cartón	2%	375865,3374	375,87
38,3248	Plástico	9%	1964081,138	1964,08
18,3812	Papel	4%	942005,3912	942,01
5,564	Botellas plásticas	1%	285145,5834	285,15
8,013	Vidrio	2%	410652,6886	410,65
27,7262	Tela	6%	1420920,826	1420,92
206,4376	No reutilizables	48%	10579577,62	10579,58
428,38		100%	21953750	21953,75

En la Tabla 22 se evidencia los residuos sólidos evaluados de acuerdo a sus características y pesajes desde el año 2020 al 2024.

Tabla 22. Promedio general 2020-2024

Producto Identificado	2020 (TON)	2021 (TON)	2022 (TON)	2023 (TON)	2024 (TON)	Dato por años evaluados en TON
Madera	273,98	261,62	252,85	468,88	343,15	1600,48
Orgánico	4415,25	4216,12	4074,79	7556,29	5530,00	25792,44
Metal	81,72	78,03	75,42	139,86	102,35	477,38
Cartón	300,10	286,56	276,96	513,59	375,87	1753,07
Plástico	1568,16	1497,43	1447,24	2683,75	1964,08	9160,66
Papel	752,11	718,19	694,12	1287,17	942,01	4393,60
Botellas plásticas	227,67	217,40	210,11	389,63	285,15	1329,95
Vidrio	327,87	313,08	302,59	561,12	410,65	1915,32
Tela	1134,49	1083,32	1047,01	1941,57	1420,92	6627,31
No reutilizables	8446,92	8065,96	7795,57	14456,12	10579,58	49344,14
TOTAL, ANUAL	17528,25	16737,72	16176,65	29997,98	21953,75	102394,34
Promedio por año						20478,87

5.2.1 Resultado del método de cuarteo

Para este método, se dividió el área en cuatro cuadrantes (A, B, C y D), de los cuales se pesaron los cuadrantes B y C, mientras que la clasificación se realizó en los cuadrantes A y D, donde se identificaron los residuos sólidos y sus subproductos, como se muestra en la Tabla 23:

Tabla 23. Residuos sólidos identificados con su descripción

RESIDUOS	DESCRIPCIÓN
Plásticos	Fundas, vasos desechables, fundas lácteas, juguetes. (HDPE, LDPE, PP)
Botellas plásticas	Botellas PET
Papel	Libros, cuadernos, periódicos, papelotes.
Cartón	Cubeta de huevos, cartones, cajones, carpetas, cartulina.
Madera	Cajas, cajones, tablas, muebles, tiras.
Vidrio	Botellas, espejos, frascos de vidrio, parabrisas.
Textiles(tela)	Prendas de vestir, retazos de textilerías, franelas, multicolores, muñecos, colchón.
Metal	Acero al carbono, latas, varillas.
Desechos orgánicos	Frutos secos, frutos frescos, fruta en mal estado, hierba, pétalos de flores, huevos en mal estado, huesos y espinas, carne en descomposición, plumas de aves.
Desechos no reutilizables	Pañales, botellas energizantes, medicamentos, colillas de cigarrillo, cabellos, prueba de embarazo, mascarillas.

La clasificación preferente de botellas de PET transparentes en comparación con las de color se debe, sobre todo, a restricciones técnicas, financieras y relacionadas con la calidad del material reciclado. La separación del PET en los sistemas industriales de reciclaje se lleva a cabo con tecnologías ópticas de clasificación, como los sensores NIR (infrarrojo cercano). Estos dispositivos operan mejor con recipientes transparentes o de tonalidades claras, mientras que los colores oscuros o intensos disminuyen la exactitud de detección y aumentan las equivocaciones en la clasificación. Asimismo, los colorantes que se añaden al PET no pueden ser eliminados durante el proceso de reciclaje mecánico, lo cual hace que el material reciclado tenga colores marrones o grises cuando se combinan, lo que restringe su uso en aplicaciones de gran valor como nuevos empaques

para alimentos[44]. Por lo tanto, el PET reciclado transparente (PET) tiene un valor y una demanda más altos en el mercado, dado que posibilita una mayor versatilidad de uso. Por otro lado, el PET de color generalmente se utiliza para productos con un menor valor agregado; esto afecta la rentabilidad del proceso e incentiva a las plantas de reciclaje a dar prioridad a la recuperación de botellas transparentes.

5.2.2 Resultado del análisis de Pareto

En la Tabla 24, se observa el análisis realizado con los datos sobre la generación anual de residuos sólidos en la zona estudiada, en el cual un porcentaje importante de desechos no pueden ser reciclados o necesitan tratamientos particulares que quedan fuera del alcance de este estudio. Ciertamente, los desechos considerados como "no reutilizables" constituyen el 48 % del total, y los residuos de origen orgánico representan otro 25 % del volumen total de basura producida cada año.

La propuesta no incorpora a estos grupos en su enfoque principal, dado que los residuos no reutilizables se clasifican debido a su mezcla de componentes, complejidad material, peligros sanitarios, suciedad o escasa calidad técnica o económica para su reciclaje convencional. y los orgánicos pasan por un proceso de descomposición mediante la compactación por capas, que es lo que emplea EPAGAL y que se ve reflejado en el sitio. El tratamiento de estos residuos no utilizados se convierte en gas metano, el cual es liberado al medio ambiente a causa de la descomposición anaeróbica [45].

Tabla 24. Producción anual de residuos sólidos por clase de desecho en el área urbana del cantón Latacunga

Producto Identificado	Dato por años evaluados (TON)	Porcentaje
No reutilizables	49344,14	48%
Orgánico	25792,44	25%
Plástico	10490,60	10%
Tela	6627,31	6%
Papel	4393,60	4%
Vidrio	1915,32	2%
Cartón	1753,07	2%
Madera	1600,48	2%
Metal	477,38	0%

La Tabla 25 presenta la clasificación y cuantificación anual de los residuos sólidos reutilizables generados en la zona de estudio.

Tabla 25. Clasificación y cuantificación de residuos sólidos reutilizables generados anualmente en la zona de estudio

Producto Identificado	Dato por años evaluados (TON)	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Plástico	10490,60	0,38	38%
Tela	6627,31	0,24	63%
Papel	4393,60	0,16	79%
Vidrio	1915,32	0,07	86%
Cartón	1753,07	0,06	92%
Madera	1600,48	0,06	98%
Metal	477,38	0,02	100%

En la Tabla 25, se determinó que los plásticos representan la fracción más significativa dentro de los residuos con potencial para ser reutilizados, al concentrar el análisis en esta categoría, ya que 10 490,60 toneladas anuales corresponden al 38 % de los materiales evaluados como reutilizables. Debido a que el plástico es el material con la mayor parte de residuos aprovechables, así como un recurso con un alto potencial para ser reciclado y recuperado, tanto en términos económicos como ambientales, su predominancia justifica su elección como la materia prima principal para la propuesta [46].

En el análisis de desechos urbanos presentado en la Figura 2, se observa que el plástico es el tipo de residuo más abundante, seguido por papel y tela, que representan la mayor parte de los residuos producidos. El vidrio, la madera y el cartón están presentes en menor cantidad, mientras que el metal es la fracción más pequeña. La curva del porcentaje acumulado muestra que los tres primeros tipos de residuos representan casi la mayor parte total, lo que señala que deben ser priorizados en las tácticas de reciclaje, gestión y disminución de residuos.

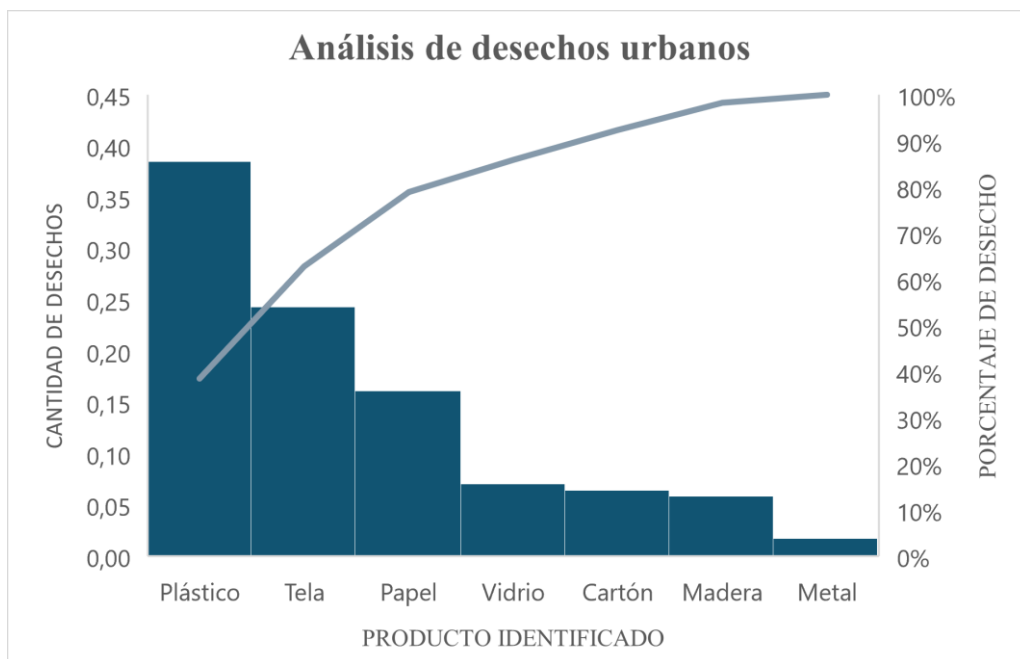


Fig. 2. Análisis de Pareto

5.2.2 Evolución y variación anual de los desechos sólidos urbanos en Latacunga

Para examinar el comportamiento de la producción de residuos sólidos urbanos en la región estudiada, se llevó a cabo un análisis de los registros anuales del período 2020-2024, administrados por la Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental de Latacunga (EPAGAL). Este análisis posibilita reconocer la fluctuación interanual en el volumen de desechos recolectados y establecer los momentos de aumento o disminución en la producción de residuos sólidos urbanos.

La Tabla 26, ilustra la fluctuación en la generación de residuos sólidos urbanos que EPAGAL maneja entre el año 2020 y el año 2024.

Tabla 26. Variaciones anuales en la generación de residuos sólidos urbanos (2020-2024)

Año	ton/año	Evaluador	
2020	17528,25	0	crecimiento
2021	16737,72	-790,53	decrecimiento
2022	16176,65	-561,07	decrecimiento
2023	30297,99	14121,34	crecimiento
2024	21953,75	-8344,24	decrecimiento
Total	102694,36		

Nota: Entre los años 2021 y 2022, se nota un descenso paulatino, después hay un aumento notable en 2023 y posteriormente una baja en 2024.

En la Figura 3, se muestra el cambio anual de los residuos urbanos administrados por EPAGAL entre 2020 y 2024, lo que muestra que la producción de desechos se mantiene más o menos constante entre 2020 y 2022, con cifras próximas a las 16.000–17.000 toneladas. La reactivación postpandemia ha provocado un aumento significativo en 2023, alcanzando cerca de 30,000 toneladas. Esto se debe a la acogida de la fiesta cultural de la Mama Negra en Latacunga, que atrae aproximadamente a 300,000 turistas propios y extraños, lo que conlleva un enorme incremento en los residuos en el relleno sanitario. En 2024 hay una baja, aunque las cifras siguen siendo más altas que en los primeros años estudiados porque EPAGAL impulsó campañas como "Latacunga Renace Limpia". La tendencia muestra un aumento general en la producción de residuos urbanos durante el tiempo analizado.

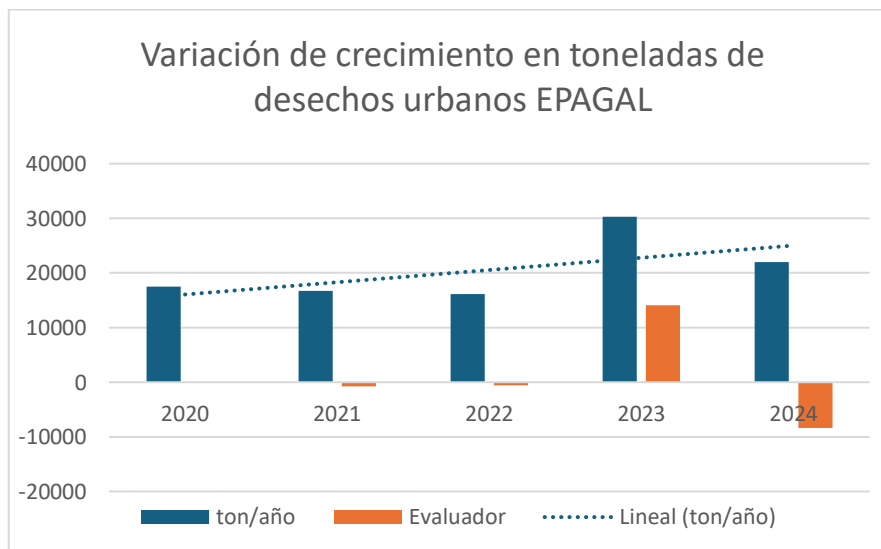


Fig. 3. Comportamiento anual de la generación de desechos sólidos urbanos en Latacunga.

Resultado del objetivo 3

5.3 Elaboración de una propuesta

5.3.1 Introducción

El desarrollo de un Estudio de los Desechos Urbanos para la Reutilización de Productos Alternativos se basa en el principal fundamento de la recolección de datos y las dificultades establecidas en un área privada como el relleno sanitario EPAGAL, tiene como objetivo encontrar opciones que contribuyan a la gestión de residuos producir productos alternativos y disminuir así el impacto ambiental.

En el relleno sanitario de Latacunga EPAGAL no hay una cultura de reciclaje en sus instalaciones, ya sea por desinterés, falta de recursos y logística o por ignorancia. Esto provoca un gran efecto en el medio ambiente y consecuencias futuras como el colapso del relleno.

3, este documento servirá como guía para implementar un sistema de aprovechamiento de residuos plásticos (HDPE, LDPE y PP) para transformarlos en productos alternativos.

5.3.2 Alcance

El presente Estudio de los Desechos Urbanos para la Reutilización de Productos Alternativos está basado en la realidad del relleno sanitario del Cantón Latacunga, el mismo que ayudara como orientación para el adecuado manejo de los residuos sólidos de su disposición final para la prevención de impactos ambientales y gestión municipal.

5.3.3 Objetivo

Desarrollar un plan de aprovechamiento sostenible que transforme el plástico post consumo en artículos útiles, lo cual disminuiría notablemente la contaminación ambiental y fomentaría una economía circular en las áreas urbanas del Cantón Latacunga.

5.3.4 Análisis FODA

Se considera un análisis FODA, para los eventos externos e internos del Estudio de los Desechos Urbanos para la Reutilización de Productos Alternativos, se muestra a continuación en el análisis FODA [47].



Fig. 4. Análisis FODA

Fortaleza

El reciclaje tiene diversas ventajas importantes que fomentan una cultura del éxito. Estos son: la creación de mercados para materiales reciclados, lo cual genera oportunidades económicas; el fomento de la innovación en una producción sostenible; y el estímulo a una cultura del reciclaje que promueve la conciencia ambiental. Por último, el reciclaje posibilita reducir y aprovechar los residuos sólidos en el relleno.

Debilidades

A pesar de los beneficios que estas presentan, se dificultan la implementación y eficiencia por el desconocimiento de información sobre las buenas prácticas de reciclaje y los beneficios ambientales; pueden limitar la participación de todo aquel que lo involucra. Además, el desinterés de la administración pública y privada en promover puede obstaculizar la inversión en infraestructura.

Oportunidad

El reciclaje representa muchas oportunidades prometedoras que generan crecimiento sostenible mediante alianzas estratégicas entre empresas y organizaciones no gubernamentales que producen la economía circular, buscando minimizar recursos y maximizar su uso, ofreciendo un marco conceptual y práctico para el reciclaje como parte

fundamental de un sistema económico más sostenible. El financiamiento público y privado puede ayudar a facilitar la infraestructura y tecnología para su sensibilización.

Amenaza

El reciclaje enfrenta una serie de amenazas que pueden frenar la viabilidad y el éxito. La competencia de otras opciones de gestión de residuos, como la incineración, puede reducir la demanda de materiales reciclados, lo que afecta a su rentabilidad. También afecta la fluctuación del mercado; los materiales reciclados pueden afectar precios y rentabilidad en el reciclaje. Esto crea mucha incertidumbre tanto para los inversionistas como para las personas interesadas, sin dejar atrás la contaminación de los materiales reciclados, lo que podría afectar significativamente su rentabilidad y su precio.

5.3.5 Análisis de los diferentes productos

Madera

Este material puede ser aprovechado para la venta de fabricación de tableros ya que para la fabricación se aprovecha la astilla de madera la cual se mezcla con resinas y químicos adicionales para formar tableros de aglomerado dando vida útil a toda su composición.

Desechos Orgánicos

Los residuos orgánicos que proceden de la basura pueden emplearse como compost. El compostaje, cuando se lleva a cabo en presencia de oxígeno, convierte los desechos en fertilizantes naturales para el terreno.

Tela

Este material puede ser reutilizado para telas industriales destinadas a talleres de mecánica, rellenos artesanales, almacenes de pintura o tiendas de segunda mano que pueden beneficiarse. Es importante tener en cuenta que su vida útil finaliza después de dicho uso.

No Reutilizables

Se los puede reutilizar para recuperar energía a través de la incineración algunos ejemplos incluyen la valorización de los residuos y se los puede aprovechar como abono reducido a cenizas.

5.3.6 Ingresos Potenciales por la Venta de Residuos Reciclables

En Tabla 27 se muestra el análisis de los materiales en el cual el material plástico incluido las botellas plásticas es el residuo con más volumen (10490610 kg), es también el que produce la mayor cantidad de ingresos económicos anuales, seguido por papel y cartón, Por el contrario, debido a su escaso volumen y/o costo por kilo reducido, el vidrio y el metal generan menos ingresos. Al final, el valor total anual de la venta de estos residuos, al sumar todos los materiales, es de \$3.067.210,70; esto demuestra el potencial económico del reciclaje en el periodo analizado.

Tabla 27. Valor Anual de Residuos y Venta por Kilo en 5 años

Producto	Valor anual de residuos (TON)	Valor anual de residuos (KG)	Venta por kilo	Valor Total (anual)
Metal	477,38	477380	0,2	\$95.476,00
Cartón	1753,07	1753070	0,07	\$122.714,90
Plástico	9160,66	9160660	0,18	\$1.648.918,80
Papel	4393,6	4393600	0,1	\$439.360,00
Botellas plásticas	1329,95	1329950	0,5	\$664.975,00
Vidrio	1915,32	1915320	0,05	\$95.766,00
TOTAL, ANUAL				\$3.067.210,70

Tabla 28. Análisis económico del reciclaje de plásticos y botellas – Horizonte 5 años

Producto	Valor en 5 años (Ton)	Valor en 5 años (Kg)	Precio por Venta	Dinero	Porcentaje en dinero
Plástico (PEBD)	9160,66	9160660	0,18	\$1.648.918,80	71%
Botellas plásticas (PET)	1329,95	1329950	0,5	\$664.975,00	29%
	Total (5 años)	10490610	Total (5 años)	\$2.955.140,00	1
	KG ANUAL	2098122			
	KG MENSUAL	174843,5			
	KG AL DIA (22 días)	7947,431818			

5.3.7 Análisis económico

La Ecuación 3 muestra el cálculo del rendimiento por personal, indicando la relación entre la cantidad de residuos procesados y el número de personas requeridas para su manejo eficiente.

Ecuación 3. Rendimiento por personal

	$\frac{56,27 \text{ TON}}{1,5} = 37,51 = 38 \text{ personas}$	(3)
--	---	-----

En la Tabla 29 se muestra la mano de obra requerida, teniendo en cuenta que cada persona puede clasificar 1,5 toneladas de residuos sólidos a diario, lo cual varía según la eficiencia operativa y el soporte mecánico del sistema, se necesitan 38 trabajadores para clasificar diariamente 56,27 toneladas de residuos obtenidos de la suma de los 5 años desde el 2020 al 2024 y divididos para todos los días de esos años.

Tabla 29. Mano de Obra

N°	Personal	Cargo	Salario En Horas	Salario Por Día	Salario Semanal	Salario Mensual	Salario Anual
38	Trabajadores	Clasificador	\$3,01	\$16,07	\$111,23	\$482,00	\$5.784,00
TOTAL			\$114,38	\$610,66	\$4.226,74	\$18.316,00	\$219.792,00

La Tabla 30 presenta la infraestructura requerida para el manejo de los residuos sólidos, detallando las áreas necesarias, su superficie, así como los costos unitarios y totales de construcción.

Tabla 30. Infraestructura

Componente	Cantidad requerida
Área de recepción	20 m ²
Área de clasificación	40 m ²
Área de almacenamiento temporal	25 m ²
Área de circulación y seguridad	15 m ²
Área total	≈ 100 m²
Precio de construcción m²	\$ 350,00
Precio Total m²	\$ 35.000,00

Según los Arquitectos Minimalistas en Quito, el precio promedio de construcción en 2025 para galpones industriales metálicos es de \$350 el m² en el que incluye diseño arquitectónico básico, cálculo estructural, mano de obra y materiales, instalaciones eléctricas, sanitarias y acabado estándar. No incluyen; trámites municipales, urbanización o conexión de servicios básicos, diseño de interiores, paisajismos, domótica, piscina u otros complementos.

Tabla 31. Inversión

Inversión	
Mano De Obra	\$ 219.792,00
Infraestructura	\$ 35.000,00
	\$ 254.792,00

El estudio de la mano de obra, la infraestructura y la inversión necesaria para implementar el sistema de clasificación de residuos sólidos reutilizables se muestra. Para la ejecución del proceso, se tiene en cuenta a 38 empleados que ocupan el cargo de clasificadores. Cada uno de ellos percibe una remuneración de USD 3,01 por hora, lo que equivale a USD 482 al mes y a USD 5.784,00 al año. Esto resulta en un costo total anual de mano de obra de USD 219.792. Respecto a la infraestructura, se necesita un área total de cerca de 100 m², que esté dividida en áreas para recibir mercancías, clasificarla, almacenarla

temporalmente y circular; esto asegurará un flujo operativo eficaz y condiciones laborales seguras. El costo estimado de dicha infraestructura es de USD 15.000,00. La inversión total que se requiere para implementar el sistema de clasificación es de USD 254.792,00. Esto revela que el componente con mayor impacto económico es la mano de obra, debido a que el proceso es principalmente manual. Además, este monto establece una base financiera que permite analizar la factibilidad de la propuesta y su contribución a la gestión integral de los residuos sólidos reutilizables.

5.3.8 Plan de operación

5.3.7.1 Objetivos operarios

- Minimizar la extracción de materia prima nueva
- Mermar desechos aprovechables
- Frenar el amotinamiento de residuos en el relleno sanitario
- Reducir la contaminación ambiental en el aire

5.3.7.2 Desarrollo del producto

Para el desarrollo del proceso de reutilización de productos alternativos, se seleccionaron los desechos plásticos por su abundancia en el área de estudio y representan un tratamiento voluminoso, además de que contaminan océanos, ríos y suelos, afectando gravemente a la vida silvestre que ingiere o se enreda en ellos. Con el tiempo, estos residuos se fragmentan en micro plásticos que llegan al agua, los alimentos y al cuerpo humano, representando riesgos para la salud. Obtenida mediante el análisis de Pareto, de esta manera inicia el proceso para llegar al modo de reutilización para su almacenamiento, clasificación, limpieza, separación, trituración y obtención de productos terminados.

5.3.7.3 Proceso de reutilización del plástico:

1. Recolección del plástico requerido
2. Clasificación
3. Almacenamiento
4. Limpieza
5. Trituración
6. Almacenamiento de materia prima

7. Fundición
8. Moldear
9. Venta

El proceso de producción está basado en la recolección de plástico, clasificación, triturado del material y un área de acopio para luego realizar el proceso de recuperación en productos alternativos.

I. Diagrama de Proceso

Un diagrama de flujo, que también se conoce como diagrama de proceso, es una representación visual que ilustra el desarrollo de un proceso en etapas. Su tarea es descomponer cualquier proceso administrativo, industrial o de servicios y representarlo de manera organizada dentro de una compañía [48].

II. Proceso Propuesto

El proceso de operación inicia desde el reciclaje de plástico en el relleno sanitario y finaliza en complacer la satisfacción del cliente.

Este proceso inicia con la llegada de los recolectores de basura de la zona urbana del Cantón Latacunga en las cuales su llegada es de forma volumétrica y homogénea, las cuales arriban en fundas, cartones y costales. El horario de llegada normalmente se determina en la madrugada, desde las 4:00 am hasta las 5:00 am.

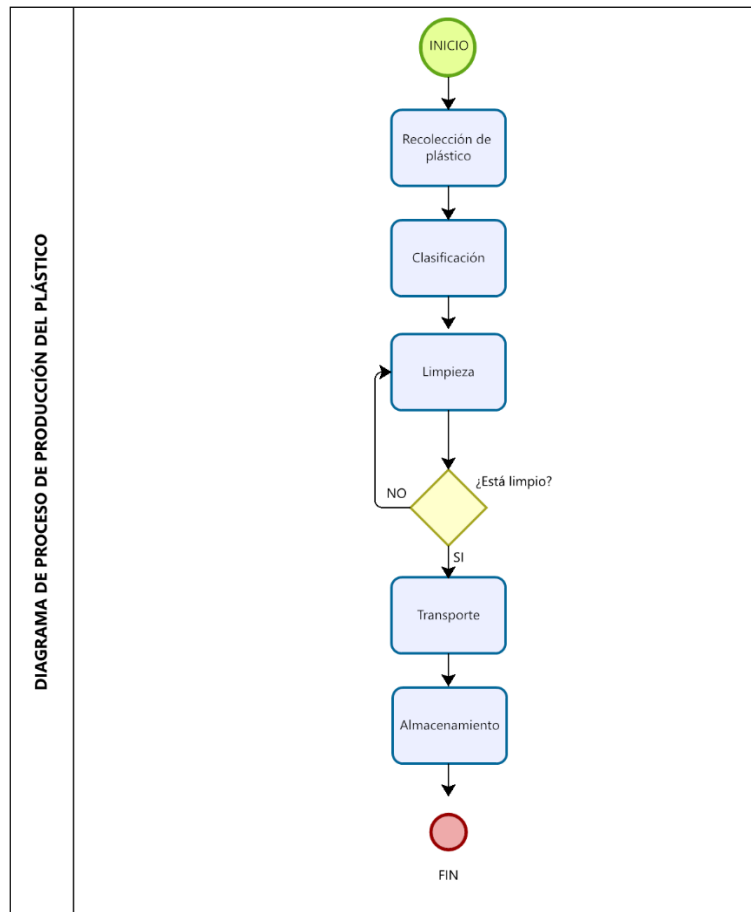


Fig. 5. Diagrama de Proceso de producción del plástico

En la Figura 5, se puede evidenciar el diagrama de proceso de producción del plástico el cual comienza con la recolección del material, que luego es clasificado; a continuación, se determina si está limpio. Si lo está, se pasa directamente al proceso de trituración; si no lo está, se hace un proceso de limpieza antes de triturar. Después de ser triturado, el material pasa a almacenarse como materia prima y luego va a la fundición. Posteriormente, se moldea el producto y finalmente se vende. De esta manera concluye todo el proceso de producción.

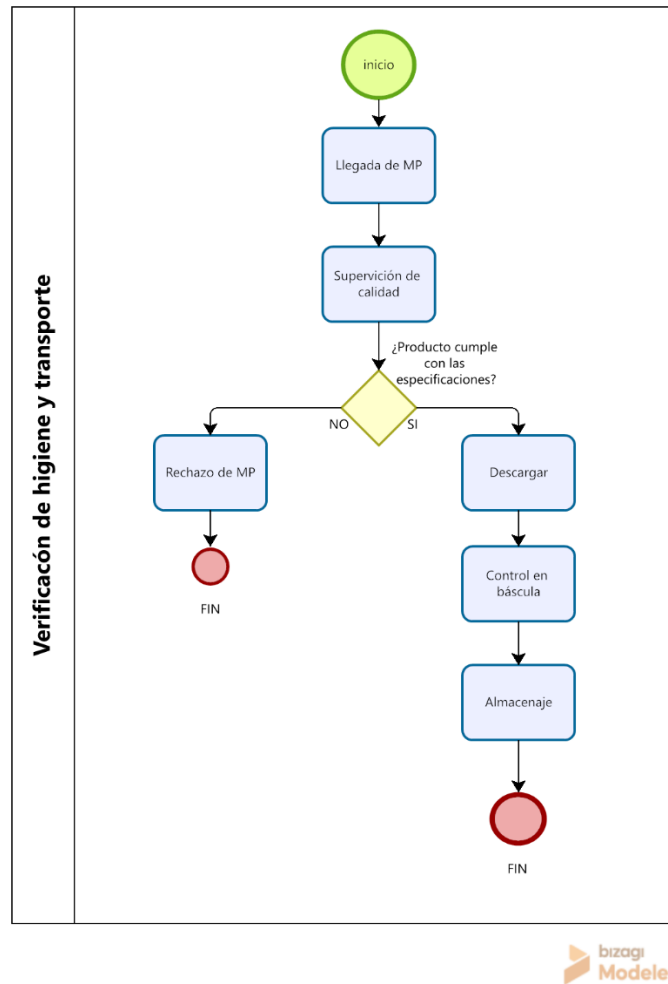


Fig. 6. Diagrama de Proceso de la etapa de recepción.

El diagrama de proceso presentado en la Figura 6, describe la verificación de higiene y transporte se inicia con la llegada de las materias primas y la supervisión de la calidad, que incluye tanto una valoración cualitativa como cuantitativa. Luego, se comprueba si el producto cumple con las especificaciones exigidas; de no ser así, se devuelve. Si sí las satisface, se descarga y después se controla en báscula para validar el peso recibido. Después, el producto se guarda en condiciones adecuadas. De esta manera, se finaliza el proceso y se asegura que solo la materia prima adecuada permanezca en el sistema de producción.

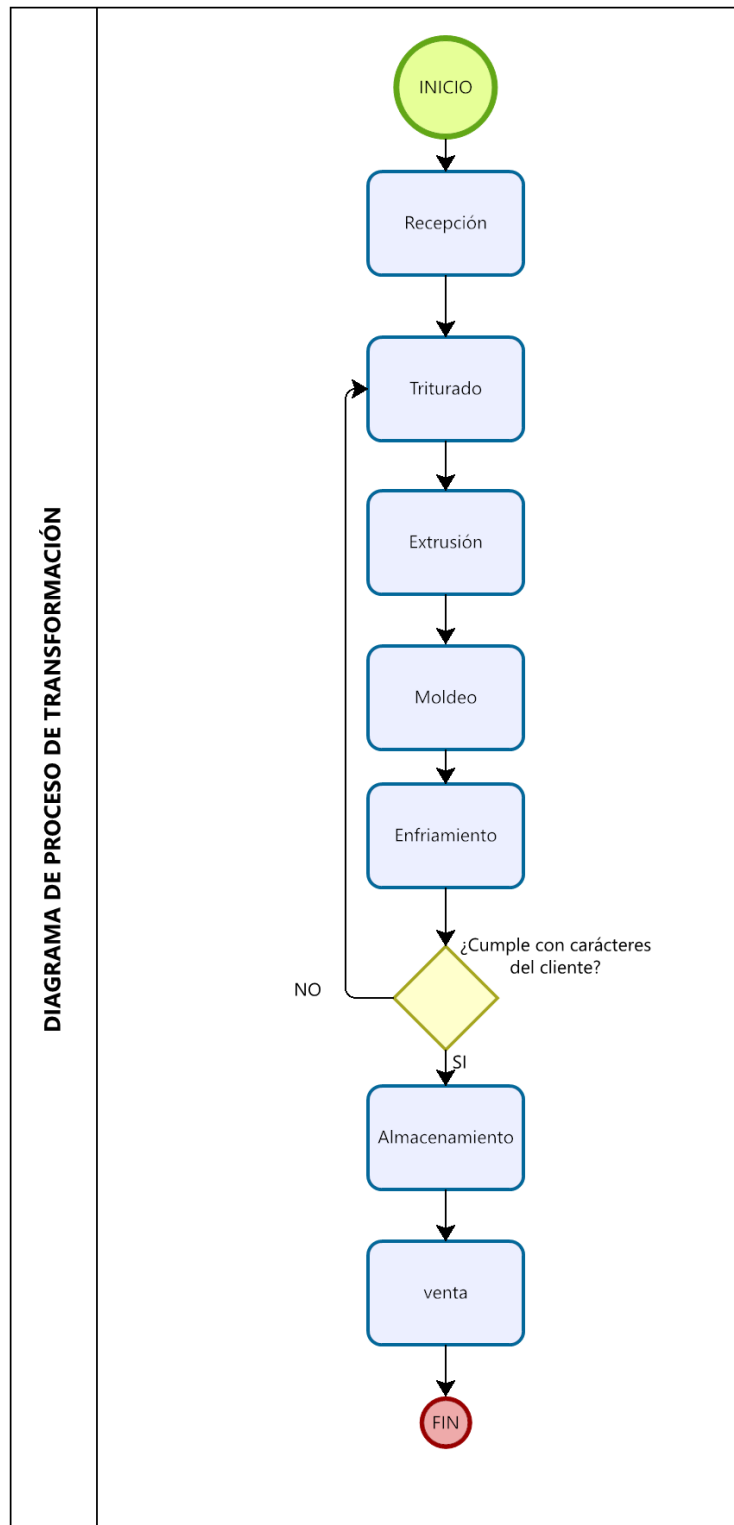


Fig. 7. Diagrama de Proceso para la transformación

El proceso de transformación delineado en la Figura 7 se compone de seis fases:

Recepción

Se obtiene el material o materia prima.

Triturado

Proceso de descomponer o reducir un material sólido en partículas más pequeñas mediante fuerza mecánica, como corte, impacto o presión.

Extrusión

Proceso de fabricación en el que un material se fuerza a pasar por un molde para obtener un producto continuo con forma.

Fundición

Este proceso se caracteriza por la homogenización mediante calor.

Moldear

Esto se realiza seguido de la fundición con el fin de aprovechar su maleabilidad de sus componentes del plástico.

Enfriamiento

Esta fase se realiza a continuación para verificar el resultado de todo el proceso.

Almacenamiento

Este es el resultado de toda la operación y su producto a distribuir.

Venta

Este es el producto final a comercializar con el fin de recibir atributos económicos por el estudio, la operación y planificación de la propuesta.

Equipo Utilizado

Se considera principalmente el equipo que se va a requerir en la propuesta.

Máquina trituradora de plástico

En la Figura 8 se muestra el molino de plástico tiene un tambor giratorio el cual este compuesto por aspas metálicas con el fin de triturara el plástico de forma uniforme y en serie.



Fig. 8. Molino de trituración del plástico [49]

Balanza

En la figura 9 se muestra la balanza es un instrumento de gran importancia porque nos permite medir la cantidad de materia que se incorpora en cada producto alternativo.



Fig. 9. Balanza [50]

Homogeneizadora

En la figura 10 se evidencia la máquina que nos ayuda a mezclar de manera uniforme, evitando que el producto final tenga defectos relacionados con su color y textura.



Fig. 10. Homogeneizadora [51]

Moldes

Esta herramienta permite manipular material con calor excesivo y ayudándonos a darle forma según nuestros requerimientos como se muestra en la Figura 11.



Fig. 11. Moldes [52]

Extrusora

La extrusora mostrada en la Figura 12 es una máquina utilizada en la industria del plástico para fundir, homogenizar y moldear el material plástico



Fig. 12. Extrusora [53]

5.3.7.4 Diseño de producto de segunda vida

Según los resultados presentados se requiere fabricar productos para la comunidad.

- Paneles decorativos
- Perfiles tipo madera de plástico
- Tachos
- Briquetas de plástico
- Ladrillos, bloques plásticos
- Pallets de plástico
- Piso decorativo
- Postes de cerca

Se eligieron los postes de cerca en la propuesta porque su fabricación generalmente requiere menos tiempo e inversión. Además, Latacunga es un área agrícola y ganadera, por lo que la demanda de este producto sería más interesante que la de las sillas y los muebles en general, ya que estos requieren más tiempo y complejidad de producción, mayor costo e incluso diseños complicados y requerimientos específicos del cliente. Esto se debe especialmente a la variabilidad de la demanda.

Los postes de plástico reciclado se escogen no únicamente por su rendimiento técnico apropiado para usos de infraestructura liviana, sino también por sus beneficios para el medio ambiente, los cuales han sido verificados a través de investigaciones sobre análisis del ciclo de vida. La elaboración de postes con residuos plásticos posconsumo hace posible disminuir la utilización de materias primas vírgenes, minimizar el desecho en

basureros y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas a la fabricación de materiales convencionales. Además, el reciclaje mecánico del plástico que se utiliza para fabricar postes tiene un impacto positivo en términos medioambientales, como lo demuestran los indicadores de beneficio de reciclabilidad. Esto confirma que esta forma de utilizar el plástico es más beneficiosa para el medio ambiente que su eliminación final [54]. La selección de postes de plástico reciclado en este contexto se fundamenta en los principios de economía circular, sostenibilidad y gestión eficiente de residuos, sin omitir el acatamiento a las exigencias técnicas del uso planeado.

La Tabla 32, muestra el análisis entre las diversas clases de postes, donde se aprecia que los de plástico reciclado, debido a su balance entre sostenibilidad medioambiental, mantenimiento, durabilidad y rendimiento técnico, se escogen como la opción más apropiada en comparación con los postes de metal, cemento o madera. Estos postes, desde una perspectiva estructural, poseen una resistencia mecánica adecuada para aplicaciones como cercas, señalización y estructuras livianas además evita el sobredimensionamiento y la utilización innecesaria de materiales más pesados como el acero o el concreto.

Tabla 32. Análisis de los diversos postes de cerca

Criterio	Poste de madera	Poste de cemento	Poste de plástico reciclado	Poste metálico (acero)
Longitud	1,00 m	1,00 m	1,00 m	1,00 m
Sección típica	Ø 8–10 cm	10 × 10 cm	10 × 10 cm	Tubo Ø 1½” o 40 × 40 mm
Densidad del material	500 – 700 kg/m ³	2.300 – 2.500 kg/m ³	900 – 1.200 kg/m ³	7.850 kg/m ³
Peso aproximado (1 m)	8 – 12 kg	25 – 40 kg	12 – 18 kg	10 – 20 kg
Resistencia a flexión	40 – 80 MPa	3 – 7 MPa	10 – 25 MPa	250 – 350 MPa
Humedad	Absorbe agua (10–30 %)	Fisuras	No absorbe agua (<1 %)	No absorbe
Corrosión	Ataque de insectos y hongos	No aplica	Inmune a corrosión e insectos	Corrosión sin protección
Vida útil estimada	5 – 10 años	30 – 50 años	50 – 100 años	25 – 50 años
Mantenimiento	Tratamientos periódicos	No requiere	No requiere	Pintura o galvanizado
Seguridad en falla	Astillamiento	Falla frágil	Falla dúctil (flexiona)	Falla dúctil
Impacto ambiental	Tala y químicos	Alta emisión de CO ₂	Reutilización de residuos plásticos	Alto consumo energético
Reciclable	Parcial	No reciclable	100 % reciclable	100 % reciclable
Proyectos sostenibles	Limitada	Limitada	Alta	Media

5.3.7.5 Viabilidad económica

El análisis de la viabilidad económica del proyecto se basa en el examen de la inversión realizada en maquinaria como se muestra en la Tabla 33, los costos de mano de obra durante las operaciones, la capacidad productiva y los ingresos que se prevén por la venta de postes elaborados con residuos plásticos reciclados.

Tabla 33. Valor de Maquinaria

MAQUINARÍA		
DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD	PRECIO
Trituradora	3000 Kg/H	\$50.500
Homogeneizadora	200 Kg/H	\$1.050
Balanza Electrónica	1000 Kg	\$120
Extrusora	90-800 Kg/H	\$45.000
Molde	16 unidades	\$1.088
TOTAL		\$97.758

La Tabla 33, detalla la maquinaria con los precios del mercado extranjero en este caso de la plataforma de Alibaba ya que en el mercado nacional no se encuentra disponible la trituradora ni extrusora de esta capacidad de procesamiento y se recomienda analizar los impuestos y transporte. La inversión total de \$97.758. Incluye una trituradora de 3.000 kg/h (\$50.500), homogeneizadora de 200 kg/h (\$1.050), balanza electrónica de 1.000 kg (\$120), extrusora de 90-800 kg/h (\$45.000) y 16 unidades de molde (\$1.088).

La Tabla 34 presenta la producción diaria de postes plásticos reciclados considerando una jornada laboral de 8 horas.

Tabla 34. Producción diaria de postes con jornada de 8 horas

Unidades a producir (m)	Tiempo de ciclo (min)	1 hora de trabajo (uni)	Moldes a adquirir
504	15	64	15,75

La Tabla 35 muestra la cantidad de trabajadores requeridos para la clasificación del plástico con un total de 16 trabajadores.

Tabla 35. Valor Mano de Obra (Clasificadores)

PERSONAL	CARGO	SALARIO EN HORAS	SALARIO POR DÍA	SALARIO SEMANAL	SALARIO MENSUAL	SALARIO ANUAL
TRABAJADOR 1	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 2	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 3	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 4	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 5	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 6	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 7	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 8	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 9	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 10	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 11	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 12	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 13	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 14	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 15	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 16	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TOTAL		\$ 48,16	\$ 257,07	\$ 1.779,69	\$ 7.712,00	\$ 92.544,00

La Tabla 36 presenta la estructura salarial del personal involucrado en el proceso de producción de plástico reciclado. Se detallan los cargos, el salario por hora, por día, por semana, por mes y por año, permitiendo tener un panorama completo de la inversión en recursos humanos para el funcionamiento del proceso.

Tabla 36. Valor Mano de Obra (Operarios)

PERSONAL	CARGO	SALARIO EN HORAS	SALARIO POR DÍA	SALARIO SEMANAL	SALARIO MENSUAL	SALARIO ANUAL
TRABAJADOR 1	Clasificador	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 2	Trituradora	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 3	Homogeneizadora	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 4	Balanza	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 5	Extrusora	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TRABAJADOR 6	Desmoldeado y enfriado	\$ 3,01	\$ 16,07	\$ 111,23	\$ 482,00	\$ 5.784,00
TOTAL		\$ 18,08	\$ 96,40	\$ 667,38	\$ 2.892,00	\$ 34.704,00

Nota: Los salarios corresponden al sueldo mínimo legal vigente, incluyen aportes básicos de ley y están calculados para 22 días/mes y 360 días/año. No incluyen supervisor ni personal administrativo.

La Tabla 37 muestra la distribución de salarios y bonificaciones legales del personal que participa en el proceso de producción de plástico reciclado.

Tabla 37. Distribución de Salarios y Bonificaciones Legales (Operarios)

PERSONAL	CARGO	SALARIO MENSUAL	DÉCIMO TERCERO	DÉCIMO CUARTO	SUBTOTAL ANUAL (sin IESS)	APORTE TRABAJADOR IESS (9,45%)	APORTE PATRONAL IESS (11,15%)	COSTO TOTAL ANUAL POR TRABAJADOR
Trabajador 1	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 2	Trituradora	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 3	Homogeneizadora	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 4	Balanza	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 5	Extrusora	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 6	Desmoldeado y enfriado	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
TOTALES	6 trabajadores	\$2.892,00	\$2.892,00	\$2.892,00	\$34.704,00	\$3.279,53	\$3.990,96	\$41.974,49

Nota: Los valores corresponden al Salario Básico Unificado 2026 de Ecuador (\$482 mensuales) más los beneficios legales obligatorios (décimo tercero y décimo cuarto, cada uno de \$482); el subtotal anual sin IESS es de \$5.784,00 por trabajador (482×12); los aportes al IESS se calculan sobre dicha remuneración imponible total de \$6.580,00,

resultando un aporte del trabajador del 9,45 % (\$546.69 anuales) y un aporte patronal del 11,15 % (\$665.16) anuales, el costo total para la empresa por los seis trabajadores operativos es de \$41.974,24 anuales.

La Tabla 38 muestra la distribución de salarios y bonificaciones legales del personal que participa la clasificación de plástico.

Tabla 38. Distribución de Salarios y Bonificaciones Legales (Clasificadores)

PERSONAL	CARGO	SALARIO MENSUAL	DÉCIMO TERCERO	DÉCIMO CUARTO	SUBTOTAL ANUAL (sin IESS)	APORTE TRABAJADOR IESS (9,45%)	APORTE PATRONAL IESS (11,15%)	COSTO TOTAL ANUAL POR TRABAJADOR
Trabajador 1	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 2	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 3	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 4	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 5	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 6	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 7	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 8	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 9	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 10	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 11	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 12	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 13	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 14	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 15	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
Trabajador 16	Clasificador	\$482,00	\$482,00	\$482,00	\$5.784,00	\$546,59	\$665,16	\$6.995,75
TOTALES	16 trabajadores	\$7.712,00	\$7.712,00	\$7.712,00	\$92.544,00	\$8.745,41	\$10.642,56	\$111.931,97

La Tabla 39 presenta el valor estimado de la infraestructura necesaria para la planta de producción de postes de plástico reciclado.

Tabla 39. Valor de infraestructura

Área para equipo	m ² estimados
Recepción + clasificación	40–70 m ²
Limpieza y lavado	80–100 m ²
Triturado de alta capacidad	20–30 m ²
Extrusión de alta capacidad	40–60 m ²
Moldeado	40–60 m ²
Enfriamiento	20–30 m ²
Almacenamiento de postes	50–100 m ²
Pasillos y circulación	30–60 m ²
Total, área de galpón	380 m ²
Precio de construcción m ²	\$ 350
Precio Total m ²	\$ 133.000,00

Nota: Los 380 m² corresponden al área útil cerrada; el precio de \$133.000,00/m² es un valor promedio de referencia para galpón industrial básico (estructura metálica, piso de hormigón y techo), sin incluir instalaciones eléctricas, agua ni permisos. El rango por zona permite flexibilidad según layout final.

La Tabla 40 muestra la producción estimada de postes plásticos reciclados a partir de los residuos recolectados.

Tabla 40. Producción de postes plásticos reciclados

	Valor de residuos (Kg)	PESO (15 kg)	Producción en metros
		(Altura: 1m)	
ANUAL	2098122	15,79	132876,6308
MENSUAL	174843,5	15,79	11073,05256
DIARIO	7947,431818	15,79	503,3205711

La Tabla 40 muestra la capacidad de producción de postes de 1 metro de altura y 15,79 kg de peso promedio, utilizando el total de plástico reciclado procesado. Con una recolección anual de 2.098.122 kg, la planta podrá fabricar aproximadamente 132.877 postes al año (equivalente a 11.073 postes mensuales o 503 postes por día laboral de 22 días), transformando el 100 % del material recolectado en un producto final de mayor valor agregado.

En la Tabla 41, se presenta la descripción de los costos estimados para la instalación de una nueva línea eléctrica destinada para el abastecimiento energético de las maquinarias.

Tabla 41. Instalación del nuevo servicio de energía eléctrica

Concepto	Costo estimado (USD)
Estudio de factibilidad (CNEL EP)	\$ 100,00
Derecho de conexión trifásica (tasa de conexión)	\$ 1.500,00
Medidor trifásico e instalación básica	\$ 400,00
Transformador trifásico (si es necesario)	\$ 6.200,00
Extensión de red eléctrica hasta tu planta	\$ 500,00
Instalación eléctrica interna (tableros, protecciones)	\$ 4.000,00
TOTAL	\$ 12.700,00

Nota: El costo total energético ha sido estimado en \$12.700,00 valor que garantiza una conexión eléctrica eficiente y segura.

En la Tabla 42, se describe el resumen de la inversión inicial.

Tabla 42. Inversión Inicial

INVERSIÓN	
Maquinaria	\$ 97.758,00
Infraestructura	\$ 133.000,00
Permisos De Funcionamiento	\$ 781,43
Instalación Del Nuevo Servicio De Energía Eléctrica	\$ 12.700,00
	\$ 244.239,43

Nota: La inversión es de \$ 244.239,43 corresponde al monto mínimo necesario para maquinaria e infraestructura básica, permisos de funcionamiento e instalación de energía eléctrica.

La Tabla 43 muestra los principales servicios básicos requeridos en las industrias.

Tabla 43. Servicios Básicos

Descripción	Costo aproximado / mensual	Consum mensual	Costo aproximado / mensual	Costo Anual
Suministro de agua industrial m ³ (consumo industrial)	\$ 0,50	75 m ³	\$ 37,50	\$ 450,00
Alcantarillado	\$ 0,60	75 m ³	\$ 45,00	\$ 540,00
Energía Eléctrica (Kw/h)	\$ 0,12		\$ 3.500,00	\$ 42.000,00
Servicio de fibra óptica o internet empresarial	\$ 30,00		\$ 30,00	\$ 360,00
TOTAL				\$ 43.350,00

Nota: El costo total anual de los servicios básico es de \$43.350,00.

Para la operación legal de una empresa en Latacunga es necesario cumplir con diversos requisitos administrativos, legales, ambientales y nacionales como se muestra en la Tabla 44. Entre los principales permisos de ley es el informe de compatibilidad de uso de suelos (ICUS), el que permite la actividad industrial y reciclaje en el terreno también la patente municipal que autoriza el registro anual del negocio en el municipio.

Tabla 44. Permisos de Funcionamiento

Trámite	Qué autoriza	Costo aproximado (USD)
Informe de Compatibilidad de Uso de Suelo (ICUS)	Permite actividad industrial o reciclaje en el terreno	\$ 150,00
Patente municipal	Registro anual del negocio en el municipio	\$ 100,00
Permiso de funcionamiento municipal	Habilita el galpón para operar	\$ 80,00
Permiso del Cuerpo de Bomberos	Inspección de seguridad contra incendios	\$ 30,00
Equipos de seguridad (extintores, señalética, luces)	Requisito para aprobar bomberos	\$ 150,00
Licencia ambiental (MAATE)	Autorización para operar una planta de tratamiento o reciclaje	\$ 500,00
Estudio de impacto ambiental / Plan de manejo ambiental	Documento técnico obligatorio para obtener la licencia ambiental	\$ 1.000,00
Constitución de empresa	Notaría, registro mercantil y creación legal de la compañía	\$ 400,00
	TOTAL	\$ 781,43

Nota: Estos procesos garantizan que las actividades que se desarrollan en esta actividad económica dentro del marco normativo vigente.

La Tabla 45 presenta los costos operativos anuales relacionados con la mano de obra del personal involucrado en el proceso de producción y clasificación de plásticos reciclados además de los servicios básicos.

Tabla 45. Costos Operativos Anuales

Mano de Obra	\$153.906,46
Servicios Básicos	\$43.350,00
Total	\$197.256,46

Nota: Los costos operativos anuales son de \$197.256,46.

En la Tabla 46 se evidencia el costo de producción de cada poste plástico y con un estimado precio de venta público.

Tabla 46. Costo unitario de producción y precio de venta

PRECIO UNITARIO	
Inversión	\$441.495,89
Metros anuales a producir	132876,6308
Costo De Producción Unitaria	\$3,32
Precio De Venta	\$5,00

La Tabla 46, presenta el costo unitario de fabricación de cada poste plástico reciclado de 1 metro de altura. El precio de venta al mercado es de \$ 5 ya que se comparó en el mercado con competidores privados mediante redes sociales además de este valor nos da un resultado de ganancia de esta manera mejorando la participación en el mercado.

En la Tabla 47 y 48 se muestra los ingresos y el flujo operativo anuales.

Tabla 47. Ingresos Anuales

Producción anual	132877
Precio de venta	\$5,00
Ingresos Anuales	\$664.385,00

Tabla 48. Flujo Operativo Anual

Ingresos	\$664.385,00
Mano de Obra	\$ 153.906,46
Servicios Básicos	\$ 43.350,00
Flujo Operativo	\$467.128,54

Nota: Después de cubrir los costos de operación, la empresa tiene un flujo positivo de \$467.128,54, disponible para otros gastos, inversión o ganancias.

La Tabla 49 muestra el período estimado para recuperar la inversión realizada en el proyecto, considerando los ingresos generados anualmente. Este análisis permite evaluar la rentabilidad y viabilidad financiera, indicando en cuánto tiempo los ingresos cubren completamente la inversión inicial. Los resultados se presentan en años, meses y días, facilitando la interpretación y la toma de decisiones estratégicas.

Tabla 49. Tiempo de recuperación

TIEMPO DE RECUPERACIÓN	
Ingresos	\$664.385,00
Inversión	\$441.495,89
Tiempo año	0,66
Tiempo mes	7,97
Tiempo día	9,93

La Tabla 50 presenta la eficiencia económica del proyecto, que indica la relación entre los ingresos generados y la inversión realizada. Este indicador refleja la rentabilidad de cada dólar invertido.

Tabla 50. Eficiencia económica

EFICIENCIA ECONÓMICA	
Ingresos	\$664.383,15
Inversión	\$441.495,89
Ee	\$1,50
Ganancia por cada dólar	\$0.50

En la Tabla 50, se presenta la eficiencia económica (Ee) se calcula como la relación entre los ingresos totales proyectados para el año (\$664.383,15) y la inversión total requerida (\$441.495,89), resultando en un indicador de \$1.50 por cada dólar invertido; esto significa que por cada dólar destinado al proyecto se generan \$0.50 en ingresos, reflejando una rentabilidad altamente favorable y una recuperación de la inversión en aproximadamente 8 meses de operación continua.

La Tabla 51 muestra la distribución de los ingresos mensuales del proyecto, destacando el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial y los meses restantes en los que se obtienen ganancias netas.

Tabla 51. Meses de ganancia

Ingreso mensual	\$55.365,42
Meses para recuperar inversión	7,97
Meses de ganancia sin inversión	4,03

La Tabla 52 presenta la ganancia neta proyectada durante el primer año del proyecto, considerando los ingresos mensuales y el tiempo requerido para recuperar la inversión inicial.

Tabla 52. Ganancia Neta (Primer año)

Ingreso mensual	\$55.365,42
MESES	4,03
Ganancia	\$222.889,11

La Tabla 53 muestra la proyección de la ganancia neta del segundo año de operación del proyecto.

Tabla 53. Ganancia Neta (Segundo año)

Ingresos	\$664.385,00
Mano de Obra	\$197.256,46
Ganancia	\$467.128,54

La Tabla 54 presenta el margen de ganancia del proyecto, calculado como el porcentaje que representa la ganancia operativa respecto a los ingresos totales.

Tabla 54. Margen Ganancia

Ganancia Operativa	\$467.128,54
Ingresos	\$664.385,00
Margen de Ganancia	30%

La Tabla 55 muestra la rentabilidad anual del proyecto, calculada como el porcentaje que representa la ganancia neta del primer año respecto a la inversión inicial.

Tabla 55. Rentabilidad Anual

Ganancia Neta año 1	\$222.889,11
Inversión	\$664.385,00
Rentabilidad	34%

Cálculo del ROI

El Retorno sobre la Inversión (ROI, por sus siglas en inglés) permite medir la rentabilidad financiera de un proyecto en relación con el capital invertido. Se calcula utilizando la Ecuación 4:

Ecuación 4. ROI

	$\%ROI = \frac{\text{INGRESOS} - \text{INVERSIÓN}}{\text{INVERSIÓN}} * 100$	(4)
--	---	-----

El Retorno sobre la Inversión (ROI) de la propuesta es de 50 % ya que su inversión es de \$441.495,89 y sus ingresos de \$ 664.385,00.

6. CONCLUSIONES

- El estudio de la zona urbana del cantón Latacunga mostró que hay una conexión directa entre las actividades económicas realizadas en cada parroquia urbana y el tipo de residuos sólidos producidos. Se encontraron residuos orgánicos en la parte central, reciclables inorgánicos en la parte norte–centro, desechos de empaques y envases en el sector occidental, residuos especiales en la zona oriental y basura doméstica peligrosa en el sur. También se detectaron limitaciones en el sistema de recolección a causa del deterioro de los vehículos de EPAGAL, lo cual impacta negativamente la cobertura y eficiencia del servicio.
- El cálculo de la producción de residuos sólidos por persona en la zona urbana del cantón Latacunga permitió determinar un promedio de 0,76 kg por habitante diario, lo que muestra una generación significativa de desechos relacionada con el aumento de la población y el progreso de las actividades económicas y sociales del cantón.
- El análisis de la producción de residuos sólidos durante el periodo 2020-2024 mostró un acumulado total de 102 394,34 toneladas, con una media cercana a las 20 478,87 toneladas anuales. En 2023 se registró el valor más alto, con 29 997,98 toneladas, debido a la reactivación económica y a eventos culturales multitudinarios.
- Dentro de los materiales reciclables, el plástico es el residuo que más se encuentra en la zona urbana del cantón Latacunga durante el período 2020–2024. Con una cifra total de 10 490,60 toneladas, equivale a cerca del 38 % de los residuos con potencial reutilizable. La generación total de residuos llegó a 29 997,98 toneladas en el año 2023, lo que se relacionó con un aumento en el consumo y una recuperación de la economía y del turismo. Esto provocó que creciera el empleo de productos y envases plásticos desechables.
- El análisis concluye que el plástico post consumo es el desecho con más posibilidades de ser utilizado en el relleno sanitario EPAGAL. En un lapso de cinco años, se registró un volumen total de 10.490.610 kg, lo que equivale al 100 % del material básico del proyecto; del total, el 71 % era PEBD y el 29 %, PET. Esto generó ingresos calculados en USD 2.955.140,00, lo cual demuestra su gran importancia económica y ambiental respecto a otros materiales reciclables.

- El método propuesto permite convertir 2.098.122 kg de plástico reciclado en cerca de 132.877 postes plásticos de un metro cada año, con una producción diaria media de 503 unidades. Esto demuestra la viabilidad técnica del proceso y su potencial para disminuir notablemente la cantidad de basura que se arroja al relleno sanitario, lo cual ayuda a extender su vida útil y a reducir la contaminación ambiental.
- La propuesta tiene una alta rentabilidad en términos económicos, con un total de inversión de USD 441.495,89 y beneficios anuales de USD 664.385,0; el margen de ganancia es del 30 % y la eficiencia económica es de 1,50; el ROI se sitúa en el 50 %. Se recupera así la inversión en cerca de 7,97 meses. Considerando que la materia prima se la obtendrá en el relleno sanitario Esto evidencia que el uso del plástico reciclado no solo es sustentable desde el punto de vista medioambiental, sino también financieramente atractivo para la gestión municipal.

RECOMENDACIONES

- La administración adecuada y sistemática de los residuos sólidos, ajustada a la clase de desecho y a las actividades económicas de cada parroquia urbana del cantón Latacunga, mejora la eficacia en el servicio de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos. Esta perspectiva fomenta la división de los desechos desde su fuente, favorece una más efectiva planificación de rutas y horarios y ayuda a disminuir los efectos perjudiciales en el entorno y la salud de las personas. Asimismo, al tener en cuenta las particularidades de cada sector urbano, el sistema de limpieza urbana se fortalece y se optimiza el empleo de los recursos existentes, lo que permite responder de forma más apropiada a las verdaderas necesidades del cantón.
- Se recomienda que los responsables de la planificación futura del servicio de recolección usen las cifras referentes a la producción per cápita (0,76 kg/hab/día) como indicador base. Esto les permitirá a las autoridades locales y a EPAGAL planear la capacidad operativa requerida y formular estrategias sustentables para el manejo de residuos en el cantón Latacunga.
- Se propone poner en marcha y reforzar programas de reciclaje y reutilización de desechos plásticos, con preferencia por los materiales que tienen un alto valor

económico y potencial de reciclado, como botellas PET y empaques de uso único. Esto ayudará a optimizar la eficacia del sistema para tratar residuos sólidos urbanos.

- Para asegurar la calidad de la materia prima reciclada, mejorar la producción diaria de postes plásticos y prevenir las pérdidas por contaminación del material, resulta fundamental reforzar la capacitación del personal operativo e impulsar una cultura de reciclaje en las instalaciones del relleno sanitario. Esto se puede lograr mediante la iniciación de procesos estandarizados para limpiar, clasificar y almacenar plástico.
- Por último, se propone que los gobiernos descentralizados establezcan vínculos estratégicos con las industrias agrícola, ganadera y privada para asegurar el flujo constante de productos plásticos reciclados en el mercado, aprovechando su alta rentabilidad, su rápida recuperación de la inversión y sus beneficios para el medio ambiente. Esto ayudaría a crear un modelo de economía circular y produciría ingresos seguros para las administraciones locales.

7. REFERENCIAS

- [1] I. Andersen, El PNUMA en 2021. Nairobi, Kenya: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2021. [En línea]. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/37946/UNEP_AR2021_SP.pdf
- [2] Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), «Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático (PLANMICC)», Ecuador, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://planmicc.ambiente.gob.ec/>
- [3] Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), Dirección de Seguimiento y Evaluación, Dirección de Planificación e Inversión y Secretaría Nacional de Planificación, Plan Estratégico Institucional MAATE 2021–2025. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec>
- [4] A. S. López Alulema, “Manejo de los residuos sólidos urbanos en el cantón Ambato al año 2022: Desafíos hacia la gestión integral,” tesina de especialización, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO Ecuador), Quito, Ecuador, jun. 2024. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10469/21277>
- [5] C. F. Tinajero Jiménez, “Informe de rendición de cuentas año 2023,” informe institucional, Latacunga, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga, 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.latacunga.gob.ec/images/pdf/informe_rendicion_de_cuentas_2023.pdf
- [6] Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del Cantón Latacunga (EPAGAL), “¿Quiénes somos?,” 2024. [En línea]. Disponible en: <https://epagal.gob.ec/quienes-somos/>
- [7] R. De Torre Ceijas, A. Salamanca Villate, y A. Satrústegui Moreno, «Educación sostenible en la Universidad de Zaragoza: Diagnóstico participativo y estrategias para la mejora del reciclaje y la integración de los ODS en comunidades universitarias», *Rev. In. Edu.*, vol. 23, n.º 2, pp. 527-546, nov. 2025, doi: 10.35869/reined.v23i2.6352.
- [8] X. E. Castells, *Reciclaje de residuos industriales: Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora*. Ediciones Díaz de Santos, 2012. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=8yWSZEBQsXgC&oi=fnd&pg=PR1&dq=reciclaje+de+residuos+solidos&ots=m5Y81wIg01&sig=WzgTXfyLinIBmOASK4l3aFvw1BU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [9] Karla Edith Villanueva-Jimenez, Graciela Esther Reyes-Pastor, Ena Cecilia Obando-Peralta y Susan Cristy Rodríguez-Balcázar, «Gestión de residuos sólidos y la contaminación ambiental en las empresas industriales: una revisión de la literatura científica entre 2011-2020», vol. Vol. 7, No. 5, 3 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3946/html>

- [10] Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga, Informe de rendición de cuentas 2023. Latacunga, Ecuador: GAD Municipal del Cantón Latacunga, 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.latacunga.gob.ec/images/pdf/informe_rendicion_de_cuentas_2023.pdf
- [11] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), *Censo Nacional de Población y Vivienda 2022*, Quito, Ecuador., 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.citypopulation.de/en/ecuador/admin/cotopaxi/0501__latacunga/?utm_source=chatgpt.com
- [12] G. Taco, «Latacunga: Inicia la construcción de una celda emergente». 16 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.expreso.ec/actualidad/latacunga-inicia-construccion-celda-emergente-239176.html>
- [13] P. M. Braile, *Desechos industriales*. Bogotá, Colombia: Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá (CAR), 1970. [14] World Health Organization, Ed., *Guidelines for drinking-water quality*, Fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization, 2017.
- [15] Empresas 2030, “Contaminantes emergentes: una amenaza invisible en el agua que bebemos,” *Empresas 2030 | Noticias de Negocios - Sostenibilidad - Innovación - Economía - Reputación*, jun. 18, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.empresas2030.com/articles/2025/06/18/contaminantes-emergentes-una-amenaza-invisible-en-el-agua-que-bebemos>
- [16] D. G. Basantes Naranjo, J. W. Cahueñas Paltan, And Universidad Técnica De Cotopaxi, “Diseño De Un Sistema De Gestión De Residuos Sólidos, En La Parroquia De San Juan De Pastocalle Cantón Latacunga Provincia De Cotopaxi, 2025,” 2025.
- [17] J. Gutberlet, A. Baeder, N. Pontuschka, S. Felipone, y T. Dos Santos, «Participatory Research Revealing the Work and Occupational Health Hazards of Cooperative Recyclers in Brazil», *IJERPH*, vol. 10, n.º 10, pp. 4607-4627, sep. 2013, doi: 10.3390/ijerph10104607.
- [18] G. M. Vaca Rueda, “Análisis de la gestión integral de residuos sólidos en el cantón Latacunga, principales actores, 2014–2018,” tesina de especialización, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO Ecuador), Quito, Ecuador, jun. 2020. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10469/16571>
- [19] J. L. Segovia Sánchez And Universidad Indoamérica, “Diseño De Un Plan De Manejo De Residuos Sólidos Para El Mercado Cerrado ‘El Salto’ Del Cantón Latacunga, Provincia De Cotopaxi,” 2023.
- [20] D. G. Basantes Naranjo y J. W. Cahueñas Paltan, “Diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos en la parroquia de San Juan de Pastocalle, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, 2025,” tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/14991>

- [21] G. V. Ronquillo Cando, Diseño de un plan de manejo de residuos sólidos para el mercado cerrado El Salto del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Indoamérica, Ambato, Ecuador, 2023.
- [23] Comisión Europea, Nuevo Plan de acción para la economía circular: por una Europa más limpia y más competitiva. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, COM(2020) 98 final. Bruselas, Bélgica, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>
- [24] E. Cerdá y A. Khalilova, “Economía circular,” *Economía Industrial*, no. 401, pp. 11–20, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERDA%20y%20KHALILOVA.pdf>
- [25] O. Fals-Borda y M. A. Rahman, *Action and Knowledge: Breaking the Monopoly with Participatory Action Research*. New York, NY, USA: Apex Press, 1991. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.3362/9781780444239>
- [26] Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection (BMUV), *Waste Management in Germany 2023: Facts, Data, Figures*. Berlin, Germany: BMUV, 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/waste_management_germany_2023_en_bf.pdf
- [27] V. Pisano, J. Demajorovic, y G. R. Besen, «The Brazilian National Solid Waste Policy: perspectives of the waste pickers’ cooperative networks», *Ambient. soc.*, vol. 25, p. e01511, 2022, doi: 10.1590/1809-4422asoc20210151r1ft.
- [28] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*. Quito, Ecuador: INEC, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- [29] Circle Economy y Deloitte Global, *The Circularity Gap Report 2025*. Sao Paulo, Brasil, may. 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.circularity-gap.world/updates-collection/global-circularity-rate-fell-to-6-9---despite-growing-recycling>
- [30] J. A. Gutiérrez y J. A. Sánchez, “Gestión de residuos sólidos urbanos y su impacto medioambiental,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 4, no. 2, pp. 993–1008, dic. 2020. doi: 10.37811/cl_rcm.v4i2.135.
- [31] P. E. Sánchez Poma, “Propuesta de un plan de manejo de residuos sólidos en el mercado Feria Libre del cantón Arenillas, provincia de El Oro,” trabajo de titulación (Ing. Ambiental), Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, dic. 2020. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19774>

- [32] J. R. Rivera, “Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución,” *Revista de Ingeniería y Región*, vol. 13, pp. 123–134, jul.–dic. 2016, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia.
- [33] J. Kujala, A. Heikkinen y A. Blomberg, Eds., *Stakeholder Engagement in a Sustainable Circular Economy: Theoretical and Practical Perspectives*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2023. doi: 10.1007/978-3-031-31937-2.
- [34] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), *Género y medio ambiente: un análisis preliminar de brechas y oportunidades en América Latina y el Caribe*. Ciudad de Panamá, Panamá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://wedocs.unep.org>
- [35] R. T. Fauzi, P. Lavoie, L. Sorelli, M. D. Heidari y B. Amor, “Exploring the Current Challenges and Opportunities of Life Cycle Sustainability Assessment,” *Sustainability*, vol. 11, no. 3, p. 636, 2019, doi: 10.3390/su11030636.
- [36] S. A. Mazzucchelli, “Participatory methodologies for rapid urban environmental diagnoses,” *Environment and Urbanization*, vol. 7, no. 2, pp. 225–240, Oct. 1995, doi: 10.1177/095624789500700213.
- [37] “Productos sustitutos y complementarios,” *Economipedia*. [En línea]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/productos-sustitutos-y-complementarios.html>. [Accedido: 25-ene-2026]. «Productos Sustitutos y Complementarios».
- [38] I. M. B. Húngaro, “El reciclaje, la industria del futuro,” *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, vol. 38, no. 2, pp. 89–96, 2000. [39] G. J. A. Cortes, C. C. A. Rojas, J. D. P. Pulgarin, y H. A. P. Florez, «Reducción De Desperdicios En La Industria Textil Con Baguc’: Una Solución Ecológica».
- [40] Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), *Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático (PLANMICC)*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://planmicc.ambiente.gob.ec/>
- [41] J. Jaramillo, *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Washington, DC, USA: Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Mundial de la Salud (OMS), 2002. [En línea]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51574>
- [42] Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Latacunga, “Municipio de Latacunga.” Latacunga, Ecuador. Accedido: 23 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://latacunga.gob.ec/es/>
- [43] S. Pico, *Informe de gestión EPAGAL 2024*. Latacunga, Ecuador: Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del Cantón Latacunga (EPAGAL), 2024. [En línea]. Disponible en: <https://epagal.gob.ec/>

- [44] C. Lubongo, M. A. A. B. Daej, y P. Alexandridis, «Recent Developments in Technology for Sorting Plastic for Recycling: The Emergence of Artificial Intelligence and the Rise of the Robots», *Recycling*, vol. 9, n.º 4, jul. 2024, doi: 10.3390/recycling9040059.
- [45] Universidad Politécnica Salesiana, La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Accedido: 25-ene-2026. [En línea]. Disponible en: <https://lagranja.ups.edu.ec/granja/about>
- [46] United Nations Environment Programme (UNEP), Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/44939>
- [47] O. Sarli, R. Ruth, O. González y S. Inés, “SWOT analysis: a necessary tool,” *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Económicas*, vol. 9, no. 1, pp. 25–35, 2015.
- [48] International Organization for Standardization (ISO), ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos, Traducción oficial al español, Ginebra, Suiza, 2015.
- [49] Alibaba, “500 kg/h Recycling PET bottle waste crusher.” [En línea]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/500kg-h-Recycling-Pet-Bottle-Waste-1600873951687.html>. [Accedido: 20-nov-2025].
- [50] “150 kg – 300 kg Industrial Scale Digital Electronic,” Alibaba.com (Spanish), [En línea]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/150kg-300kg-Industrial-Scale-Digital-Electronic-1601563026375.html> [Accedido: 20-nov-2025].
- [51] “Factory Price Discount Automatic 200 kg Stainless ...,” Alibaba.com (Spanish), [En línea]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Factory-Price-Discount-Automatic-200kg-Stainless-1601005971387.html> [Accedido: 20-nov-2025].
- [52] “Decorative Concrete Columns Molds Courtyard Wall,” Alibaba.com (Spanish), [En línea]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Decorative-Concrete-Columns-Molds-Courtyard-Wall-1601305039739.html> [Accedido: 20-nov-2025].
- [53] “Decorative Concrete Columns Molds Courtyard Wall,” Alibaba.com (Spanish), [En línea]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/150mm-Screw-pp-Pe-Waste-Plastic-1600247845091.html> [Accedido: 20-nov-2025].
- [54] Universidad Tecnológica Nacional y F. Arce-Bastias, “Beneficios ambientales del reciclaje de residuos plásticos posconsumo para la producción de postes en Mendoza, Argentina,” *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, vol. 25, n.º Supl.1, jun. 2022, doi: 10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2145.

8. ANEXOS

Anexo 1. Residuos Sólidos 2020

RESIDUOS SÓLIDOS 2020				
ITEM	MES	KG/MES	TON/MES	TON/AÑO
1	Enero	1614.680	1614,68	17528,25
2	Febrero	1250.510	1250,51	
3	Marzo	2276.970	2276,97	
4	Abril	1733550	1733,55	
5	Mayo	1299750	1299,75	
6	Junio	1742940	1742,94	
7	Julio	832230	832,23	
8	Agosto	1120200	1120,20	
9	Septiembre	1350420	1350,42	
10	Octubre	1530670	1530,67	
11	Noviembre	1120880	1120,88	
12	Diciembre	1655450	1655,45	

Anexo 2. Residuos Sólidos 2021

RESIDUOS SÓLIDOS 2021				
ITEM	MES	KG/MES	TON/MES	TON/AÑO
1	Enero	1127.920	1127,92	16737,72
2	Febrero	1047.380	1047,38	
3	Marzo	1378.890	1378,89	
4	Abril	1034.330	1034,33	
5	Mayo	1313.530	1313,53	
6	Junio	1963.411	1963,41	
7	Julio	1265.842	1265,84	
8	Agosto	1447.070	1447,07	
9	Septiembre	1406.520	1406,52	
10	Octubre	1553.925	1553,93	
11	Noviembre	1310.827	1310,83	
12	Diciembre	1888.072	1888,07	

Anexo 3. Residuos Sólidos 2022

RESIDUOS SÓLIDOS 2022				
ITEM	MES	KG/MES	TON/MES	TON/AÑO
1	Enero	1297.174	1297,17	16176,65
2	Febrero	1228.045	1228,05	
3	Marzo	1531.250	1531,25	
4	Abril	1374.060	1374,06	
5	Mayo	1364.270	1364,27	
6	Junio	1157.992	1157,99	
7	Julio	1354.218	1354,22	
8	Agosto	1337.370	1337,37	
9	Septiembre	1496.270	1496,27	
10	Octubre	1194.070	1194,07	
11	Noviembre	1336.679	1336,68	
12	Diciembre	1505.250	1505,25	

Anexo 4. Residuos Sólidos 2023

RESIDUOS SÓLIDOS 2023				
ITEM	MES	KG/MES	TON/MES	TON/AÑO
1	Enero	2825.383	2825,38	29997,98
2	Febrero	2208.525	2208,53	
3	Marzo	2435.616	2435,62	
4	Abril	2221.410	2221,41	
5	Mayo	2595.585	2595,59	
6	Junio	2583.070	2583,07	
7	Julio	2551.110	2551,11	
8	Agosto	2597.740	2597,74	
9	Septiembre	2005.090	2005,09	
10	Octubre	2301.190	2301,19	
11	Noviembre	2245.439	2545,44	
12	Diciembre	3427.820	3427,82	

Anexo 5. Residuos Sólidos 2024

RECOLECTORES EPAGAL		DESECHOS COMUNES INDUSTRIALES	VEHICULOS PARTICULARES
ENERO	1312,39	456,49	35,91
FEBRERO	1906,46	248,36	44,57
MARZO	2179,43	268,29	51,38
ABRIL	2080,2	249,64	54,24
MAYO	1970,8	268,01	153,2
JUNIO	2120	246,32	39,92
JULIO	2030,33	247,84	24,98
AGOSTO	2019,34	243,37	30,47
SEPTIEMBRE	1616,2	208,16	12,69
OCTUBRE	1616,2	204,7	26,62
NOVIEMBRE	1306,5	236,79	31,24
DICIEMBRE	1795,9	231,00	19,91
CALIBRA 17%	3361,63	528,52	89,27
TOTAL, TONE. RECOLECTADAS EPAGAL 2024	25.315,38	3.637,49	614,40

Anexo 6. Muestra de 3160 Kg



Anexo 7. Homogenización de residuos sólidos



Anexo 8. Muestra de 197.5 Kg



Anexo 9. Clasificación de la muestra



Anexo 10. Equipo de Protección Personal



Anexo 11. Materiales



Anexo 12. Equipos



FORMATO DE LA ENTREVISTA

1. Datos Generales

Fecha:

Lugar:

Entrevistador:

Entrevistado:

Cargo:

2. Introducción

Esta entrevista se llevó a cabo con la finalidad de reunir datos sobre que aporten al estudio de los desechos urbanos para la reutilización de productos alternativos en la ciudad de Latacunga,

3. Preguntas y Respuestas

1. ¿De dónde proviene el camión recolector?

Respuesta:

2. ¿A qué hora ingreso el camión recolector?

Respuesta:

3. ¿Cuál es el peso de ingreso del camión recolector al relleno sanitario?

Respuesta:

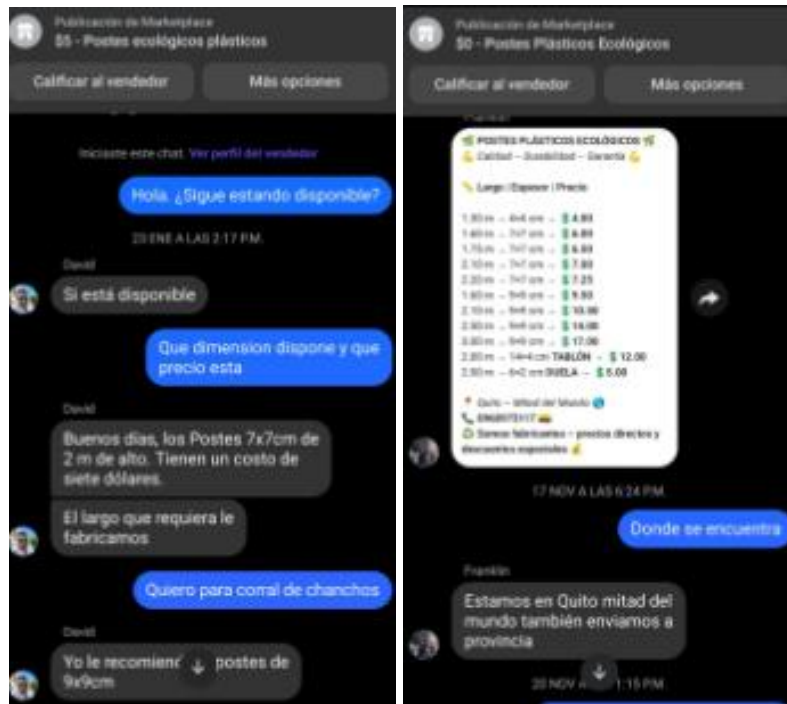
4. ¿Cuál es el peso de salida del camión recolector del relleno sanitario?

Respuesta:

4. Cierre de la Entrevista

Agradecimiento al entrevistado por la información que ha suministrado, que será muy útil para el avance de la investigación.

Anexo 14. Comparación de precios en el mercado



Anexo 15. Visita Técnica Arsaplas

