



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA

INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DISEÑO AMBIENTAL Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE
BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO
RECICLADO (PET), EN LA CIUDAD DE CUENCA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: JOSÉ ADRIÁN BECERRA LITUMA.

DIRECTOR: ING. MELVA FRANCISCA GONZÁLEZ SALAMEA.

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA

INDUSTRIA Y CONTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DISEÑO AMBIENTAL Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE BLOQUES
CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), EN LA
CIUDAD DE CUENCA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: JOSÉ ADRIÁN BECERRA LITUMA.

DIRECTOR: ING. MELVA FRANCISCA GONZÁLEZ SALAMEA.

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

José Adrián Becerra Lituma portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **0103867099**.
Declaro ser el autor de la obra: **“DISEÑO AMBIENTAL Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), EN LA CIUDAD DE CUENCA”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **10 de enero de 2022**



F:
José Adrián Becerra Lituma
0103867099

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Adrián Becerra Lituma, bajo mi supervisión.



Ing. Melva Francisca González Salamea, Mgs.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi amada madre, Magdalena Lituma por su amor y apoyo incondicional en mi formación tanto académica, moral y espiritual, por ser esa fuente inagotable de amor y de paciencia, Dios bendiga siempre a mi querida madre sobran palabras de agradecimiento para tan digna mujer.

A mi querido hijo Sebastián Becerra, por ser la razón de todos mis esfuerzos y desvelos, agradezco a la vida por tan hermoso obsequio a mi entregado.

A mi sobrino Mateo Becerra por brindarme su amistad, respeto y apoyo en todos los proyectos emprendidos y por emprender.

Por último, dedico este trabajo a mi difunto padre, espero de alguna manera haber podido hacerle honor a su partida con la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Católica de Cuenca, por haberme permitido formarme como profesional, a todos y cada uno de los catedráticos que intervinieron en dicha formación.

A la Ing. Melva González por brindarme la oportunidad de llevar adelante el proyecto, que Dios le pague por su tiempo y esmero para la correcta realización del estudio.

Al Ing. Marco González Maldonado por su apoyo desinteresado e incondicional y su don de servicio para con el estudiante.

Al Sr. Atanasio Jara por su guía y experiencia entregadas para el desarrollo del proyecto.

Resumen

La presente investigación, propone la reutilización de los envases PET, en la fabricación de bloques con agregados de polímero triturado en remplazo del árido fino. Para esto, se analizó la generación de plásticos en la ciudad de Cuenca, donde se recolectan aproximadamente un total de 300 Ton por año de envases PET, de estos un 58% se desechan libremente. Se estudió las características del Polietileno Tereftalato (PET) para determinar si el material, podría ser utilizado en la construcción de bloques tipo (B); para ello, se buscó la mejor resistencia frente al ensayo de compresión, siendo esta la dosificación 1:2, a partir de la misma, se elaboraron dieciocho morteros de prueba con los porcentajes del 10, 25, 35, 40, 50 y 65 % del PET triturado en reemplazo del árido. A través de pruebas físico-mecánicas, el 35% de PET triturado resulto la mezcla óptima para la fabricación del bloque ecológico con dimensiones de 20 x 12 x 40 cm, el prototipo adquirió una resistencia de 104,63 kg/cm², cumpliendo con la normativa y superando a sus pares constructivos como el bloque de hormigón y pómez. Como último punto se efectuó el análisis financiero obteniendo un VAN y TIR que favorecen al proyecto.

Palabras clave: reutilización, PET, morteros, bloques, análisis financiero

Abstract

This research proposes the reuse of PET containers in the manufacture of blocks with crushed polymer aggregates to replace fine aggregate. For this purpose, the generation of plastics in the city of Cuenca was analyzed, where approximately 300 tons of PET containers are collected per year, of which 58% are freely discarded. The characteristics of Polyethylene Terephthalate (PET) were studied to determine if the material could be used in the construction of blocks type (B). To accomplish this, it was tested the best resistance to the compression test was sought, being this the dosage 1:2, from this, eighteen test mortars were elaborated with the percentages of 10, 25, 35, 40, 40, 50 and 65 % of crushed PET in replacement of the aggregate. Through physical-mechanical tests, the 35% of crushed PET was the optimum mixture for the manufacture of the ecological block with dimensions of 20 x 12 x 40 cm, the prototype acquired a resistance of 104.63 kg/cm², complying with the regulations and surpassing its construction peers such as concrete and pumice blocks. Finally, it was carried out a financial analysis, obtaining an NPV and IRR that favor the project.

Keywords: reuse, PET, mortars, blocks, financial análisis

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
Resumen	v
Abstract	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE ANEXOS	xiv
LISTA DE ECUACIONES	xv
CAPÍTULO I	- 16 -
1. INTRODUCCIÓN	- 16 -
1.1 Planteamiento del Problema.	- 17 -
1.2 Objetivos	- 18 -
1.2.1 Objetivo General.	- 18 -
1.2.2 Objetivos específicos.	- 18 -
1.3 Justificación.	- 18 -
CAPÍTULO II	- 20 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 20 -
2.1 Diseño ambiental.	- 20 -
2.2 Análisis económico.	- 20 -
2.3 Valor actual neto (VAN).	- 20 -
2.4 Tasa Interna de Retorno (TIR).	- 20 -
2.5 Breve reseña histórica del tereftalato de polietileno.	- 21 -
2.6 Historia del PET en el Ecuador.	- 21 -
2.7 Características, propiedades y clasificación del plástico PET.	- 22 -
2.8 Beneficios del PET.	- 24 -
2.8.1 Durabilidad.	- 24 -
2.8.2 Impermeabilidad.	- 24 -
2.8.3 Aislamiento.	- 24 -
2.8.4 Portabilidad.	- 24 -
2.8.5 Ligereza.	- 25 -
2.8.6 Reciclable.	- 25 -
2.9 Preforma de las envases de plástico PET.	- 25 -
2.10 El Ambiente y las botellas de plástico PET.	- 26 -
2.11 El reciclaje, envases de botellas plásticas PET.	- 26 -

2.12	Ventajas y desventajas del reciclaje de envases PET. _____	- 27 -
2.12.1	Protección del ambiente. _____	- 28 -
2.12.2	Reducción de costos en la industria. _____	- 28 -
2.12.3	Ventajas a nivel Social. _____	- 28 -
2.13	Tipos de reciclado de los plásticos. _____	- 28 -
2.13.1	Primario. _____	- 28 -
2.13.2	Secundario. _____	- 28 -
2.13.3	Terciario. _____	- 29 -
2.13.4	Cuaternario. _____	- 29 -
2.14	Reciclaje de botellas plásticas en el Ecuador. _____	- 29 -
2.15	Reciclaje de botellas plásticas a nivel provincial. _____	- 30 -
2.16	Agregados de plástico reciclado (PET), en la construcción. _____	- 31 -
2.17	Materiales empleados en el Ecuador para la construcción de paredes. _____	- 31 -
2.17.1	Ladrillo. _____	- 32 -
2.17.2	Bloque. _____	- 32 -
2.17.3	Madera. _____	- 34 -
2.17.4	Caña. _____	- 34 -
2.17.5	Agregados pétreos. _____	- 34 -
2.18	Morteros. _____	- 35 -
2.19	Propiedades de un mortero de cemento. _____	- 35 -
2.19.1	Propiedades en estado plástico. _____	- 35 -
2.19.2	Características en etapa de endurecimiento. _____	- 35 -
2.19.3	Clase de morteros de acuerdo a la Normativa NTE INEN 2518:2010. _____	- 36 -
2.20	Normativas técnicas aplicadas. _____	- 37 -
CAPÍTULO III _____		- 39 -
3.	MATERIALES Y MÉTODOS _____	- 39 -
3.1	Zona de estudio. _____	- 39 -
3.2	Materiales _____	- 39 -
3.3	Metodología. _____	- 41 -
3.3.1	Procesos descriptivos. _____	- 41 -
3.3.2	Procesos experimentales. _____	- 41 -
3.3.3	Compilación y análisis de información existente. _____	- 41 -
3.3.4	Identificación de las orígenes de materia prima. _____	- 42 -
3.3.5	Ejecución de las pruebas a los agregados. _____	- 43 -
3.3.6	Diseño y elaboración de los morteros de prueba. _____	- 46 -
3.3.7	Elaboración de los morteros de prueba de cemento, agua y arena. _____	- 53 -
3.3.8	Pruebas al ensayo de la compresión simple de los morteros. _____	- 56 -
3.3.9	Elaboración de morteros de prueba con diferentes % de PET. _____	- 57 -

3.3.10 Ensayos a la compresión de los morteros de prueba con adición de PET. ____	- 60 -
3.3.11 Aspectos para el diseño del bloque con agregados PET. _____	- 61 -
3.3.12 Elaboración del bloque ecológico PET. _____	- 62 -
3.3.13 Realización de los ensayos físico-mecánicos del bloque PET. _____	- 65 -
3.3.14 Parámetros adicionales de comparación. _____	- 70 -
3.3.15 Estudio de factibilidad económica. _____	- 71 -
CAPÍTULO IV _____	- 73 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	- 73 -
4.1 Reciclaje en Cuenca. _____	- 73 -
4.2 Frecuencia de consumo de botellas PET en Cuenca. _____	- 73 -
4.3 Estimación de la muestra por recicladores mancomunados y autónomos. _____	- 74 -
4.4 Parroquias y distribución de recicladores en Cuenca. _____	- 74 -
4.5 Precios y cantidades de los plásticos PET por asociación en Cuenca. _____	- 76 -
4.6 Alternativas de reciclaje en la ciudad de Cuenca. _____	- 77 -
4.7 Resultados del análisis granulométrico de los elementos en estudio. _____	- 77 -
4.8 Resultados del ensayo Granulométrico del plástico triturado PET. _____	- 80 -
4.9 Resultado de morteros de prueba elaborados con cemento, arena y agua. _____	- 81 -
4.10 Resultado de morteros de prueba con agregados de plástico triturado PET. ____	- 83 -
4.10.1 Pesos. _____	- 83 -
4.10.2 Medidas. _____	- 85 -
4.10.3 Aspectos visuales _____	- 85 -
4.10.4 Resistencias. _____	- 86 -
4.10.5 Resultados de los ensayos físico – mecánicos del bloque PET. _____	- 95 -
4.10.6 Variables adicionales de comparación del bloque PET. _____	- 101 -
4.10.7 Análisis de las variables adicionales de comparación. _____	- 105 -
4.10.8 Análisis de viabilidad económica. _____	- 107 -
4.10.9 Pronóstico de ventas. _____	- 116 -
4.10.10 Amortización de la deuda _____	- 118 -
4.10.11 Pérdidas y ganancias _____	- 120 -
4.10.12 Flujo de caja _____	- 120 -
CAPÍTULO V _____	- 122 -
5. CONCLUSIONES _____	- 122 -
CAPÍTULO VI _____	- 124 -
6. RECOMENDACIONES _____	- 124 -
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS _____	- 125 -
ANEXOS _____	- 134 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Procesos para la fabricación de botellas de plástico PET _____	- 25 -
Figura 2: Preforma del PET _____	- 26 -
Figura 3: Materiales utilizados para la investigación _____	- 40 -
Figura 4: Lavado del árido fino _____	- 43 -
Figura 5: llenado de picnómetro _____	- 45 -
Figura 6: Correspondencia entre relación agua-cemento y resistencia a la compresión ____	- 48 -
Figura 7: Valor “K” _____	- 48 -
Figura 8: Limpieza y Armado de probetas cubicas _____	- 53 -
Figura 9: Peso del cemento para dosificación 1:2 _____	- 54 -
Figura 10: Rellenado de la probeta con la dosificación 1:2 _____	- 54 -
Figura 11: Terminado de morteros de prueba - dosificaciones 1:2, 1:3, 1:4 _____	- 55 -
Figura 12: Desencofrado de morteros de prueba _____	- 55 -
Figura 13: Marcado de morteros de prueba _____	- 56 -
Figura 14: Prensa hidráulica utilizada para ensayos a la compresión simple _____	- 57 -
Figura 15: Peso del plástico triturado PET para la mezcla con el 25% _____	- 58 -
Figura 16: Llenado de probetas cubicas con adición del 25% de PET triturado _____	- 59 -
Figura 17: Llenado de las probetas cubicas con distintos porcentajes de PET _____	- 59 -
Figura 18: Total de probetas cubicas con distintos porcentajes de PET confeccionadas ____	- 60 -
Figura 19: Curado de probetas por inmersión _____	- 60 -
Figura 20: Peso en (gr) de la probeta cubica con el 35% de PET _____	- 61 -
Figura 21: Mezclado de los elementos arena, cemento y PET triturado _____	- 64 -
Figura 22: Vertimiento de la mezcla en el molde _____	- 64 -
Figura 23: Bloques PET luego de dos días de fraguado _____	- 65 -
Figura 24: Nomenclatura de las partes de un bloque _____	- 66 -
Figura 25: Equipo utilizado en el ensayo a compresión _____	- 68 -
Figura 26: Peso del bloque PET espécimen # 1 _____	- 68 -
Figura 27: Rotura del bloque PET espécimen # 1 _____	- 69 -
Figura 28: Resistencia del bloque PET espécimen #1 _____	- 69 -
Figura 29: Pesado de muestras luego de saturación y secado _____	- 70 -
Figura 30: Peso del bloque pómez espécimen #1 _____	- 70 -
Figura 31: Rotura del bloque pómez espécimen #1 _____	- 71 -
Figura 32: Peso del Plástico PET triturado para ensayo granulométrico _____	- 78 -
Figura 33: Curva granulométrica árido fino _____	- 79 -
Figura 34: Curva granulométrica del PET triturado _____	- 81 -
Figura 35: Peso de los especímenes con distintos porcentajes de PET. _____	- 84 -
Figura 36: Terminado de especímenes _____	- 86 -
Figura 37: Rotura de probeta cubica con el 10% de PET a los 7 días _____	- 87 -
Figura 38: Esfuerzo vs deformación 10% de PET _____	- 87 -
Figura 39: Rotura de probeta cubica con el 25% de PET a los 7 días _____	- 88 -
Figura 40: Esfuerzo vs deformación 25% de PET _____	- 88 -
Figura 41: Rotura de probeta cubica con el 35% de PET a los 7 días _____	- 89 -
Figura 42: Esfuerzo vs deformación 35% de PET _____	- 89 -
Figura 43: Grafica de comportamiento de resistencias de los morteros de prueba _____	- 94 -
Figura 44: Peso del Bloque PET ejemplar # 1 _____	- 95 -
Figura 45: Rotura del bloque PET ejemplar 1 _____	- 96 -
Figura 46: Pet triturado perlado y azul _____	- 97 -
Figura 47: Terminados del bloque PET _____	- 98 -
Figura 48: Aspecto visual del Bloque elaborado con el 60% de PET triturado _____	- 98 -
Figura 49: Peso del bloque de hormigón espécimen #1 _____	- 102 -
Figura 50: Resultados del ensayo a la compresión del bloque de pómez ejemplar 1 _____	- 102 -

Figura 51: Rotura de la muestra al ensayo de flexión _____ - 105 -
Figura 52: Grafica del punto de equilibrio _____ - 121 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades mecánicas, térmicas y químicas del Tereftalato de Polietileno _____	- 23 -
Tabla 2: Clasificación de los termoplásticos _____	- 24 -
Tabla 3: Envases plásticos recobrados en los años 2012-2016 _____	- 30 -
Tabla 4: Beneficios económicos del reciclaje por asociaciones _____	- 30 -
Tabla 5: Bloques de hormigón según su uso _____	- 33 -
Tabla 6: Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad _____	- 33 -
Tabla 7: Dimensiones de bloques de hormigón _____	- 33 -
Tabla 8: Resistencias mínimas de los bloques huecos de hormigón según su uso _____	- 34 -
Tabla 9: Morteros de uso en mampostería _____	- 36 -
Tabla 10: Materiales utilizados en el laboratorio _____	- 39 -
Tabla 11: Tamices utilizados para ensayo granulométrico de la arena fina _____	- 44 -
Tabla 12: Fluidéz recomendada del mortero para diversos tipos de estructuras _____	- 49 -
Tabla 13: Consistencia % de flujo _____	- 50 -
Tabla 14: Valores de “b” para diferentes consistencias y módulos de finura (MF) del árido _____	- 51 -
Tabla 15: Cantidades de los materiales a ser utilizados _____	- 58 -
Tabla 16: Pesos de los elementos para la construcción del bloque con el 35% de PET _____	- 63 -
Tabla 17: Consumo de botellas PET por hogares en Cuenca _____	- 74 -
Tabla 18: Porcentajes de recicladores según asociación _____	- 74 -
Tabla 19: Porcentajes de recicladores en cuenca por parroquia _____	- 75 -
Tabla 20: Cantidades y precios del material PET por asociaciones _____	- 76 -
Tabla 21: Resultados granulométricos del árido fino _____	- 79 -
Tabla 22: Resultados granulometría del plástico triturado PET _____	- 80 -
Tabla 23: Resumen de resultados de rotura de morteros a los 7 días de su confección _____	- 81 -
Tabla 24: Resumen de resultados de rotura de morteros a los 14 días de su confección _____	- 82 -
Tabla 25: Resumen de resultados de rotura de morteros a los 28 días de su confección _____	- 82 -
Tabla 26: Pesos de las muestras con distintos porcentajes de PET triturado _____	- 84 -
Tabla 27: Medidas de las muestras con distintos porcentajes de PET triturado _____	- 85 -
Tabla 28: Resultados de rotura de probetas con la dosificación 1:2 a los 7, 14 y 28 días. _____	- 91 -
Tabla 29: Resultados de rotura de probetas con la dosificación 1:2 a los 7, 14 y 28 días. _____	- 92 -
Tabla 30: Resistencia al ensayo de compresión simple del bloque PET _____	- 96 -
Tabla 31: Resultados de % de absorción por los 3 ejemplares ensayados _____	- 99 -
Tabla 32: Resultados de la densidad del bloque PET _____	- 100 -
Tabla 33: Resultados del contenido de humedad del bloque PET _____	- 101 -
Tabla 34: Resultados de los ensayos a la resistencia del bloque de pómez _____	- 103 -
Tabla 35: Resultados de los ensayos a la resistencia del bloque de Hormigón _____	- 103 -
Tabla 36: Resultados del % de absorción de agua de los bloques en estudio _____	- 104 -
Tabla 37: Resultados de la densidades por tipo de bloque _____	- 104 -
Tabla 38: Producción de bloques por empresa _____	- 107 -
Tabla 39: Resumen de sondeo de calidad aleatorio _____	- 108 -
Tabla 40: Maquinarias y equipos de producción _____	- 109 -
Tabla 41: Mobiliarios de oficina _____	- 109 -
Tabla 42: Equipo de computo _____	- 110 -
Tabla 43: Adquisición y adecuación del local _____	- 110 -
Tabla 44: Depreciaciones de la maquinaria y equipo por año. _____	- 111 -
Tabla 45: Depreciaciones de muebles y encerés por año _____	- 111 -
Tabla 46: Depreciaciones de equipo de cómputo y softwares _____	- 112 -
Tabla 47: Valores totales de las depreciaciones en equipos y encerés _____	- 112 -
Tabla 48: Precios unitarios para la construcción de bloques de hormigón _____	- 113 -
Tabla 49: Precios de construcción para bloques con agregados PET _____	- 113 -
Tabla 50: Presupuestos de sueldos _____	- 114 -

Tabla 51: Total de gastos en sueldos del personal periodo 2022 _____	- 114 -
Tabla 52: Presupuesto de gastos de servicios básicos periodo 2022 _____	- 115 -
Tabla 53: Otros gastos _____	- 115 -
Tabla 54: Resumen de inversión inicial _____	- 116 -
Tabla 55: Cantidad estimada de ventas de los bloques PET _____	- 116 -
Tabla 56: Total de bloques estimados a ser vendidos _____	- 117 -
Tabla 57: Aumento de Precios del bloque PET según inflación por años _____	- 117 -
Tabla 58: Precio del bloque PET según su aumento porcentual cada año _____	- 117 -
Tabla 59: Valores en (\$) obtenidos por ventas _____	- 118 -
Tabla 60: Valor del préstamo y tasa de interés _____	- 119 -
Tabla 61: Proyección por periodos de las pérdidas y ganancias de la empresa _____	- 120 -
Tabla 62: Flujo de caja estimado del proyecto _____	- 121 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Horno eléctrico digital	- 134 -
Anexo 2: Curado por inmersión	- 134 -
Anexo 3: Pesos de los materiales	- 134 -
Anexo 4: Pesos de los morteros con PET triturado	- 135 -
Anexo 5: Extracción del bloque PET	- 135 -
Anexo 6: Bloqueras	- 136 -
Anexo 7: Elaboración del bloque PET	- 136 -
Anexo 8: Rotura del bloque PET	- 137 -
Anexo 9: Rotura de los bloques de hormigón	- 137 -
Anexo 10: Rotura de las probetas de cemento arena y agua	- 137 -
Anexo 11: Terminados de las muestras con el 10 y 25 % de PET	- 138 -
Anexo 12: Porcentajes de PET del 35% y 40%	- 138 -
Anexo 13: Porcentajes del 50 y 65 % de PET	- 138 -
Anexo 14: Rotura de la probeta con el 10% de PET	- 139 -
Anexo 15: Rotura de todas las probetas	- 139 -
Anexo 16: Rotura de probetas con los demás porcentajes	- 142 -
Anexo 17: Materiales para la construcción	- 143 -
Anexo 18: Materiales que se utilizan para la construcción	- 144 -
Anexo 19: Ensayo a flexion:	- 145 -
Anexo 20: Secado de la arena	- 145 -
Anexo 21: Plástico en bandeja	- 145 -
Anexo 22: Tamizadora mecánica	- 146 -
Anexo 23: Rotura de vigas construidas con el 35% de PET ensayo a flexión	- 146 -
Anexo 24: Presupuestos de gastos administrativos periodos 2023-2026	- 146 -
Anexo 25: Visita de tutora a laboratorios	- 147 -

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Absorción de agua	- 44 -
Ecuación 2: Densidad (relativa gravedad específica) (SSS)	- 45 -
Ecuación 3: Peso específico del material seco	- 45 -
Ecuación 4: Peso específico en condiciones (SSS)	- 45 -
Ecuación 5: Relación agua-cemento.	- 50 -
Ecuación 6: Proporción 1:n	- 51 -
Ecuación 7: Contenido de cemento.	- 52 -
Ecuación 8: Contenido de agua.	- 52 -
Ecuación 9: Contenido de arena	- 52 -
Ecuación 10: Porcentaje de absorción.	- 67 -
<i>Ecuación 11: Contenido de humedad.</i>	- 67 -
Ecuación 12: Costo unitario.	- 113 -
Ecuación 13: Margen de utilidad.	- 113 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El uso de envases plásticos indudablemente ha facilitado la vida de las personas; pues, al ser un material muy versátil, algunos transparentes y resistentes, otros fuertes y livianos, se han empleado como elementos seguros y no tóxicos en el transporte de agua potable, de alimentos y equipos médicos en gran parte del planeta. Su creciente producción y uso generan un grave problema ambiental, por la deficiente gestión de este tipo de residuos que contaminarían el planeta y los mares.

La empresa Enkador, revela que en el Ecuador se consumen alrededor de 4 000 toneladas mensuales de botellas y recipientes de tereftalato de polietileno (PET) (Suárez & Molina, 2014).

Para Carreño (2020), el constante deterioro que afecta al ambiente a nivel mundial es alarmante, y considera que a las botellas de plástico PET, constituyen una de las fuentes de mayor contaminación; por lo que, todos estamos llamados a contribuir de alguna manera, para mitigar los graves daños que causa este material en los distintos ecosistemas del mundo.

En los últimos años, la lucha contra el plástico y sus derivados se vuelve ardua, pues, es uno de los materiales más contaminantes y el tiempo empleado para su degradación es muy largo, entre 150 y 1 000 años (Caballero & Flores, 2016).

Tolozano (2016), considera que gran parte de este material de desecho, no cuenta con una adecuada gestión, ya sea para su reutilización o disposición final; razón por la cual, desarrolla su estudio “Uso de bloques de plástico reciclado para viviendas de interés social para mejoramiento de su microclima, Plan Socio-Vivienda. Guayaquil, Ecuador”, recomendando la elaboración de los bloques ecológicos para emplearlos en la industria de la construcción.

Carreño, (2020), al realizar el “Análisis técnico-económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de aridos finos en hormigones”, resalta como características del PET: su elevada resistencia a los esfuerzos permanentes, al desgaste, rigidez y dureza; así como sus propiedades físico mecánicas que motivaron la realización de su investigación propuesta.

En miras a disminuir el impacto ambiental creciente que producen estos envases post consumo, muchos de los cuales van a parar en diferentes ecosistemas, siendo los más

afectados los marinos y terrestres, y, en consideración a su resistencia a la degradación natural, que hace que estos perduren por largos periodos de tiempo en dichos hábitats, afectando la vida de toda especie; este trabajo investigativo, propone como alternativa, previa trituración, la reutilización de las botellas de plástico de tereftalato de polietileno más conocido por sus siglas en inglés como (PET), como remplazo del árido fino en la producción de bloques para mamposterías en ciertos porcentajes; brindando así una posible alternativa ecológica al sector de la construcción y un análisis de la factibilidad de comercialización del producto (Tolozano, 2016).

1.1 Planteamiento del Problema.

Los envases no retornables de bebidas de consumo masivo, tienen la característica de no degradarse fácilmente, perdurando durante décadas y contaminando el ambiente. Con la finalidad de contribuir a una adecuada disposición final de los residuos, se estimula a llevar adelante la cultura del reciclaje, especialmente del plástico PET (Tereftalato de Polietileno), entregando un valor agregado a estos envases, o al menos a una parte de ellos, pero no a su totalidad. El material restante, se vuelve parte de un problema ambiental de escala local e incluso mundial, ya que muchos de estos recipientes, van a parar a distintos ecosistemas haciendo de estos hábitats su lugar final, causando un grave impacto ambiental en los mismos (Angumba, 2016).

La industria de la construcción constituye también una causa del deterioro del ambiente; pues, durante mucho tiempo, el uso de materiales para la construcción de bloques y ladrillos ha crecido de una manera exponencial, sin considerar el bienestar y la salud del ser humano. La fabricación de estos materiales constructivos, requiere de agregados pétreos que se encuentran en los lechos de los ríos, lagos y canteras cuya explotación genera destrucción de la corteza del suelo y su relieve, ocasionando cambios importantes en el paisaje (Crespo, 2015) .

Considerando que el uso agresivo de producto plásticos contaminantes generan impactos negativos en el ambiente; se hace necesario, buscar alternativas de solución a dicho problemas con la utilización de nuevas propuestas constructivas utilizando este tipo de residuos sólidos, respondiendo a las necesidades de nuevos sistemas constructivos ecológicos (Arenas, 2018).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General.

- Evaluar la viabilidad ambiental y económica de los bloques construidos con agregados de plástico reciclado (PET), mediante el desarrollo de pruebas físico–mecánicas comparativas.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico de la producción de plásticos PET y sus alternativas de reciclaje.
- Elaborar el bloque ecológico, con distintos porcentajes de PET triturado en remplazo del árido.
- Determinar las características físico-mecánicas de los bloques elaborados con PET, mediante la aplicación de pruebas en laboratorio.
- Esquematizar la viabilidad ambiental y económica de la producción de bloques con PET.

1.3 Justificación.

Según (Gomez & Guzman, 2019) en el país se generan más de 48 000 Ton de envases plásticos PET, gran parte de estos, no cuentan con un adecuado manejo para su disposición final. Al no existir mayores alternativas para su re utilización o eliminación total, parte de estos recipientes son desechados sin darles valor alguno.

Por otro lado, el bloque y ladrillo convencional son los materiales mayormente empleados en los procesos constructivos de edificaciones; éstos, se construyen con cemento, arena o arcilla recocida, que sin lugar a duda cumplen con la resistencia y durabilidad que el usuario necesita; pero su producción, requiere una gran demanda energética y mano de obra especializada; por lo que, algunos resultan de alto costo en la construcción (Angumba, 2016).

En países como México, Perú y Argentina, los ladrillos y bloques que son construidos a base de polímeros de plástico, son utilizados como un elementó constructivo alternativo para sus edificaciones de mamposterías no portantes. En la ciudad de Quito - Ecuador, la empresa TRITUBOT, pionera y única en el país, se dedica al diseño y elaboración de bloques con agregados de plástico, a través de su programa Reboot, recauda 2 000 000 de botellas para transformarlas en ecobloqs, (bloques de plástico-cemento), que han sido

empleados en la edificación de veinte hogares asistenciales multiuso en distintos lugares del país (Ganggino, 2009).

La presente investigación contribuye a que se tenga un mejor conocimiento sobre el uso de materiales alternativos para la industria de la construcción y uno de estos materiales alternativos; puede ser el reemplazar determinados porcentajes del árido fino por el polímero triturado (PET), constituyendo una posible opción de re uso del elemento a la cadena productiva; además, de disminuir los niveles de explotación de recursos no renovables como son los áridos y pétreos. Por estas razones, esta investigación se ve estrechamente ligada al área ambiental y social (Angumba, 2016).

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Diseño ambiental.

Los diseños ambientales son una parte fundamental en la estructura de las ciencias que se ocupan en crear un ambiente más sano para el ser humano, involucrando a las ciencias como: ingeniería, arquitectura, horticultura, agricultura orgánica, restauración de suelos, energías renovables, etc. En cada una de estas ciencias y actividades, los diseños ambientales intervienen como parte primordial, en lo referente a la planificación, planes, políticas o productos que puedan intervenir. Generalmente un diseño ambiental está directamente involucrado en cuestiones ecológicas y de sostenibilidad. (Arqhys, 2021)

2.2 Análisis económico.

Se conoce como un análisis económico y financiero, a la disciplina que tiene por objetivo realizar el estudio de cada uno de los resultados obtenidos y los impactos que genera dentro de una empresa; de esta manera, un análisis económico deduce si dicha empresa va a ser capaz de generar recursos de solvencia económica para mantenerse en el mercado, con este análisis se pueden tomar decisiones con la finalidad de mejorar la empresa en cuanto a solvencia, evolución futura de la rentabilidad, inversiones y financiaciones (Nuria, Ángels, & Abaseda, 2016).

2.3 Valor actual neto (VAN).

Sus siglas representan al valor actual neto, esta herramienta contable permite determinar la factibilidad económica de un proyecto, también se considera al VAN, como el desembolso de la inversión inicial del proyecto, sumado a esto los futuros flujos de dinero que existan en dicho proyecto, si al realizar los cálculos pertinentes del proyecto en curso obtenemos un valor actual neto efectivo, esto indica que la inversión es económicamente rentable, en base a que el valor actual neto, es mayor a los desembolsos iniciales (Brun, 2021).

2.4 Tasa Interna de Retorno (TIR).

Es un indicador económico que se utiliza, para tomar decisiones en proyectos de financiación e inversión que permite estimar la utilidad del capital invertido en el negocio, es decir, es la tasa de depreciación que iguala el valor actual de las entradas versus los egresos del proyecto, por esto se lo denomina como la tasa interna de rendimiento, pues no manifiesta una dependencia de las condiciones del mercado financiero (Mete, 2014).

2.5 Breve reseña histórica del tereftalato de polietileno.

El primer plástico maleable que se descubrió en el mundo fue el resultado de un concurso que tuvo lugar en el año de 1860, donde el constructor americano Phelan and Collander buscaba un reemplazo del marfil, un material insuficiente para la época. Fueron John Wesley Hyatt y su hermano Isaías, quienes desarrollaron un método para que el nitrato de celulosa previamente tratado con alcanfor y alcohol, fuera el primer polímero al que se le dio el nombre de celuloide, consiguiendo así un material que se volvería la materia prima para el desarrollo de varias industrias (Ubilla, 2019).

El hallazgo del polietilentereftalato, conocido comúnmente como PET, a sus inicios fue registrado como un plástico para fibra por los científicos J. R. Whinfield y J. T. Dickson, los cuales desarrollaron los distintos tipos de termoplásticos, experimentación que se realizó en los laboratorios de la Asociación Calico Printers durante los años de 1939 a 1941. La producción comercial de fibra de poliéster, comenzó en el año de 1955; desde esta fecha, el polímero llamado PET, no ha dejado de crecer convertirse en un producto indispensable y aliado de diversas industrias a nivel mundial (Careaga, 1993).

A comienzos del año de 1976, se utilizó el PET para la elaboración de envases livianos, claros y duros, principalmente para el envasado de líquidos, teniendo un significativo desarrollo en la elaboración de empaques por sus cualidades de resistencia y flexión, brindando una extraordinaria protección al producto que contenga (Zanchez & Paredes, 2014); en la presente época, en lo que respecta al embotellado de bebidas de consumo masivo el uso de tereftalato de polietileno (PET) desplaza al vidrio y al PVC (Rivera, 2015).

2.6 Historia del PET en el Ecuador.

En el Ecuador, la industria del plástico comienza a producirse a mayor escala por parte de la empresa "PICA", que se dedicó al diseño y elaboración de artículos de varios usos. Su producción comienza en el año 1961 en la ciudad de Guayaquil, con dos máquinas inyectoras y seis obreros. En el año de 1964 "Plásticos Industriales C.A" lanza al mercado botas y calzado de plástico creando nuevos campos de implementación para la manufactura. En la actualidad, la empresa ocupa el liderazgo en el país (Narváez & Luna, 2014).

De acuerdo con estadísticas de la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (Aseplas), la producción de plástico, está compuesta por unas 600 empresas, 120 de las cuales pertenecen a esta asociación, la mayoría de las cuales se encuentran en la ciudad de Guayaquil (Aseplas, 2018).

Las empresas vinculadas a los métodos de inyección, extrucción y soplado del polímero integran la industria plástica ecuatoriana, siendo éstas de gran importancia para el sector productivo del país. De estas empresas, el 38.31% se encuentran en la provincia de Guayas; 40.26% en la provincia del Pichincha y el 21.43% se reparten en nueve provincias del Ecuador (Ubilla, 2019).

2.7 Características, propiedades y clasificación del plástico PET.

Las principales características que hacen que este elemento sea utilizado en la elaboración de recipientes para bebidas de consumo masivo son las siguientes:

- Transparente.
- Resistencia a cambios de temperatura.
- Resistencia a gases.
- Resistencia a golpes y caídas.
- Elasticidad.
- Fácil de moldear.
- Bajo costo de producción.
- Impermeable.
- Esterilizable.
- Liviano.


La tonalidad del PET varía entre: cristal, azul, verde y ámbar. Por sus características de flexibilidad, transparencia y resistencia, se emplea en la elaboración de envases para bebidas, tornándolas de fácil manejo y almacenamiento. (Narváez & Luna, 2014). Los envases fabricados con el polímero PET, cuentan con características mecánicas, térmicas y químicas; mismas características se detallan en la tabla número 1.

Tabla 1: Propiedades mecánicas, térmicas y químicas del Tereftalato de Polietileno

Propiedades mecánicas	
Peso específico.	139 gr/cm ³
Resistencia a la tracción fluencia/rotura.	900 kg/cm ²
Resistencia a la flexión.	1450 kg/cm ²
Alargamiento a la rotura.	15%
Resistencia al desgaste por roce.	Buena
Propiedades térmicas	
Temperatura de Fusión.	255 °C
Conductividad Térmica.	Baja
Temperatura de deformabilidad por calor.	170°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat.	175°C
Coeficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C.	0.00008 mm/°C
Propiedades químicas	
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente.	Buena
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente.	Buena
Comportamiento a la combustión.	Arde con mediana dificultad
Propagación de llama.	Mantienen la llama
Comportamiento al quemado.	Gotea

Fuente: (Quevedo Rivera & Guamán Altamirano, 2013). Tomado de Plásticos mecanizables, IMC, 2010

Tabla 2: Clasificación de los termoplásticos

Nombre	Siglas	Usos	Código
Polietileno Tereftalato.	PET	Recipientes en general	
Polietileno de alta densidad.	PE	Envolturas en general	
Polietileno de baja densidad.	PE	Utilizados como films plásticos para embalajes de golosinas, jabones, etc.	
Polipropileno bi-orientado.	BOPP	Residuos industriales	
Policloruro De Vinilo.	PVC	Juguetes, tuberías, molduras, tableros para automóviles, etc.	

Fuente: (Betancourt, 2019)

2.8 Beneficios del PET.

Según (Narváez & Luna, 2014), las características de los envases de plástico PET lo hacen un material totalmente reciclable, esta particularidad hace que el manejo de sus residuos sea más aprovechable, pero, además de este beneficio, cuenta con otros como son:

2.8.1 Durabilidad.

Resistencia a condiciones climáticas

2.8.2 Impermeabilidad.

Impide el paso de agua hacia las viviendas evitando enfermedades

2.8.3 Aislamiento.

Brinda la reducción de un 70% en la pérdida del calor y de frío, volviendo las construcciones térmicas.

2.8.4 Portabilidad.

Se pueden llevar una mayor cantidad de elementos tanto en envases, contenedores y bolsas plásticas, reduciendo costos y tiempo.

2.8.5 Ligereza.

Brinda menos peso en el transporte de materia en cualquier estado. La elaboración de muchos productos como vasos, repuestos automovilísticos entre otros que por las características propias de los plásticos son menos pesados.

2.8.6 Reciclable.

El principal beneficio es que los termoplásticos en los cuales se encuentran los PET pueden ser reciclados, reduciendo la emisión de gases y contaminación del planeta (Narváez & Luna, 2014).

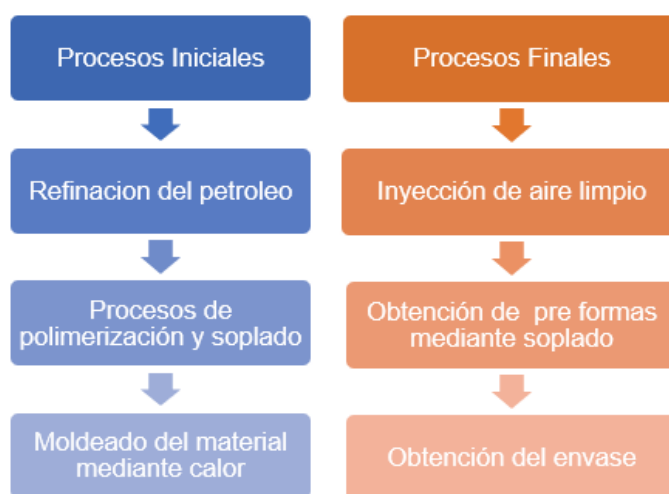


Figura 1: Procesos para la fabricación de botellas de plástico PET

Fuente: (Narváez & Luna, 2014)

2.9 Preforma de las envases de plástico PET.

Los procesos de fabricación expuestos en la figura número 1, dan como consecuencia el PET cristalizado, que luego a partir de la inyección de aire, da paso a la pre forma de las botellas de plástico, mismas son sometidas a un proceso de calentamiento, para luego colocarlas en un molde para estirarlas por medio de un pistón hasta obtener el envase requerido por medio de inflar la preforma a presión (Narváez & Luna, 2014).



Figura 2: Preforma del PET

Fuente: (Narváez & Luna, 2014)

2.10 El Ambiente y las botellas de plástico PET.

El plástico actualmente es muy utilizado por las industrias que se dedican especialmente al envasado de todo tipo de bebidas de consumo masivo, las mismas que son desechadas sin una adecuada disposición final, causando contaminación ambiental debido a su resistencia a la degradación natural. La emisión solar, es la única manera en la que el material se puede degradar; sus efectos a mediano plazo, destruye los enlaces poliméricos, de lo torna frágil y endeble (Rivera, 2015). Este proceso demanda grandes cantidades de tiempo tardando entre 100 a 1000 años para su degradación (Suárez & Molina, 2014).

Las botellas de plástico PET que son vertidas al mar, tienden a flotar, presentando un problema ambiental en los lugares donde se acumulan en grandes cantidades, llegando a formar islas de plástico flotante que amenazan con una posible erradicación de la vida marina; por lo que, contribuyen al calentamiento global del planeta. Algunas de estas islas de plástico tienen el equivalente de Francia, España y Alemania juntas (Rivera, 2015).

2.11 El reciclaje, envases de botellas plásticas PET.

El reciclar es una acción que consiste en volver a introducir el producto ya usado nuevamente en la cadena de producción y consumo, para de esta forma obtener un nuevo material en base a un residuo (Sánchez D. , 1994).

Reciclar es el re uso y utilización de elementos considerados como desechos, tornándose en materia prima que permite la elaboración de nuevos productos partir de ese desperdicio (Sánchez D. , 1994).

El reciclaje se caracteriza por ser un proceso simple o complejo, que permite que sea reincorporado a un ciclo de producción o consumo. (Piñeros & Herrera, 2018).

Desde hace años atrás, los problemas de contaminación ambiental han sido producidos por actividades antrópicas, causando serios impactos en los recursos naturales, ecosistemas, salud y la calidad del ambiente; contribuyendo a esto el excesivo crecimiento poblacional, consumismo y falta de cultura. Ante esta situación, es necesario promover y considerar la importancia que tiene el reciclaje (Pineda, 2018).

Actualmente el reciclar es un tema que importa y preocupa a la sociedad e instituciones gubernamentales por la importancia del mismo, ya que brinda una mejor calidad de vida a sus habitantes. Uno de los principales problemas ambientales, constituyen las botellas de plástico PET que se convierten en residuos al no tener la adecuada disposición final por lo que, terminan contaminando: ríos, corrientes superficiales, drenajes, bosques, selvas, océanos, suelos, generando impactos ambientales negativos, y alterando el medio visual o paisajístico (Betancourt, 2019).

El reciclar los envases plásticos, se vuelve un factor de importancia para el cuidado y protección del ambiente; pues, al reutilizarlo y convertirlo en materia prima para la elaboración de otro producto, se aporta en gran medida al cuidado del ambiente; de igual manera, se reduce la cantidad de desechos que serán depositados en los rellenos sanitarios o en los distintos ecosistemas sin tratamiento alguno; hoy en día las botellas plásticas PET son recicladas, siendo reutilizadas e ingresadas a la cadena productiva mejorando las condiciones ambientales; Hoy en día, las botellas plásticas PET son recicladas, siendo reutilizadas e ingresadas a la cadena productiva mejorando las condiciones ambientales (Rivera, 2015).

2.12 Ventajas y desventajas del reciclaje de envases PET.

El reciclar presenta algunas ventajas y desventajas, por lo que es necesario implementar nuevas tecnologías que permitan mejorar los procesos actuales, incentivando a las personas e instituciones a sumar esfuerzos que contribuyan con cuidado del ambiente (Careaga, 1993).

Según (Careaga, 1993), los problemas de un deficiente reciclado de botellas plásticas, vienen desde los hogares, pues, pocos mantienen una cultura de clasificación de desechos; el autor considera importante la falta de una educación ambiental, por lo que, es necesario la concientización y difusión de una cultura del reciclaje. Pero aun con estas desventajas, la balanza se inclina más a los beneficios de realizar esta acción positiva. Destacando las siguientes ventajas:

2.12.1 Protección del ambiente.

Preserva los recursos naturales renovables y no renovables; reduce la contaminación; prolonga la vida útil de los rellenos sanitarios (Betancourt, 2019).

2.12.2 Reducción de costos en la industria.

Ahorro de materia prima en la fabricación de elementos nuevos a partir del PET; reducción de costos en las industrias al utilizar productos reciclados (Betancourt, 2019).

2.12.3 Ventajas a nivel Social.

Generación de fuentes de empleo; reducción de la contaminación ambiental proporcionando una atmosfera más limpia; reduce los métodos de extracción nocivos y contaminantes; generación de ciudades más limpias (Betancourt, 2019).

Para (Echeverria, 2017), las desventajas del reciclaje de botellas de plástico PET, se producen debido a que las personas no tienen una cultura que permita utilizar estos envases desechados; ya que hasta la actualidad no se ha dado la debida importancia a estos procesos. Dentro de las desventajas se cita las siguientes: No es rentable en bajas escalas; genera empleos de baja calidad; no garantiza productos de calidad; existe la creencia de que los productos que se fabrican en base a materiales reciclados, no tienen una buena calidad (Echeverria, 2017).

2.13 Tipos de reciclado de los plásticos.

Existen diferentes tipos de reciclado de plásticos. Para la elección del proceso requerido, se debe conocer la limpieza y la homogeneidad del material, el valor de desecho y su aplicación final (Rivera, 2015), entre los más conocidos podemos mencionar los siguientes procesos:

2.13.1 Primario.

Se caracterizan por la conversión del material plástico, en artículos con propiedades físicas y químicas idénticas al del material original. Este proceso se aplica a termoplásticos como son: PET, HPDE, LPDE, PP, PS y PVC, previo al proceso de separación y limpieza (Aseplas, 2018).

2.13.2 Secundario.

El polímero es convertido en productos con propiedades inferiores al original, se aplica al material plástico que ha sido contaminado con otros productos, en la realización del proceso

no se emplea ninguna clase de lavado o clasificación, se combinan todos juntos, incluyendo papel, aluminio, tapas etc (Rivera, 2015).

2.13.3 Terciario.

El polímero es transformado en compuestos químicos básicos o combustibles, en este proceso ya no existe solo un cambio físico, sino también químico. Para ello se emplea procesos de pirolisis y gasificación (Rivera, 2015).

2.13.4 Cuaternario.

Se utiliza para obtener energía térmica liberada, por medio del calentamiento del material. Esta acción conlleva a la generación de cenizas y gases que son de alta contaminación (Rivera, 2015).

2.14 Reciclaje de botellas plásticas en el Ecuador.

Ecuador ha sido pionero en crear un impuesto redimible a los envases de botellas de plástico PET, mismo impuesto fue creado en el año 2012, gracias a esta iniciativa que consta de la devolución de 0.02 USD, a quien recolecte o retorne los envases plásticos post consumo, se pudo recaudar más de 14 millones de dólares; en la parte ambiental se redujo 112 000 toneladas de CO₂ (Echeverría, 2017).

A raíz de esta iniciativa también se formaron alrededor de diez empresas con casi 16 centros de acopio dedicadas cien por ciento al reciclaje y a la transformación de este elemento en la materia prima de nuevos procesos de producción industrial (Narvárez & Luna, 2014).

Con la implementación de este impuesto redimible la tonelada del PET que antes de esta acción se comercializaba en 270 a 300 USD, tuvo un incremento sustancial de su precio a 800 \$, con este aumento de precio cientos de recicladores mejoraron de manera notable su nivel de vida. Es así, que se demuestra que el poder reciclar estos materiales pueden ser una fuente de ingresos para las personas de más bajos recursos en el país, y que el involucrar una economía circular no se vuelve una utopía sino una realidad (Rivera, 2015).

Como se puede observar la creación de este impuesto redimible en el país, ha potenciado la industria del reciclaje, esta acción brinda un impulso a la investigación, ya que el poder obtener las botellas de plástico PET no se dificulta (Rivera, 2015).

Alrededor del 13,12% de los residuos sólidos urbanos producidos en el país son plásticos. A partir de la implementación del impuesto, y según el SRI, se cuentan con los siguientes datos en relación a las botella plásticas expresados en la tabla número 3 (Rivera, 2015).

Tabla 3: Envases plásticos recobrados en los años 2012-2016

Año	Cantidad entregada	# De envases PET	Peso (Ton)
2012	14.017.555	1.221.821	30.545
2013	26.217.354	2.018.442	44.854
2014	29.502.150	1.914.658	54.704
2015	30.308.540	2.081.964	59.485
2016	30.480.000	1.524.000	54.428

Fuente: (PNGIDS, 2021)

Las empresas dedicadas a la industria del reciclaje han crecido en el país, así tenemos en la tabla número 4 las cifras que denotan lo importante que se vuelve la gestión e inserción de planes y políticas medio ambientales con un aliciente económico (Suárez & Molina, 2014).

Tabla 4: Beneficios económicos del reciclaje por asociaciones

Años	# De asociaciones establecidas	# De personas agrupadas	Valor económico promedio de ingresos
2010	0	0	0
2011	0	0	0
2012	0	0	0
2013	0	0	0
2014	0	0	0
2015	14	140	67.200
2016	8	80	38.400
2017	8	80	38.400
2018	8	80	38.400
2019	8	80	38.400
2020	8	80	38.400
2021	8	80	38.400

Fuente: (PNGIDS, 2021)

2.15 Reciclaje de botellas plásticas a nivel provincial.

En nuestro país las tres provincias beneficiadas con el reaprovechamiento de las botellas plásticas PET son: Pichincha que recolecta diariamente un promedio de 2 000 Ton aproximadamente de esta cantidad el 14% representa al material plástico (EMASEO, 2020). En la provincia de Guayas se recolectan alrededor de 4 000 Toneladas de basura diarias,

de esta cantidad un 32% forman parte de residuos aprovechables o reciclables como papel, cartón y plásticos (Puerto Limpio, 2019); como ultima tenemos a la provincia del Azuay en donde se recolectan aproximadamente 144,53 Ton, de esta cantidad, el 14% corresponde al plástico (EMAC, 2017). En las provincias citadas se encuentran los mayores centros de acopio de reciclaje, mismos centros de acopio crean nuevas fuentes de trabajo para un determinado número de habitantes (Narváez & Luna, 2014).

2.16 Agregados de plástico reciclado (PET), en la construcción.

Para (Acevedo & Posada, 2018), la utilización de agregados de plástico triturado en la fabricación del concreto disminuye el rastro que deja dicha actividad a ecológica en la elaboración del hormigón, igualmente como en la fabricación del PET, el poder remplazar en porcentajes de polímero triturado por agregados pétreos daría lugar a una producción de hormigón y materiales para la construcción de menor impacto ambiental, al usar esta alternativa esto podría ser de gran beneficio en zonas donde los recurso pétreos sean escasos; para (Ganggino, 2009), el uso de agregados de plástico triturado en la fabricación de mampuestos para la construcción de mamposterías no portantes en las viviendas, potencia el concepto de “Construcción Sostenible” salvaguardando a las futuras generaciones para que no se vean perjudicadas por la actividad constructora del habitad humano conocida hasta el presente como destructora del medio ambiente, los agregados de plástico en el diseño y cimentación de elementos constructivos manifiestan un ahorro del recurso agua y ofrece viviendas de vida útil prolongada, así lo asegura en su estudio (Tolozano, 2016).

2.17 Materiales empleados en el Ecuador para la construcción de paredes.

En el Ecuador, los materiales más empleados en la construcción paredes, viviendas y edificaciones son:

- Ladrillo.
- Bloque.
- Adobe.
- Madera.
- Caña.

En la sierra se utilizaba materiales como el adobe y ladrillo, caracterizados por tener un peso considerable, que exigían mayores esfuerzos a los elementos estructurales. Actualmente, el uso de estos materiales tiene una disminución muy notable, siendo reemplazados por elementos constructivos más livianos (Páez, 2014). En las provincias de

la Costa y Oriente Ecuatoriano predomina el uso de caña y madera para la construcción de paredes (INEC, 2020).

2.17.1 Ladrillo.

Pieza de mampostería de dimensiones y pesos que puede ser manipulada con una sola mano (Echeverría, 2017).

2.17.2 Bloque.

Pieza prefabricada de forma ortoédrica, sin armadura alguna, para elegir sus dimensiones se manifiesta primero su longitud, altura y ancho; existen diferentes tipos fabricados según las oquedades que presenten (García, 2019). Para su fabricación se pueden utilizar materiales como: piedra partida, grava, arena, pómez, escorias o a su vez elementos inorgánicos inactivos apropiados (INEN 638, 1993).

a. Tipos de bloques según los materiales utilizados para su elaboración.

i. Hormigón.

Pieza prefabricado con huecos o sin estos, elaborado con cemento hidráulico, agua, áridos ya sean finos o gruesos, con o sin uso de aditivos (INEN 3066, 2016).

ii. Polvo de piedra.

Utiliza piedra triturada de origen natural extraída de canteras, la norma INEN 872, (2011), lo define como un elemento angular y poseedor de orillas bien definidos, con caras planas ásperas (Crespo, 2015).

iii. Pómez triturado o Chasqui.

Utiliza como insumo primordial en su fabricación al material formado por la lava seca de un volcán, en el Ecuador, este elemento se lo encuentra en las faldas del volcán Cotopaxi, en la ciudad de Latacunga. Se caracteriza por presentar granos pequeños menores a 10mm (Crespo, 2015), la norma (INEN 872, 2011) define a este material, como un paneloide con poros y cavidades visibles.

b. Clasificación de los bloques según su uso, densidad y dimensiones

En la tabla número 5 podemos observar los diferentes tipos de bloques de hormigón según su uso en la construcción de mamposterías como: estructurales, no estructurales y alivianamientos en losas

Tabla 5: Bloques de hormigón según su uso

Clase	Uso
A	Mampostería Estructural
B	Mampostería no Estructural
C	Alivianamientos en losas

Fuente: (INEN 3066, 2016)

Los diferentes tipos de densidades de los bloques de hormigón se encuentran especificados en la tabla número 6, en la misma observamos las diferentes densidades de los bloques para clasificarlos en livianos, medianos y normales.

Tabla 6: Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad

Tipo	Densidad del hormigón (Kg /m ³)
liviano	< 1680
mediano	1680 a 2000
normal	> 2000

Fuente: (INEN 3066, 2016)

En la tabla número 7 se encuentran expuestas las medidas de los bloques de hormigón dictadas por la normativa (INEN 3066, 2016), en donde se especifican sus dimensiones en cuanto a su largo, ancho y alto.

Tabla 7: Dimensiones de bloques de hormigón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
39	29	19
29	19	9
19	9	-

Fuente: (INEN 3066, 2016)

c. Resistencia que deben cumplir los bloques según su uso

Los bloques caracterizados por huecos de hormigón, deben cumplir con las resistencias mínimas a la compresión de acuerdo a los parámetros establecidos por la norma (INEN 3066, 2016). De acuerdo a su uso, las resistencias a cumplir dependiendo de la clase del elemento constructivo, mismas resistencias a cumplir se expresan en la tabla número 8.

Tabla 8: Resistencias mínimas de los bloques huecos de hormigón según su uso

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (MPa)		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
por bloque	12,4	3,5	1,4
1 MPa = 10,2 kg/cm ²	-	-	-

Fuente: (INEN 3066, 2016)

iv. *Plástico.*

Bloque de concreto que utiliza como materia prima las botellas de envases PET, previa trituración del polímero, en remplazo por porcentajes del árido (Echeverria, 2017).

v. *Vidrio.*

Los bloques de vidrio conocidos generalmente como Pavéz, son realizados en base al moldeado del cristal a muy elevadas temperaturas, este calentamiento produce o forma una cámara de aire al interior del elemento, que proporciona al bloque una excelente capacidad de aislamiento acústico y térmico (Betancourt, 2019).

2.17.3 Madera.

Elemento utilizado en la industria de la construcción, se puede combinar con materiales como: cementó, pinturas, cerámicas, metalúrgicos y aislantes, tiene buen soporte ante posibles riesgos sísmicos, debido a su poco peso, reduce la inercia, evitando así la aceleración de la estructura, previniendo un posible colapso (Dussan & Rincon, 2014).

2.17.4 Caña.

Velasco, (2002), considera a la “caña Guadua, como el acero vegetal del siglo XXI, por sus propiedades técnicas, físicas y químicas, se destaca por su elasticidad y su capacidad como agente hipotético del calor, convirtiendo al elemento en un gran aliado en la construcción”.

2.17.5 Agregados pétreos.

Se caracterizan por ser materiales granulares, constituyen entre el 80 y 60% del mortero u hormigón que se realice, los materiales granulares a ser utilizados, deben estar libres de partículas impuras o de elementos químicos que impidan su adherencia con el material cementante (Pullaguari, 2010).

2.18 Morteros.

Se considera como mortero a toda materia plástica compuesta por una mezcla de conglomerantes inorgánicos, dicha mezcla debe contener agua, aglutinante y arena, los morteros son utilizados como un elemento fundamental en la albañilería al brindar el agarre o unión entre las piezas de mampostería, también se los usa para el revestimiento o revoques de paredes, en bloques para formar muros, emboquillados, resanes o curado, etc. (Pullaguari, 2010).

2.19 Propiedades de un mortero de cemento.

Las propiedades que debe tener un mortero de cemento dependen de su uso, y según este, se establece su dosificación requerida en relación a las partes de cemento y arena (1: n), cuando se omite este procedimiento, se obtienen mezclas muy aguadas o endurecidas, siendo estos como datos extremos, que hacen que el mortero no tenga las cualidades de resistencia de acuerdo a su uso particular (Sánchez D. , 1994).

2.19.1 Propiedades en estado plástico.

a. Manejabilidad.

Esta característica hace referencia al estado de fluidez del mortero, siendo dura (seca) o blanda (fluida) (Sánchez D. , 1994).

b. Retención de agua.

Se refiere a la condición que tiene el mortero al conservar su plasticidad cuando está en contacto con una superficie absorbente, la retención de agua, infliere directamente en la velocidad de secado del mortero y su resistencia (Sánchez D. , 1994).

c. Velocidad de endurecimiento.

Los límites de tiempo de fraguado en el estado inicial y final de la mezcla, deben estar entre 2 y 24 horas, en este proceso intervienen factores como: la temperatura y la textura de la mezcla (Sánchez D. , 1994).

2.19.2 Características en etapa de endurecimiento.

d. Retracción.

Esta propiedad depende directamente de las reacciones químicas de hidratación de la pasta, si la arena es de textura rugosa previene el peligro de agrietamiento, para evitar la

retracción se recomienda utilizar agregados de buena granulometría sin mucho contenido de finos (Sánchez D. , 1994).

e. Resistencia y durabilidad.

El mortero requiere de alta resistencia a la compresión, ya que soportara elevadas y continuas cargas, en cuanto a su durabilidad se define por su resistencia a factores externos como: “bajas temperaturas, penetración de agua, desgaste por abrasión, agentes corrosivos, choques térmicos, entre otros” (Sánchez D. , 1994).

f. Apariencia.

Este factor depende de la plasticidad de la mezcla, selección y dosificación adecuada de sus componentes, estos factores definirán su apariencia final (Sánchez D. , 1994).

2.19.3 Clase de morteros de acuerdo a la Normativa NTE INEN 2518:2010.

La norma en estudio asigna una letra a cada tipo de mortero para unidades de mampostería (M, S, N, O y K), con la finalidad de clasificarlos e identificarlos, así se define cinco tipos de morteros según su resistencia en forma descendente, que detallamos en la tabla número 9, en la misma apreciamos el tipo del mortero de acuerdo a sus diferentes características (INEN 2518, 2010).

Tabla 9: Morteros de uso en mampostería

Tipo de mortero	Características
M	Mezcla de alta resistencia de mayor durabilidad usado para cimentaciones y muros de contención.
S	Mortero de alta adherencia utilizado para revestimientos
N	Se utiliza para estructuras de mampostería muestra una excelente combinación entre resistencia trabajabilidad y economía.
O	Mortero de baja resistencia con altos contenidos de cal

Fuente: (Cevallos, 2019)

2.20 Normativas técnicas aplicadas.

- vi. *Norma Técnica Ecuatoriana: Áridos para hormigón - Requisitos (NTE INEN 872:2011).*

Determina las exigencias de granulometría y calidad para los áridos finos y gruesos para ser utilizados en el hormigón, en relación a: gravas, piedras naturales y otros materiales obtenidos por trituración (INEN 872, 2011).

- vii. *Norma Técnica Ecuatoriana: Áridos para uso en morteros para mampostería requisitos (NTE INEN 2 536: 2010).*

Define las características específicas que deben tener los áridos empleados para la fabricación de morteros en la mampostería, como: graduación, composición, impurezas orgánicas y métodos de ensayo (INEN 2536, 2010).

- viii. *Norma Técnica Ecuatoriana: Áridos Muestreo (NTE INEN 695:2010).*

Define los procedimientos, para una correcta obtención de muestras para los áridos tanto fino como grueso para procesos de investigación (INEN 695, 2010).

- ix. *Norma Técnica Ecuatoriana: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos finos y grueso (NTE INEN 696: 2011).*

Establece los equipos y métodos de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos finos y grueso por tamizado, determina la graduación de materiales a fin de emplearlos como agregados para hormigón (INEN 696 , 2011).

- x. *Norma Técnica Ecuatoriana: Bloques de hormigón, requisitos y métodos de ensayo (NTE INEN 3066:2016).*

Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo de los bloques de hormigón, fabricados con cemento hidráulico, agua y áridos minerales (INEN 3066, 2016).

- xi. *Norma Técnica Ecuatoriana: Hormigón de cemento hidráulico, determinación de la resistencia a la flexión del hormigón “utilizando una viga simple con carga en sus tercios” (NTE INEN 2554:2011).*

Determina el proceso para realizar ensayos de resistencia a la flexión del hormigón, se utiliza una viga simple, apoyada en los extremos para aplicar la carga en los tercios de la luz libre (INEN 2554, 2011).

- xii. *Norma Técnica Ecuatoriana: Albañilería 070 (Resolución Ministerial N° 011-2006-Vivienda).*

Hace referencia a requisitos y exigencias mínimas que deben tener los materiales de construcción en relación a: diseños, control de calidad, inspección de edificaciones, tanto de mampostería no portante, como reforzada (Norma Técnica E.710, 2006).

- xiii. *Norma Técnica Ecuatoriana: Morteros para unidades de mampostería - Requisitos (NTE INEN 2518:2010).*

Indica las especificaciones para la elaboración de morteros a ser empleados en construcción de estructuras con unidades de mampostería, reforzada y no reforzada (INEN 2518, 2010).

- xiv. *Norma Técnica Ecuatoriana: Áridos - Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino (NTE INEN 856:2010).*

Determina los métodos de ensayo en relación a: densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido fino (INEN 856, 2010).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio.

La investigación se realizó en el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica de la Universidad Católica de Cuenca, ubicado en Ricaurte, cantón Cuenca, provincia del Azuay, en el cantón Cuenca.

3.2 Materiales

La tabla número 10 presenta la lista de materiales utilizados en el desarrollo del estudio.

Tabla 10: Materiales utilizados en el laboratorio

Materiales	Usos
Moldes	Mezclado de muestras
Cono Truncado	Ensayos del estado saturado y superficialmente seco de la arena
Picnómetro	Para uso del procedimiento gravimétrico
Matraz	Ensayos de pesos específicos de la arena
Pistón Estandarizado	Compactación
Martillo	Desencofrado de Moldes
Tamices	Granulometría
Calibrador	Toma de medidas
Agitador de tamices mecánico	Ensayos de Granulometría
Horno	Secado de Muestras
Balanzas	Determinación de pesos de materiales
Probetas cubicas Estandarizadas	Elaboración de morteros
Probetas Rectangulares Estandarizadas	Ensayo Flexión
Prensa para ensayos a la compresión	Ensayos a la compresión simple
Cemento	Morteros y Bloques
Arena	Morteros y Bloques
Agua	Morteros y Bloques
PET triturado	Morteros y Bloques

Fuente: (Autor)

En la figura número 3 observamos los distintos tipos de materiales que se utilizaron para la presente investigación.



Figura 3: Materiales utilizados para la investigación

Fuente: (Autor)

3.3 Metodología.

Las metodologías empleadas para el desarrollo de nuestra investigación, fueron de tipo mixto, por cuanto involucran procesos tanto descriptivos como experimentales.

3.3.1 Procesos descriptivos.

Se utilizaron para poder realizar la clasificación, definición y caracterización del objeto en estudio a través de revisión bibliográfica, se buscó poder conocer las características físicas y mecánicas del plástico PET, para posterior a esta clasificación establecer si sus propiedades tanto físicas como químicas podrían ser usadas para la elaboración de bloques para mampostería no portante.

3.3.2 Procesos experimentales.

En el estudio los procesos experimentales se distribuyeron en dos fases; en primera instancia se construyeron 18 probetas cubicas confeccionadas con cemento, arena y agua, en busca de la dosificación que presente mejores resultados en cuanto a resistencias que cumplan con la normativa (INEN 3066, 2016). Una vez obtenido la dosificación adecuada, se continuo con el diseño y construcción de las 18 probetas cubicas con distintos porcentajes de polímero triturado, para de esta forma poder obtener la mezcla idónea para la construcción del bloque con agregados de plástico PET.

Seguidamente, se procedió con la construcción del bloque prototipo, y a su posterior análisis comparativo entre el bloque fabricado con el polímero triturado versus los bloques tradicionales (Hormigón y Pómez) de mayor uso en cuanto a la construcción de mampostería en la ciudad. Mediante ensayos de laboratorio se establecieron las diferencias en las propiedades físico-mecánicas de los componentes constructivos vs al bloque PET, considerando el procedimiento aplicado por Cevallos (2019), en su estudio "Propuesta de mortero para revestimiento, mediante el reemplazo del árido fino por partículas de polímeros reciclado tipo pet en porcentajes del 5%, 10% y 20%" finalmente se realizó un análisis de factibilidad económica para poder vislumbrar la viabilidad financiera del elemento fabricado, en base al estudio de los principales indicadores contables como son el VAN y TIR procedimiento utilizado por Piñeros & Herrera (2018), en su estudio "Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET) aplicados en la construcción de vivienda".

3.3.3 Compilación y análisis de información existente.

Se realizó la compilación de la información pertinente al tema de estudio, para ello, se consideró los posibles factores que tenían relación directa o indirecta con en el proyecto, se

indago sobre los materiales de mayor uso para la construcción de viviendas a nivel provincial. Se revisó el tema de reciclaje en la ciudad de Cuenca y las principales características del Polietileno Tereftalato PET, los impactos ambientales generados con el post consumo de estos envases, las normativas aplicadas en los ensayos para el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por las normas INEN en el país, y las técnicas y herramientas empleadas para la evaluación financiera del proyecto. El análisis desarrollado se lo puede clasificar en cinco fases investigativas que podemos observar a continuación.

1. Materiales utilizados en la construcción de paredes en el Ecuador, a través de la información obtenida de los censos poblacionales de vivienda realizados por el INEC en el año 2010.
2. Investigación bibliográfica a cerca del reciclaje de las botellas de plástico PET en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca.
3. Revisión de investigaciones relacionadas con el tema del proyecto, desde una perspectiva nacional e internacional, sobre los usos de las botellas PET trituradas relacionadas con el diseño y cimentación de elementos para la industria de la construcción.
4. Estudio y análisis de las normativas INEN que regulan y determinan las metodologías y procedimientos para la realización de las pruebas para el desarrollo de la investigación.
5. Revisión de conceptos y procedimientos para el análisis financiero.

3.3.4 Identificación de las orígenes de materia prima.

Para la caracterización de las fuentes de materiales que intervienen en el proceso, se identificaron los insumos necesarios: cemento, arena y plástico PET triturado. El cemento utilizado para el proceso de elaboración de bloques y morteros de prueba fue de tipo Portland Puzolánico, Tipo IP de la empresa Holcim; la arena fue adquirida en la mina Rookaazul Cía. LTDA. en el sector del descanso; en cuanto al plástico PET triturado, no hay inconveniente la adquisición de las botellas de plástico PET en las recicladoras de la ciudad, el inconveniente radicó en la imposibilidad de conseguir una máquina trituradora del producto; pues, en su mayoría, las recicladoras cuentan con máquinas para la compactación de las botellas mas no para su triturado, por lo que se optó por conseguir el polímero ya triturado en la empresa TRITUBOT.

3.3.5 Ejecución de las pruebas a los agregados.

a. Arena.

La Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 696 , 2011), establece las características adecuadas del árido para el uso en morteros, a continuación, podemos observar los procedimientos para cada uno de los ensayos realizados en el estudio.

i. Granulometría.

Para realizar el análisis granulométrico de los agregados se consideraron los lineamientos establecidos por la norma (INEN 695, 2010), e (INEN 696 , 2011), que establecen y regulan los límites permitidos para el árido de uso en morteros. Para un correcto ensayo la muestra, esta debe ser previamente lavada para que se encuentre libre de toda impureza como se observa en la figura número 4.



Figura 4: Lavado del árido fino

Fuente: (Autor)

Posterior a su secado, realizado en un horno a 108.79° C, como se puede observar en el anexo 1, la muestra se pasó por tamices de aberturas ordenadas en forma descendente, que permite determinar el tamaño de las partículas (módulo de finura). Los tamices usados para dicho ensayo se detallan en la tabla número 11.

Tabla 11: Tamices utilizados para ensayo granulométrico de la arena fina

# Tamiz	Aberturas en (mm)
3/8"	9.5
4	4.75
8	2.38
16	1.19
30	0.59
50	0.3
100	0.15

Fuente: (Autor)

ii. *Absorción de agua.*

Luego del ensayo granulométrico del árido fino, el material fue sometido a las pruebas de absorción de agua como lo establece la norma (INEN 856, 2010), este ensayo consiste en dejar la muestra del material sumergido en agua durante 24 horas con el propósito de llenar sus poros de agua, para posterior secado de la misma, el proceso consiste en establecer la diferencia de sus pesos, tanto en estado saturado (Húmedo) y seco; para mediante la ecuación número 1 poder determinar su % de absorción de agua.

Ecuación 1: Absorción de agua

$$\%ABS = \frac{w (sss) - W(s)}{W(s)} * 100 \quad (1)$$

Donde:

W(sss) = Peso de la muestra saturada (húmeda).

W(s) = Peso de la muestra seca.

iii. *Procedimiento gravimétrico.*

El procedimiento gravimétrico mediante el uso del Picnómetro, consiste en llenar parcialmente el mismo (ver figura 5) con agua potable, tomada directamente del grifo de los laboratorios de la Universidad Católica de Cuenca, se le añade el árido (Fino), para culminar el proceso se añade agua hasta una capacidad del 90% del instrumento, luego se procede a pesar los elementos utilizados conjuntamente con el picnómetro.



Figura 5: llenado de picnómetro

Fuente: (Autor)

Posterior a este procedimiento, con los datos ya obtenidos se procedió a obtener valores de:

Ecuación 2: Densidad (relativa gravedad específica) (SSS)

$$\text{Densidad (relativa gravedad específica) (SSS)} = \frac{S}{S+B-C} \quad (2)$$

Donde:

S = Masa de la muestra en estado SSS.

C = Masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración.

B = Masa del picnómetro lleno con agua hasta la marca de calibración.

Ecuación 3: Peso específico del material seco

$$\text{Peso específico seco} = \frac{D}{A-(B-C)} \quad (3)$$

Ecuación 4: Peso específico en condiciones (SSS)

$$\text{Peso específico en condiciones (SSS)} = \frac{A}{A-(B-C)} \quad (4)$$

Donde:

A= Peso del material en condiciones (SSS).

B= Picnómetro + H₂O+Muestra.

C= Picnómetro + H₂O.

D= masa del material seco.

b. PET triturado.

Al no existir una normativa en el país, que establezca un procedimiento de los ensayos requeridos para este material; en cuanto a granulometrías y densidades del producto, se efectuó estos ensayos con las normativas aplicadas a los agregados pétreos, para así establecer su porcentaje de absorción de agua y obtener una gradación certera del material en estudio, mediante las normativas (INEN 872, 2011), (INEN 696 , 2011). El procedimiento seguido es el mismo que se utilizó en el apartado 3.4.4 literal “a”.

c. Cemento.

El cemento utilizado fue de tipo Portland Puzolánico Tipo IP de uso general, este material es apto para usarse en la investigación, por estar dentro de la lista de cementos requeridos para la elaboración de elementos constructivos como bloques, morteros y demás según la normativa (INEN 490, 2011).

d. Agua.

El agua utilizada para el mezclado de los morteros debe ser potable, en caso que no se cuente con el líquido de estas condiciones deberá ser sometido a los análisis pertinentes para determinar si es o no óptima para este propósito (Cevallos, 2019), en el estudio no fue necesario realizar este análisis por contar con el líquido potable.

3.3.6 Diseño y elaboración de los morteros de prueba.

Se escogió el tipo de mortero, con la nomenclatura (N) (ver tabla número 12), según la normativa (INEN 2518, 2010), este tipo de morteros presenta excelente usos en las estructuras de mampostería en paredes internas; muestra la mejor combinación entre resistencia, trabajabilidad y economía, además de alcanzar resistencias entre los 125 Kg/cm², al ensayo de compresión simple, en pruebas realizadas en laboratorio (Cevallos, 2019) .

Según (Gonzales, 2016), el mortero utilizado en la ciudad de Cuenca, se diseña de forma volumétrica, sin tomar en cuenta las condiciones que presenta el árido al momento de realizar la mezcla, la relación volumétrica de mayor uso, es una parte de cemento, más tres de arena (1:3), o se la realiza de acuerdo a la experiencia del constructor, tomando las medidas o dosificaciones en las parihuelas o carretillas. Gonzales, realiza dos diseños de morteros, a) toma la dosificación 1:3 y b) realiza las correcciones respectivas del porcentaje de hinchamiento y corrección del volumen del árido.

Para (Angumba, 2016), las dosificaciones estandarizadas a nivel de todo proyecto investigativo son de 1:2; 1:3 y 1:4; afirma que estas mezclas son las más usadas para establecer el comportamiento de los morteros en base a los ensayos en el laboratorio, y en función de las dosificaciones, determinar la mezcla ideal.

Piñeros & Herrera, (2018) en su trabajo “Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado PET aplicado en la construcción de vivienda” utilizan en su estudio la dosificación 1:2, para la fabricación de los morteros de prueba, el autor eligió esta dosificación por brindar una resistencia de 42kg/cm², suficiente para dar cumplimiento con la normativa establecida.

Para (Gomez & Guzman, 2019), en su estudio, “Comparación entre las propiedades físicas y mecánicas de los bloques fabricados con viruta de plástico PET y los bloques tradicionales de acuerdo a la norma NTE INEN 3066”, emplea las dosificaciones de la bloquera “SERVI-BLOCK” en el diseños de sus morteros.

Al no existir una clara orientación en la bibliografía consultada, en lo referente al diseño de morteros con una determinada dosificación, se decidió establecer los diseños de morteros de prueba, descritos por Diego Sánchez de Guzmán en su libro “Tecnología del Concreto y del Mortero”, que establece los siguientes pasos:

a. Determinación del tipo de arena.

Debe ser limpia y bien graduada, dependiendo de su uso; el eventual comportamiento del árido en el mortero dependerá de los criterios de diseño, de su consistencia y resistencia; es decir, al tamaño de los áridos, que estarán representados por su MF (módulo de finura). La graduación del árido, depende de la trabajabilidad y la penetración de agua en el mortero; los módulos de finura bajos requieren mayor cantidad de agua en relación a los que presentan un módulo de finura grueso (Sánchez D. , 1994).

Para este estudio, se utilizó la cantidad de 3 446.75 gr de arena fina de cantera cumpliendo las especificaciones mencionadas anteriormente de formas cubica y textura rugosa.

b. Determinación de la correspondencia agua-cemento.

En general una buena relación entré los factores agua-cemento determina hormigones de una mejor calidad y mayor resistencia (Pullaguari, 2010).

La relación agua-cemento, influye en la resistencia que alcance el mortero de prueba; así como también en factores como: la retracción, adherencia, durabilidad y terminado del espécimen. Por ello es imprescindible realizar la correspondencia entre la resistencia y la

relación agua-cemento, especialmente cuando las arenas son sucias; como se observa en la figura numero 6 (Sánchez D. , 1994).

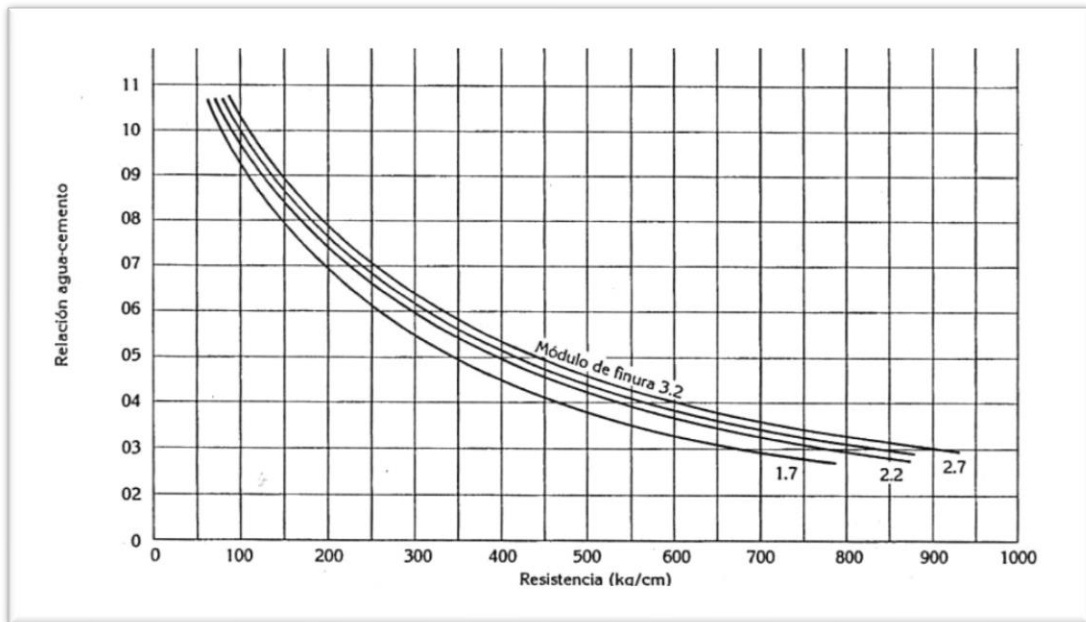


Figura 6: Correspondencia entre relación agua-cemento y resistencia a la compresión

Fuente: (Sánchez D. , 1994)

A partir del análisis granulométrico de la arena, se obtiene el módulo de finura, y en función del valor $F'c$ (Resistencia impuesta), se traza una perpendicular al eje "y", para determinar la relación agua - cemento o valor K , como se indica en la siguiente gráfica:

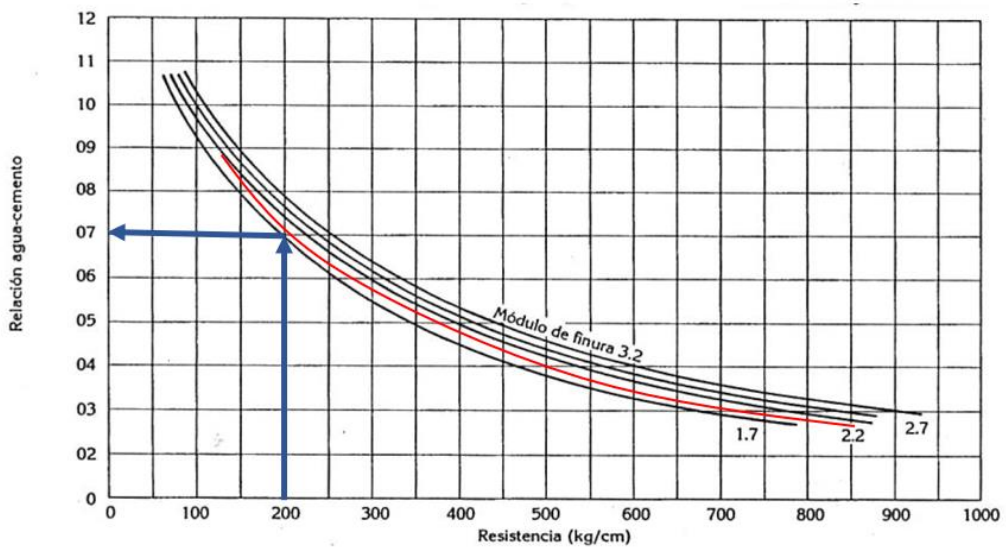


Figura 7: Valor "K"

Fuente: (Sánchez, 1994)

Para la presente investigación de tipo experimental, asumimos un valor de $F'c = 200$ kg/cm², por ser una resistencia mayor a la que comúnmente requiere un bloque tradicional (ver figura 7); aumentamos la resistencia requerida, debido a que las mezclas de concreto, deben diseñarse con un valor mayor, a la resistencia del diseño requerido (Léctor & Villareal, 2017).

c. Selección de la consistencia.

Indica la maleabilidad de la pasta, misma que al ser manipulada luego de su mezclado se observa si presenta condiciones secas o plásticas, estas características dependen de los distintos tipos de fluidez que tenga la misma (Sánchez, 1994). En la tabla número 12, se observa los distintos tipos de consistencia y fluidez recomendadas para un mortero, según el tipo de estructura, este procedimiento se lo realiza en la mesa de fluidez, su objeto es la determinación de la manejabilidad de una mezcla del mortero para evitar que se produzcan problemas de segregación de los elementos que constituyen el mortero de prueba y el tiempo que este tarda en secarse.

Tabla 12: Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructuras

Consistencia	Fluidez	Condiciones de colocación	Ejemplos de tipos de estructura	Ejemplos de sistemas de colocación
Dura (seca)	80-100	Secciones sujetas a vibración	Recubrimientos de túneles	Proyección neumática con vibración
Media (plástica)	100-120	Sin vibración	Pega de mampostería	Manual, palas
Fluida (húmeda)	120-150	Sin vibración	Pañetes rellenos de mampostería	Bombeo, inyección

Fuente: (Sánchez, 1994)

No fue posible la realización de este ensayo por la falta de este equipo (mesa de fluidez) en el laboratorio, por este motivo se procedió a utilizar datos establecidos y validados en estudios anteriores, estos valores los podemos apreciar en la tabla número 13 donde se detalla la firmeza de la mezcla del mortero en sus distintos estados y su porcentaje de flujo.

Tabla 13: Consistencia % de flujo

Firmeza	% De flujo
Seca	90
Plástica	110
Fluida	130

Fuente: (Sánchez,1994)

Para el diseño se utilizó un porcentaje de flujo del 130%, ya que este se utiliza para pañetes rellenos de mampostería según (Sánchez,1994).

d. Valores de los factores influyentes en el contenido de agua.

Luego de varios ensayos ejecutados sobre morteros de prueba, con diferentes tipos de arenas, de características de grano redondo con texturas lisas, de formas cúbicas y texturas rugosas, (Sánchez, 1994), define que la relación agua-cemento se puede expresar mediante la siguiente ecuación de tipo exponencial.

Ecuación 5: Relación agua-cemento.

$$\frac{A}{C} = ke^{bn} \quad (5)$$

Donde:

A/C = Correspondencia agua cemento.

K = Correspondencia agua / cemento. Para la consistencia requerida en términos de fluidez de la pasta de cemento.

e = Logaritmo neperiano.

b= Componente que concierne a la consistencia requerida, módulo de finura, forma y textura de la arena.

n= La proporción de la mezcla (número de partes de arena por una parte de cemento).

e. Determinación del subíndice “b”.

El factor b, relaciona la consistencia requerida (seca, plástica o fluida), con el módulo de finura de la arena, en relación a diversas texturas y formas de las partículas del agregado, las cuales son imposibles de medir cuantitativamente; por lo que, en función de la consistencia, el módulo de finura y el tipo de arena, se obtiene este subíndice “b” según los datos presentados en la tabla 14. Cabe señalar que para valores de módulo de finura distintos se pueden interpolar los datos establecidos (Sánchez D. , 1994).

Tabla 14: Valores de “b” para diferentes consistencias y módulos de finura (MF) del árido

Estabilidad	MF	Arena de granos redondos y lisos	Arena de granos angulares y redondos
seca (90 %)	1,7	0,3293	0,3215
	2,2	0,3110	0,3028
	2,7	0,2772	0,2930
	3,2	0,2394	0,2494
plástica (110%)	1,7	0,3242	0,3238
	2,2	0,3033	0,2947
	2,7	0,2734	0,2879
	3,2	0,2368	0,2477
fluida (130%)	1,7	0,3172	0,3216
	2,2	0,2927	0,3003
	2,7	0,2687	0,2949
	3,2	0,2340	0,2629

Fuente: (Sánchez D,1994)

El valor considerado para el subíndice “b” se lo obtuvo mediante un proceso de interpolación el cual fue realizado en el software de libre acceso Linear Interpolation.

f. Determinación de la proporción 1: n (porción de cemento por n cantidades de arena).

Una vez que tenemos los productos de las variables A/C, K y b; se obtiene el valor de la variable n despejando la ecuación número (5).

Ecuación 6: Proporción 1:n

$$n = \frac{\ln(k) - \ln\left(\frac{A}{C}\right)}{b} \quad (6)$$

Donde:

n = Porción del árido.

k = Correspondencia agua-cemento para la estabilidad requerida, en términos de fluidez de la pastosidad del cemento.

A/C = Relación agua-cemento.

b = Componente que concierne a la estabilidad requerida, módulo de finura, forma y contextura de la arena.

g. Cálculo del contenido de cemento.

La cantidad de cemento por unidad de volumen, se obtiene a partir de 1m³ de mortero. A partir de la ecuación 7 se determina el contenido de cemento necesario para el mortero.

Ecuación 7: Contenido de cemento.

$$1 \text{ m}^3 = \frac{\text{Peso cemento (C)}}{\text{densidad cemento}} + \frac{\text{Peso H2o(A)}}{\text{densidad agua}} + \frac{\text{Peso arena(a)}}{\text{densidad arena}} \quad (7)$$

h. Determinación del contenido de agua.

A partir de la relación agua-cemento y el contenido del cemento, la cantidad de agua a emplearse para la elaboración del mortero de prueba, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 8: Contenido de agua.

$$A = \frac{A}{C} \times C \quad (8)$$

Donde:

A = Agua.

A/C = Relación agua cemento.

C = Cemento.

i. Determinación del contenido de arena.

La cantidad de arena necesaria para la fabricación del mortero, se determinó mediante la ecuación 9, que establece la relación arena – cemento en función de las dosificaciones a emplearse: 1:2, 1:3 y 1:4, para luego, en función de estas, elegir la dosificación con mayor resistencia al ensayo de la compresión simple.

Ecuación 9: Contenido de arena

$$a = n * c \quad (9)$$

Donde:

a = Contenido de arena.

n = Porción del árido.

c = Cemento.

3.3.7 Elaboración de los morteros de prueba de cemento, agua y arena.

Una vez obtenidos los valores para las diferentes dosificaciones, se procedió a la elaboración de dieciocho morteros de prueba, empleándose moldes cúbicos de cobre estandarizadas para uso en laboratorio, de dimensiones de 5 x 5 x 5 cm (figura 8), mismos deben ser limpiados y recubiertos con aceite para su posterior y correcto desmoldamiento (Angumba, 2016).



Figura 8: Limpieza y Armado de probetas cúbicas

Fuente: (Autor)

Es necesario acotar que los materiales a ser utilizados son: cemento, arena y agua; el material en estudio (polímero triturado PET) aún no forma parte de los elementos para la construcción de estos morteros; pues, se busca la dosificación con mejores resistencias al ensayo de compresión simple.

Se procede a pesar cada material (figura 9), comenzando con la dosificación 1:2, y luego para las dosificaciones 1:3 y 1:4.



Figura 9: Peso del cemento para dosificación 1:2

Fuente: (Autor)

Se realiza la mezcla mediante el batido de los materiales indicados para posterior vertimiento (figura 10), el llenado de los moldes se efectúa en tres capas de aproximadamente 1.5 cm de espesor cada una, compactado con un pistón normalizado con ocho golpes en un sentido e igual número de golpes en sentido contrario (Angumba, 2016).



Figura 10: Rellenado de la probeta con la dosificación 1:2

Fuente: (Autor)

Concluido el vertido y compactación de las diferentes dosificaciones, se paleta y da un terminado liso a los morteros de prueba, como se aprecia en la figura 11.



Figura 11: Terminado de morteros de prueba - dosificaciones 1:2, 1:3, 1:4

Fuente: (Autor)

Los moldes paleteados se dejan reposar por un lapso de 24 horas para realizar el desencofrado (Figura 12).



Figura 12: Desencofrado de morteros de prueba

Fuente: (Autor)

Es necesario identificar el número de muestra de cada dosificación y fecha de confección (Figura 13), con el propósito de evitar confusiones en el momento del ensayo de las roturas.



Figura 13: Marcado de morteros de prueba

Fuente: (Autor)

Luego se proceder al curado por inmersión (Léctor & Villareal, 2017), (ver anexo 2). Cabe destacar que, para el proceso de fraguado y secado de los morteros de prueba, no se utilizó ninguna clase de acelerante químico. Las pruebas de ensayo a la compresión de los morteros se efectuaron a 7, 14 y 28 días respectivamente.

3.3.8 Pruebas al ensayo de la compresión simple de los morteros.

Se utilizó una prensa hidráulica de compresión de cubos de hormigón (Figura 14), que tiene una capacidad de 28 kN. Previo al ensayo de rotura, las probetas fueron: medidas, pesadas y se denotaron sus terminados.



Figura 14: Prensa hidráulica utilizada para ensayos a la compresión simple

Fuente: (Autor)

3.3.9 Elaboración de morteros de prueba con diferentes % de PET.

A partir de la dosificación del mortero que presentó las mejores características de resistencia, se procedió al cálculo de volúmenes necesarios para el llenado de los moldes cúbicos normalizados empleados para la elaboración de los morteros de prueba con agregados de plástico triturado PET, el cual sustituyó al árido fino en distintos porcentajes. Los porcentajes de PET triturado a ser utilizados para los diferentes ensayos de prueba fueron del 10%, 25%, 35%, 40%, 50% y 65%, los cuales se escogieron aleatoriamente

A continuación, podemos observar las cantidades utilizadas en el diseño (para una probeta más desperdicios).

- Volumen = 500 cm³.
- Cemento = 266,5 gr.
- Arena = 533 gr.
- Agua = 194 litros (corregida la humedad).

Partiendo de la dosificación escogida en volumen, se determinan los pesos de los distintos materiales para la elaboración de la mezcla, con el remplazo del polímero.

En la tabla número 15 se puede observar los pesos de los elementos utilizados para la elaboración de los morteros de prueba.

Tabla 15: Cantidades de los materiales a ser utilizados

Porcentajes de PET	Arena(gr)	% PET (gr)	Cemento (gr)	Agua (litros)
10%	479,7	53,3	266,5	174,6
25%	399,75	133,25	266,5	145,5
35%	346,45	186,55	266,5	126,1
40%	319,8	213,2	266,5	116,4
50%	266,5	266,5	266,5	97
65%	186,55	346,45	266,5	67,9

Fuente: (Autor)

Las cantidades de PET triturado utilizando, se obtuvo con operaciones simples de porcentajes, en base a la cantidad de arena ejemplo:

$$\text{Cantidad de arena para } 500 \text{ cm}^3 = 533 * 0.10 = 53,3 \text{ (10\% de PET).}$$

$$533 - 53,3 = 479.7 \text{ (\% de arena).}$$

Este procedimiento se realizó para todos los porcentajes. En la figura 15 se puede apreciar el peso en gr del plástico triturado para emplearse en la mezcla, la figura 16 muestra el llenado de los moldes cúbicos.



Figura 15: Peso del plástico triturado PET para la mezcla con el 25%

Fuente: (Autor)



Figura 16: Llenado de probetas cubicas con adición del 25% de PET triturado

Fuente: (Autor)

En la figura 17, se observa los moldes con los distintos porcentajes de PET triturado. Para su llenado, compactación, terminado y posterior curado por inmersión (figura 19), se realizó el mismo procedimiento especificado para los morteros de prueba de cemento, se obtuvieron 18 morteros de prueba (Figura 18), con los distintos porcentajes del polímero triturado.

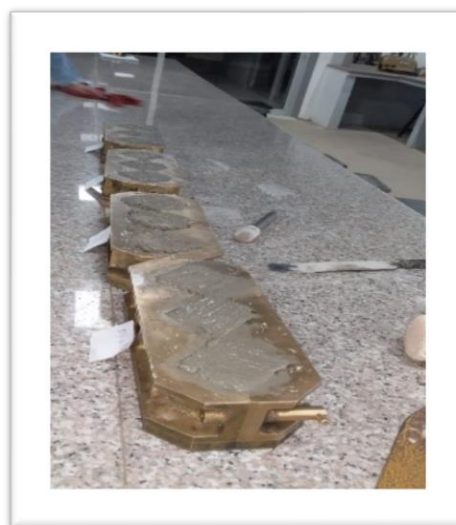


Figura 17: Llenado de las probetas cubicas con distintos porcentajes de PET

Fuente: (Autor)



Figura 18: Total de probetas cubicas con distintos porcentajes de PET confeccionadas

Fuente: (Autor)



Figura 19: Curado de probetas por inmersión

Fuente: (Autor)

3.3.10 Ensayos a la compresión de los morteros de prueba con adición de PET.

Los morteros de prueba confeccionados fueron sometidos a las pruebas de resistencia a la compresión, realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca (CIITT), según los procedimientos especificados para morteros de cemento, arena y agua. Con este procedimiento, se busca determinar el porcentaje ideal para el diseño y construcción del bloque con agregados de polímero triturado en remplazo del árido fino.

Previo a la rotura de las probetas elaboradas, se midió y peso cada una de las dieciocho probetas cubicas (ver anexo 4), (figura 20).



Figura 20: Peso en (gr) de la probeta cubica con el 35% de PET

Fuente: (Autor)

3.3.11 Aspectos para el diseño del bloque con agregados PET.

No existe una normativa en el país, que considere el diseño, requisitos y construcción de bloques con agregados de plástico, por lo que el trabajo se guía en las normas existentes para poder establecer los parámetros de comparación necesarios en la investigación. Así que, para realizar la selección de la dosificación optima, las medidas del prototipo de bloque elaborado con agregados PET, recurrimos a la normativa (INEN 3066, 2016), misma que establece las medidas y las resistencias mínimas que debe cumplir un bloque de tipo “B” para mampostería no portante. Según señala la normativa, el bloque de tipo B (Ver tabla número 8), se diseña para dividir espacios físicos y que soporten carga que excedan su propio peso. A continuación, se describe los principales aspectos tomados en cuenta para el correcto diseño de los bloques.

a. Materiales.

De acuerdo a la norma antes citada, el bloque, debe ser elaborado con cemento hidráulico, áridos finos o gruesos tales como: arena, grava, piedra pómez, escorias u otros elementos inorgánicos, previa trituración. Se considera que el polímero triturado, forma parte del material inerte inorgánico que ha sido previamente triturado, por lo que podemos decir, que el material está dentro de las contemplaciones de la norma, en cuanto a materiales se refiere (INEN 3066, 2016).

b. Dimensiones.

Varían según su uso, la norma estipula que, por medio de un acuerdo, entre fabricante y consumidor, podrán construirse con dimensiones diferentes, de las que indica la norma (INEN 3066, 2016). Para el estudio se utilizó las siguientes dimensiones (40 x 12 x 20 cm) cumpliendo con lo estipulado con la norma.

c. Resistencias.

En cuanto a resistencias (Ver tabla número 8), según señala la norma (INEN 3066, 2016), este ensayo se lo puede realizar, tanto por unidad de bloque o por tres ejemplares; la resistencia que debemos llegar a cumplir mediante los ensayos a la compresión simple del bloque PET, será de 35,7 kg/cm².

3.3.12 Elaboración del bloque ecológico PET.

Inicialmente, se realizó una breve investigación de campo en siete lugares donde fabrican y comercializan bloques en la ciudad de Cuenca (ver nexos 6). Se indagó sobre los precios y medidas de los bloques con mayor acogida en el mercado, obteniendo varios criterios, de acuerdo a los diferentes sitios consultados. Se pudo constatar, que no existe ningún tipo de control, referente a la calidad, precios y medidas de estos elementos constructivos, sus medidas difieren de las especificadas en la norma vigente; en conclusión, en la ciudad, el bloque de hormigón en la línea estándar, se construye en distintas medidas, como son: 10, 12, 15 y 20 cm de ancho, teniendo como constantes 20 cm de altura y 40 cm de largo. Los bloques huecos de tres cavidades, son de mayor venta para la construcción de mampostería en la edificación de viviendas.

Considerando que el uso y compra del bloque de hormigón, varía según las necesidades y gustos de cada consumidor; para el diseño y construcción del bloque con agregados PET nos inclinamos por las medidas expuestas en la tabla 19, sustentadas por dos razones, las medidas se encuentran dentro de la norma vigente en el país y por tener mayor acogida en el mercado.

Para la construcción del bloque patrón, los elementos a utilizar son: agua, arena, cemento y el polímero triturado, conocido como plástico PET. Las dimensiones del mismo serán de largo 40; ancho 12 y de alto 20 cm respectivamente, los volúmenes de materiales se calcularon a partir de la dosificación 1:2, por ser la dosis que mejor resultados nos brindó en la etapa experimental del estudio y de las dimensiones del prototipo. Su fabricación se realizó de la misma manera en la que se construyen los bloques tradicionales de libre venta en el mercado.

Para obtener los pesos de los materiales, partimos de la dosificación inicial obtenida anteriormente en el capítulo 3.3.6, luego de realizar las operaciones necesarias obtenemos los pesos para la construcción del bloque PET, en kg. La tabla número 16, muestra los pesos calculados para la elaboración del bloque PET. Cabe mencionar que se trabajó con los porcentajes de agua previa corrección por humedad.

Para la confección del bloque patrón, se buscó una fábrica de bloques artesanales, que nos facilitó los moldes, así como la máquina hidráulica de vibración y prensado (ver figura número 25). Los materiales fueron previamente pesados en el laboratorio, los pesos de los elementos a ser utilizados se detallan en la tabla número 21.

Tabla 16: Pesos de los elementos para la construcción del bloque con el 35% de PET

Materiales	Peso en (Kg)
cemento	43
arena	55
agua	30
PET triturado	30

Fuente: (Autor)

Procedimiento: Se mezclaron los elementos que fueron: arena, cemento y PET triturado (ver figura número 21), se agrega el agua en la cantidad establecida previamente hasta obtener una aleación uniforme de los materiales; se vierte la mezcla en la maquina hidráulica como se lo muestra en la figura número 22, misma que cuenta con el molde de las medidas antes descritas. Esta máquina de tipo artesanal, tiene el propósito de darle la forma del molde a la mezcla, vibrando la misma, para lograr una mejor confluencia de los agregados. El propósito de la vibración de los materiales, es eliminar las burbujas de aire que puedan existir entre partículas, para de esta forma prevenir los agrietamientos en el elemento constructivo (Sánchez D. , 1994).

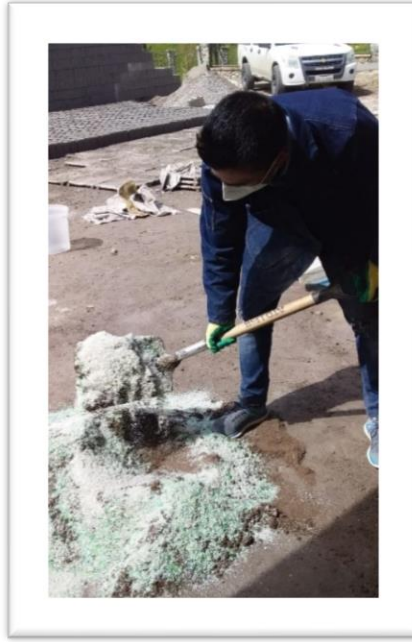


Figura 21: Mezclado de los elementos arena, cemento y PET triturado

Fuente: (Autor)

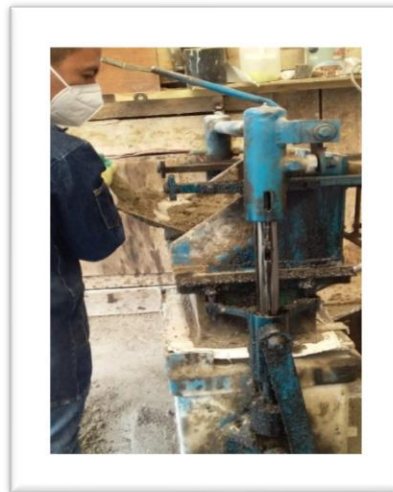


Figura 22: Vertimiento de la mezcla en el molde

Fuente: (Autor)

Luego de un tiempo de 45 segundos, con la ayuda y dirección de los operarios de la fábrica (ver anexo 5), se obtuvieron dos bloques, elaborados con el polímero triturado PET, en sustitución del árido fino. El proceso es relativamente sencillo y práctico, similar al que se realiza en todas las fábricas de bloques artesanales en la ciudad, la diferencia radica en la capacidad de producción, ya que hay máquinas con mayor capacidad de manufactura, y obtienen un mayor número de unidades “bloques” por proceso. Elaborados la totalidad de unidades, se esperó dos días para su traslado al laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca (ver figura 23).



Figura 23: Bloques PET luego de dos días de fraguado

Fuente: (Autor)

3.3.13 Realización de los ensayos físico-mecánicos del bloque PET.

Para la realización de los ensayos físico-mecánicos el bloque PET, se utilizó la normativa (INEN 3066, 2016).

a. Nomenclatura de las partes de un bloque.

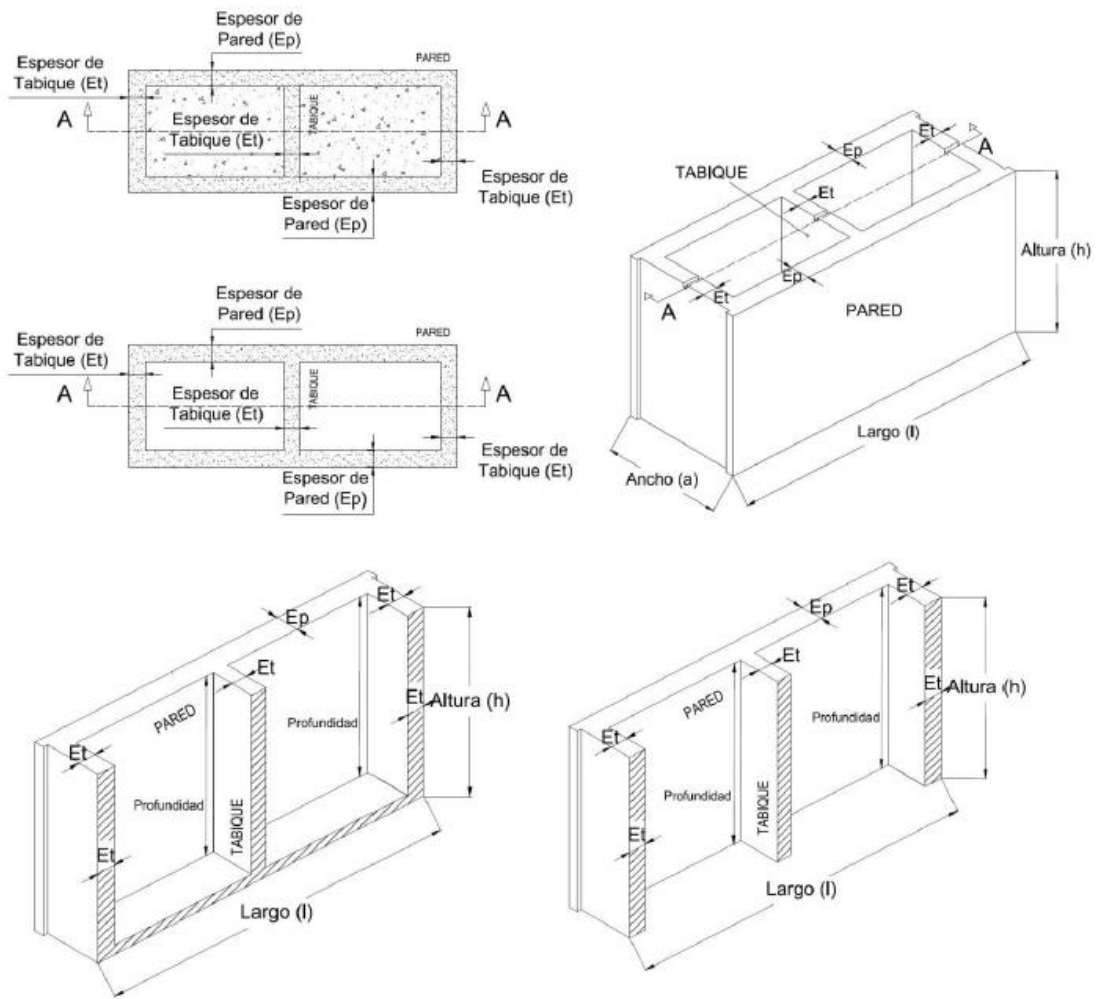


Figura 24: Nomenclatura de las partes de un bloque

Fuente: (INEN 3066, 2016)

Leyenda:

l = Largo.

h = Altura.

a = Ancho.

E_p = Espesor pared.

E_t = Espesor tabique.

b. Dimensiones.

En cada espécimen se debe medir con aproximación el ancho, altura y largo según lo establece la normativa (INEN 3066, 2016).

c. Aspectos visuales.

Mediante la observación se debe visualizar los aspectos de forma, textura y tonalidad (INEN 3066, 2016).

d. Absorción y contenido de humedad.

Para este ensayo se debe contar con mínimo de tres unidades del lote, para el porcentaje de absorción se aplicará la siguiente ecuación:

Ecuación 10: Porcentaje de absorción.

$$\text{Absorción, \%} = \frac{M_s - M_d}{M_d} * 100 \quad (10)$$

Donde:

M_s = Peso de la unidad saturada en Kg.

M_d = Peso de la unidad seca al horno.

Ecuación 11: Contenido de humedad.

$$\% = \frac{M_r - M_d}{M_s - M_d} * 100 \quad (11)$$

Donde:

M_r = Peso de la unidad como se la recibe.

M_s = Peso de la unidad saturada.

M_d = Peso de la unidad seca al horno.

e. Resistencia a la compresión simple.

Se somete al ensayo tres ejemplares, la velocidad del ensayo en la prensa debe ser uniforme en relación al desplazamiento del cabezal, el equipo requerido para el ensayo es el siguiente:

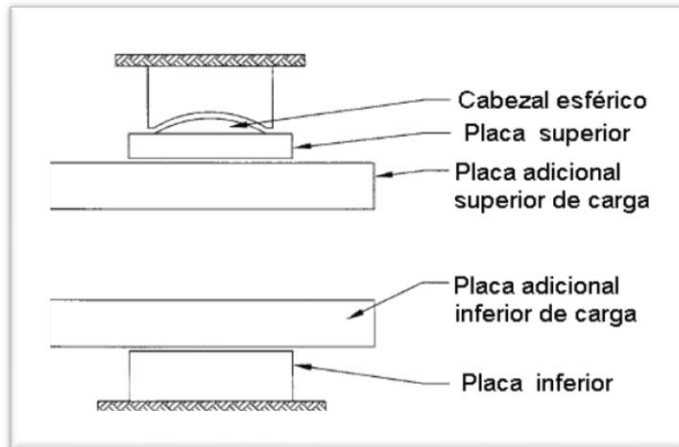


Figura 25: Equipo utilizado en el ensayo a compresión

Fuente: (INEN 3066, 2016)

Para valorar las características físico-mecánicas del bloque PET, según lo establecido en la norma (INEN 3066, 2016), una vez transcurridos los 28 días de curado por inmersión, se procede a pesar (ver figura 26) y medir los ejemplares, para luego proceder a realizar los ensayos a la compresión.



Figura 26: Peso del bloque PET espécimen # 1

Fuente: (Autor)

En la figura numero 27 podemos apreciar la rotura del bloque elaborado con el 35% de PET triturado en remplazo de árido fino.



Figura 27: Rotura del bloque PET espécimen # 1

Fuente: (Autor)

Luego de la rotura del espécimen # 1 del bloque PET, el mismo brindo una resistencia de 14, 242 MPa, como se puede apreciar en la figura número 28.

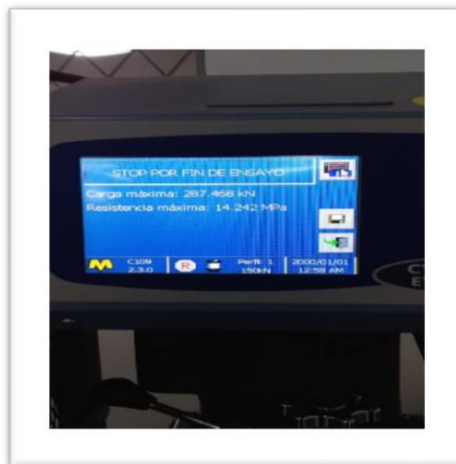


Figura 28: Resistencia del bloque PET espécimen #1

Fuente: (Autor)

Posterior a las roturas de los especímenes (ver anexo 8), se tomó las muestras necesarias para establecer los parámetros en cuanto a su absorción y contenido de humedad, previa saturación y secado de las muestras, se procedió a pesar las mismas, para posteriores cálculos (Ver figura 29).



Figura 29: Pesado de muestras luego de saturación y secado

Fuente: (Autor)

3.3.14 Parámetros adicionales de comparación.

Se vuelve indispensable el poder comparar el bloque con agregados PET, con otros elementos constructivos que cumplan la misma función en la industria de la construcción como son el bloque de hormigón y pómez, según el censo realizado por el INEC “materiales de las viviendas en el Ecuador” en el año del 2010, estos dos elementos mencionados, son los de mayor uso en la provincia. El estudio realiza un análisis comparativo del bloque PET elaborado, con los bloques tradicionales de libre venta en la ciudad: bloque de pómez y hormigón.

Para ello, se adquirieron tres unidades de cada ejemplar, de características semejantes al elemento de prueba, (INEN 3066, 2016), Estos serán sometidos a ensayos a la compresión simple, de la misma forma en que fue experimentado el bloque PET; de esta forma podremos establecer las ventajas y desventajas, que pueda tener el bloque prototipo, frente a sus semejantes. De igual manera que con los bloques PET, se procedió a medirlos, pesarlos (ver figura 30), para su posterior rotura (figura 31).



Figura 30: Peso del bloque pómez espécimen #1

Fuente: (Autor)



Figura 31: Rotura del bloque pómez espécimen #1

Fuente: (Autor)

El mismo procedimiento se realizó para los bloques de hormigón (ver anexo 9), y de pómez. Cabe mencionar que los bloques ensayados fueron adquiridos el mismo día en que se elaboró los especímenes del bloque con agregado de plástico triturado, y todos los especímenes, fueron curados por inmersión en la fosa, de igual manera que los bloques PET, aplicando los “mismos tiempos de fraguado”, a fin de evitar diferencias en fraguado de los bloques tradicionales versus el bloque PET.

3.3.15 Estudio de factibilidad económica.

Para determinar la factibilidad económica del estudio y poder precisar si es viable o no la fabricación y comercialización de bloques para mampostería no portante con la incorporación de agregados de plástico PET en sustitución de “arena fina”, en el mercado de la construcción de la ciudad, se procedió a utilizar la metodología basada en la aplicación de un método deductivo, inductivo y analítico, mismos que emplean técnicas tanto de observación directa como de revisión bibliográfica, esta última técnica citada se encarga de obtener información referente al tema financiero (Sánchez M. V., 2017).

a. Métodos:

i. Método Deductivo

Según Sánchez M. V., (2017), sugiere que para una adecuada realización de un análisis financiero se utilice el análisis que parte de lo general a lo particular.

ii. Método Inductivo.

Es una estrategia de razonamiento que parte de premisas particulares para general conclusiones generales.

iii. Método Analítico.

Utilizado en el estudio para analizar e interpretar la información de los resultados obtenidos, en relación a los indicadores financieros, con los cuales se estableció la liquidez, rentabilidad y viabilidad económica del proyecto.

b. Técnicas:

i. Observación directa.

Se basó en realizar una visita de campo a 7 boqueras situadas en la ciudad de Cuenca, con lo cual se pudo determinar aspectos generales de: costos de materia prima, insumos y materiales para la fabricación de bloques de hormigón.

ii. Revisión bibliográfica.

Mediante la revisión bibliográfica se determinó cantidades promedio de bloques producidos anualmente en la ciudad de Cuenca, costos de materiales empleados en la fabricación, los cuales son regulados por los índices de precios de materiales para la construcción (IPCO).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se detalla los resultados obtenidos en el estudio: a) generación y alternativas de reciclaje de los envases de plástico PET en la ciudad de Cuenca; b) resultados obtenidos frente a los ensayos realizados a los elementos fabricados en la investigación, mediante análisis comparativos con otros estudios y las normas descritas, verificando si el bloque con agregados de plástico cumple con las normativas; c) evaluación del elemento constructivo frente a sus pares: bloque de hormigón y de pómez; y d) establecimiento de resultados del análisis financiero.

4.1 Reciclaje en Cuenca.

En nuestra ciudad parte de la gestión del proceso de reciclado, es realizado por la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC-EP) a través de la recolección de los residuos sólidos urbanos (RSU), esta actividad se desarrolla desde el año 2006, a esta acción se la considera como una política principal para la protección del ambiente (Patiño & Uchuari, 2013).

Según Patiño & Uchuari, (2013), el proceso de reciclaje radica en la recuperación de los residuos sólidos inorgánicos, pero para que esta actividad se la realice de forma adecuada debe existir una concientización de los ciudadanos, a quienes corresponden realizar el proceso de separación en la fuente desde sus hogares.

4.2 Frecuencia de consumo de botellas PET en Cuenca.

Según Clavijo & Farez, (2018), el 50% de los hogares en la ciudad adquieren bebidas embotelladas por semana, con un promedio de 3 botellas por hogar, el 18% consume una media de 4 bebidas embotelladas diariamente, el 25% consume 5 bebidas embotelladas cada quince días, y el 7% de las viviendas consume 2 bebidas embotelladas mensualmente (ver tabla 17).

Tabla 17: Consumo de botellas PET por hogares en Cuenca

Periodicidad de consumo	% De consumo de bebidas embotelladas	Promedio de botellas consumidas
Diario	18%	4
Semanal	50%	3
Quincenal	25%	5
Mensual	7%	2
Total	100%	-

Fuente: (Clavijo & Farez, 2018)

4.3 Estimación de la muestra por recicladores mancomunados y autónomos.

En la ciudad, el mayor porcentaje de recicladores, no pertenecen a ninguna agrupación definida, las personas que realizan esta actividad de manera independiente, representan el 54%; en tanto que, los recicladores que forman parte de una agrupación corresponden al 46%, y están consolidadas en 6 asociaciones como se manifiesta en la tabla número 18 (Clavijo & Farez, 2018).

Tabla 18: Porcentajes de recicladores según asociación

Nombre de la asociación	Porcentaje
independientes	54%
Aruc	9%
Cristo rey	10%
El chorro	7%
Feria libre	15%
Pichacay	4%
Centro histórico	1%
Total	100%

Fuente: (Clavijo & Farez, 2018)

4.4 Parroquias y distribución de recicladores en Cuenca.

El mayor número de recicladoras que se encuentran en nuestra ciudad, se localizan en la parroquia de Yanuncay con un porcentaje representativo del 15%, seguida de un 11% de recicladores que realizan esta labor en la parroquia del Batán, un porcentaje del 9% se distribuyen en los barrios del Vecino y Hermano Miguel. En el resto de parroquias se observan porcentajes menores como se detalla en la tabla número 19 (Clavijo & Farez, 2018).

Tabla 19: Porcentajes de recicladores en cuenca por parroquia

Parroquias	Porcentaje
Baños	4%
Bellavista	3%
Cañaribamba	4%
Chiquintad	1%
El Batán	11%
El Sagrario	5%
El Valle	3%
El Vecino	9%
Gil Ramírez Dávalos	1%
Hermano Miguel	9%
Huayna-Cápac	4%
Machángara	1%
Monay	1%
Ricaurte	4%
San Blas	1%
San Joaquín	1%
San Sebastián	7%
Santa Ana	7%
Sayausí	1%
Sidcay	1%
Totoracocha	7%
Yanuncay	15%
Total	100%

Fuente: (Clavijo & Farez, 2018)

Como se puede observar en la tabla número 19, casi en todas las parroquias existen personas que desarrollan el servicio del reciclaje, cabe destacar que el incremento de recicladores en la ciudad, tuvo un crecimiento gracias al impuesto redimible que le otorgaron a los envases de plástico no retornables (0,02 ctvs.), esta acción contribuyo de especial manera al cuidado y protección del ambiente (Santader, 2014).

4.5 Precios y cantidades de los plásticos PET por asociación en Cuenca.

Gracias a las personas que ejercen este servicio; en la ciudad, se recolectan cantidades importantes de botellas plásticas PET, las asociaciones tienen diferentes logísticas para cumplir este objetivo, algunos recogen este material a pie de vereda, mientras que otros, se ocupan de su clasificación y limpieza en sus distintos centros de acopio. La Asociación de Recicladores Urbanos de Cuenca (ARUC), recolecta semanalmente 170 kg de botellas plásticas PET, las que son vendidas a diferentes intermediarios que las utilizan en un sin número de procesos; tiene un precio de 0,22 \$ por Kg por los envases plásticos PET; la agrupación de recicladores de la parroquia de Cristo Rey, recogen semanalmente un promedio de 727 kg de botellas plásticas, comercializando el producto en un valor de 0,35 \$ por Kg de botellas PET, por su parte la asociación del Chorro, recolecta semanalmente un total de 500 Kg, para posterior comercialización en un valor de 0,20 \$ por Kg, las asociaciones descritas son los grupos de recicladores más representativos en la urbe; la asociación de San Alfonso recolecta un total de 40 kg semanalmente y comercializa el PET en un valor de 0,15 \$ por Kg. La tabla número 20 muestra las cantidades recolectadas y los precios de comercialización del material de acuerdo a su asociación (Clavijo & Farez, 2018).

Tabla 20: Cantidades y precios del material PET por asociaciones

Precios y cantidades del material PET						
Sociedad	Cantidad de plástico reciclado (Kg)	Cantidad que entrega la EMAC	Cantidad comprada a otros en (Kg)	Valor promedio de compra por (Kg)	Cantidad comercializada en (Kg)	Precio promedio de venta por (Kg)
Aruc	170	-	-	-	170	0,22
Aruc planta	0	1.000	500	0,25	1.500	0,35
Cristo rey	727	50	-	-	777	0,36
El chorro	500	500	-	-	1.000	0,2
Feria libre	441	433	2	0,25	876	0,26
Pichacay	110	-	-	-	110	0,4
San Alfonso	40	-	-	-	40	0,15
Total	1.988	1.983	502	0,25	4.473	0,28

Fuente: (Clavijo & Farez, 2018)

De lo expuesto, se concluye que, en la ciudad, a través de las asociaciones descritas se recolecta un total de 1 983 Kg de botellas de plástico semanalmente, las mismas asociaciones compran el material a los recicladores independientes llegando así a sumar un total de 4 473 kg de botellas plásticas.

Según (Zambrano, 2015), en la ciudad de Cuenca se recolectan 300 Ton anuales de botellas de plástico PET, de las mismas un 13% se reutiliza, seguido por un 29% que se recicla, pero lamentablemente el 58% de los envases plásticos se desechan libremente sin una adecuada disposición final del residuo. Para (Betancourt, 2019) un bloque con agregados de polímero triturado se fabrica con 20 unidades de botellas de envases plásticos.

Realizando un breve análisis en base a la bibliografía consultada, se puede observar que existe suficiente materia prima para el desarrollo de la presente investigación, así como para una posible producción a mayor escala del elemento constructivo.

4.6 Alternativas de reciclaje en la ciudad de Cuenca.

Mogrovejo, (2019), asegura que en nuestra ciudad se observa un inadecuado manejo de materiales a reciclar; al establecer mejores alternativas de reciclaje se lograrían mayores beneficios ambientales, sociales y económicos. Según Burneo, (2020). El empleo de nuevas tecnologías producen mejores alternativas de reciclaje bajo el concepto de una economía circular; esto da como resultado revalorizar estos procesos, favoreciendo a la reducción de los gases de efecto invernadero y al desarrollo de ciudades sostenibles.

Una aporte a la actividad de reciclaje en la ciudad, es el uso de la máquina "Pichaybot", proyecto desarrollado en convenio entre la Municipalidad de Cuenca y la Universidad Católica de Cuenca, a quien corresponde el diseño y construcción; con el que, se pretende recolectar un millón de botellas de plástico hasta finales de este año, este aparato electrónico fue entregado a la Empresa (EMAC-EP), con el propósito de exhibirla en los diferentes parques de la ciudad o en los sitios donde exista mayor aglomeración de personas. El proyecto obtuvo buenos resultados, ya que en un periodo de 5 meses ha logrado recaudar una totalidad de 50 000 envases de plástico PET (EMAC, 2021).

Según la bibliografía consultada en nuestra ciudad, existe solo un proyecto que ya está ejecutado y brindando resultados (Pichaybot), este proyecto cuenta con el respaldo de la Municipalidad de Cuenca, por ello, es necesario la creación de un mayor número de proyectos que permitan el desarrollo de tecnologías más limpias, mismas que rediseñen el post consumo del PET (Betancourt, 2019).

4.7 Resultados del análisis granulométrico de los elementos en estudio.

El análisis de los elemento en estudio se lo realizo según la norma (INEN 696, 2011), tanto para el árido fino (previo secado de la muestra), así como para el polímero triturado con muestras representativas de 1 000 gr de cada elemento (ver figura 32).



Figura 32: Peso del Plástico PET triturado para ensayo granulométrico

Fuente: (Autor)

El módulo de finura (MF), se determina “sumando los porcentajes retenidos acumulados de los tamices estándar desde el tamiz 100 en adelante y dividiendo para 100” (INEN 696, 2011). De la granulometría de la arena depende la demanda de agua y la trabajabilidad del hormigón.

En base a los datos expuestos en la tabla número 21, se obtuvo como resultado un módulo de finura de 1.9, que es ligeramente inferior al límite bajo señalado en la norma ASTM 33, de 2,3 a 3,1 para agregado fino, se justifica debido al tipo de material disponible en el mercado local. Al comparar el “MF” con los resultados granulométricos realizados por (Piñeros & Herrera, 2018), se pudo evidenciar que el módulo de finura establecido en esta investigación es mayor en un 13%, lo que implica que para este trabajo se utilizó áridos con menor cantidad de finos.

Tabla 21: Resultados granulométricos del árido fino

Granulometría arena fina					
No. tamiz	Abertura tamiz (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Reten Acumulado	% Pasa
3/8"	9,52	0	0	0	100
4	4,76	5,7	5,7	0,63	99,37
8	2,38	18,2	23,9	2,66	97,34
16	1,19	51,1	75	8,33	91,67
30	0,58	133,4	208,4	23,16	76,84
50	0,3	347,4	555,8	61,76	38,24
100	0,15	286	841,8	93,53	6,47
200	0,075	47	888,8	98,76	1,24
	Fondo	11.2	900	100	0
	Total	900			
	MF =	1,9			

Fuente: (Autor)

De acuerdo con la curva granulométrica obtenida, representada en el eje (y), por el tamiz y en el eje (x), por el porcentaje de material que pasa como se encuentra representado en la figura 33, podemos observar que el material es aceptable en cuanto a combinación de partículas tanto finas como gruesas.

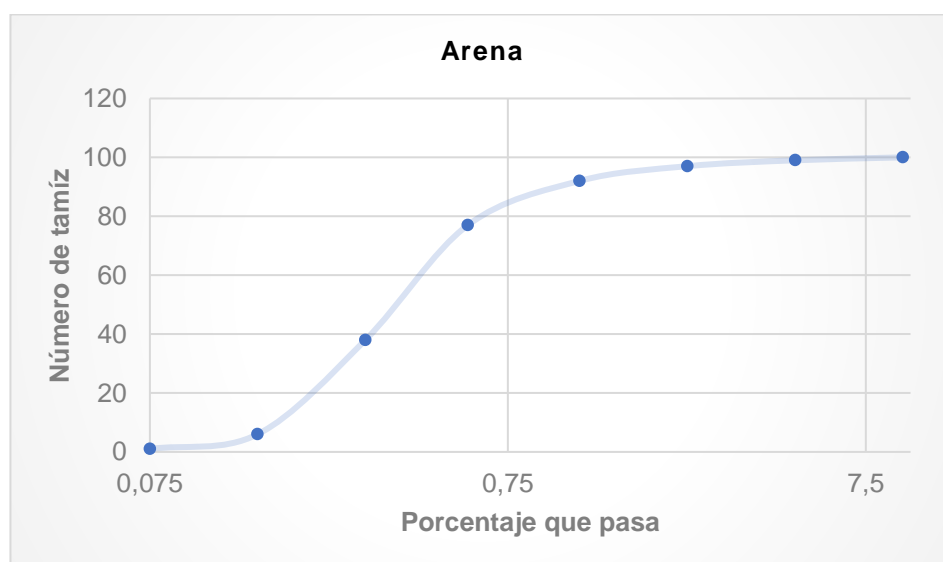


Figura 33: Curva granulométrica árido fino

Fuente: (Autor)

4.8 Resultados del ensayo Granulométrico del plástico triturado PET.

El material triturado proveniente de las botellas de plástico PET, tienen condiciones de forma y textura semejantes al árido fino. Para confirmar lo observado, el material fue sometido al análisis granulométrico (ver anexo 23); para establecer la gradación del material en estudio, se utilizaron los mismos tamices que se emplearon para el ensayo granulométrico del árido, según dicta la norma (INEN 696, 2011), obteniendo los siguientes resultados expresados en la tabla número 22.

Tabla 22: Resultados granulometría del plástico triturado PET

Granulometría del plástico triturado PET					
No. tamiz	abertura tamiz (mm)	peso retenido (gr)	peso retenido Acumulado (gr)	% retenido acumulado	% pasa
3/8"	9,52	0	0	0	100
4	4,76	2,2	2,2	0,44	99,56
8	2,38	35,4	37,6	7,52	92,48
16	1,19	398,8	436,4	87,28	12,72
30	0,59	60,2	496,6	99,32	0,68
50	0,3	2,3	498,9	99,78	0,22
100	0,15	0,1	499,0	99,80	0,2
200	0,075	0,3	499,3	99,86	0,14
	Fondo	-	-	-	-
	Total	499,3			
	MF =	3,94			

Fuente: (Autor)

El análisis granulométrico del polímero triturado da como resultado un MF de 3,94, lo que indica que el tamaño de las partículas del PET triturado, tiene mayor contenido de partículas gruesas que el árido fino, valor que supera al establecido en la norma (INEN 872, 2011), y que de alguna manera compensará las características del agregado fino empleado en el estudio. Al comparar los resultados granulométricos, con los resultados obtenidos en la granulometría del PET triturado, en el estudio "Comparación entre las propiedades físicas y mecánicas de los bloques fabricados con viruta de plástico PET y los bloques tradicionales de acuerdo a la norma NTE INEN 3066" realizado por (Gomez & Guzman, 2019), el tamaño de las partículas del PET triturado es mayor, obteniendo una diferencia de 1,47 entre las dos granulometrías. Si bien, los envases son similares en las dos investigaciones, la diferencia radica en el módulo de finura del material empleado, que probablemente se debe a la capacidad trituradora de la máquina, que facilitará un material triturado de un mayor o menor tamaño de partículas.

Como se puede observar en la figura 34, la curva granulométrica del PET triturado es totalmente distinta a la curva granulométrica del árido fino (ver figura 33).

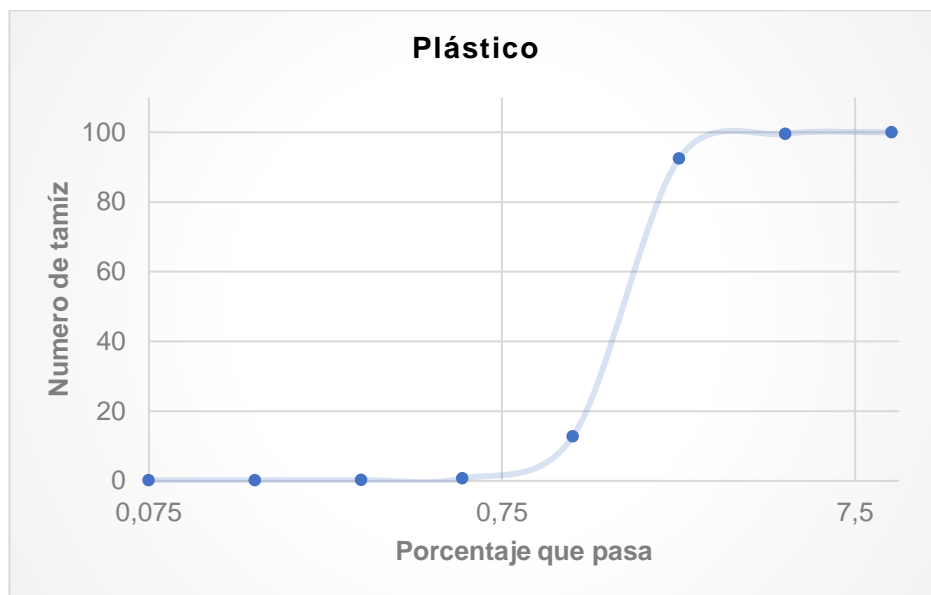


Figura 34: Curva granulométrica del PET triturado

Fuente: (Autor)

4.9 Resultado de morteros de prueba elaborados con cemento, arena y agua.

En la tabla número 23 se exponen los resultados obtenidos luego de 7 días de fraguado de los morteros de prueba, confeccionados con las distintas dosificaciones.

Tabla 23: Resumen de resultados de rotura de morteros a los 7 días de su confección

Dosificación	Fecha de confección	Fecha de rotura	Peso (gr)	Medidas	Número de líneas	Resistencia en (Kg/cm ²)
1:2	08/07/2021	15/07/2021	264,3	Lado 1 =5,12	793	82
				Lado 2 =5,13		
1:3	08/07/2021	15/07/2021	265,71	Lado 1 =5,17	409	40,44
				Lado 2 =5,11		
1:4	08/07/2021	15/07/2021	269,92	Lado 1 =5,20	451	47
				Lado 2 =5,10		

Fuente: (Autor)

La tabla numero 24 presenta el resumen de los resultados previo ensayo de resistencia de los morteros de prueba, luego de haber transcurrido 14 días posteriores a la confección de los mismos.

Tabla 24: Resumen de resultados de rotura de morteros a los 14 días de su confección

Dosificación	Fecha de confección	Fecha de rotura	Peso (gr)	Medidas	Número de líneas	Resistencia en (Kg/cm ²)
1:2	08/07/2021	22/07/2021	267,09	Lado 1 =5,12	833	86,68
				Lado 2 =5,13		
1:3	08/07/2021	22/07/2021	268,19	Lado 1 =5,12	509	53,08
				Lado 2 =5,11		
1:4	08/07/2021	22/07/2021	269,32	Lado 1 =5,10	529	55,16
				Lado 2 =5,11		

Fuente: (Autor)

En la tabla numero 25 podemos observar los resultados conseguidos en la rotura de los morteros de prueba, luego de haber transcurrido los 28 días de maduración del hormigón

Tabla 25: Resumen de resultados de rotura de morteros a los 28 días de su confección

Dosificación	Fecha de confección	Fecha de rotura	Peso (gr)	Medidas	Número de líneas	Resistencia (Kg/cm ²)
1:2	08/07/2021	03/08/2021	268	Lado 1=5,13	1240	128,7
				Lado 2=5,12		
1:3	08/07/2021	03/08/2021	266,3	Lado 1=5,12	597	62,2
				Lado 2=5,11		
1:4	08/07/2021	03/08/2021	270,4	Lado 1=5,10	711	74
				Lado 2=5,11		

Fuente: (Autor)

Efectuado el ensayo de compresión simple a las probetas de mortero elaboradas, se pudo concluir que la relación 1:2 (una parte de cemento por dos partes de arena), ofrece mejor resistencia a la compresión (ver tablas 23, 24 y 25), con indicadores de 82 kg/cm² a los 7 días; 86,68 kg/cm² a los 14 días y 128,7 kg/cm² a los 28 días. De acuerdo a estos resultados, se considera que la dosificación 1:2 es la mezcla que va ser utilizada para la investigación. Esta dosificación coincide con la dosificación utilizada por Angumba, (2016), para sus diseños de morteros.

Los morteros de prueba producidos en esta investigación, con la mezcla de materiales: cemento, arena y agua; cuentan con menores resistencias, que los morteros de prueba empleados en su estudio “Ladrillos elaborados con plástico reciclado (Pet), para mampostería no portante”, (Angumba, 2016), determinando resistencias relativamente altos que van desde los 243,42 kg/cm², hasta los 244,26 kg/cm²; particularidad que se aduce al tipo de arena utilizada, pues, el agregado al tener un mayor módulo de finura” MF” (2,09) , presenta mejores resultados en cuanto a resistencias. El árido utilizado en la fabricación del mortero en este trabajo investigativo, alcanzo un módulo de finura de 1,9 (ver tabla 21); un poco bajo del los áridos empleados en nuestro estudio fueron adquiridos en diferentes regiones de la ciudad, en tanto que el material utilizado por Angumba, (2016), fue adquirido en el sector de Santa Isabel y en el sector del Descanso, confirmando lo señalado por Sánchez D. , (1994) en su libro “Tecnología del Concreto y del Mortero” que afirma que se obtiene resultados diferentes en función de los áridos empleados; además señala que, al construir morteros de alta resistencia para mamposterías no portantes o usos normales, aumentan su retracción al secado, siendo susceptibles al agrietamiento.

4.10 Resultado de morteros de prueba con agregados de plástico triturado PET.

Para la interpretación de resultados de los morteros elaborados con distintos porcentajes de PET triturado, tomaremos en cuenta sus características en cuanto a: pesos, medidas, aspectos visuales y resistencias según lo establece la normativa (INEN 3066, 2016).

4.10.1 Pesos.

En cuanto a esta característica, se observó una variabilidad en los resultados frente a sus días de fraguado como lo manifiesta la tabla número 26, en donde se indica el porcentaje de PET triturado y el peso promedio de las muestras; esta condición se explica por el curado por inmersión en agua, que según (Manobanda, 2013) en su estudio “El curado del hormigón y su incidencia en las propiedades mecánicas finales”, tiene por objeto el brindar las condiciones necesarias de hidratación tanto para hormigones, como para morteros de prueba. Las partículas de los agregados, por capilaridad, retienen el agua en mayor o menor volumen, pues son variables; por esta razón, los pesos de las muestras varían según la capacidad de absorción de agua que tiene cada espécimen.

Tabla 26: Pesos de las muestras con distintos porcentajes de PET triturado

% de PET	Peso promedio en (gr)
10	263
25	246,8
35	240,7
40	239,06
50	204,07
65	107,5

Fuente: (Autor)

Luego de obtener los valores medios de los pesos, se concluye que, a mayor cantidad de polímero triturado, los pesos de las muestras disminuyen (ver figura 35), Esta característica de la investigación concuerda con los resultados obtenidos por (Meza & Lengua, 2016) en su investigación titulada “Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico Polietilen -Tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción”, ya que sus prototipos ensayados tuvieron una reducción de pesos conforme la adición del PET triturado.



Figura 35: Peso de los especímenes con distintos porcentajes de PET.

Fuente: (Autor)

4.10.2 Medidas.

En las medidas de las unidades de prueba, no se notó mayor variabilidad en cuanto a sus resultados, existe una pequeña diferencia de 0,06 mm, esto se debe a que los moldes no cierran de igual forma, los resultados en cuanto a medidas de los especímenes se ven reflejados en la tabla número 27.

Tabla 27: Medidas de las muestras con distintos porcentajes de PET triturado

% de PET	medidas
10	Lado 1=5,7 Lado 2=5,7
25	Lado 1=5,7 Lado 2=5,7
35	Lado 1=5,7 Lado 2=5,7
40	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1
50	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1
65	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1

Fuente: (Autor)

4.10.3 Aspectos visuales

En cuanto al aspecto que presentan, se puede señalar que, en las unidades de prueba elaboradas con porcentajes del 10% y 25% de PET triturado, muestran excelentes acabados en cuanto a forma y textura (ver anexo 11), con muy pocas oquedades (huecos) y paredes de textura lisa y bien definidas (ver figura 36). Las muestras con porcentajes de PET del 35% y 40%, exhiben una mayor cantidad de oquedades en sus terminados (ver anexo 12), la textura de sus paredes presenta mayor rugosidad que las muestras del 10 y 25%, no existe disgregación de los elementos. Hay que señalar, que esta observación no representa que las muestras sean descartables, al contrario, estas presentan una rugosidad a simple vista muy parecida a la de un bloque tradicional. Las muestras elaboradas con porcentajes del 50 y 65% de PET, presentan una alta variabilidad en cuanto a forma y textura que los anteriores (ver anexo 13), pues tienen grietas definidas, comenzando a denotar disgregación de los materiales, sobre todo en sus esquinas como se puede observar en la figura 36.



Figura 36: Terminado de especímenes

Fuente: (Autor)

4.10.4 Resistencias.

Los resultados obtenidos frente a la prueba de resistencia a la compresión de los ejemplares del 10%, 25% y 35% se muestran a continuación:

El ejemplar con el 10% del polímero triturado alcanzo una resistencia de 110,36 Kg/cm², al producirse su rotura se denoto que la misma fue abrupta frente al esfuerzo aplicado. Como se lo puede apreciar en la figura número 37. esta particularidad se ve reflejada en su curva de esfuerzo versus su deformación (ver figura 38).



Figura 37: Rotura de probeta cubica con el 10% de PET a los 7 días

Fuente: (Autor)

Como se puede observar en la figura número 38, misma que representa en forma gráfica el comportamiento de la curva de esfuerzo versus su deformación, del espécimen con el 10% de polímero triturado, podemos apreciar que su comportamiento previa rotura, presenta una baja de forma acelerada provocada por su abrupta rotura (ver figura 38).



Figura 38: Esfuerzo vs deformación 10% de PET

Fuente: (Autor)

La muestra con el 25% de PET, adquirió una resistencia de 129,52 Kg/cm²; en la rotura de esta probeta se observó que presento agrietamientos (ver figura 39), a diferencia de la rotura del espécimen con el 10% de PET que fue más intempestiva con desprendimientos de sus fragmentos.



Figura 39: Rotura de probeta cubica con el 25% de PET a los 7 días

Fuente: (Autor)

El comportamiento en su curva de esfuerzo frente a su deformación baja de manera paulatina como se lo puede apreciar en la figura número 40.

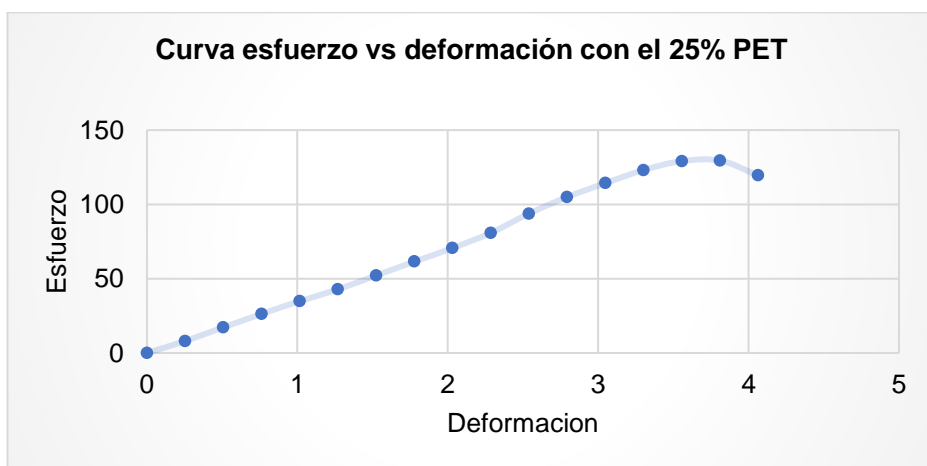


Figura 40: Esfuerzo vs deformación 25% de PET

Fuente: (Autor)

La resistencia adquirida con el 35% de PET triturado fue de 121 kg/cm², resistencia inferior la unidad de prueba con la dosificación del 25% de PET, su rotura presento fisuras de muy poca notoriedad (ver figura 41).



Figura 41: Rotura de probeta cubica con el 35% de PET a los 7 días

Fuente: (Autor)

Su curva de comportamiento deformación vs carga, denoto que luego de punto de inflexión(rotura) baja de forma gradual como se lo puede apreciar en la figura número 42,

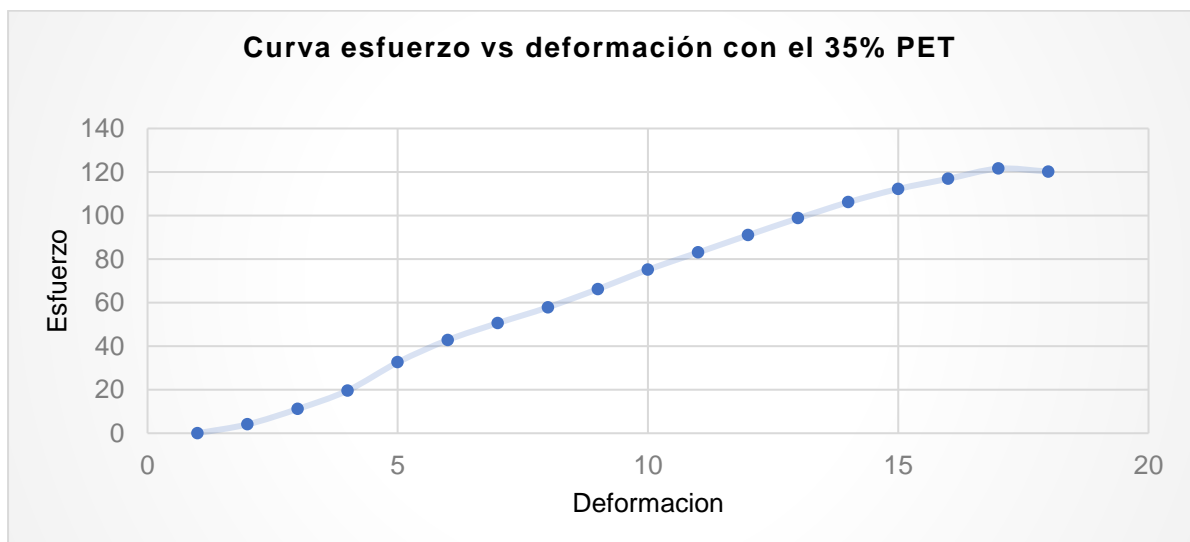


Figura 42: Esfuerzo vs deformación 35% de PET

Fuente: (Autor)

Este procedimiento se realizó a cada uno de los especímenes elaborados con los distintos porcentajes de PET a los 7, 14 y 28 días luego de su confección (ver anexo 15).

Luego de haber analizado los datos obtenidos frente a los tres ejemplares analizados, se puede afirmar que el patrón de comportamiento de las muestras se repite a mayor porcentaje de PET triturado, con lo cual se denota una disminución de resistencia frente a la carga aplicada. Cuando ocurrió la rotura de la muestra con el 10% de PET, sus partículas colisionaron de forma abrupta, desprendiéndose del mortero de prueba, comportamiento que no se observó en las otras restantes del 25% hasta el 65% de PET. Este comportamiento de las muestras, denota que el polímero triturado ofrece una mejor plasticidad a los morteros, por lo extenso de los resultados y sus diferentes intervalos de tiempo, pesos y medidas, se decidió expresar los datos obtenidos en la tabla número 28.

Tabla 28: Resultados de rotura de probetas con la dosificación 1:2 a los 7, 14 y 28 días.

% de PET	# días	Fecha de confección	Fecha de rotura	Peso(gr)	Medidas	# De líneas	Resistencia (kg/cm2)
10% de PET	7	12/08/2021	19/08/2021	263,4	Lado 1=5,07 Lado 2=5,07	1062	110,36
	14	12/08/2021	26/08/2021	264	Lado 1=5,07 Lado 2=5,07	1544	160,2
	28	12/08/2021	09/09/2021	261,61	Lado 1=5,07 Lado 2=5,07	1780	185
25% de PET	7	12/08/2021	19/08/2021	245,8	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1	1150	129,5
	14	12/08/2021	26/08/2021	246	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1	1322	137
	28	12/08/2021	09/09/2021	248,61	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1	1325	138
35% de PET	7	13/08/2021	20/08/2021	240,8	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1	1143	121,5
	14	13/08/2021	27/08/2021	241	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1	1358	141,02
	28	13/08/2021	10/09/2021	240,56	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1	1290	134,59
40% de PET	7	12/08/2021	19/08/2021	226,9	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1	803	83,53
	14	12/08/2021	26/08/2021	224,5	Lado 1=5,1 Lado 2=5,1	590	77,84
	28	12/08/2021	09/09/2021	244,78	Lado 1=5,08 Lado 2=5,1	777	81
50% de PET	7	12/08/2021	19/08/2021	200,6	Lado 1=5,08 Lado 2=5,12	370	43,55
	14	12/08/2021	26/08/2021	205	Lado 1=5,07 Lado 2=5,05	523	54,53
	28	12/08/2021	09/09/2021	206,62	Lado 1=5,08 Lado 2=5,07	605	63
65% de PET	7	13/08/2021	20/08/2021	216,9	Lado 1=5,07 Lado 2=5,05	245	18
	14	13/08/2021	27/08/2021	205	Lado 1=5,07 Lado 2=5,07	260	27
	28	13/08/2021	10/09/2021	223,5	Lado 1=5,08 Lado 2=5,07	420	31

Fuente: (Autor)

Para una mayor comprensión de los resultados, los mismos se resumieron en la tabla número 29, donde detallamos los días de fraguado, los distintos porcentajes de PET triturado y la resistencia adquirida por cada uno de los especímenes confeccionados.

Tabla 29: Resultados de rotura de probetas con la dosificación 1:2 a los 7, 14 y 28 días.

Resistencias Kg/cm²						
Días	PET 10%	PET 25%	PET 35%	PET 40%	PET 50%	PET 65%
7	110	130	122	84	44	18
14	160	137	141	78	55	27
28	185	138	135	81	63	31

Fuente: (Autor)

Como se puede observar en las tablas expuestas anteriormente, las resistencias de las probetas cubicas con distintos porcentajes de PET triturado, varían según la proporción del polímero triturado, teniendo resistencias mayores, con las dosificaciones del 10%, 25% y 35%; las resistencias de los morteros de prueba, se reduce de forma significativa con los porcentajes restantes del 40%,50% y 65%, del polímero triturado, en remplazo del árido fino. En cuanto a su forma, textura, medidas y peso, podemos decir que las dosis entre el 10% hasta el 35%, presentan buena textura y forma, aspecto de suma importancia por no necesitar de un revoqué o enlucido; no así, en las restantes del 40%, 50% y 65%, en las unidades con porcentajes de 50% y 65%, se denota, un agrietamiento de mayor visibilidad que los anteriores.

También se pudo observar que, a mayor cantidad de dosificación del polímero, los pesos de las probetas disminuyen, teniendo un máximo de peso de 263,4 gr y un mínimo de 223,5 gr, respectivamente entre los porcentajes de 10% y 65% de PET triturado. En cuanto a sus medidas no existió mayor variabilidad en las muestras, este comportamiento de disminución de pesos mediante la adición del polímero triturado de los morteros de prueba coincide con los estudios realizados por (Cevallos, 2019), (Echeverria, 2017) y (Carreño, 2020).

Al comparar los morteros de prueba confeccionados con el polímero triturado, con la normativa (NTE – INEN 2518), “Morteros para unidades de mampostería Requisitos”, un mortero de tipo “N” (ver tabla número 12), que fue el tipo de mortero seleccionado para la investigación, debe alcanzar una resistencia de 125 kg/cm²; realizando la comparación en cuanto a resistencias obtenidas con los porcentajes entre el 10, 25 y el 35% de adición de PET triturado, se cumple con este requisito; no así, con el resto de porcentajes del 40, 50 y 65%. Este resultado obtenido nos indica que, en consideración a la norma (NTE – INEN

2518), los porcentajes que cumplen con la resistencia estipulada, son las mezclas ideales para el estudio.

Al realizar una segunda comparación de los resultados, (Cevallos, 2019), en el diseño de sus morteros de prueba elaborados con las partículas del PET triturado, refiriéndose al porcentaje del 10% de adición del PET, obtiene resistencias de 108,26 kg/cm² a los 28 días de realizar el ensayo; los resultados obtenidos en cuanto a resistencias con el 10% de adición de PET son de 185 kg/cm² (ver tabla número 34); en los porcentajes restantes los resultados obtenidos en la presente investigación exhiben mayores resistencias en cuanto a los morteros elaborados con PET por (Cevallos, 2019). Para poder exponer los resultados de una manera más comprensiva en cuanto a resistencias versus los comportamientos de las muestras, se elaboró la comparativa (ver figura 46), a partir de la misma se eligió el porcentaje idóneo para la construcción del bloque PET junto con la norma (INEN 3066, 2016).

En la figura número 43, se observa que los morteros de prueba construidos con los porcentajes del 10% (línea azul), 25% (línea tomate) y 35% (línea verde) de PET triturado, cumplen con las resistencias mínimas, en referencia a la compresión simple del bloque tipo "A" (ver tabla número 8), que debe tener un mínimo de 126,48 kg/cm² por un solo bloque, no así los porcentajes del 40%, 50% y 65%, que no cumplen con esta resistencia mencionada en la norma (INEN 3066, 2016). Cabe destacar que hablamos del bloque tipo "A", que su uso es para mampostería estructural. En lo que se refiere a los bloques para mampostería no portante de tipo "B", las probetas cubicas, cumplen con las resistencias mínimas de este tipo de bloque, que deben ser de 35,7 kg/cm², en los porcentajes del 10% hasta el 50%, no así el ultimo porcentaje del 65% de PET triturado.

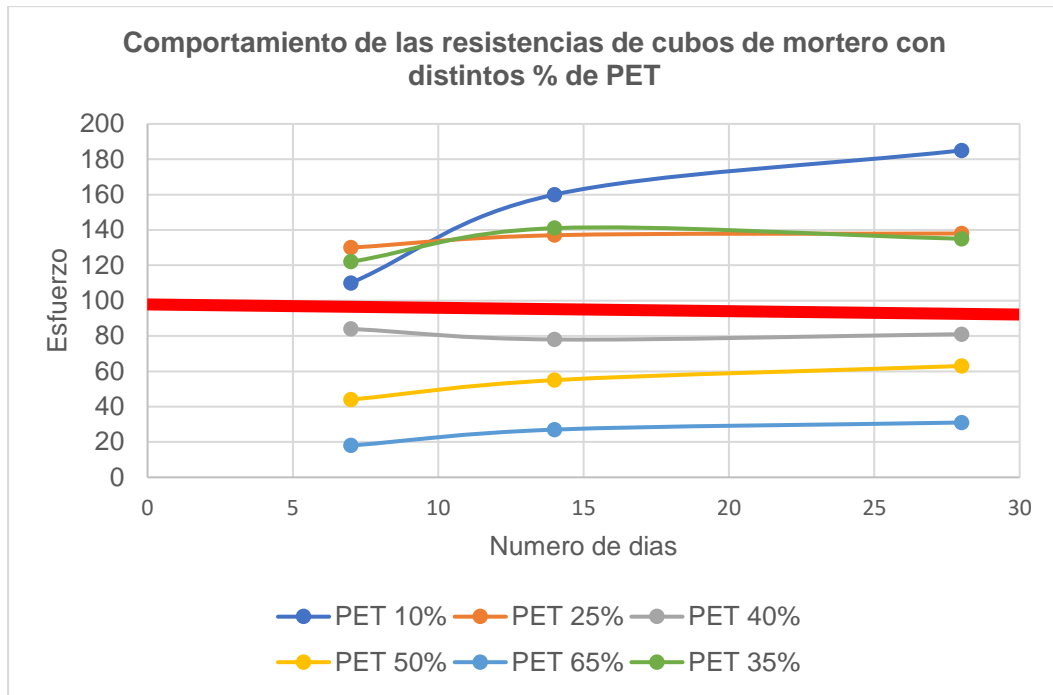


Figura 43: Grafica de comportamiento de resistencias de los morteros de prueba

Fuente: (Autor)

Partiendo de este análisis y previo estudio de la norma, se puede manifestar que las mezclas óptimas para la construcción del bloque prototipo PET, podrían ser las dosificaciones que van desde el 10% hasta el 50% de polímero triturado, cabe destacar, que los ensayos fueron realizados mediante probetas cubicas de uso en laboratorio, estas probetas presentan menores volúmenes y dimensiones, frente a los volúmenes, formas y dimensiones que tienen un bloque tradicional, bajo esta característica se podrían presentar, diferencias en cuanto a comportamientos físico-mecánicos.

En cuanto a dosificaciones de PET triturado, en las mezclas del 10 y 25%, quedan descartadas, por usar cantidades relativamente bajas de polímero triturado. La dosificación del 25 % de PET formo parte del estudio experimental para el diseño de un ladrillo ecológico realizado por (Angumba, 2016); la dosis del 10% de partículas trituradas de PET como reemplazo parcial del árido fino, fue el porcentaje analizado en la investigación elaborada por (Cevallos, 2019). Tomando en cuenta estos estudios realizados con anterioridad y en base a la metodología de tipo experimental, se decidió probar la mezcla del 35% de PET triturado en la mezcla de experimentación óptima para la construcción del bloque con agregados de polímero triturado, y en consideración al aspecto técnico, pues, la dosificación cumple con las resistencias requeridas según la norma (INEN 3066, 2016).

4.10.5 Resultados de los ensayos físico – mecánicos del bloque PET.

Elaborados los prototipos de los bloques PET (ver capítulo 3.3.12), se realizó la valoración de las características físico-mecánicas del bloque PET. Previo al ensayo a la compresión se procedió a pesar (ver figura 44) y medir todos los especímenes, para luego de este proceso dar paso al ensayo a la compresión (ver figura 45) como lo indica (INEN 3066, 2016) (anexo E). La norma citada dicta realizar ensayos a compresión por un total de 3 bloques para luego del ensayo proceder con el promedio de los resultados.

Las pruebas a la compresión se realizaron a los 28 días posteriores a la elaboración de bloque PET, luego de haber obtenido el porcentaje de PET, así como sus medidas, volúmenes y el número de especímenes a construir, los resultados que obtuvimos se expresan en la tabla número 30.



Figura 44: Peso del Bloque PET ejemplar # 1

Fuente: (Autor)



Figura 45: Rotura del bloque PET ejemplar 1

Fuente: (Autor)

Como se puede observar en la tabla número 30; el bloque prototipo con agregados de polímero triturado del 35% en reemplazo del árido fino, obtiene un valor promedio de 105,74 Kg/cm², frente al ensayo de compresión realizado. Con este resultado, se puede señalar que el prototipo experimentado cumple con las resistencias requeridas (ver tabla número 8) por la normativa (INEN 3066, 2016) vigente en el país.

Tabla 30: Resistencia al ensayo de compresión simple del bloque PET

Número de muestra	Número de días	Fecha de confección	Fecha de rotura	Peso en (gr)	Medidas (cm)	Carga (KN)	Resistencia máxima (MPa)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	28	24/09/2021	22/10/2021	8453,5	b=39 a=12 c=19	287,47	14,242	106,63
2	28	24/09/2021	22/10/2021	8632,3	b=40 a=12 c=19	285,68	13,838	105,97
3	28	24/09/2021	22/10/2021	8545,8	b=40 a=12 c=20	282,06	12,519	104,63

Fuente: (Autor)

a. Aspectos visuales.

Para poder describir los resultados, en cuanto al aspecto visual del bloque PET, se observó su forma, textura y tonalidad, según lo dicta la norma (INEN 3066, 2016).

b. Forma.

En cuanto a sus formas, sus aristas son definidas, las paredes presentan muy pocas oquedades, estas características brindan excelentes formas de terminado a todos los ejemplares construidos. (ver figura 47).

c. Textura.

Su textura es lisa, no presenta agrietamientos o disgregación de material, este aspecto de terminado con texturas llanas, se vuelve de vital importancia al no necesitar de un revoque “enlucido” para sus paredes, ahorrando así, en lo referente a los rubros de enlucidos en mamposterías.

d. Tonalidad.

En cuanto a su color, no presenta diferencia notable con respecto a los bloques comunes, el PET triturado al mezclarse con los materiales como la arena y cemento pierde totalmente su color; por lo que no influyen en su tonalidad; no se notó diferencia al emplear PET blanco o como azul en su construcción (ver figura 46).



Figura 46: Pet triturado perlado y azul

Fuente: (Autor)

Con respecto a su terminado en cuanto a la tonalidad del mismo se obtuvo un elemento constructivo de iguales tonalidades que sus pares constructivos como los son el bloque de hormigón y pómez; el terminado del bloque PET, no denota una diferencia de mayor contraste como lo demuestra la figura número 47.



Figura 47: Terminados del bloque PET

Fuente: (Autor)

En cuanto a la forma, textura y tonalidad del bloque PET, se observa que los bloques obtienen mejores acabados (ver figura numero 47) en comparación con los bloques (ver figura numero 48) construidos por (Tolozano, 2016); hay que destacar que el autor mencionado, utilizo un porcentaje del 60% de PET triturado frente al porcentaje del 35% de PET, esto denota que a una mayor adición del polímero triturado, existe menor homogeneidad de los materiales manifestándose este particular en sus terminados.



Figura 48: Aspecto visual del Bloque elaborado con el 60% de PET triturado

Fuente: (Tolozano, 2016)

e. Porcentaje de absorción de agua.

Este parámetro se midió según indica la norma (INEN 3066, 2016), anexo “D”, que manifiesta que este ensayo se debe realizar por medio de tres unidades enteras del bloque; en caso de que la proporción de las componentes rebasa la cabida de los aparatos del laboratorio, se puede efectuar este ensayo por fracciones de los bloques en estudio. Al no contar con un horno que pueda albergar en su interior a las tres unidades enteras a ensayar, se optó por realizar el ensayo por fracciones del bloque PET, se saturó en agua durante 24 horas, se procedió al secado en horno, con una temperatura entre 110 ° C a 115 °C. Finalmente se procedió al cálculo del porcentaje de absorción de agua según la norma (INEN, 639, 2012), los resultados que se obtuvieron frente al ensayo de absorción de agua se manifiestan en la tabla número 31, en donde detallamos el número del espécimen así como los respectivos pesos, en cuanto a sus masas tanto saturadas(Ms), como luego del secado al horno (Md) para posterior cálculo de su porcentaje de humedad.

Tabla 31: Resultados de % de absorción por los 3 ejemplares ensayados

Porcentaje de absorción del bloque PET por espécimen			
# De espécimen	Ms (gr)	Md (gr)	% De humedad
1	431,95	390,3	10,67
2	445,3	397,2	12,1
3	347	313.15	10,8

Fuente: (Autor)

Al término del ensayo se obtuvo un valor promedio de absorción de agua del bloque PET de un 11,19 %; al no existir un valor para el porcentaje de humedad de un bloque tipo “B” en la norma estudiada, no se puede definir si el porcentaje de humedad del bloque cumple o no con dicho parámetro, al establecer una relación con el bloque de tipo “A” que si consta con valores dentro de la norma (INEN 3066, 2016), el bloque PET, no cumplió con este parámetro; cabe destacar que la comparación se la efectuó con otro tipo de bloque.

Al no encontrar en la bibliografía nacional consultada, el valor mínimo de absorción de agua que deban cumplir los bloques de tipo “B”, acudimos a la norma colombiana (NTC, 2000) misma que estipula que los bloques para mampostería no portante “Bloque tipo b” deben cumplir con un mínimo porcentaje de absorción de agua del 13,5% para interiores. Si acogemos esta norma como parámetro de comparación, el elemento constructivo fabricado con el 35% de PET triturado, cumple con las especificaciones consideradas.

Realizando la comparación con fuentes nacionales, el prototipo utilizado tiene un mayor porcentaje de absorción de agua, frente al bloque elaborado por (Echeverría, 2017), ya que su bloque cuenta con 0,29% de capacidad de absorción de agua.

f. Densidad del bloque PET.

La densidad de los bloques PET, se calculó como establece la norma (INEN 3066, 2016) en su anexo “D”.

La tabla 32 muestra los resultados logrados para las densidades del bloque PET, al promediar los valores de la tabla número 32, se tiene como resultado un total de 1 473 Kg/m³, este valor clasifica al elemento constructivo, dentro de los bloques de tipo liviano (Ver tabla número 6), al comparar los resultados en cuanto a la densidad del bloque PET, frente a los bloques elaborados con plástico triturado por (Gomez & Guzman, 2019) las densidades son menores a sus prototipos.

Tabla 32: Resultados de la densidad del bloque PET

Densidad del bloque PET	
# De espécimen	Densidad (Kg/m ³)
1	1452
2	1391
3	1576

Fuente: (Autor)

g. Contenido de humedad del bloque PET.

Para determinar el contenido de humedad de los ejemplares, se utilizó la norma (INEN 3066, 2016).

Frente a los resultados expresados en la tabla número 38, se puede decir que el bloque con agregado de plástico tiene un muy bajo contenido de humedad, esto se debe al PET triturado, ya que el material mencionado al ser impermeable no tiene la capacidad de absorber agua; al realizar la comparación de esta variable con la norma en uso del bloque PET, no estaría dentro de la norma, pero los resultados en cuanto a densidades de los bloques construidos con PET triturado, concuerdan con las densidades obtenidas por (Gomez & Guzman, 2019), hasta el momento las comparaciones de resultados han sido en base a normativas y otros estudios realizados, pero en esta variable de la cabida de absorción de humedad de un elemento constructivo, se establece una comparación teórica,

(Sánchez D. , 1994), manifiesta que la cabida de retención de agua es una propiedad que mide la destreza del elemento constructivo para conservar su plasticidad, cuando quede en unión con alguna área absorbente, como un trozo de mampostería; pues, una disminución en la capacidad de retención de agua, afecta directamente al elemento produciendo trizaduras o fisuras en el mismo. Esta condición denota una anomalía en el bloque PET.

Tabla 33: Resultados del contenido de humedad del bloque PET

Contenido de humedad del bloque PET	
# de ejemplares	% de contenido de humedad
1	0
2	3
3	2

Fuente: (Autor)

De acuerdo a los resultados obtenidos, en base a pruebas físico-mecánicas aplicadas al bloque PET fabricado, podemos observar que el elemento en estudio, desempeña con total cumplimiento con las pautas de calidad dictados por las normativas vigentes en el país, a excepción del parámetro de contenido de humedad.

4.10.6 Variables adicionales de comparación del bloque PET.

Al ser un prototipo en estudio se vuelve primordial el poder compararlo con otros elementos constructivos de mayor uso en la ciudad como se lo explico (ver capítulo 3.3.14) , según el (INEC, 2010) en su censo de “Número de viviendas particulares por tipo de material de las paredes según provincias” (ver anexo 17) destaca que el bloque de hormigón, pómez y el ladrillo, son los elementos de mayor uso para la construcción de mampostería en la provincia, el ladrillo al ser un elemento de características totalmente distintas a la de un bloque hueco de hormigón no estará presente en los parámetros adicionales de comparación, los elementos a ser comparados serán sus pares constructivos como el bloque de hormigón y pómez. En primera instancia se adquirió tres tipos de bloques de pómez y hormigón de venta libre en la urbe; de igual manera, se procedió a medirlos y pesarlos (Ver figura 49), para posterior rotura y registro de los datos obtenidos (ver figura 50). El procedimiento descrito se lo realizo para todos los ejemplares; para finalizar el análisis de parámetros adicionales, se realizó la prueba a flexión de vigas diseñadas con el 35% de PET triturado según los parámetros de la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 2554, 2011), misma que establece que, para poder determinar la resistencia a la flexión del concreto, el ensayo se lo realizará con el uso de una viga simple apuntalada en los extremos y cargada en los tercios de la luz libre, hasta que ocurra la rotura del ejemplar en estudio

(ver figura 51). La carga aplicada debe ser continua, sin impacto y a una velocidad constante; la resistencia a la flexión se determina por medio del módulo de rotura. Luego de la realización de los ensayos mencionados, se procederá a establecer las diferencias entre el bloque PET versus los bloques tradicionales.



Figura 49: Peso del bloque de hormigón espécimen #1

Fuente: (Autor)



Figura 50: Resultados del ensayo a la compresión del bloque de pómez ejemplar 1

Fuente: (Autor)

Luego de la realización de las pruebas pertinentes a los elementos constructivos de pómez (Ver tabla número 34) y de hormigón (Ver tabla número 35), se obtuvieron los

resultados en cuanto a sus valores de resistencias, medidas y pesos de los bloques ensayados.

En la tabla número 34 se detallan los resultados obtenidos en cuanto al bloque de pómez, en la misma expresamos el número de espécimen, días de fraguado, los pesos de los ejemplares, así como la resistencia adquirida frente al ensayo de compresión simple.

Tabla 34: Resultados de los ensayos a la resistencia del bloque de pómez

# Ejemplares	# Días	Peso(gr)	Medidas (cm)	Carga (KN)	Resistencia máxima (MPa)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	28	10566	b= 40; a=12; c=20	47,721	2,364	17.70
2	28	10568	b= 40; a=12; c=20	46,915	2,245	17,40
3	28	10652	b= 40; a=12; c=20	48,49	2,582	17,98

Fuente: (Autor)

Luego de haber ensayado el bloque de pómez, se procedió a realizar los mismos ensayos al bloque de hormigón, los resultados que brindo este tipo de bloque se encuentran resumidos en la tabla numero 35

Tabla 35: Resultados de los ensayos a la resistencia del bloque de Hormigón

# Ejemplares	# Días	Peso(gr)	Medidas (cm)	Carga (KN)	Resistencia máxima (MPa)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	28	13295	b= 40; a=12; c=20	65,49	3,245	24,29
2	28	12770,5	b= 40; a=12; c=21	70,129	5,123	26,01
3	28	13302	b= 40; a=12; c=22	76,85	6,896	29

Fuente: (Autor)

a. Porcentaje de absorción de agua del bloque de pómez y hormigón.

El ensayo para medir el porcentaje de absorción de los bloques tanto de hormigón como de pómez, se lo efectuó como dicta la norma (INEN 3066, 2016) obteniendo los siguientes resultados expresados en la tabla número 36 en la misma se expresa el tipo de bloque frente al porcentaje de absorción de agua adquirido por cada ejemplar.

Tabla 36: Resultados del % de absorción de agua de los bloques en estudio

% De absorción de agua	
Tipo de bloque	% De absorción
PET	11,19
hormigón	13,87
pómez	38,1

Fuente: (Autor)

b. Densidad de los bloques de hormigón y pómez.

El ensayo en relación a la densidad de los bloques de pómez y de hormigón, se realizó de la misma manera que el ensayo para establecer la densidad del bloque prototipo PET (INEN 3066, 2016) anexo "D", obteniendo los resultados expresados en la tabla número 37.

Tabla 37: Resultados de la densidades por tipo de bloque

Tipo de bloque	Densidad promedio (kg/m3)
hormigón	3235
pómez	1678,7
PET	1473

Fuente: (Autor)

c. Ensayo a la flexión de vigas diseñadas con el 35% de PET.

Las recomendaciones que dicta la norma, son que las pruebas frente al ensayo a la flexión, deben efectuarse de manera inmediata al extraer el ejemplar de curado por inmersión, ya que las muestras que presenten superficies secas, pueden exhibir una disminución en cuanto a sus resultados.

En la figura número 51 se aprecia la rotura del ejemplar #1, sometido al ensayo de flexión, el mismo procedimiento se lo ejecutó para todos los ejemplares ensayados (ver anexo 24), luego de este procedimiento, se obtuvo un promedio de resistencia a la flexión entre las muestras, resultando un valor de 3,65 MPa de la viga construida con el 35% de PET.



Figura 51: Rotura de la muestra al ensayo de flexión

Fuente: (Autor)

4.10.7 Análisis de las variables adicionales de comparación.

De acuerdo con los ensayos realizados y resultados obtenidos, se puede distinguir que el bloque PET en cuanto a resistencias obtiene un promedio de 105,74 Kg/cm² (Ver tabla 30), seguido por el bloque de hormigón (Ver tabla número 35), con un promedio total de resistencia a la compresión simple de 70.823 Kg/cm², por ultimo tenemos al bloque de pómez (Ver tabla número 34), con un promedio de 47,7 Kg/cm²; en base a la examinación de los resultados obtenidos, se puede afirmar que el bloque construido con agregados de polímero triturado, supera con un amplio margen a sus pares de hormigón y pómez.

Al comparar los resultados en cuanto a resistencias del bloque PET con elementos construidos con agregados de plástico de similares características se obtiene los siguientes resultados frente a diferentes autores:

Los ladrillos PET elaborados por (Angumba, 2016) con el 25% de PET triturado en reemplazo del árido fino, tienen una resistencia a la compresión de 288,70 kg/cm², al promediar sus tres especímenes ensayados, frente al bloque PET que tienen una resistencia promedio de 105,74 Kg/cm² por igual número de ejemplares ensayados; cabe destacar que los elementos constructivos son de diferentes dimensiones, así como los porcentajes de PET triturado utilizados para su elaboración; las medidas del ladrillo realizado por (Angumba, 2016) no se encuentran en la normativa del país.

Los bloques PET realizados por (Gomez & Guzman, 2019), con remplazos del 40 y 60% de polímero triturado, alcanzan resistencias máximas de 6.65 MPa con el 40% de adición de PET, con el remplazo del 60% de PET obtienen valores máximo de resistencias de 3,38 MPa, frente a la resistencia promedio alcanzada por el bloque PET de 13,55 MPa; los

porcentajes de PET utilizados fueron distintos en las dos investigaciones, se puede señalar que a una mayor adición de PET triturado, por lo que, la resistencias de los bloques se reducen sustancialmente.

El bloque elaborado con agregados de plástico triturado con la adición del 25% en el estudio realizado por (Meza & Lengua, 2016), obtiene un valor de resistencia a la compresión de 32,5 Kg/cm², el bloque PET construido con un mayor porcentaje de PET (35%) obtiene un valor de resistencia de 105,74 Kg/cm² alcanzando un valor mayor en resistencias con una dosificación más alta del polímero triturado.

En lo referente a sus pesos, destaca una característica de amplia importancia para la industria de la construcción, ya que al tener un elemento constructivo más liviano como lo es el bloque con agregados de plástico PET (Ver figura número 44) , frente a su par de hormigón (ver figura 44) la diferencia de pesos entre los dos elementos, representa una importante disminución de carga muerta en las viviendas; el bloque PET, es sumamente más liviano que sus pares constructivos, en lo referente a los bloques de hormigón, su peso promedio por los tres prototipos ensayados es de 13 122,5 gr, los bloques de pómez, tienen un promedio de pesos por igual número de ejemplares de 10 595,3 gr, existiendo una diferencia en cuanto al bloque PET, que cuenta con un peso promedio por igual cantidad de especímenes de 8 543,8 gr, teniendo una diferencia de peso con los bloques de hormigón de 4 578,63 gr, realizando la misma comparación, en cuanto al bloque de pómez, el bloque PET es más liviano que su par de pómez, con una diferencia de pesos entre los dos especímenes de 2 051,5 gr, sustancialmente se distingue la superioridad del bloque PET, es prudente el mencionar que los bloques tanto de hormigón, como de pómez, son de iguales medidas que el bloque ecológico.

Las observaciones realizadas en cuanto al aspecto visual, el bloque PET tiene excelentes terminados en comparación con sus pares constructivos, sus texturas son lisas, con muy pocas oquedades, esto representa un ahorro en los rubros de enlucido o revoques, luego de su colocación en obra.

En lo que respecta al parámetro de absorción de agua (Ver tabla 36), y densidades del bloques convencionales frente al bloque PET, observamos que el bloque PET, es el ejemplar que presenta menor proporción de absorción de agua frente a sus pares; lo que representa un aspecto importante de mencionar es que en referencia a la densidad del bloque PET, esta es menor (Ver tabla 37), y al ser menor, tiene menos peso, con lo que se disminuye notablemente la carga de las estructuras si se utilizaría el bloque PET.

Al comparar los ensayos, con las pruebas a flexión de los ladrillos construidos con el 25% de PET triturado en el estudio realizados por (Angumba, 2016), señala que se obtiene mayores resistencias de su ladrillo elaborado con PET, teniendo resistencias máximas a flexión de 4 MPa; cabe destacar, que sus ejemplares fueron construido con el 25% de PET, a diferencia de las vigas en estudio diseñadas con el 35% del polímero triturado (mayor cantidad de polímero triturado); al realizar las comparativa, se puede señalar que los datos derivados de la investigación en lo referente al ensayo a flexión son aceptables, con una diferencia de 0.35 MPa frente al ladrillo elaborado por (Angumba, 2016) con el 25% de PET.

4.10.8 Análisis de viabilidad económica.

a. Identificación del mercado Objetivo.

El mercado objetivo del actual estudio se determinó en base a la información bibliográfica disponible, obteniendo los siguientes resultados.

En la ciudad de Cuenca, según el INEC, 2020, existen 38 empresas legalmente registradas dedicadas a la producción de bloques de hormigón, dichas fabricas tienen un promedio de producción de 1 000 a 1 500 bloques por día (Molinari, 2006).

En la tabla 38 se observa un resumen de datos promedios de producción de bloques diarios, semanales, mensuales y anuales en la ciudad de Cuenca, mismos que se determinaron estableciendo el valor mínimo de producción diaria de 1 000 bloques de cemento por empresas en la urbe.

Tabla 38: Producción de bloques por empresa

Producción promedio de bloques de hormigón en la ciudad de cuenca por una empresa			
Diario	Semanal	Mensual	Anual
1.000	6.000	24.000	288.000

Fuente: (Autor)

El valor anual de fabricación de bloques por una fábrica en la ciudad es de 288 000 unidades de bloques, si a este valor lo multiplicamos por las 38 fábricas que se encuentran registradas en la ciudad, se obtiene una producción total anual de bloques de 10 944 000.

Partiendo de lo antes mencionado y mediante la aplicación de un escenario conservador, para el estudio se realizó un muestreo aleatorio en 7 casas comercializadoras de bloques de la ciudad, con el fin de poder captar el mercado insatisfecho, para en base a este mercado que no se encuentra conforme con el producto, se pueda establecer las cantidades de bloques que se pudieran comercializar en la ciudad. En primera instancia fue complicado

poder obtener respuesta de los clientes, por esta razón, se acudió al listado de clientes, para de una forma aleatoria, en base a llamadas telefónicas, brinden datos en cuanto a la satisfacción e insatisfacción de la calidad del producto.

Para este propósito se escogieron 10 clientes por cada casa comercializadora de bloques, dándonos un total de 70 personas, luego de realizar este análisis aleatorio se obtuvieron los siguientes resultados expuestos a continuación en la tabla 39.

Tabla 39: Resumen de sondeo de calidad aleatorio

Sondeo de calidad del producto					
Total de personas	Individuos	Cantidad	Porcentaje	Cantidad de bloques (100%)	Cantidad de bloques por % de satisfacción e insatisfacción
70	Satisfechas	45	64%	10.944.000	7004160
	Insatisfechas	25	36%		3939840

Fuente: (Autor)

Luego de realizar el sondeo de mercado, se obtuvo que un total de 45 personas que se encuentran satisfechas en su totalidad con el producto, pero las 25 restantes manifestaron su insatisfacción con el producto en cuanto a precios y terminados de los ejemplares vendidos, de esta forma se obtuvo un total del 36% de personas que no se encuentran conformes con el producto, de este porcentaje de insatisfacción (36%) y en base a un escenario conservador se pretende abarcar el 10% del total de insatisfacción.

b. Presupuesto para la inversión inicial

Para la producción de bloques con el polímero triturado PET, en el análisis de factibilidad se requiere maquinaria, insumos y equipos que se detallan a continuación en las tablas 40, 41, 42 y 43.

En la tabla numero 40 detallamos las maquinarias y el equipo necesario para la producción del bloque ecológico PET

Tabla 40: Maquinarias y equipos de producción

Maquinaria y equipos de producción para			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total (\$)
molino triturador de PET	1	3000	3000
bloquera	1	5000	5000
mezcladora	1	2000	2000
moldes	500	2500	2500
palas	3	7	21
carretillas	4	44,8	179.2
TOTAL	-	-	12521

Fuente: (Autor)

Para la adecuación de las oficinas en la fábrica productora de bloques PET, se vuelve indispensable el poder contar con inmobiliario de oficina, los mismos se encuentran expuestos en la tabla número 41.

Tabla 41: Mobiliarios de oficina

Muebles de oficina			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total (\$)
escritorio	1	110	110
archivero	1	75	75
mesa para Computadora	1	35	35
mueble	1	30	30
sillas	3	24	72
estantes de acero inoxidable	2	50	100
lámparas, iluminación	3	60	180
vidriera	2	120	240
Total	-	-	842

Fuente: (Autor)

Para un adecuado manejo en la parte contable de la empresa como la emisión de facturas y trámites administrativos en general, es necesario el contar con un equipo de cómputo para poder realizar dichas funciones, mismo equipo de cómputo (básico), se encuentra detallado en la tabla número 42.

Tabla 42: Equipo de computo

Equipo de computación			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total (\$)
computadora	1	510	510
impresora	1	70	70
scanner	1	170	170
Total	-	-	750

Fuente: (Autor)

Para iniciar con la producción del elemento constructivo es de fundamental importancia el contar con las instalaciones adecuadas para poder ejecutar dicha actividad, para este propósito se tomó en cuenta una infraestructura elemental y básica como son: un terreno, la construcción de una estructura metálica con la cubierta de zinc, los valores económicos estimados para este propósito se exponen en la tabla número 43.

Tabla 43: Adquisición y adecuación del local

Adquisición del terreno y adecuación del mismo			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total (\$)
terreno	1	10000	10000
estructura metálica con cubierta de zinc	1	2000	2000
Total	-	-	12000

Fuente: (Autor)

c. Depreciaciones de maquinaria y equipo de producción.

Las depreciaciones de maquinaria en una empresa, sirven para deducir el pago de impuestos. Las depreciaciones en equipo y maquinaria no deben superar los siguientes porcentajes (Sánchez M. V., 2017).

- Inmuebles, naves y similares se deprecian un 5% anual.
- Equipos y muebles 10% anual.
- Equipo caminero 20% anual.
- Softwares y equipo de cómputo 33% anual

Para el proyecto de factibilidad tenemos depreciaciones de inmuebles, estructura metálica con cubierta de zinc, equipos softwares y equipo de cómputo; a continuación, en la

tabla número 44, se indica el valor de las depreciaciones en lo que respecta a la maquinaria y el equipo.

Tabla 44: Depreciaciones de la maquinaria y equipo por año.

Maquinaria y equipo	Valor inicial equipo	Tasa	Valor depreciaciones anual (\$)
molino triturador de PET	3000	10%	300
bloquera	5000	10%	500
mezcladora	2000	10%	200
moldes	2500	10%	250
estructura metálica con cubierta de zinc	2000	10%	200

Fuente: (Autor)

En lo referente a las depreciaciones de los muebles y encerres, sus valores anuales se encuentran estimados en la tabla número 45.

Tabla 45: Depreciaciones de muebles y encerres por año

Muebles y encerres	Valor inicial equipo	Tasa	Valor depreciaciones anuales
escritorio	110	10%	11
archivero	75	10%	8
mesa para computadora	35	10%	4
mueble	30	10%	3
sillas	24	10%	7
estantes de acero	50	10%	10
lámparas, iluminación	60	10%	18
vidriera	120	10%	24

Fuente: (Autor)

Por ultimo las depreciaciones del equipo de cómputo y softwares adquiridos se resumen en la tabla número 46.

Tabla 46: Depreciaciones de equipo de cómputo y softwares

Equipo de cómputo y softwares	Valor inicial del equipo	Tasa	Valor depreciaciones anual (\$)
computadora	510	33%	170
impresora	70	33%	23
scanner	170	33%	57

Fuente: (Autor)

Para una mejor interpretación de los valores económicos en cuanto a depreciaciones por año de los muebles y equipos tanto de computo, como la maquinaria; los resultados se los resume en la tabla número 47.

Tabla 47: Valores totales de las depreciaciones en equipos y encerres

Descripción	Valor total de depreciaciones por año (\$)
Total muebles y encerres	84
Total equipo de computación	250
Total equipo y maquinaria	1450

Fuente: (Autor)

d. Costos de materia prima.

De acuerdo con la investigación de campo realizada en las comercializadoras de bloques de la ciudad, se obtuvo las siguientes proporciones de materiales para la cimentación de 150 bloques de hormigón; para obtener dicha cantidad de bloques, se necesita 1m³ de arena más 5 sacos de cemento, es decir se obtienen 30 bloques por cada saco de cemento. Luego de haber obtenido las cantidades en pesos para la construcción de 150 bloques se estableció los costos unitarios en cuanto al bloque de hormigón (ver tabla 48) y el bloque con agregados de plástico triturado PET (ver tabla 49). Partimos de la cantidad de bloques descrita por ser el número de ejemplares que obtienen las bloqueras por producción (por lote).

Como se puede observar en la tabla número 48 el costo unitario del bloque de hormigón tiene un total de 0,38 ctvs. Con un margen de utilidad de 0,22 ctvs.

Tabla 48: Precios unitarios para la construcción de bloques de hormigón

Precios para la construcción de 150 bloques de hormigón			
Insumos	Precio (\$)	Cantidad	Total
cemento 1saco (50Kg)	7,63	5	38,15
arena 1m ³	19	1	19
agua 1m ³	0,48	1	0,48
valor total de costo	-	-	57,63
costo unitario	0,38	-	-
precio de venta	0,60	-	-
margen de utilidad	0,22	-	-

Fuente: (Autor)

Ecuación 12: Costo unitario.

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Valor total de costos}}{\text{Numero de bloques}} \quad (12)$$

Ecuación 13: Margen de utilidad.

$$\text{Margen de utilidad} = \text{Precio de venta} - \text{costo unitario}$$

En la tabla número 49 se detallan los insumos, así como el costo unitario del bloque con agregados de plástico PET en sustitución del árido fino

Tabla 49: Precios de construcción para bloques con agregados PET

Precios de construcción para 150 bloques con PET triturado (35%)			
Insumos	Precio (\$)	Cantidad	Total (\$)
cemento 1saco (50Kg)	7,63	5	38,15
arena 0,65 m ³	12,35	1	12,35
agua 1m ³	0,48	1	0,48
plástico PET triturado (1Kg)	1,2	35 kg	42
valor total de costo	-	-	92,98
costo unitario	0,61	-	-
precio de venta	0,75	-	-
margen de utilidad	0,13	-	-

Fuente: (Autor)

Al realizar la comparativa entre los precios del bloque de hormigón (ver tabla 48) versus el bloque con agregados de plástico (ver tabla 49) se observa que el bloque PET tendría un precio de venta de 0,75 ctvs. En relación al precio de comercialización del bloque de hormigón de 0,60 ctvs. De la misma forma el margen de utilidad por la comercialización de un bloque de hormigón representa mayor ganancia en su venta.

Esta diferencia de costos unitarios en la fabricación de los dos mampuestos aumenta significativamente el rubro de la pulverización de las botellas de plástico PET, se reduce el precio en el árido, no compensando a la trituración de las botellas PET.

e. Gastos administrativos.

Para la estimación de los gastos administrativos se tomó en cuenta un mínimo de personal como lo expresa la tabla 50, los sueldos de dos ayudantes están determinados por el IESS, para personas que se dedican a labores de obrería (peón) en la cantidad de 410,40 USD. En lo que respecta a los beneficios sociales los mismos se calcularon contando con los beneficios que existen por ley en el país como son: decimos terceros, décimos cuartos, vacaciones, fondos de reserva, aportes patronales etc. (IESS, 2021).

En la tabla número 50 se estima los valores de los sueldos tanto para el propietario del negocio, así como para los ayudantes mismos sueldos se encuentran establecidos por Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social “IESS”.

Tabla 50: Presupuestos de sueldos

Sueldos de trabajadores para un mes	
Descripción	Sueldos (\$)
propietario	800
ayudante 1	410,40
ayudante2	410,40
beneficios sociales	572
Total	2192,8

Fuente: (Autor)

El total de los gastos estimados para el primer pedido de funcionamiento de la empresa se detallan en la tabla numero 51

Tabla 51: Total de gastos en sueldos del personal periodo 2022

Total de gastos en sueldos periodo 2022	
Descripción	Sueldos (\$)
propietario	9.600
ayudante 1	4.925
ayudante2	4.925
beneficios sociales	6.864
Total	26.314

Fuente: (Autor)

El presupuesto necesario para la cancelación de los servicios básicos para el funcionamiento de la fábrica se los manifiesta en la tabla número 52.

Tabla 52: Presupuesto de gastos de servicios básicos periodo 2022

Servicios básicos año 2022	
Servicio	Costo (\$)
agua	1.560
teléfono	96
luz	1.800
plan de Celular	540
internet	420
Total	4.416

Fuente: (Autor)

En lo referente a los rubros de publicidad y seguros (maquinaria), para el periodo 2022 los costos de los mismos se describen en la tabla número 53.

Tabla 53: Otros gastos

Publicidad y seguros	
Descripción	Costo (\$)
publicidad	1.560
seguro	840
otros	144
Total	2.544

Fuente: (Autor)

Luego de haber cuantificado los presupuestos de gastos más importantes de la empresa para el periodo 2022, en lo que respecta a: gastos administrativos, servicios básicos, publicidad y seguro; se tiene un total de gastos de 33 274\$, para el primer año de trabajo de la compañía, el proceso explicado en las tablas anteriores se lo realizó para los cuatro años restantes (ver anexo número 25).

f. Total de inversión inicial.

Luego de haber obtenido un estimado de precios de la materia prima, maquinarias, equipos, gastos administrativos etc, presentamos un resumen de los costos y el capital que necesitaríamos para la implementación del proyecto que se resume en la tabla número 54. El coste de la inversión inicial para establecer la empresa es de un valor de 53 813\$, de los cuales el 30% será con capital propio y el 70% faltante será mediante un crédito.

Tabla 54: Resumen de inversión inicial

Capacidad instalada			
Descripción	Total (\$)	-	-
inversión bloques	6.015	-	-
total activos fijos	26.092	-	-
total depreciación lineal	1784	-	-
sueldos y otros	1.818	-	-
gastos de operación	19.889	-	-
Valor depreciaciones			
-	-	(%) Vida útil	Dep Anual
equipo y maquinaria	24.500	10	1450
muebles y encerres	842	10	84
equipo de computo	750	33	250
depreciación lineal	1784	-	-
total inversión inicial	53,813	-	-

Fuente: (Autor)

4.10.9 Pronóstico de ventas.

Para realizar el pronóstico de ventas del producto elaborado, se parte de las cantidades obtenidas en base al sondeo del mercado insatisfecho, luego de esto se realizó la proyección de las ventas del bloque con agregados de plástico triturado para periodos de 5 años. Comenzando por el periodo del año 2022 mismo pronóstico de ventas para dicho año se encuentra expuesto en la tabla número 55.

Tabla 55: Cantidad estimada de ventas de los bloques PET

Pronóstico de bloques a vender por año	
Descripción	Número de bloques
Unidades a vender por año	3939840

Fuente: (Autor)

Luego de obtener el valor del mercado a captar, se procedió a realizar el pronóstico de ventas para el periodo 2022 hasta el periodo 2026, así como el numero de bloques a vender para un adecuado funcionamiento en la parte económica de la empresa, dichos valores se encuentran resumidos en la tabla número 56.

Tabla 56: Total de bloques estimados a ser vendidos

Número de bloques a ser vendidos por año	
Año	# De bloques a vender
2022	395.784
2023	401.864
2024	411.912
2025	424.268
2026	434.876

Fuente: (Autor)

El aumento en el costo del bloque PET se realizará a partir del segundo año, como se manifiesta en la tabla número 57.

Tabla 57: Aumento de Precios del bloque PET según inflación por años

Periodo	Precio
año 2022	0%
año 2023	2%
año 2024	3%
año 2025	3%
año 2026	3%

Fuente: (Autor)

Según el aumento porcentual del costo del bloque PET a partir del segundo año de funcionamiento sus costos aumentaran, mismos aumento de precios se observan en la tabla número 58.

Tabla 58: Precio del bloque PET según su aumento porcentual cada año

Periodo	Precio
año 2022	0.77
año 2023	0.79
año 2024	0.81
año 2025	0.83
año 2026	0.86

Fuente: (Autor)

Una vez obtenidos las cantidades de bloques que se estima vender por año, más el aumento porcentual de sus precios, tenemos los valores de ventas en (USD) por año,

expuestos en la tabla número 59, donde observamos los posibles valores económicos a ser recaudados en años y meses:

Tabla 59: Valores en (\$) obtenidos por ventas

Valores económicos estimados por ventas					
Periodo de venta en meses y años	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Total en \$ por venta de bloque por año	304.75	317.472	333.648	352.142	374.99
Total en \$ por venta de bloque por mes	25.395	26.456	27.804	29.345	31.249

Fuente: (Autor)

4.10.10 Amortización de la deuda

En la tabla número 60 se detalla el valor del préstamo adquirido (\$36 093), mismo que representa el 70% del total de la inversión inicial (\$ 53 813), el capital restante del 30% será financiado con recursos propios, a continuación, detallamos las amortizaciones de la deuda conjuntamente con el pago del capital, interés y dividendos, para un periodo de 3 años que se los dividió en 36 meses.

Tabla 60: Valor del préstamo y tasa de interés

Valor del préstamo (\$)	\$36.093	Amortizaciones de la deuda		
Tasa de interés	11,30%			
Periodo	36 meses			
Periodo	Pago de capital	Intereses	Dividendo	Deuda
				36093
1	1003	340	663	35430
2	1003	334	669	34761
3	1003	327	675	34086
4	1003	321	682	33404
5	1003	315	688	32716
6	1003	308	694	32022
7	1003	302	701	31321
8	1003	295	708	30613
9	1003	288	714	29899
10	1003	282	721	29178
11	1003	275	728	28450
12	1003	268	735	27715
13	1003	261	742	26974
14	1003	254	749	26225
15	1003	247	756	25469
16	1003	240	763	24707
17	1003	233	770	23937
18	1003	225	777	23160
19	1003	218	784	22375
20	1003	211	792	21583
21	1003	203	799	20784
22	1003	196	807	19977
23	1003	188	814	19163
24	1003	180	822	18340
25	1003	173	830	17511
26	1003	165	838	16673
27	1003	157	846	15827
28	1003	149	854	14974
29	1003	141	862	14112
30	1003	133	870	13243
31	1003	125	878	12365
32	1003	116	886	11479
33	1003	108	894	10584
34	1003	100	903	9681
35	1003	91	911	8770
36	1003	83	920	7850
12031	36093	7850	28243	-

Fuente: (Autor)

4.10.11 Pérdidas y ganancias

En la tabla número 61, en lo referente a los gastos financieros a partir del 4to año tenemos un valor de cero, esto valor refleja que se ha cancelado la totalidad del préstamo adquirido, por consiguiente, vemos un amento en la utilidad final.

Tabla 61: Proyección por periodos de las pérdidas y ganancias de la empresa

Estado de pérdidas y ganancias de la empresa proyectado por 5 años					
número de años	1	2	3	4	5
ventas netas	295915	307870	323140	342819	362634
costo de ventas	220449	229487	240848	255490	270232
utilidad bruta	75466	78383	82292	87330	92402
gastos operativos/admin	32724	33545	34064	34516	34863
utilidad operacional	42743	44838	48228	52814	57539
gastos financieros	3653	2656	1540	0	0
utilidad luego de impuestos	39089	42181	46688	52814	57539
15% trabajadores	5863	6327	7003	7922	8631
25% impuesto a la renta	8306	8964	9921	11223	12227
utilidad antes de impuestos	24919	26891	29764	33669	36681
2% regalía	498	538	595	673	734
utilidad final	\$23.980	\$25.971	\$28.563	\$32.790	\$35.841

Fuente: (Autor)

4.10.12 Flujo de caja

Luego de haber realizado los cálculos pertinentes para la realización del análisis financiero obtenemos un VAN positivo lo que indica que el negocio es rentable; la tasa instantánea de retorno (TIR) es mayor a la tasa impositiva, como se ve reflejado en la tabla número 62, este particular favorece a la factibilidad del proyecto. Al comparar los resultados con el estudio de factibilidad económica para la implementación de bloques con agregados de plástico realizado por (Piñeros & Herrera, 2018) los resultados obtenidos concuerdan en cuanto a la factibilidad del proyecto, en cuanto a los resultados del VAN y TIR los dos estudios de factibilidad económica marcan similitudes; no así en la capacidad instalada ya que el estudio antes mencionado tiene valores más altos que la presente investigación.

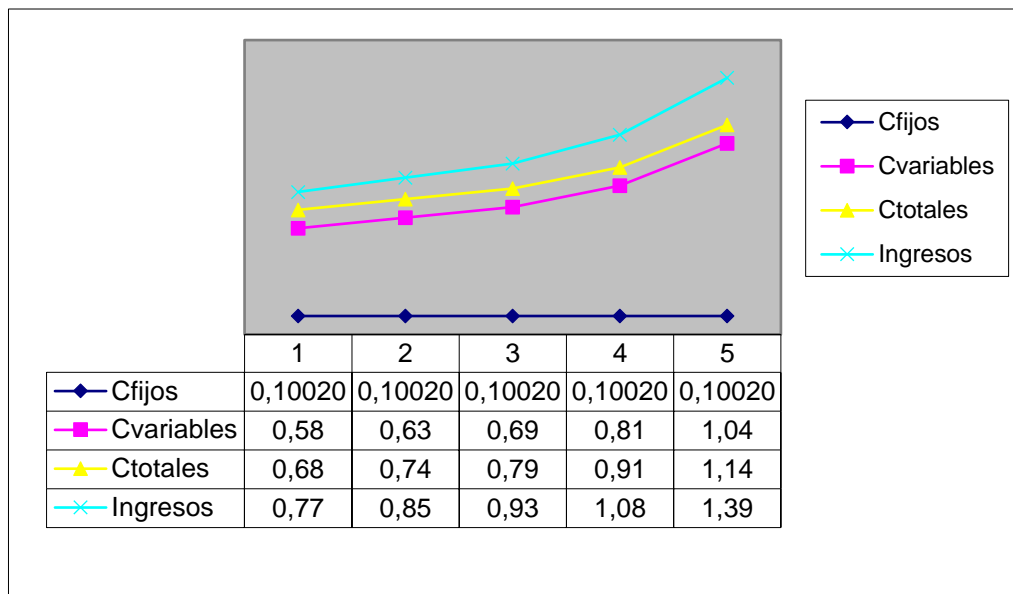
Tabla 62: Flujo de caja estimado del proyecto

Flujo de caja	
VAN	\$55.762
TIR	48%
periodo de recuperación	2,0 años
CMPC	12,75%
proporción recurso propio	30%
proporción recurso ajeno	70%
costo de capital	22,72%
costo efectivo de la deuda	8,48%
tasa impositiva	25%

Fuente: (Autor)

En la figura número 52, se puede observar que los costos fijos se mantienen, los ingresos con los costos totales, tienen la misma tendencia; los ingresos de la empresa aumentan a partir de los dos años de operación.

Figura 52: Grafica del punto de equilibrio



Fuente: (Autor)

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- En la ciudad de Cuenca se recolecta un total de 300 Ton anuales de botellas de plástico PET, de las cuales, un 58% se desecha libremente post consumo, produciendo afecciones directas sobre el ambiente; al utilizar 20 envases de PET triturado para la construcción de un bloque ecológico, se estaría reingresando a la cadena productiva a este elemento considerado como un desecho, para dar paso a la fabricación de un mampuesto que cumple con los lineamientos de las normativas vigentes en el país, de esta forma se pone a disposición un nuevo elemento constructivo ecológico, a la vez que se da un aporte al cuidado y preservación del ambiente.
- Se pudo concluir que los bloques construidos con una dosificación 1:2 y con el 35% de PET triturado en remplazo del árido fino, sobrepasan las resistencias requeridas para un bloque tipo “B” de utilización para mampostería no portante. En las granulometrías realizadas se pudo observar que el PET triturado tiene un mayor tamaño de partículas en comparación con el árido fino, que, en mezcla con la proporción de árido fino empleado, compensaría con el exigido en la granulometría de morteros.
- Además de sus resistencias mecánicas se determinaron sus características físicas en cuanto a sus aspectos visuales, formas, texturas, tonalidad, densidades, pesos, absorción de agua, contenido de humedad y su resistencia a la flexión, los resultados obtenidos cumplen con las normativas vigentes en el país.
- En cuanto a las comparativas del bloque PET frente a los bloques de hormigón y de pómez, se observaron mejores resistencias al ensayo a la compresión del prototipo ecológico; además, se observó que los bloques de hormigón y de pómez de libre venta en nuestra ciudad, no cumplen con las resistencias que estipula la norma referente a un bloque tipo “A” (mampostería estructural), en lo que respecta al bloque de tipo “B” (mampostería no portante), sus valores cumplen con la norma establecida.
- Un factor de suma importancia del bloque construido con polímero triturado es la diferencia de pesos que existe frente a sus pares constructivos, al contar con un menor peso, representa una disminución de carga muerta en las estructuras que empleen este tipo de mampuesto, de esta forma se reduciría la inercia, factor que frente algún evento telúrico, representaría menos daños en las edificaciones, considerando que, a menor masa, existe menores cargas sísmicas.

- Los indicadores contables como el VAN y TIR fueron estimados en base a depreciaciones, maquinarias, equipos, gastos administrativos, amortizaciones, proyecciones de venta, cotizaciones, interés de entidades bancarias, etc., en una proyección para 5 años, obteniendo valores positivos en una posible implementación del negocio, cabe destacar que las ganancias serían mayores al considerar la industrialización en la trituración del polímero PET.
- La investigación realizada evidenció que es posible la creación de nuevos negocios que sean amigables con el ambiente y viables económicamente; al emprender este tipo de proyectos, se crean alternativas para la inclusión de tecnologías más limpias en la producción para la industria de la construcción. Al implementar un modelo de negocio que utilice los envases PET como parte de sus materias primas, posiblemente estos, aumentarían sus precios dignificando así el trabajo del reciclador.
- Al realizar el análisis financiero sobre la posible implementación de la construcción del bloque con agregados de plástico triturado, se obtuvo un valor mayor del bloque PET, en cuanto a su fabricación, este valor aumenta por la falta de industrialización del polímero triturado para su uso en la industria de la construcción en el país, al no tener maquinarias con una alta capacidad de realizar este trabajo, los costos de producción aumentan. Cabe destacar que en base a los ensayos realizados en la presente investigación el bloque PET ofrece mejores resistencias en comparación a los bloques tradicionales, como todo proyecto o modelo de negocio el mismo radica en poder demostrar al consumidor la bondad del producto; para este propósito se podrían destacar las cualidades antes mencionadas del bloque PET, de esta forma se podría justificar su mayor precio y brindar el valor agregado al comercializar un producto mucho más amigable con el medio ambiente, al reducir en parte la explotación de áridos para el sector de la construcción.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la continuación de este tipo de investigaciones, para buscar nuevas alternativas para el uso de los envases PET, ya que sus propiedades tanto físicas como mecánicas pueden ser utilizadas en un sin número de proyectos investigativos en función del cuidado y protección del ambiente.
- Es necesario la implementación de mayores alternativas de reciclaje en la ciudad de cuenca, mismas que deben contar con mayores incentivos económicos para las personas que se dedican a esta labor, ya que los precios que se pagan por las botellas PET solo son rentables en grandes cantidades.
- Verificar que las botellas usadas para este tipo de investigaciones no provengan de envases PET que hayan contenido algún tipo de aceite, ya que impediría la adecuada unión del material con el resto de agregados.
- Realizar los ensayos de los agregados, así como de los elementos constructivos según los lineamientos estipulados por las normativas vigentes, para de esta forma lograr obtener un aval técnico en caso de una posible implementación del producto a mayor escala.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abad, R. L. (2018). *ANÁLISIS FINANCIERO APLICADO A LA EMPRESA "COMERCIAL CARLITOS" EN LA CIUDAD DE SARAGURO. PERIODO CONTABLE 2016-2017*. LOJA. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2863/1/T-UIDE-0750.pdf>
- Acevedo, J., & Posada, F. (2018). *Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto*. Universidad Eafit, Colombia. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n34/1692-3324-rium-18-34-45.pdf>
- Angumba. (2016). *LADRILLOS ELABORADOS CON PLÁSTICO RECICLADO (PET), PARA MAMPOSTERIA NO PORTANTE*. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1132533>
- Arqhys. (Noviembre de 2021). Diseño ambiental. *Arqhys decoración*. Obtenido de <https://www.arqhys.com/articulos/disenio-ambiental.html>
- Aseplas. (2018). *Plásticos en el Ecuador*. Guayaquil, Ecuador.
- Betancourt, J. F. (2019). *ESTUDIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES DE MATERIALES PLÁSTICOS RECICLADOS*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/135460/Betancourt%20-%20Estudio%20de%20nuevas%20tecnolog%3%adas%20de%20la%20construcci%3%b3n%20con%20bloques%20de%20materiales%20pl%3%a1sticos....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bloqueras, O. (2015). *Ladrillos de Vidrio . Bloqueras .*
- Brun, X. (2021). Riesgo del VAN. *El Economista*. Obtenido de <https://www.economista.es/diccionario-de-economia/riesgo-del-van>
- Burneo, S. (2020). *EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE RECUPERACIÓN DE MATERIAL RECICLADO EN CUENCA-ECUADOR*. Sevilla. Obtenido de

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/71876/fichero/TFM-1876+BURNEO+SOTOMAYOR%2C+DAMI%C3%81N+ALEXANDER.pdf>

Caballero, B., & Flores, O. (2016). *ELABORACIÓN DE BLOQUES EN CEMENTO REUTILIZANDO EL PLÁSTICO POLIETILENO-TEREFTALATO (PET) COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN*. UNIVERSIDAD DE CARTAGENA , CARTAGENA. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/4404/documento%20final%20tesis%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Careaga, J. (1993). *MANEJO Y RECICLJE DE LOS RESIDUOS DE ENVASE Y EMBALAJES*. Mexico: SEDESOL. Obtenido de https://books.google.com.ec/books/about/Manejo_y_reciclaje_de_los_residuos_de_en.html?id=SUjbgQyyxdEC

Carreño, C. (2020). *Análisis técnico-económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de aridos finos en hormigones*. Universidad de Chile, Santiago de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/177847/Analisis-tecnico-economico-del-uso-de-Pet-reciclado-como-reemplazo-parcial-de-aridos-finos-en-hormigones.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cevallos, S. J. (2019). *PROPUESTA DE MORTERO PARA REVISTIMIENTO, MEDIANTE EL REEMPLAZO DEL ÁRIDO FINO POR PARTÍCULAS DE POLÍMEROS RECICLADO TIPO PET, EN PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y 20%*. UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR-LOJA, Loja-Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3905/1/T-UIDE-0790.pdf>

Clavijo, C., & Farez, P. (2018). *Analisis de la Logistica Inversa APLICado al sector del Plastico en el Canton Cuenca* . Cuenca: Universidad de Cuenca .

Consultoria financiera, E. (2020). *Análisis Económico-Financiero: Qué es y para qué sirve*. *Edventure*.

Crespo, S. L. (2015). *Construcción de mamposteía de bloque de pómez, mediante la prefabricación de macro elementos modulares*. Universidad estatal de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22855>

- Dussan, V. I., & Rincon, H. M. (2014). *USO DE LA MADERA COMO MATERIA PRIMA DE CONSTRUCCION PARA UNA SOLUCION DE VIVIENDA EN UN SECTOR SOCIECONOMICO MEDIO DE LA POBLACION EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO-META*. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio- Meta. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14295/1/2014_uso_madera_materia.pdf
- Echeverria, G. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1501>
- EMAC. (2017). *Recoleccion de Residuos Sólidos*. Cuenca: Municipio.
- EMAC. (2021). *Recoleccion de Residuos Sólidos*. Cuenca.
- EMASEO. (2020). *RS. QUITO: MUNICIPAL*.
- Fraume. (2018). *Manual Abecedario Completo del Reciclaje*. Mexico: Edemasa.
- GAD AZUAY. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Azuay Actualizado*. Cuenca. Obtenido de <https://sni.gob.ec/planes-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial>
- Ganggino, R. (2009). *Tecnología innovativa para la construcción utilizando plásticos reciclados*. Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche. Obtenido de <https://cdsa.aacademica.org/000-008/590.pdf>
- García, P. (2019). *EL BLOQUE DE HORMIGÓN Y SU FÁBRICA*. ANDECE. Obtenido de <https://www.andece.org/wp-content/uploads/2019/07/Gu%C3%ADa-T%C3%A9cnica-Muros-de-bloques-y-ladrillos-de-horming%C3%B3n.V1.pdf>
- Gomez, C., & Guzman, C. (2019). *Comparación entre las propiedades físicas y mecánicas de los Bloques Fabricados con Viruta de Plástico PET y los Bloques Tradicionales de Acuerdo a la Norma NTE INEN 3066*. Quito: Universidad Cental del Ecuador.
- Gonzales, D. L. (2016). *Esudio del Mortero de Pega Usado.En El Cantón Cuenca. Propuesta de Mejora, Etilizando Adiciones de Cal. .* Cuenca: Universidad de Cuenca.
- IBERDOLA. (2017). *ISLAS DE BASURA EN EL MUNDO*. *IBERDOLA*, 2-3.

- IESS. (2021). SALARIOS MÍNIMOS SECTORIALES. Obtenido de
https://www.iess.gob.ec/documents/10162/15486487/SALARIOS_2021.pdf
- INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda*.
- INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. Obtenido de
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- INEC. (2016). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS*. Obtenido de
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2016/DIFI/septiembre/LAN_SEP_DIFI_InformComisPC/3.-%20GUERRON%20VARELA%20FABIAN.pdf
- INEC. (2016). *Reciclaje de Plásticos*. Cuenca: Municipal.
- INEC. (2020). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Quito: Gubernamental.
- INEN 2518. (2010). *Morteros para Unidades de Mampostería*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 2536. (2010). *Áridos para uso en Morteros Para Mampostería Requiridos*.
- INEN 2554. (2011). *Hormigón de Cemento Hidráulico, Determinación de la Resistencia a la Flexión del Hormigón “Utilizando una Viga Simple con Carga en sus Tercios”*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 3066. (2016). *Bloques de hormigón requisitos y métodos de ensayo*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 3066. (2016). *Bloques de hormigón requisitos y métodos de ensayo*. Quito: Servicio ecuatoriano de normalización.
- INEN 490. (2011). *Cementos Hidráulicos Compuestos. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 638. (1993). *Bloques huecos de hormigón Definiciones Clasificaciones y Condiciones Generales*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria.
- INEN 695. (2010). *Áridos. Muestreos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

- INEN 696 . (2011). *Áridos Análisis Granulométrico en los Áridos Fino y Grueso* . Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 696. (2011). *Áridos Análisis Granulométrico en los Áridos Fino y Grueso*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 856. (2010). *Aridos.Determonacion de la Densidad,Densidad Relativa (Gravedad Especifica) y Absorcion del Árido Fino*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 872. (2011). *Aridos Para Hormigón Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN, 639. (2012). *BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. MUESTREOS Y ENSAYOS*.
- Lasso, M. C. (2019). *Comparación entre las propiedades físicas y mecánicas de los bloques fabricados con viruta de plástico PET y los bloques tradicionales de acuerdo a la norma NTE INEN 3066*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18759/1/T-UCE-0011-ICF-139.pdf>
- Léctor, L., & Villareal, B. (2017). *Utilización de Materiales Plásticos de Reciclaje com Adición en la Elaboracion de Concreto en la Ciudad de Nuevo Chimbote*. Chimbote-Peru: Universidad Nacional del Santa.
- Manobanda, L. (2013). *“EL CURADO DEL HORMIGÓN Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS FINALES”*. Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6528/1/Tesis%20763%20-%20Manobanda%20Laica%20Carlos%20David.pdf>
- Marin, J. (2014). *Estudio de Factibilidad*. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.
- Mete, M. R. (2014). *Valor Actual Neto y Tasa de Retorno: Su Utilidad como Herramientas Para el Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión*. Instituto de Investigacion en Ciencias Económicas y Financieras, Bolivia. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2014000100006
- Meza, C., & Lengua, F. (2016). *ELABORACIÓN DE BLOQUES EN CEMENTO REUTILIZANDO EL PLÁSTICO POLIETILEN-TEREFTALATO (PET) COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA*

- CONSTRUCCIÓN*. CARTAGENA D.T. y C. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/4404/documento%20final%20tesis%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Minchala. (2017). *Pet en cuenca* . Cuenca: Diario el Tiejempo.
- Mogrovejo, L. (2019). *Estandarización de procesos en los centros de acopio de material reciclado en la ciudad de Cuenca*. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33540/1/Trabajo%20deTitulacion%20Omar%20Mogrovejo.pdf>
- Molinari, T. j. (2006). *PROYECTO PARA LA CREACION DE UNA FABRICA PRODUCTORA DE BLOQUES DE CEMENTO Y TIERRA PARA LA EMPRESA CONSTRUCTURAS*. UNIVERSIDAD DEL AZUAY, CUENCA. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/1192/1/05371.pdf>
- Narváez, V. M., & Luna, M. J. (2014). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE EMPRESAS DE ALQUILER DE MÁQUINAS PARA RECICLAJE DE BOTELLAS PLÁSTICAS*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/909/1/T-UIDE-0761.pdf>
- Norma Técnica E.710. (2006). *Norma Técnica E.710 Albañilería*. Resolución Ministerial .
- NTC, 4. (2000). *INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE ARCILLA COCIDA.LADRILLOS Y BLOQUES CERÁMICOS*.
- Nuria, A., Ángels, F., & Abaseda, J. (2016). *Análisis económico financiero del sector vinícola de la Rioja en un entorno de crisis*. Universidad Politécnica de Catalunya, España. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/549/54943657012.pdf>
- Páez, C. (2014). *DETERMINACIÓN DE LA CARGA PERMANENTE DEBIDA AL PESO DE MAPOSTERÍA DE BLOQUE EN EDIFICACIONES DE VIVIENDA*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6390/9.20.000010.pdf?sequence=>

- Patiño, Q., & Uchuari, G. (2013). *“PLAN ESTRATÉGICO PARA LA ASOCIACIÓN DE RECICLADORES URBANOS DE CUENCA PARA EL PERIODO 2013-2018”*. Cuenca-Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4054/1/TESIS.pdf>
- Pineda, J. (2018). El Problema Ambiental de la Basura. *encolombia*. Obtenido de <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/problema-ambiental-basura/>
- Piñeros, M., & Herrera, R. (2018). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA FABRICACION DE BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), APLICADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA*. Universidad Catolica De Colombia, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22382/1/TESIS%20BLOQUE%20PET.pdf>
- Plastigas. (2011).
- PNGIDS. (2021). *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos*. Quito.
- Puerto Limpio. (2019). *Recoleccion de BAsura*. Guayaquil: Municipio.
- Pullaguari, P. A. (2010). *DISEÑO DE BLOQUES EN BASE A POLIETILENO-TEREFTALATO (pástico reciclado)*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Ranker. (2017). ISALAS DE PLASTICO. *RANKER*.
- Rivera, S. M. (2015). *EL RECICLAJE DE BOTELLAS PLÁSTICAS Y EL BUEN VIVIR EN EL COLEGIO TÉCNICO AUTACHI DE LA COMUNIDAD DE NITILUISA EN LA PARROQUIA DE CALPI DEL CANTÓN RIOBAMBAN EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, Riobamba. Obtenido de https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTE_9428d9a8bb06fcb86b3a58b2d6ba67a8
- Sacoto, R. (2013). *"DISEÑO DEL PROYECTO PARA LA IMLEMENTACIÓN DE UNA FABRICA PRODUCTORA DE LADRILLOS EN LA CIUDAD DE AZOGUES"*. Cuenca.
- Sánchez, C. (22 de Noviembre de 2021). Cantidad de basura ha bajado en Cuenca. *EL MERCURIO*. Obtenido de <https://elmercurio.com.ec/2020/04/19/cantidad-de-basura-ha-bajado-en-cuenca/>

Sánchez, D. (1994). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. (B. EDITORES, Ed.) Bogota:

Biblioteca de la contruccion.

Sánchez, E. (2016). *Elementos Metalicos y Sinteticos*. Marvella; España: Editex. Obtenido de

https://www.imosver.com/es/libro/06-g-m-elementos-metalicos-y-sinteticos_0790140016

Sánchez, M. V. (2017). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA FÁBRICA PRODUCTORA DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGON, EN EL CANTÓN SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBIOS, PARA EL AÑO 2016*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, LOJA.

Obtenido de

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19671/1/Tesis%20Lista%20Veronica.pdf>

Santader, M. (2014). *Reciclaje y Buen Vivir*. Riobamba: Universitaria.

Suárez, T., & Molina, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. Obtenido de

<http://www.revepidemiologia.sld.cu/index.php/hie/article/view/326/284>

Tolozano, Z. M. (2016). *Uso de bloques de plástico reciclado para viviendas de interés social para mejoramiento de su microclima, Plan "Socio-Vivienda*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

Trituboot. (2017). *Ecobloques*. Quito: Empresa.

Ubilla, Y. (2019). *LA EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA PLÁSTICA EN EL ECUADOR PERIODO 2013-2017*.

Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41415/1/T-](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41415/1/T-UBILLA%20ROJAS%20YANINA%20JESSICA.pdf)

[UBILLA%20ROJAS%20YANINA%20JESSICA.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41415/1/T-UBILLA%20ROJAS%20YANINA%20JESSICA.pdf)

Velasco, V. (2002). *LA CAÑA GUADUA EL ACERO VEGETAL DEL SIGLO XXI*. Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito. Obtenido de <https://1library.co/document/yn6kxwjq-la-cana-guadua-acero-vegetal-del-siglo-xxi.html>

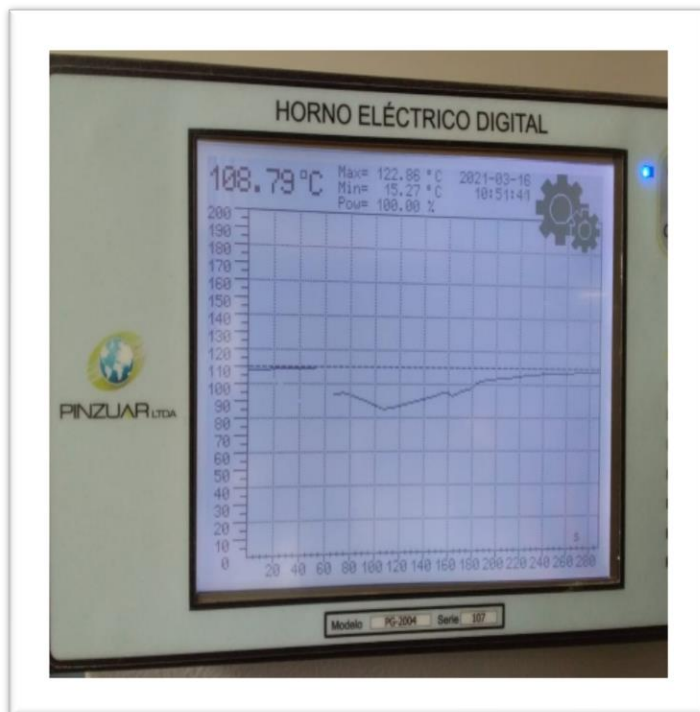
Villafuerte, J., & Pacheco, V. (2013). *Análisis del Impacto Ambiental*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Zambrano, L. (2015). *Diseño de elementos constructivos para el espacio interior mediante el reciclaje de plástico PET*. Cuenca. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4717/1/11179.pdf>

Zanchez, S. M., & Paredes, Q. P. (2014). *Estudio de viabilidad técnica de la implementación del polietileno tereftalato como material para estabilización de taludes*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1703/1/ESTUDIO%20DE%20VIABILIDAD%20T%C3%89CNICA%20DE%20LA%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DEL%20POLIETILENO%20TEREFTALATO%20COMO%20MATERIAL%20PARA%20ESTABILIZACI%C3%93N%20DE%20TALUD~1.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Horno eléctrico digital



Anexo 2: Curado por inmersión



Anexo 3: Pesos de los materiales



Anexo 4: Pesos de los morteros con PET triturado



Anexo 5: Extracción del bloque PET



Anexo 6: Bloqueras



Anexo 7: Elaboración del bloque PET



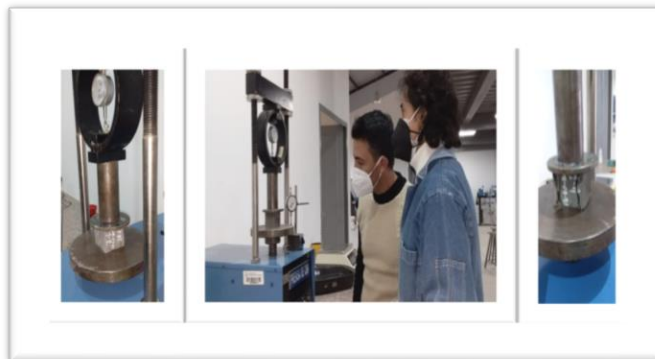
Anexo 8: Rotura del bloque PET



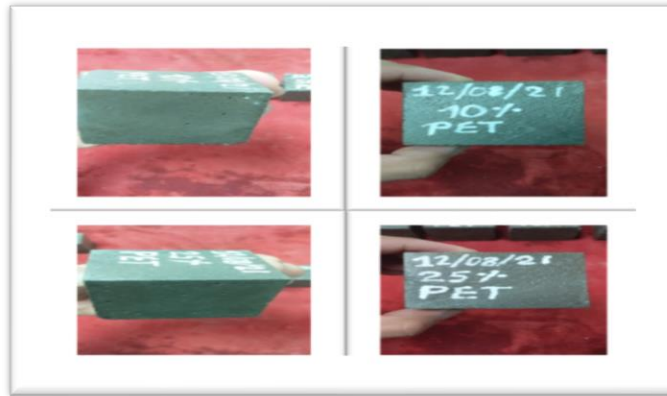
Anexo 9: Rotura de los bloques de hormigón



Anexo 10: Rotura de las probetas de cemento arena y agua



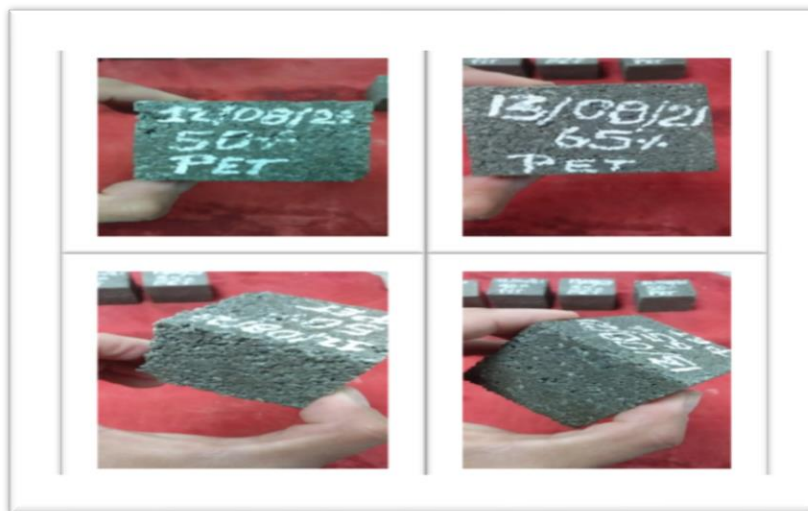
Anexo 11: Terminados de las muestras con el 10 y 25 % de PET



Anexo 12: Porcentajes de PET del 35% y 40%



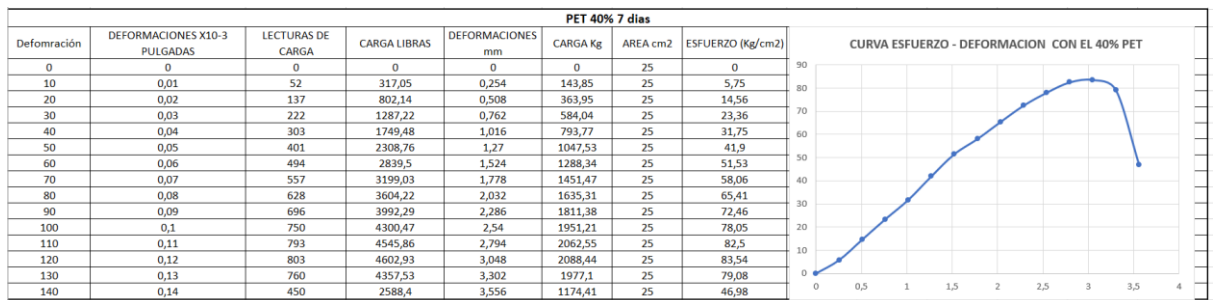
Anexo 13: Porcentajes del 50 y 65 % de PET

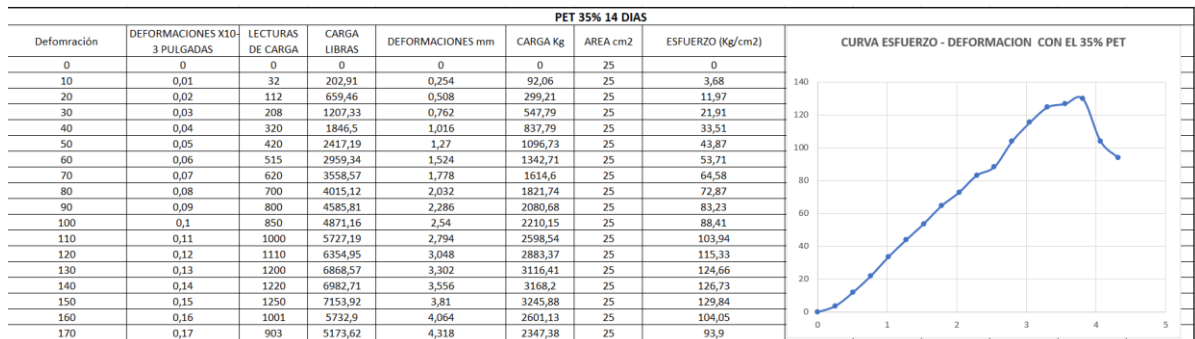
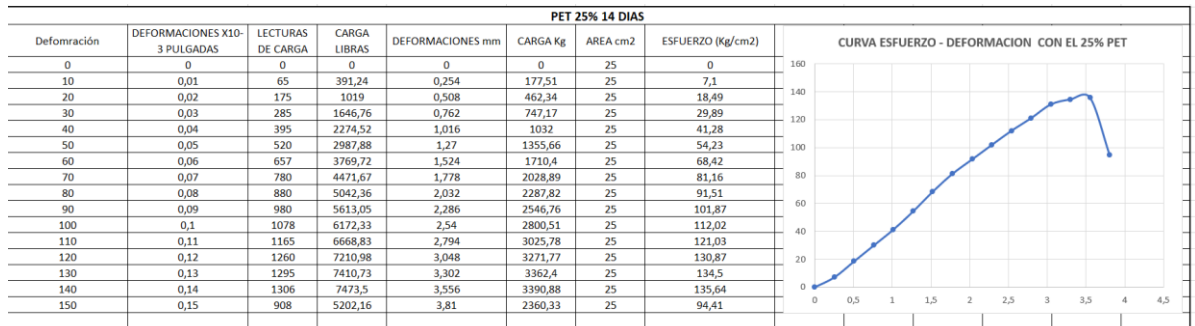
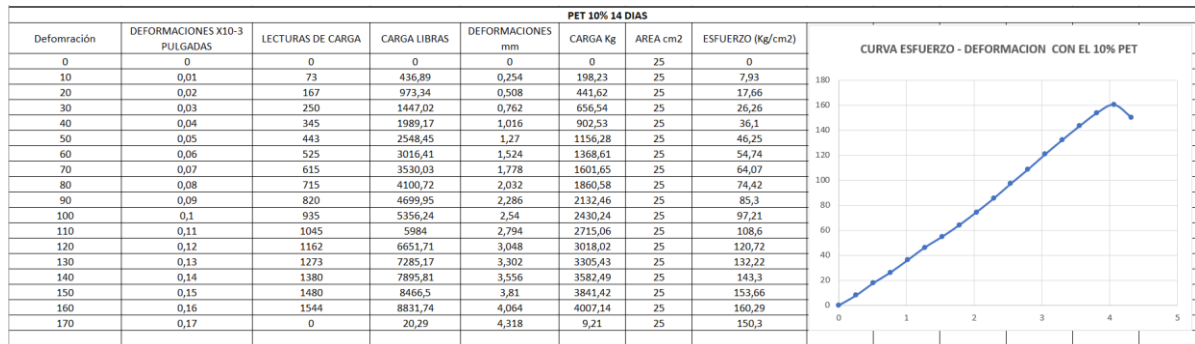
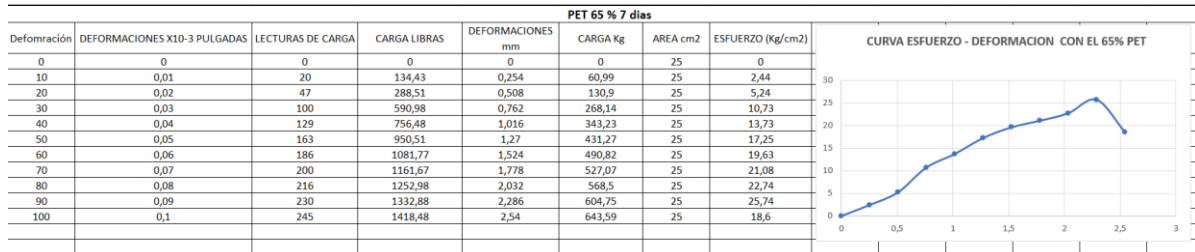
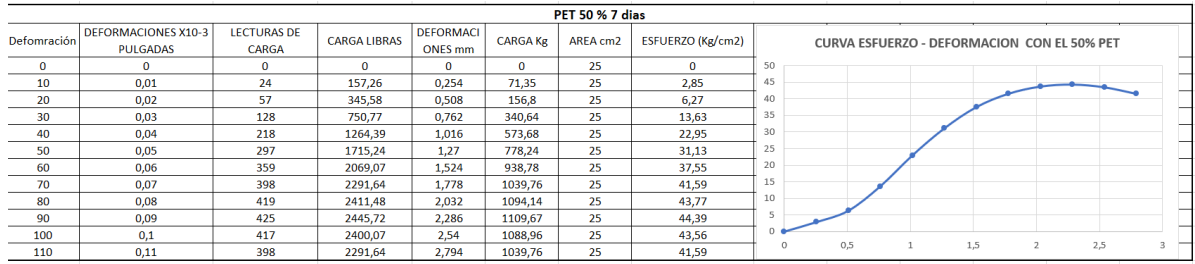


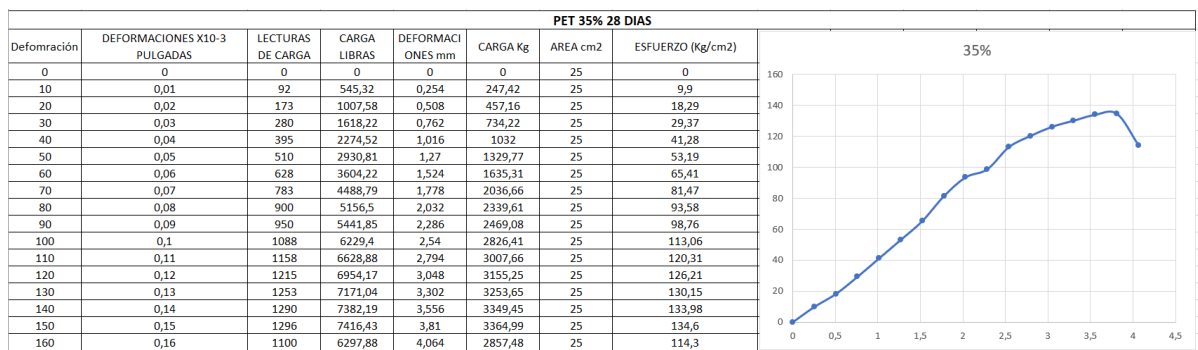
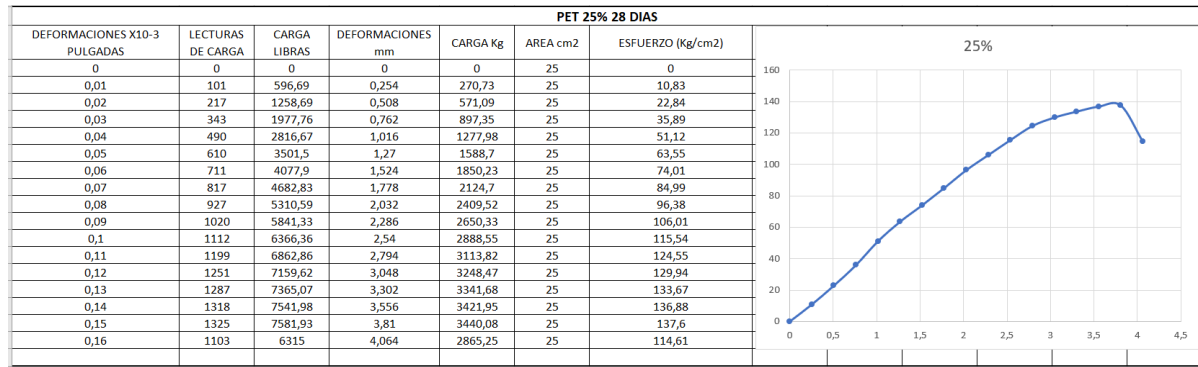
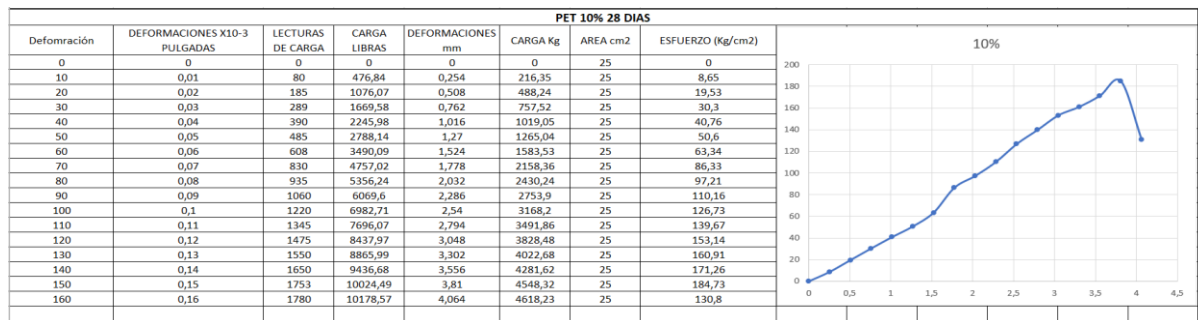
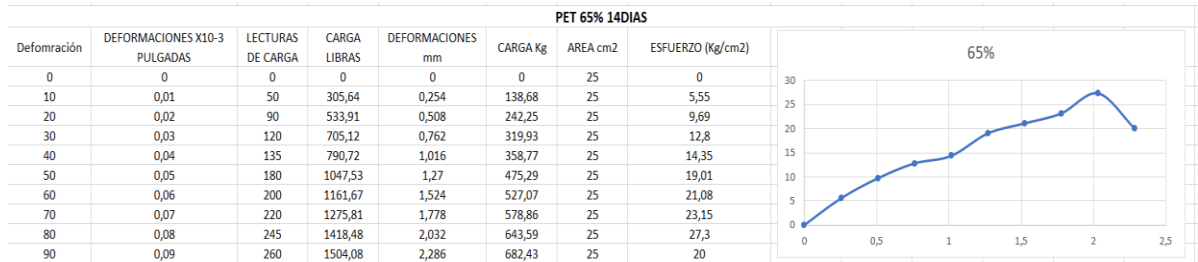
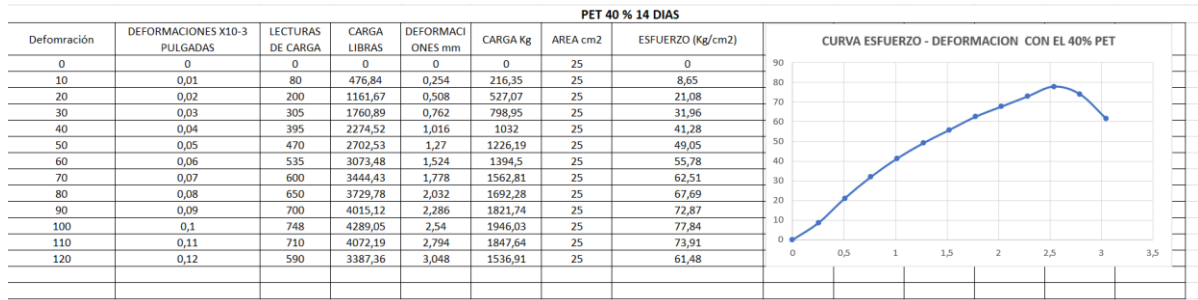
Anexo 14: Rotura de la probeta con el 10% de PET

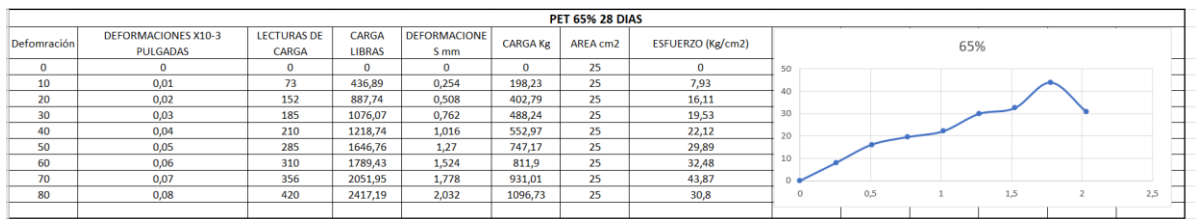
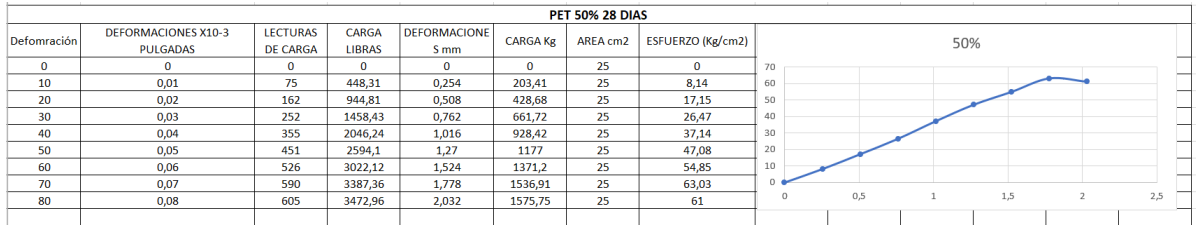
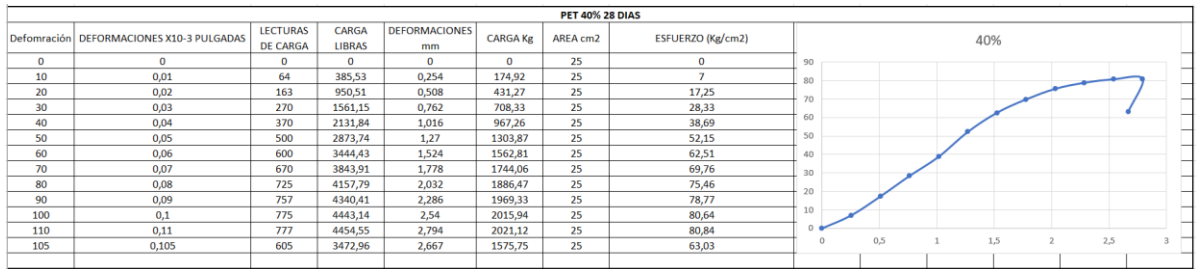


Anexo 15: Rotura de todas las probetas

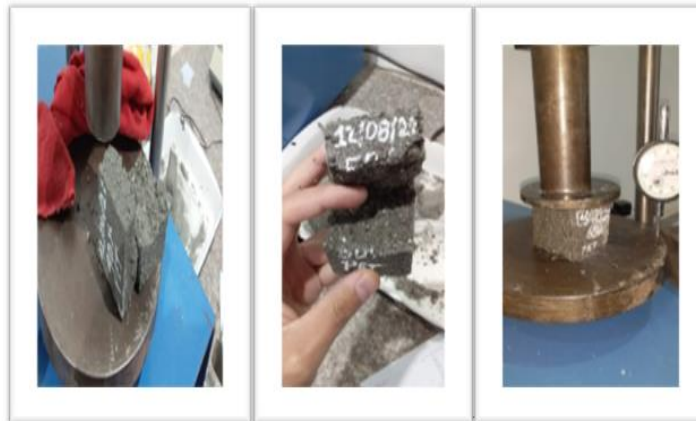








Anexo 16: Rotura de probetas con los demás porcentajes



Anexo 17: Materiales para la construcción

MATERIALES						
PROVINCIA	Hormigón		Ladrillo o Bloque		Adobe o tapia	
	Nro. Viviendas	Porcentaje	Nro. Viviendas	%	#. Viviendas	%
AZUAY	5.931	3,2%	127.658	69,4%	38.250	20,8%
BOLIVAR	1.581	3,4%	26.224	55,7%	10.214	21,7%
CAÑAR	3.412	5,9%	39.969	69,7%	7.656	13,3%
CARCHI	794	1,9%	28.333	66,0%	11.617	27,1%
COTOPAXI	3.604	3,5%	81.793	80,3%	9.169	9,0%
CHIMBORAZO	4.923	4,0%	98.147	79,8%	15.636	12,7%
EL ORO	21.806	13,7%	115.506	72,6%	2.323	1,5%
ESMERALDAS	11.192	8,7%	69.815	54,2%	597	0,5%
GUAYAS	125.054	13,3%	650.829	69,2%	2.809	0,3%
IMBABURA	3.916	3,9%	71.107	70,3%	22.418	22,2%
LOJA	7.533	6,6%	59.042	51,9%	40.110	35,3%
LOS RIOS	9.484	4,7%	135.396	67,7%	622	0,3%
MANABI	20.612	6,1%	195.970	58,0%	692	0,2%
MORONA SANTIAGO	4.035	12,3%	7.624	23,3%	104	0,3%
NAPO	2.217	9,9%	9.135	40,9%	97	0,4%
PASTAZA	1.778	9,1%	8.150	41,9%	65	0,3%
PICHINCHA	100.619	14,0%	564.311	78,3%	44.881	6,2%
TUNGURAHUA	10.687	7,8%	118.371	86,1%	4.079	3,0%
ZAMORA CHINCHIPE	1.863	8,9%	10.250	48,8%	613	2,9%
GALAPAGOS	1.048	14,6%	5.790	80,9%	17	0,2%
SUCUMBIOS	3.100	7,2%	19.854	46,4%	140	0,3%
ORELLANA	1.711	5,5%	10.147	32,3%	96	0,3%
SANTO DOMINGO	8.531	9,1%	72.702	77,3%	372	0,4%
SANTA ELENA	4.372	5,9%	52.921	71,2%	342	0,5%
ZONAS NO DELIMITADAS	258	3,3%	3.751	47,9%	15	0,2%

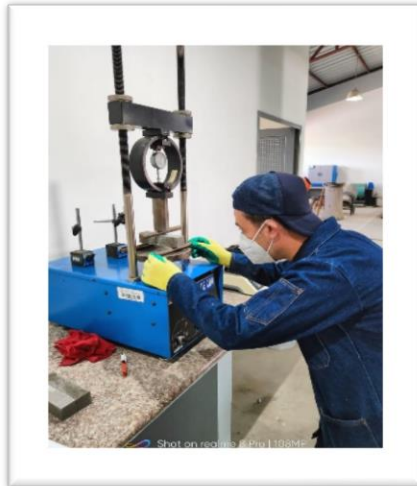
(INEC, 2010)

Anexo 18: Materiales que se utilizan para la construcción

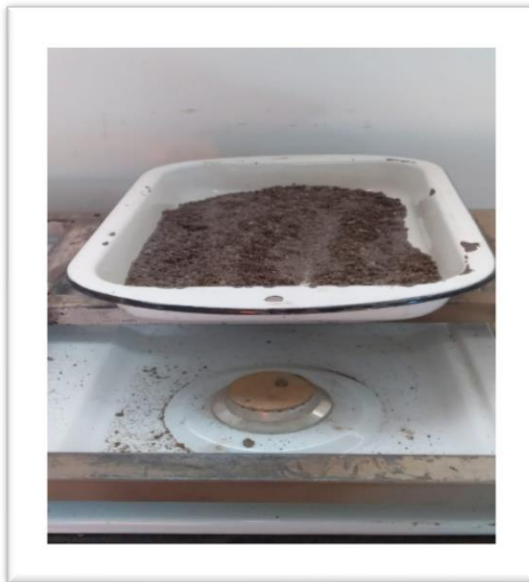
PROVINCA	Materiales			
	Madera		Caña revestida	
	Nro. Viviendas	Porcentaje	Nro. Viviendas	Porcentaje
AZUAY	7.414	4,0%	4.235	2,3%
BOLIVAR	8.003	17,0%	446	0,9%
CAÑAR	2.787	4,9%	2.849	5,0%
CARCHI	1.413	3,3%	518	1,2%
COTOPAXI	5.899	5,8%	358	0,4%
CHIMBORAZO	3.236	2,6%	488	0,4%
EL ORO	5.296	3,3%	6.274	3,9%
ESMERALDAS	32.472	25,2%	6.758	5,2%
GUAYAS	24.540	2,6%	52.939	5,6%
IMBABURA	2.915	2,9%	459	0,5%
LOJA	4.051	3,6%	2.559	2,3%
LOS RIOS	13.552	6,8%	13.902	7,0%
MANABI	30.790	9,1%	29.203	8,6%
MORONA SANTIAGO	17.673	53,9%	1.097	3,3%
NAPO	10.279	46,0%	258	1,2%
PASTAZA	8.500	43,7%	181	0,9%
PICHINCHA	9.672	1,3%	338	0,0%
TUNGURAHUA	2.339	1,7%	1.677	1,2%
ZAMORA CHINCHIPE	7.811	37,2%	339	1,6%
GALAPAGOS	266	3,7%	13	0,2%
SUCUMBIOS	19.209	44,9%	139	0,3%
ORELLANA	18.612	59,3%	304	1,0%
SANTO DOMINGO	9.925	10,6%	1.146	1,2%
SANTA ELENA	1.650	2,2%	5.991	8,1%
ZONAS NO DELIMITADAS	1.609	20,5%	702	9,0%

(INEC, 2010)

Anexo 19: Ensayo a flexion:



Anexo 20: Secado de la arena



Anexo 21: Plástico en bandeja



Anexo 22: Tamizadora mecánica



Anexo 23: Rotura de vigas construidas con el 35% de PET ensayo a flexión



Anexo 24: Presupuestos de gastos administrativos periodos 2023-2026

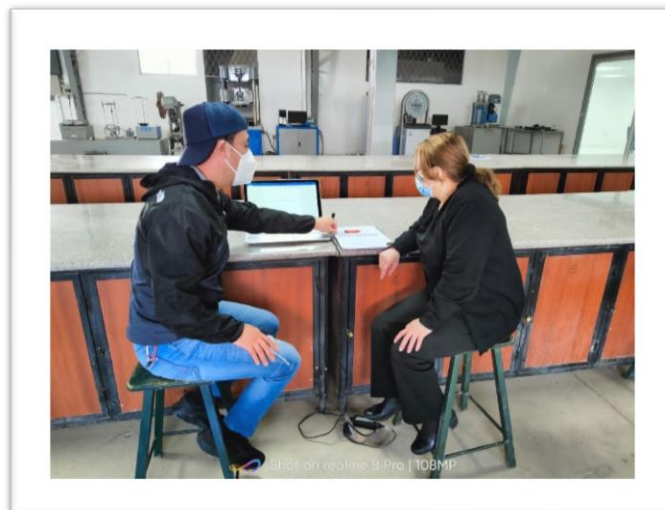
PRESUPUESTO DE GASTOS 2023															
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
SUELDOS			2236	2236	2236	2236	2236	2236	2236	2236	2236	2236	2236	2236	26832
Propietario	1	816	816	816	816	816	816	816	816	816	816	816	816	816	9792
Ayudante 1	1	419	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	5023
Ayudante 2	1	419	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	418,608	5023
Total			1653	1653	1653	1653	1653	1653	1653	1653	1653	1653	1653	1653	
Beneficios Sociales			583	583	583	583	583	583	583	583	583	583	583	583	6993

PRESUPUESTO DE GASTOS 2024															
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
SUELDOS			2258	2258	2258	2258	2258	2258	2258	2258	2258	2258	2258	2258	27091
Propietario	1	824	824	824	824	824	824	824	824	824	824	824	824	824	9888
Ayudante 1	1	423	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	5073
Ayudante 2	1	423	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	422,712	5073
Total			1669,424	1669,424	1669,424	1669,424	1669,424	1669,424	1669,424	1669,424	1669,424	1669,424	1669,424	1669,424	
Beneficios Sociales			588	588	588	588	588	588	588	588	588	588	588	588	7058

PRESUPUESTO DE GASTOS 2025															
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
SUELDOS			2279	2279	2279	2279	2279	2279	2279	2279	2279	2279	2279	2279	27349
Propietario	1	832	832	832	832	832	832	832	832	832	832	832	832	832	9984
Ayudante 1	1	427	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	5122
Ayudante 2	1	427	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	426,816	5122
Total			1685,632	1685,632	1685,632	1685,632	1685,632	1685,632	1685,632	1685,632	1685,632	1685,632	1685,632	1685,632	
Beneficios Sociales			593	593	593	593	593	593	593	593	593	593	593	593	7122

PRESUPUESTO DE GASTOS 2026															
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
SUELDOS			2290	2290	2290	2290	2290	2290	2290	2290	2290	2290	2290	2290	27479
Propietario	1	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	836	10032
Ayudante 1	1	429	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	5146
Ayudante 2	1	429	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	428,868	5146
Total			1693,736	1693,736	1693,736	1693,736	1693,736	1693,736	1693,736	1693,736	1693,736	1693,736	1693,736	1693,736	
Beneficios Sociales			596	596	596	596	596	596	596	596	596	596	596	596	7154

Anexo 25: Visita de tutora a laboratorios



AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **José Adrián Becerra Lituma** portador de la cédula de ciudadanía N.º 0103867099. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Diseño ambiental y análisis económico de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Cuenca”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 10 de enero de 2022

F: 
José Adrián Becerra Lituma
0103867099

www.ucacue.edu.ec