

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE
TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) Y ASERRÍN
MEDIANTE DOSIFICACIÓN HOMOGENIZADA SIN COCCIÓN Y
POR COMPRESIÓN”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

AUTORES:

JOANA IVON, VALERA CALLE

HASSAN OMAR, FALCÓN VICTORIO

ASESOR:

Ing. Mg. FABIO MANUEL RANGEL MORALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Ingeniería y tecnología

Callao, 2023

PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



LIBRO N° 1 FOLIO N° 116 ACTA N° 115 DE SUSTENTACIÓN
POR LA MODALIDAD DE TESIS CON CICLO DE TESIS
GRUPO X TCT

Siendo las 16:10 horas del día sábado 29 de abril de 2023, se reunieron en la sala meet <https://meet.google.com/yzt-jhsa-xqc> el Jurado de Sustentación de Tesis, conformado por los siguientes docentes ordinarios:

ING° PABLO BELIZARIO DIAZ BRAVO	Presidente
ING° LEONARDO FELIX MACHACA GONZALES	Secretario
Lic. SANTOS PANTALEÓN RODRIGUEZ CHUQUIMANGO	Vocal
Lic. SALVADOR APOLINAR TRUJILLO PEREZ	Miembro Suplente
ING° FABIO MANUEL RANGEL MORALES	Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los bachilleres VALERA CALLE JOANA IVON y FALCON VICTORIO HASSAN OMAR quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico mediante la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, sustenta la tesis titulada "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) Y ASERRÍN MEDIANTE DOSIFICACIÓN HOMOGENIZADA SIN COCCIÓN Y POR COMPRESIÓN" en acto público de manera NO PRESENCIAL a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19 a través del D.S. N° 044-2020-PCM, lo dispuesto en el DU N° 026-2020 en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario", con el quórum reglamentario de ley se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente.

Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado de Sustentación y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por APROBADOS, con la siguiente escala de calificación conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021:

BACHILLER	CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
VALERA CALLE JOANA IVON	15	MUY BUENO
FALCON VICTORIO HASSAN OMAR	15	MUY BUENO

Concluyendo la Sustentación a las 16:55 horas del día sábado 29 de abril de dos mil veintitres


ING° PABLO BELIZARIO DIAZ BRAVO
PRESIDENTE


ING° LEONARDO FELIX MACHACA GONZALES
SECRETARIO


Lic. SANTOS PANTALEÓN RODRIGUEZ
CHUQUIMANGO
VOCAL


Lic. SALVADOR APOLINAR TRUJILLO PÉREZ
SUPLENTE


ING° FABIO MANUEL RANGEL MORALES
ASESOR

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD	: Ingeniería Química.
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN	: De la Facultad de Ingeniería Química.
TÍTULO:	: “Elaboración de ladrillos ecológicos a base de tereftalato de polietileno (PET) y aserrín mediante dosificación homogenizada sin cocción y por compresión”.
AUTORES/ CÓDIGO ORCID/ DNI	: Joana Ivon Valera Calle /0000-0001-5651-3954 / 47964410. Hassan Omar Falcón Victorio / 0000-0001-7438-9555 / 47296316.
ASESOR/ CÓDIGO ORCID/ DNI	: Mg. Ing. Fabio Manuel Rangel Morales / 0000-0002-4967-1847 / DNI:25618170.
LUGAR DE EJECUCIÓN	: Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química.
UNIDAD DE ANÁLISIS	: Ladrillo ecológico.
TIPO/ ENFOQUE / DISEÑO	: Aplicada / Cuantitativo /Experimental.
Tema OCDE	: 2.4.2 Ingeniería de Procesos.

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

La presente tesis fue sustentada por los bachilleres VALERA CALLE JOANA IVON y FALCÓN VICTORIO HASSAN OMAR ante el Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. Mg. Díaz Bravo Pablo Belizario - Presidente

Ing. Mg. Machaca Gonzales Leonardo Felix - Secretario

Lic. Mg. Rodríguez Chuquimango Santos Pantaleón - Vocal

Lic. Dr. Trujillo Pérez Salvador Apolinar - Suplente

Ing. Mg. Fabio Manuel Rangel Morales - Asesor de tesis

Tal como está asentado en el Libro de actas N° 1 Folio N° 116 y Acta N° 115 de fecha 29 de Abril del 2023, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099–2021–CU del 30 de junio de 2021.

DEDICATORIA

A Dios por darnos la fortaleza y sabiduría para completar este logro académico.

A nuestros padres y hermanos, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio para que ambos pudiéramos alcanzar nuestras metas; sin su ayuda y aliento, este logro no habría sido posible.

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma máter la Universidad Nacional del Callao, por brindarnos las herramientas necesarias para lograr este objetivo.

A Rafael Valera Chávez, por su guía y enseñanza técnica en este proceso.

A los docentes de la facultad, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias para enriquecer nuestra formación profesional.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2 Formulación del problema.....	10
1.2.1 Problema general.....	10
1.2.2 Problemas específicos	10
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo general.....	10
1.3.2 Objetivos específicos	10
1.4 Justificación.....	11
1.5 Delimitantes de la investigación.....	12
1.5.1 Teórica	12
1.5.2 Temporal	12
1.5.3 Espacial.....	12
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.....	13
2.2 Bases teóricas.....	16
2.2.1 Ladrillos.....	16
2.2.2 Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo	18
2.2.3 Tipos de producción de ladrillos.....	21
2.2.4 Producción de ladrillos convencionales.....	22
2.2.5 Producción de ladrillos ecológicos	23
2.3 Marco conceptual.....	24
2.3.1 Ladrillos ecológicos.....	24

2.3.2 Procesos de elaboración de ladrillos ecológicos	26
2.4 Definición de términos básicos.....	27
III.HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	28
3.1 Hipótesis (general y específicas)	28
3.1.1 Operacionalización de variables	28
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	30
4.1 Diseño metodológico.....	30
4.2 Método de investigación	31
4.3 Población y muestra.....	36
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado	36
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	36
4.6 Análisis y procesamiento de datos	39
4.7 Aspectos éticos en investigación	39
V. RESULTADOS	40
5.1 Resultados descriptivos	40
5.2 Resultados inferenciales	41
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	57
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	58
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	58
VII. CONCLUSIONES	60
VIII.RECOMENDACIONES.....	61
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	66
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	67
Anexo 2: Diseño del equipo de moldeado por compresión	68
Anexo 3: Diseño del molde para el ladrillo ecológico.	69
Anexo 4: Certificado de resistencia a la compresión:10% P / 4% AS/ 7 C.....	70
Anexo 5: Certificado de resistencia a la compresión: 10% P / 2% AS/ 15 C.....	71
Anexo 6: Certificado de resistencia a la compresión: 10% P / 4% AS / 15 C....	72
Anexo 7: Certificado de resistencia a la compresión: 10% P / 2% AS/ 7 C.....	73
Anexo 8: Certificado de resistencia a la compresión: 5% P / 2% AS / 15 C.....	74

Anexo 9: Certificado de resistencia a la compresión: 5% P / 4% AS / 7 C.....	75
Anexo 10: Certificado de resistencia a la compresión: 5% P / 2% AS / 7 C.....	76
Anexo 11: Certificado de resistencia a la compresión: 5% P/ 4% AS / 15 C.....	77
Anexo 12: Certificado de absorción: 5% P / 2% AS / 7 C	78
Anexo 13: Certificado de absorción: 5% P/ 4% AS / 15 C.....	79
Anexo 14: Certificado de absorción: 10% P / 4% AS / 15 C	80
Anexo 15: Certificado de absorción: 10% P / 4% AS / 7 C.....	81
Anexo 16: Certificado de absorción: 5% P / 2% AS / 15 C.....	82
Anexo 17: Certificado de absorción: 5% P / 4% AS / 7 C	83
Anexo 18: Certificado de absorción: 10% P / 2% AS / 7 C.....	84
Anexo 19: Certificado de absorción: 10% P / 2% AS / 15 C.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Datos técnicos del tereftalato de polietileno.....	17
Tabla 2	Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	21
Tabla 3	Operacionalización de variables	29
Tabla 4	Factores y niveles de experimentación.....	31
Tabla 5	Diseño experimental	31
Tabla 6	Registro de pesos de insumos.....	37
Tabla 7	Lista de chequeo de recojo de información.....	38
Tabla 8	Resultados de las propiedades fisicomecánicas.....	40
Tabla 9	Resultados para la resistencia a la compresión.....	41
Tabla 10	Resultados para el alabeo	44
Tabla 11	Resultados para la absorción.....	47
Tabla 12	Resultados promedios para la variación dimensional	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ladrillo de concreto convencional	25
Figura 2 Insumos reciclados seleccionados	32
Figura 3 Insumos tamizados	32
Figura 4 Mezclado homogéneo de los insumos	33
Figura 5 Proceso de compresión de ladrillo ecológico.	34
Figura 6 Moldeado del ladrillo	34
Figura 7 Curado y almacenamiento de ladrillo	35
Figura 8 Proceso de producción del ladrillo ecológico	36
Figura 9 Dimensiones del ladrillo ecológico	40
Figura 10 Gráfica de resultados promedios de resistencia a la compresión.....	42
Figura 11 Gráfica de resultados factoriales para resistencia a la compresión .	44
Figura 12 Gráfica de resultados promedios de alabeo	45
Figura 13 Gráfica de resultados factoriales para el alabeo	47
Figura 14 Resultados promedios de absorción	48
Figura 15 Gráfica de resultados factoriales para la absorción.....	50
Figura 16 Resultados promedios de variación dimensional	51
Figura 17 Gráfica de resultados factoriales variación dimensional: Largo.....	53
Figura 18 Gráfica de resultados factoriales variación dimensional: Ancho.....	55
Figura 19 Gráfica de resultados factoriales variación dimensional: Alto.....	57

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

NTP: Norma técnica peruana.

PET: Tereftalato de polietileno.

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

E.070: Norma técnica de albañilería.

NP: Ladrillo no portante.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo elaborar un material constructivo como el ladrillo ecológico mediante la técnica de compresión, el cual en su composición contiene residuos como el PET y aserrín. En este proceso la metodología utilizada consistió en recolectar y tamizar los residuos, seleccionándolos de diámetro mayor a 0,15mm y menor de 0.3 mm, para su posterior homogenización y moldeado. Se diseñó un molde y un equipo de compresión que elaboró un ladrillo con las dimensiones necesarias mediante la aplicación de una fuerza de 2 toneladas. Los resultados obtenidos indican que los porcentajes en peso óptimos para el ladrillo ecológico elaborado son: 5% de PET, 2% de aserrín, así como, 15 días de curado. Estos ladrillos cumplen con las especificaciones técnicas establecidas por la normativa E.070 para ladrillo tipo III, obteniendo los siguientes valores promedios de resistencia a la compresión: 122,39 Kg/cm², alabeo: 1,49 mm, absorción de agua: 4,15%, variación dimensional largo: 1,1%, variación dimensional ancho: 1,5% y variación dimensional alto: 2,3%. En conclusión, la investigación demuestra que la elaboración de ladrillos ecológicos a base de PET y aserrín mediante la técnica de dosificación homogenizada sin cocción es una alternativa viable y sostenible, lo que puede contribuir a la reducción de los impactos ambientales negativos asociados a la producción de materiales de construcción convencionales.

Palabras claves: PET, ladrillo ecológico, aserrín, curado, compresión.

ABSTRACT

This research aims to develop an eco-friendly construction material, such as the ecological brick, using the compression technique, which contains waste such as PET and sawdust in its composition. In this process, the methodology used consisted of collecting and sieving the waste, selecting those with a diameter greater than 0.15mm and less than 0.3mm, for subsequent homogenization and molding. A mold and compression equipment were designed, which produced a brick with the necessary dimensions by applying a force of 2 tons. The results obtained indicate that the optimal weight percentages for the ecological brick produced are 5% PET, 2% sawdust, and a curing time of 15 days. These bricks comply with the technical specifications established by regulation E.070 for type III bricks, obtaining the following average values for compression strength: 122.39 Kg/cm², warpage: 1.49 mm, water absorption: 4.15%, dimensional variation length: 1.1%, dimensional variation width: 1.5%, and dimensional variation height: 2.3%. In conclusion, the research demonstrates that the production of eco-friendly bricks based on PET and sawdust using the homogenized dosing technique without firing is a viable and sustainable alternative, which can contribute to the reduction of negative environmental impacts associated with the production of conventional construction materials.

Keywords: PET, eco-friendly bricks, sawdust, curing, compression.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un problema mundial respecto a los desechos plásticos, siendo el PET (tereftalato de polietileno) uno de los más abundantes. Por ello, se buscan maneras de reutilizar los residuos plásticos, en este caso como materia prima para elaborar ladrillos, el cual ofrece ventajas como: menor peso, mayor resistencia a la compresión, menor conductividad térmica, entre otros [1].

Asimismo, el aserrín es un residuo de las carpinterías que tiene aplicaciones como material de construcción y abono orgánico, entre otros. En este caso, se utilizó en mezcla con el PET para fabricar ladrillos ecológicos.

El ladrillo ecológico es una unidad de construcción elaborada a partir de materiales reciclables que conduce a reducir el impacto ambiental. Para la elaboración de estos ladrillos mediante un proceso de compresión y curado, se dosificó homogéneamente el PET y el aserrín, así como agua, cemento, arena y aditivo; de tal manera se elimina el método de elaboración por cocción.

La presente investigación tuvo como objetivo la elaboración de ladrillos ecológicos utilizando residuos plásticos y aserrín, disminuyendo hasta en un 40% los costos tradicionales, mejorando sus propiedades fisicomecánicas y reduciendo el impacto ambiental de los procesos convencionales [2].

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Diferentes sectores industriales han incrementado sus estrategias corporativas para el reciclaje de residuos plásticos debido a que se consideran un gran problema para el medio ambiente; la mayor proporción de estos residuos se vierten a basureros sin una disposición adecuada; considerando que se trata de material no biodegradable, genera un alto impacto ambiental negativo.

Estos desechos plásticos son reciclados sólo en un 10%, el 76% tiene como destino final los vertederos o el medio ambiente, causando un daño irreparable al ecosistema, sobre todo al ecosistema marino. Tal es así que, según expertos, la cantidad de residuos se triplicará hacia el 2050. Acorde a lo indicado por la ONU, se tiene como objetivo reducir los plásticos en un 80% para fines del 2040 [3].

El proceso de elaboración de un ladrillo convencional es altamente contaminante por la emisión de gases y los desechos que generan, por ello se busca una alternativa para simplificar la obtención de un ladrillo mediante un proceso sin cocción, eliminando la emisión de CO₂ a la atmósfera y cumpliendo con las características técnicas de un ladrillo acorde a la normativa vigente.

En esta investigación se planteó generar un nuevo material de construcción a bajo costo para viviendas que cumplan con las condiciones necesarias de habitabilidad, principalmente, se busca reemplazar el material predominante en las paredes exteriores en los hogares con pobreza extrema: el adobe, debido a su baja capacidad de impermeabilidad.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cómo elaborar un ladrillo ecológico a base de PET (tereftalato de polietileno) y aserrín mediante dosificación homogénea sin cocción y por compresión?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuál es el porcentaje en peso más adecuado de PET (tereftalato de polietileno) y aserrín para la elaboración de un ladrillo ecológico?

¿Cuál es el tiempo de curado más adecuado para la elaboración del ladrillo ecológico?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un ladrillo ecológico a base de PET (tereftalato de polietileno) y aserrín mediante dosificación homogénea sin cocción y por compresión.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar el porcentaje más adecuado de PET (tereftalato de polietileno) y aserrín para la elaboración de un ladrillo ecológico.

Determinar el tiempo de curado más adecuado para elaboración del ladrillo ecológico.

1.4 Justificación

Los resultados de esta investigación aportan un nuevo proceso en el campo de la elaboración de los ladrillos ecológicos sin cocción, utilizando residuos en su composición; esto ayudará a futuras investigaciones relacionadas con este proceso de fabricación no convencional.

Disminuirá la contaminación ambiental en muchas vertientes, ya que el PET es un contaminante de ríos y mares; así como el aserrín que termina siendo calcinado. Al ser un ladrillo comprimido y no de cocción, se evitan las grandes emisiones de CO₂ al medio ambiente que usualmente generan las empresas ladrilleras.

Impulsará a que pequeñas comunidades o zonas donde sus construcciones son a base de adobe puedan reemplazarse por ladrillos ecológicos reduciendo costos

en la construcción mediante la elaboración artesanal.

1.5 Delimitantes de la investigación

1.5.1 Teórica

La presente investigación se enmarcó en el reciclaje y disposición de residuos, específicamente de residuos plásticos y aserrín, así como, en la ciencia de los nuevos materiales de construcción. Para la caracterización del producto obtenido se utilizó la Norma E.070 que describe las propiedades de un ladrillo convencional, acorde a un proceso de elaboración del ladrillo sin cocción por compresión.

1.5.2 Temporal

La elaboración de los ladrillos ecológicos puede realizarse en función a la disponibilidad de los residuos que son la materia prima. La investigación se desarrolló en un periodo de 4 meses.

1.5.3 Espacial

Esta investigación es replicable en todos los espacios donde se cuente con la disponibilidad de la materia prima ya que la tecnología es sencilla, asimismo, se desarrolló en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao y laboratorio externo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.

2.1.1 Internacional

En la investigación “Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas”, los autores elaboraron ladrillos usando aditivos plásticos reciclados a base de PET y virutas metálicas. El proceso de elaboración consistió en la fundición del PET hasta 126 °C y posterior moldeado, donde se agregan las virutas metálicas. Trabajaron con las siguientes formulaciones: 800 g de PET con 100 g de virutas metálicas, 1000 g de PET y 125 g de viruta, 800 g de PET y 200 g de viruta. Concluyeron que estos ladrillos tienen una buena resistencia mecánica a la compresión en comparación con los convencionales, con resultados de 85.90 Kg/cm², 96.40 Kg/cm² y 91.10 Kg/cm² [1].

En la investigación, “Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción”, el autor sostuvo que los ladrillos elaborados con cemento y desechos orgánicos, tales como la cascarilla de arroz y las cenizas de la cascarilla de arroz, brindaron una alta resistencia a la compresión y a su vez mejoras en otras características, respecto a los ladrillos convencionales. Concluyó que con un tiempo de curado mayor a 56 días la resistencia del ladrillo es 101,97 Kg/cm² y la absorción menor a 6%, sin embargo, a partir de los 30 días ya se empieza a verificar el aumento en comparación con los ladrillos convencionales [4].

En el artículo “Diseño y elaboración de un sistema de adoquines de bajo costo y material reciclado para construcciones en núcleos rurales”, el autor desarrolló adoquines utilizando desechos sólidos como el tereftalato de polietileno en reemplazo de la arena. Sus resultados demostraron que el tereftalato de polietileno puede ser un sustituto de la arena con valores de hasta 20%, su resultado de resistencia a la compresión es de 64,9 Kg/cm² y de absorción de 2,32 % [2].

En el informe de investigación, “Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado”, el autor elaboró un ecoladrillo,

utilizando materiales como el cemento Portland, arena y PET fundido. El autor concluyó que los ladrillos con una relación óptima entre cemento y PET es de 1/0,5, donde se obtienen como resultado de resistencia a la compresión es de 62.66kg/cm², este valor es un 40% menor a los convencionales [5].

En el artículo científico “Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET”, se elaboraron ladrillos a base de cemento y escamas de PET (Tereftalato de Polietileno), su proceso de moldeado fue manual luego de ello lo dejaron expuestos al sol por 24h y un tiempo de curado de 7 días; obteniendo como resultado que los ladrillos con un 20% PET obtienen mejores resultados, siendo su valor de la resistencia a la compresión 22, 01 Kg/cm² [6].

En la investigación “Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante”, el autor elaboró ladrillos a base de cemento, arena y con adiciones de PET al 10, 25, 40, 55, 65 y 70% en reemplazo de la arena. Para el proceso de moldeado se utilizó una maquina compactadora con una presión de 10 000 lb/ cm². Realizó ensayos de sus propiedades para compararlos con los ladrillos de arcilla cocida que son de uso común en la región ecuatoriana. El autor concluyó que el ladrillo óptimo fue el que tenía 25% de PET con una resistencia a la compresión de 284,60 Kg/cm² [7].

En el artículo “Mezcla de cemento y agregados para la construcción de viviendas ecológicas”, llevaron a cabo un estudio para la elaboración de ladrillos y tejas en base a desechos de PET, cemento y arena. En el proceso utilizaron un aditivo químico llamado Sikament FF-86 que mejora la compactación de los elementos constituyentes del ladrillo generando una mayor resistencia. Utilizaron un molde metálico para el moldeado del ladrillo, posteriormente lo expusieron al sol por 1 días y 7 días de curado. Concluyeron que un tiempo de curado de 7 días y un 15% de PET en reemplazo de la arena, con una resistencia a la compresión de 40,79 Kg/cm² [8].

En la investigación “Diseño experimental para elaborar bloques de conglomerado madera – Cemento”, los autores elaboraron bloques de ladrillos utilizando aserrín proveniente de madera de eucalipto. Formularon las siguientes composiciones:

1% y 3% de aserrín obteniendo valores de absorción de ruido de 89.4 y 86.3 dB, con un tiempo de curado de 3 días y un tiempo de almacenamiento total de 28 días. Demostraron que, a mayor porcentaje de piedra y aserrín, se obtiene un incremento en los valores de aislamiento acústico [9].

2.1.2 Nacional

En la investigación “Revisión bibliográfica sobre el uso del plástico como un nuevo material en fabricación de bloques de concreto para la industria de la construcción”, el autor estudia la viabilidad de uso de bloques de concreto con residuos de polipropileno y PET, obteniendo los mejores resultados respecto a la compresión con un porcentaje de 10% de residuo PET (retenidos en la malla número 200) en sustitución a los demás agregados, siendo su valor de 164,88 Kg/cm² para 7 días de curado. El bloque de concreto tiene mejoras respecto a los convencionales respecto a valores en absorción de agua, densidad y peso [10].

En “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado”, se analizó el resultado en cuanto a las propiedades físico mecánicas de la mezcla de ladrillo concreto con un porcentaje en peso de PET reciclado (0%, 3%, 6% y 9%). El autor concluyó que los ladrillos con PET al 9 % disminuyen en 14% el peso volumétrico unitario respecto a los convencionales. Respecto a las variaciones dimensionales, contenido de humedad, porcentaje de vacío y alabeo presentan una variación mínima [11].

En la investigación “Influencia del aserrín en la resistencia a la compresión y variación”, se determinó que la concentración óptima de aserrín para obtener un mejor rendimiento en términos de resistencia a la compresión fue del 3%, lo que resultó en un valor de 61.41 dNA/cm², además este componente no influye en la variación dimensional de los ladrillos convencionales [12].

En la tesis “Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo ecológico suelo – cemento fabricadas con adición de 20% de aserrín de madera para muros no portantes en la ciudad de Huaraz – 2016”, el autor concluyó que algunas propiedades, como la

compresión a la flexión, son menores, pero aun así están en el rango permisible para ser utilizados como ladrillos trabajando aditivos en número de malla 200. Además, respecto a la variación dimensional y alabeo presenta valores dentro de las normas NTP 331.17 y NTP 331.18 [13].

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Ladrillos

Se le denomina así generalmente a una pieza ortoédrica que es elaborada convencionalmente mediante procesos de moldeo, secado y cocción a temperaturas muy elevadas de una pasta arcillosa, cuya mayor dimensión no superará los 29 cm [14].

El ladrillo ecológico es un elemento de construcción con dimensiones constantes y convencionales, elaborado con cemento Portland común, tereftalato de polietileno (PET) procedente de envases descartables [15].

Componentes de ladrillos ecológicos: Acorde a las investigaciones actuales, se han estudiado diversos tipos de residuos utilizados como materias primas para la elaboración de este tipo de ladrillos, entre los cuales, se destacan los siguientes:

Tereftalato de polietileno (PET). Es una resina termoplástica, la cual es obtenida a través de la reacción del ácido tereftálico y el monoetilenglicol; el resultado de la fabricación se da en forma de gránulos o pellets blanquecinos, los cuales, en la mayoría de casos, son utilizados para producir materiales de envases.

La cualidad distintiva de este material radica en su combinación de ligereza y resistencia a la compresión, así como su alto grado de transparencia y brillo. Además, su capacidad para preservar el sabor y el aroma de los alimentos, actuar como una barrera contra los gases, ser 100% reciclable y tener la posibilidad de producir envases reutilizables lo han llevado a sustituir a otros materiales [16].

El PET como un termoplástico presenta propiedades semejantes a otros tipos de plásticos, por ejemplo, alta resistencia respecto a su densidad, aislamiento térmico, resistencia a las bases, ácidos y disolventes,

aislamiento eléctrico, entre otros (ver tabla 1). Sin embargo, el PET presenta características específicas como son: buen comportamiento ante esfuerzos permanentes, alta resistencia al desgaste, coeficiente de deslizamiento óptimo y una resistencia química adecuada.

Debido a estas características, se puede afirmar que el PET tiene propiedades óptimas para ser usado como un material alternativo en la mezcla del concreto para elaboración de ladrillos [7].

Tabla 1

Datos técnicos del tereftalato de polietileno

Propiedades	Valores
Resistencia a la tracción	825 kg/cm ²
Resistencia a la flexión	1450 kg/cm ²
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena
Absorción de humedad	0.25 %
Temperatura de fusión	255 °C

Fuente: Echevarría (2017)

Aserrín. El aserrín constituye un grupo de polvillo o partículas que son producto de la madera cuando ésta es aserrada, también contiene partículas muy pequeñas de madera que son producto del trabajo de las mismas en diferentes actividades. Además del polvo antes mencionado, en el proceso de aserrado también aparece otro residuo como lo es la viruta que se genera, ésta tiene aspecto de una lámina curvada espiral y es un fragmento residual del tratamiento de la madera.

El procesamiento de la madera genera grandes cantidades de desechos en forma de virutas y aserrín, éstos tienen un fuerte impacto en el medio ambiente debido a que son quemados para el aprovechamiento de su energía y posteriormente son desechados o en muchos casos no se aprovecha su poder energético y simplemente son desechados a los ríos teniendo impacto en el ecosistema acuático [17].

Existen muchas vías para el aprovechamiento de los residuos generados por la industria forestal, especialmente el aserrín, que es utilizado para la producción de pulpas, papel, tableros, fertilizantes, entre otros;

lamentablemente no todos los países cuentan con la tecnología apropiada para este tipo de aprovechamiento por lo que recurren a solo aprovechar el poder energético de estos desechos y utilizarlos como combustible [18].

Cáscaras de arroz. Es un residuo en el cultivo de arroz, caracterizado por un valor bajo de densidad, propiedades de aislamiento acústico y fácil manipulación. Su composición química es semejante a la madera, generando junto con el cemento y cal hidráulica una alternativa de ecoladrillo [4].

2.2.2 Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo

Las propiedades del elemento de construcción asociadas con la “resistencia de la albañilería” son: resistencia a la compresión, variabilidad dimensional, alabeo y succión.

Las propiedades de la unidad asociadas con la “durabilidad de la albañilería” son: densidad, eflorescencia, absorción y coeficiente de saturación. [19]

Las pruebas realizadas a los ladrillos se clasifican en pruebas clasificatorias y pruebas no clasificatorias:

Pruebas clasificatorias

Variación de la dimensión o variación dimensional. Esta prueba es necesaria para determinar el espesor de las juntas de albañilería. Se hace hincapié que, por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales, disminuye notablemente la resistencia a la compresión, específicamente un 15% y a su vez la resistencia al corte. Los resultados son evaluados según la NTP 339.613 y 339.604. [19]

Alabeo. Para llevar a cabo esta evaluación, se coloca la cara con mayor extensión del ladrillo sobre una superficie plana y se inserta una cuña graduada en milímetros en la parte más curvada. Además debemos de colocar una regla que vaya de extremo a extremo en la cara de mayor superficie del ladrillo libre para luego introducir la cuña en el punto de mayor

deflexión que indique la regla. El resultado obtenido se mide en milímetros y se evalúa según la NTP 339.613. [19]

Resistencia a la compresión. Esta prueba consiste en colocar en una pila los ladrillos o especímenes para luego aplicar una carga axial encima de la pila a una velocidad de 1.25 mm/min o en todo caso, se controla la velocidad de carga de manera que se llegue a la rotura entre 3 o 5 minutos. A mayor resistencia a la compresión, los ladrillos obtendrán mayor densidad y mayor durabilidad. Los resultados son evaluados según la NTP 339.613 y 339.604. [19]

Pruebas no clasificatorias. Estas pruebas consideran propiedades como: *Succión (S)*, *Absorción (A)*, *Absorción máxima (Am)* y *Coefficiente de saturación (CS)*. El coeficiente de saturación (C.S) es una medida del tiempo de duración del ladrillo. Mediante el test para calcular el coeficiente de saturación, es posible obtener de forma simultánea la superficie neta del ladrillo (A_n), su absorción (A , A_m) y su succión (S) del mismo. Respecto al coeficiente de saturación, los ladrillos que tengan un coeficiente mayor a 0.85 se califican como muy absorbentes (alta porosidad) y, por tanto, tienen poca durabilidad [19].

Absorción. Se evalúa la cantidad de agua que puede absorber el ladrillo en un tiempo determinado, esto tiene un impacto significativo en la resistencia y durabilidad del ladrillo.

$$\text{Absorción} = A (\%) = \frac{(P_2 - P_1)}{P_1} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

De la ecuación (1) se describe lo siguiente:

P₁: Peso de la unidad secada en un horno a 110°C.

P₂: Peso de la unidad saturada, luego de haber estado 24 horas en una poza de agua completamente cubierto.

Según la norma Técnica E.070 [20] para albañilería, se consideran los siguientes criterios para la aceptación de la unidad de albañilería (ladrillo):

- a) La muestra que tenga más de 20% de dispersión en los resultados para unidades elaboradas industrialmente, o 40 % de ladrillos obtenidos artesanalmente, se debe ejecutar otra muestra o rechazar el lote, si los resultados persisten [20].
- b) En el caso del Bloque Clase P, la muestra para pruebas debe tener un espesor mínimo de 25 mm en las caras laterales que correspondan a la superficie de asentamiento y 12 mm para el Bloque clase NP [20].
- c) La absorción no debe superar el 12% para el bloque de concreto portante, para el caso del bloque de concreto NP, no debe ser mayor que 15% [20].
- d) Es importante que la unidad de albañilería no presente ningún tipo de defecto, como fisuras, roturas, grietas u otros daños que puedan afectar su durabilidad o resistencia. [20].
- e) La unidad de albañilería no debe tener manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo [20].

Reglamento nacional de edificaciones (RNE). En este reglamento se incluyen las pautas y normas para el diseño y la construcción; estableciendo derechos y responsabilidades para los actores de la construcción. Este Reglamento Nacional de Edificaciones, contiene Normas Técnicas que serán referencia para el presente estudio como: Norma Técnica E.070 para albañilería, referente a los parámetros y especificaciones que deben cumplir las propiedades de los ladrillos para su posterior uso.

La normativa refiere que para unidades de albañilería se tiene la siguiente clasificación, acorde a la tabla 2.

Tabla 2*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

Clase	Variación de la dimensión (Máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 2	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: Norma Técnica E.070 para albañilería

Norma Técnica Peruana (NTP). Son documentos que indican las especificaciones de calidad para la estandarización de los productos, procesos y servicios. Son normas de uso voluntario y son establecidas por la entidad INACAL (Instituto Nacional de Calidad). La NTP. 339 613, es una norma referente a los procedimientos detallados para la elaboración de los ensayos a los ladrillos. La norma técnica peruana NTP 331.017 establece los estándares que deben satisfacer los ladrillos de arcilla utilizados tanto en la construcción de albañilería estructural como no estructural.

2.2.3 Tipos de producción de ladrillos

La producción de ladrillos se puede realizar de tres formas según la norma técnica peruana vigente [21].

Artesanal. En este tipo de proceso cada fase realizada es de manera manual. El amasado o moldeado se ejecuta de manera manual. Este tipo de ladrillos elaborados artesanalmente tienen marcadas variaciones de unidad en unidad.

Semi – Industrial. En este tipo de proceso se realizan operaciones manuales como también otras con ayuda de máquinas elementales. El proceso de amasado o moldeado se realiza con ayuda maquina básicas compresoras. En este tipo de ladrillos una de sus características es que presentan una superficie lisa.

Industrial. Este tipo de ladrillo lleva en todos sus procesos el uso de maquinaria especializada que amasan, moldean y prensan o extruyen la pasta de arcilla. A diferencias de los otros tipos de producción las unidades producidas industrialmente presentan uniformidad en sus características. Una diferencia que se tiene en este tipo de ladrillos es el uso de hornos de cocción más sofisticados en los cuales se puede llevar un mejor control de la temperatura para producción ladrillos de mejor calidad.

2.2.4 Producción de ladrillos convencionales

Selección y preparación de la mezcla. Es la primera etapa y su importancia radica en que la finura de la mezcla define que el producto logrado en gran parte presenta buenas características (Resistencia, uniformidad, aspecto, etc.). Se realiza la obtención de arcilla y tierra en las canteras.

Moldeado. En esta etapa se le da la forma a la mezcla mediante galleteras de hélice o prensas de vacío. Este proceso consigue la homogenización de la mezcla y la eliminación de aire interno.

Secado. En esta etapa tiene como finalidad el desprendimiento del agua que se encuentra físicamente unida a la pasta. Durante este proceso se tiene una etapa conocida como pre-secado, el cual tiene como finalidad la pérdida de humedad del ladrillo y que sea posible su manipulación.

Cocción. Es la fase final y más importante ya que definirá las propiedades físicas, mecánicas y apariencias de los ladrillos. Consiste en someter a tiempos prolongados en altas temperaturas los ladrillos que ya pasaron por el secado. La eficiencia de esta etapa depende, entre otros factores, del tipo de horno empleado [17].

En ladrilleras artesanales, el proceso de cocción es realizado en hornos tipo intermitentes de tiro ascendente, donde se utilizan temperaturas de 950 °C hasta 1100 °C, con una duración de 8 días.

Para el ladrillo tipo concreto, los materiales a utilizar son el cemento Portland, concretos simples, arena gruesa y agua. Se muestra las características del bloque con mayor comercialización.

2.2.5 Producción de ladrillos ecológicos

Son ladrillos elaborados omitiendo el proceso de horneado que comúnmente se utilizan en las industrias ladrilleras.

Este proceso cuenta con moldes establecidos y mezcla de materias primas, las cuales, por compresión, toman la forma del molde y luego de algunos procesos, adquieren las propiedades propias del ladrillo. Estos ladrillos contribuyen al cuidado del medio ambiente debido a que se evita la contaminación de CO₂ por parte de los hornos o algunos otros gases [11].

Los procesos para esta producción son:

Moldeado y compactado: Previamente las materias primas deben ser triturados a un número de malla definido, luego de ello se realiza la mezcla con cemento, arena, agua y aditivos; para ello, se gradúan las cantidades del material reciclado y otros componentes acorde a su dosificación y la mezcla se vierte en un equipo moldeador y compactador de ladrillos.

Curado: Este proceso consiste en dejar en reposo los ladrillos protegidos de los rayos solares y realizar una hidratación continua con agua por 7 días como mínimo.

Almacenamiento: Este proceso se realiza por un tiempo máximo de 28 días, tiempo donde deben de obtener la resistencia final [15].

Dentro de las ventajas que se pueden indicar de este tipo de bloques de concreto en comparación con el ladrillo de arcilla convencional, son: menor cantidad de

mortero, velocidad de construcción más rápida, el tarrajeo es opcional y valores conforme en el aislamiento acústico

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Ladrillos ecológicos

El ladrillo ecológico es aquella unidad de albañilería que debido a sus dimensiones es utilizado con una sola mano y son elaboradas a partir de material reciclado como: plástico reciclado, residuos orgánicos, virutas metálicas, con el fin de reducir el impacto ambiental negativo del ladrillo convencional.

Para su elaboración se emplean diversas tecnologías de producción no convencionales garantizando el cumplimiento de las propiedades físico – mecánicas, acorde a la normativa.

Los ladrillos ecológicos contienen en su formulación proporciones menores de cemento en comparación con un ladrillo convencional; por lo que son denominados ladrillos de concreto ecológicos.

El ladrillo de concreto ecológico debe cumplir con las características de un ladrillo de concreto convencional, las cuales son las siguientes:

Dimensiones: 24.2 x 13 x 8.9 cm.

Peso: 4,36 Kg

%Huecos: 29%

Figura 1

Ladrillo de concreto convencional



Para determinar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de un ladrillo ecológico en base a concreto, se realizan evaluaciones en base a la normativa peruana, las cuales son:

Resistencia a la compresión: Para determinar la resistencia mecánica del ladrillo al ser sometido a esfuerzos compresivos.

Absorción de agua: Para determinar la capacidad de absorción de agua por el ladrillo.

Ensayo del alabeo: Es un ensayo de flexión que se realiza en un ladrillo de concreto para determinar su resistencia a la flexión y su capacidad para resistir cargas transversales.

Variación dimensional: para medir la variación de las dimensiones del ladrillo, antes y después del tiempo de curado, con el fin de que no sufran deformaciones que afecten su resistencia y durabilidad.

Estos ensayos se realizan para asegurar que el ladrillo de concreto cumpla con los requisitos establecidos por la normativa peruana en términos de calidad y seguridad.

2.3.2 Procesos de elaboración de ladrillos ecológicos

El proceso implica la utilización de residuos triturados como sustituto parcial de la arena y cemento en la mezcla de concreto, y un proceso de fabricación más amigable con el medio ambiente.

Los ladrillos ecológicos, en esta investigación, serán elaborados a partir de residuos de PET y aserrín, y en su proceso se ha reemplazado la cocción por la compresión.

Aspectos importantes en su formulación son: la dosificación adecuada de los sustituyentes de arena y cemento para mantener sus propiedades semejantes a los del ladrillo convencional.

Dosificación de PET

El tereftalato de polietileno se emplea como material reciclado en la elaboración del ladrillo ecológico, graduando el porcentaje en peso del residuo en la composición del ladrillo de concreto, cumpliendo con las especificaciones vigentes. El PET cuenta con propiedades específicas como la reducción de peso del ladrillo concreto. Según la literatura la proporción debe estar en un rango de 12% a 24%.

Dosificación de aserrín

La dosificación de aserrín en un ladrillo de concreto se refiere a la cantidad de aserrín que se agrega a la mezcla de concreto para mejorar sus propiedades. El aserrín se utiliza como agregado ligero y poroso que ayuda a reducir el peso y mejorar la resistencia térmica del ladrillo. La dosificación adecuada depende de diversos factores, como la resistencia requerida, la ubicación y el clima, entre otros.

Según la literatura la proporción debe estar en un rango de 2% a 4%.

Proceso de moldeado y curado

Los ladrillos convencionales se cuecen a temperaturas de 950 °C hasta 1100 °C, proceso que impacta sobre el medio ambiente. La

elaboración de los ladrillos en esta investigación reemplazó este proceso por un método de compresión y un tiempo de curado de 28 días que consistió en una hidratación periódica.

2.4 Definición de términos básicos

2.4.1 PET ó Tereftalato de Polietileno, es un polímero que pertenece al grupo de los poliésteres, tiene como característica su alta resistencia mecánica a la compresión y ligereza [2].

2.4.2 Ladrillo PET, es un ladrillo de concreto con porcentajes variables de residuos de PET (principalmente reciclado).

2.4.3 Concreto, es la mezcla de cemento, agregados, agua y aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente denota una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes.

2.4.4 Propiedades mecánicas, son la resistencia, la rigidez, la elasticidad, la plasticidad y la capacidad energética.

2.4.5 Curado, hidratación continua al ladrillo por un tiempo determinado con el fin de incrementar los valores de la resistencia mecánica [24].

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis general

La elaboración de ladrillos ecológicos a partir de PET y aserrín será viable mediante la dosificación homogénea sin cocción y por compresión.

Hipótesis específicas

La formulación adecuada para elaborar el ladrillo ecológico consiste en utilizar 5% de PET y 2 % de aserrín.

El tiempo de curado más adecuado para la elaboración del ladrillo ecológico es de 15 días.

3.1.1 Operacionalización de variables

Variable dependiente

Y = Elaboración de ladrillos ecológicos.

Variables independientes

X₁ = Dosificación de PET.

X₂ = Dosificación de aserrín.

X₃ = Tiempo de curado.

Tabla 3

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	TÉCNICA
Y= Elaboración de ladrillos ecológicos.	Tecnología de producción de ladrillos de materiales no convencionales (reciclados) que cumplan con las propiedades físico - mecánicas [15]	Tecnología de producción de ladrillos ecológicos, que cumplen con especificaciones de calidad, elaborados a partir de PET reciclado y aserrín.	Característica mecánica	Resistencia a la compresión	Instrumental	Prueba de resistencia a la compresión
			Características físicas	% Absorción de humedad	Instrumental	Gravimetría
				Alabeo	Cálculos	Medición de concavidad y convexidad
				Variación dimensional	Cálculos	Medición de dimensiones
X1= Dosificación de PET.	Graduación de la cantidad de un componente. [22].	Graduación del porcentaje en peso del PET para la elaboración de ladrillos ecológicos.	%Peso	5%	Observacional	Gravimetría
				10%		
X2 = La dosificación de aserrín.	Graduación de la cantidad de un componente. [22].	Graduación del porcentaje en peso del aserrín.	%Peso	2%	Observacional	Gravimetría
				4%		
X3 = El tiempo de curado.	Es el tiempo que requiere el proceso donde se mantiene una temperatura y humedad adecuada para que el ladrillo obtenga las características de resistencia y durabilidad [23].	Tiempo necesario para que el ladrillo obtenga las propiedades físico - mecánicas según normativa.	Tiempo	7 días	Observacional	Medición de tiempos.
				15 días		

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Diseño metodológico

El presente trabajo de investigación es aplicado porque se va a cubrir una necesidad a través del conocimiento científico [25].

Por su enfoque es cuantitativo porque usa la recolección de datos para probar hipótesis [26].

Por su nivel es explicativa porque explica el efecto de las dosificaciones del PET y aserrín en el ladrillo ecológico [26].

Por su diseño es experimental por cuanto se manipulan variables independientes para ver respuesta en la variable dependiente [27].

En la tabla 4 se muestra los factores y niveles de experimentación, considerando 3 factores y 2 niveles.

Tabla 4

Factores y niveles de experimentación

Factor	Unidades	Notación	Niveles	
			Bajo	Alto
Aserrín	%	X ₁	2	4
PET	%	X ₂	5	10
Tiempo de curado	días	X ₃	7	15

El diseño experimental se presenta en la tabla 5, donde se establece el número de 8 experiencias y en cada experiencia se realizó 5 repeticiones.

Tabla 5*Diseño experimental*

Nº	% PET	% Aserrín	Tiempo de curado (días)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Absorción (%)	Alabeo (mm)	Variación dimensional (%)
1	5	2	7	Y ₁	Y ₁	Y ₁	Y ₁
2	5	2	15	Y ₂	Y ₂	Y ₂	Y ₂
3	5	4	7	Y ₃	Y ₃	Y ₃	Y ₃
4	5	4	15	Y ₄	Y ₄	Y ₄	Y ₄
5	10	2	7	Y ₅	Y ₅	Y ₅	Y ₅
6	10	2	15	Y ₆	Y ₆	Y ₆	Y ₆
7	10	4	7	Y ₇	Y ₇	Y ₇	Y ₇
8	10	4	15	Y ₈	Y ₈	Y ₈	Y ₈

4.2 Método de investigación

La investigación se realizó tomando en cuenta las siguientes etapas:

Etapas 1: Selección y acondicionamiento de materiales

El PET recolectado ya triturado según la figura 2, se tamizó a un número de malla 100, según la ASTM C136 y se utilizó el material retenido, según la figura 3.

El desecho de aserrín recolectado de las carpinterías se expuso al sol por 5 horas y luego se tamizó.

Figura 2

Insumos reciclados seleccionados



Figura 3

Insumos tamizados.



Etapa 2: Dosificación de materia prima

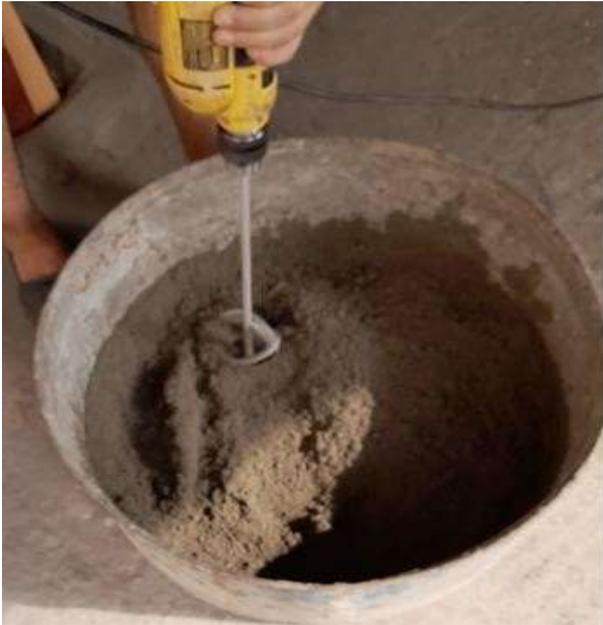
Se realizó la adecuación de los instrumentos y equipos a utilizar como: balanza electrónica, varilla mezcladora, taladro, equipo de compresión, entre otros.

Se pesaron las cantidades calculadas para el PET, aserrín, cemento, aditivo, adhesivo, arena y agua, según la tabla N° 6.

Se agregaron los componentes sólidos en un recipiente y se homogenizó la mezcla con una varilla mezcladora acorde a la figura 4, posteriormente se añadió el agua gradualmente hasta formar una mezcla uniforme humedecida.

Figura 4

Mezclado homogéneo de los insumos



Etapa 3: Moldeado y compactado

La mezcla de los componentes se introdujo en el molde ubicado en el equipo de compresión para ser compactados. En este equipo se ejerció presión con una gata hidráulica de 2 TON que empuja al molde, comprimiendo la mezcla y obteniendo la forma del ladrillo (Ver figura 5). Posterior a ello, se extrajo el ladrillo del molde (Ver figura 6).

Figura 5

Proceso de compresión de ladrillo ecológico.



Figura 6

Moldeado del ladrillo



Etapas 4: Curado y almacenamiento

Los ladrillos fueron colocados en una zona bajo sombra según figura 7, donde fueron hidratados con agua con una frecuencia de 3 veces al día. Posterior al tiempo de curado fueron almacenados por 2 días más.

Figura 7

Curado y almacenamiento de ladrillo



Etapas 5: Evaluación de propiedades

Las propiedades de: resistencia a la compresión y absorción (%) fueron medidos por un laboratorio externo.

Las propiedades de: alabeo y coeficiente de saturación, fueron evaluados acorde a las fórmulas descritas en el marco teórico.

Las etapas requeridas para la elaboración del ladrillo se presentan en la figura 8.

Figura 8

Proceso de Producción del Ladrillo Ecológico.



4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

En este caso no es aplicable.

4.3.2 Muestra

La muestra está representada por cada unidad de ladrillo ecológico elaborado.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El lugar de estudio para el acondicionamiento de los materiales será el laboratorio externo por un periodo de desarrollo de 4 meses.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Etapa 1: Selección y acondicionamiento de materiales. Se utilizó la técnica de segregación de residuos manual y por tamizado con la malla ASTM C136.

Etapa 2: Dosificación de materia prima. Se utilizó la gravimetría para el pesado directo de las materias primas e insumos y el homogenizado con varilla agitadora mecánica para el mezclado. Para el registro de los datos se utilizó la tabla 6.

Tabla 6*Registro de pesos de insumos*

Nº	PET (g)	Aserrín (g)	Cemento (g)	Arena (g)	Aditivo (g)	Agua (g)	Peso total (g)
Mezcla 1 (5%PET, 2% Aserrín, 7C)							
	246	99	1403	2461	50	668	4926
Mezcla 2 (5%PET, 2% Aserrín, 15C)							
Mezcla 3 (5%PET, 4% Aserrín, 7C)							
	249	199	1416	2383	50	675	4972
Mezcla 4 (5%PET, 4% Aserrín, 15C)							
Mezcla 5 (10%PET, 4% Aserrín, 7C)							
	477	191	1356	2044	50	647	4765
Mezcla 6 (10%PET, 4% Aserrín, 15C)							
Mezcla 7 (10%PET, 2% Aserrín, 7C)							
	485	97	1379	2177	50	658	4846
Mezcla 8 (10%PET, 2% Aserrín, 15C)							

Etapa 3. Moldeado y compactado. Se utilizó el moldeado por compresión del ladrillo ecológico con una gata hidráulica de 2 toneladas.

Etapa 4. Curado y almacenamiento. Se utilizó la técnica de hidratación periódica al ladrillo ecológico para el curado.

4.5.1 Equipos, materiales e insumos para la recolección de información

Equipos:

- Equipo para el mezclado homogéneo.
- Máquina compresora de ladrillos.
- Balanza analítica.
- Torre de tamices.
- Estufa.

Materiales:

- Pie de Rey.
- Cuña graduada.

Insumos:

- PET reciclado.
- Aserrín
- Agua.
- Cemento
- Arena
- Aditivo

Se elabora la tabla 7 para el registro de datos, en la cual se reportan los valores de cada propiedad que nos permiten evidenciar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, acorde a la normatividad vigente.

Tabla 7

Lista de chequeo de recojo de información

Mezclas	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla n
Resistencia de compresión				
Absorción de humedad				
Alabeo				
Variación dimensional				

4.6 Análisis y procesamiento de datos

El análisis y procesamiento de datos se realizó aplicando la estadística descriptiva e inferencial, haciendo uso del programa de software de hojas de cálculo Excel y Minitab for Windows 18.

4.7 Aspectos éticos en investigación

Este trabajo cumple con todos los requisitos y obligaciones exigidos, incluyendo la originalidad de los resultados obtenidos y la fidelidad de los datos recopilados en laboratorios certificados y mediante instrumentos calibrados. Los autores garantizan la validez y confiabilidad de los hallazgos reportados, los cuales han sido obtenidos con rigor científico y en total cumplimiento de las normas éticas de la investigación.

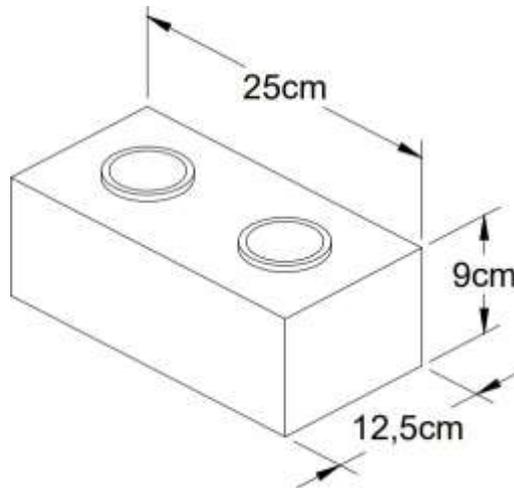
V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

En la figura N° 9 se muestra las dimensiones del ladrillo ecológico obtenido acorde a la capacidad del molde elaborado:

Figura 9

Dimensiones del ladrillo ecológico



Los resultados experimentales obtenidos según nuestro diseño experimental, en función de las propiedades fisicomecánicas del ladrillo ecológico elaborado, se muestra en la tabla 8:

Tabla 8

Resultados de propiedades fisicomecánicas

N°	X ₁ (%)	X ₂ (%)	X ₃ (días)	Resistencia por compresión (Kg/cm ²)	Absorción (%)	Alabeo (mm)	VD (%)		
							Largo	Ancho	Alto
M1	2	5	7	117	4,13	1,52	1,1	1,5	2,2
M2	2	5	15	122,39	4,15	1,49	1,1	1,5	2,3
M3	2	10	7	102,75	3,17	1,52	1,1	1,6	2,5
M4	2	10	15	109,37	3,64	1,75	1,1	1,7	2,3
M5	4	5	7	115,60	4,59	1,42	1,3	1,8	2,3
M6	4	5	15	120,22	5,07	1,74	1,2	1,5	2,4
M7	4	10	7	89,96	4,68	1,99	1,4	2,0	2,5
M8	4	10	15	94,07	4,89	1,81	1,3	1,8	2,3

5.2 Resultados inferenciales

5.2.1 Resultados de ensayo de resistencia a la compresión

En la tabla N° 9, se muestran los resultados promedios de la resistencia por compresión según las formulaciones establecidas, considerando que el valor mínimo según la norma E.070 para un ladrillo tipo III, es de 95 Kg/cm².

Tabla 9

Resultados para la resistencia a la compresión

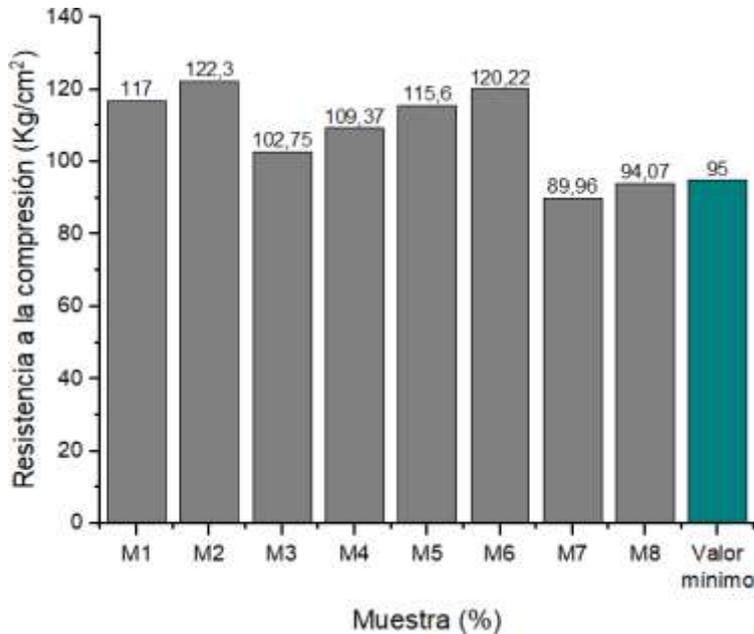
N°	%Aserrín	%PET	Tiempo de Curado (días)	Resistencia por compresión (Kg/cm ²)	$\sigma_{resistencia}$
M1	2	5	7	117	3,65
M2	2	5	15	122,39	3,34
M3	2	10	7	102,75	3,62
M4	2	10	15	109,37	2,16
M5	4	5	7	115,60	2,33
M6	4	5	15	120,22	1,36
M7	4	10	7	89,96	2,97
M8	4	10	15	94,07	1,66

Acorde a la figura N° 10, se infiere que las mezclas M7 (4% Aserrín, 10% PET, 7 días de curado) y M8 (4% Aserrín, 10% PET, 15 días de curado) con valores de 89,96 kg/cm² y 94,07 Kg/cm² no cumplen con la especificación mínima de 95 Kg/cm².

Asimismo, se observa que a mayor tiempo de curado los valores de la resistencia a la compresión aumentan, esto se debe a que en el proceso de hidratación continua interactúa con los componentes del ladrillo haciéndolos más compactos y densos.

Figura 10

Gráfica de resultados promedios de resistencia a la compresión



Los valores de cada muestra y sus repeticiones fueron evaluados mediante el software Minitab 19 mediante el método ANOVA de 1 factor, para la comparación de medias de los diferentes grupos de datos.

ANOVA: Compresión vs. Muestra; Repetición

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Muestra	Fijo	8	10% PET / 2% Aserrín / 15d; 10% PET / 2% Aserrín / 7d; 10% PET / 4% Aserrín / 15d; 10% PET / 4% Aserrín / 7d; 5% PET / 2% Aserrín / 15d; 5% PET / 2% Aserrín / 7d; 5% PET / 4% Aserrín / 15d; 5% PET / 4% Aserrín / 7d
Repetición	Fijo	5	1; 2; 3; 4; 5

Análisis de varianza de Compresión

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestra	7	4330,93	618,704	72,50	0,000
Repetición	4	22,34	5,586	0,65	0,629
Error	28	238,95	8,534		
Total	39	4592,23			

Resumen del modelo

<u>S</u>	<u>R- cuad.</u>	<u>R-cuad. (ajustado)</u>
2,92131	94,80%	92,75%

Ho: No existe diferencias entre los grupos o medias.

H1: Existe diferencias entre los grupos y medias.

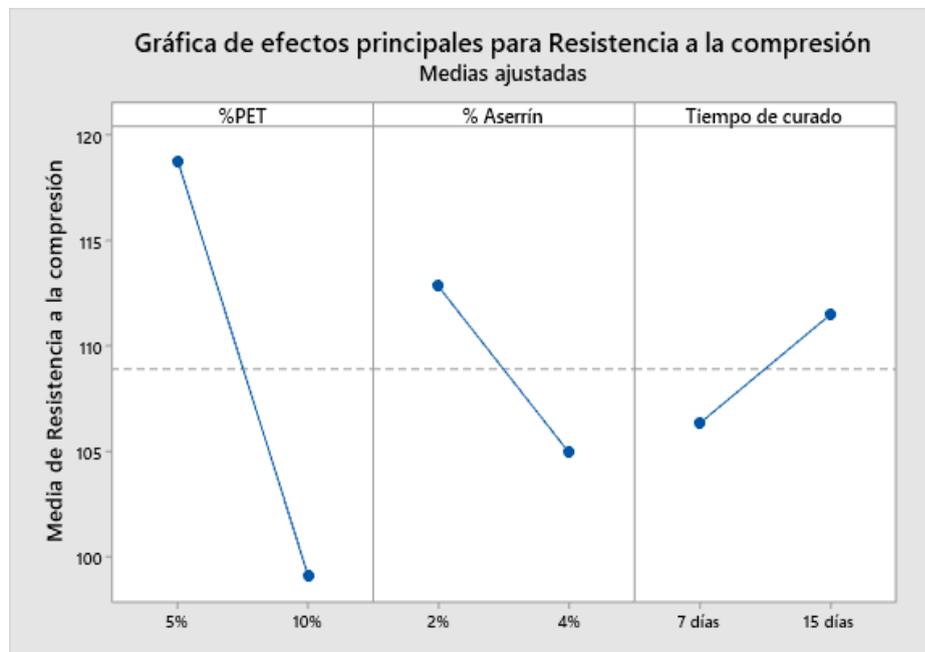
Al analizar los resultados se infiere que las diferentes muestras tienen un efecto significativo en la resistencia a la compresión, ya que el valor de p es menor que 0.05, lo que indica que existen diferencias significativas entre los conjuntos. Además, el factor "Muestra" explica el 94,8% de la varianza en la variable "Compresión", lo que indica que la mayoría de las diferencias observadas en la resistencia a la compresión se pueden atribuir a las diferencias en las combinaciones de porcentajes de PET y aserrín.

Asimismo, el factor "Repetición" no tiene un efecto significativo en la variable "Compresión", lo que sugiere que las repeticiones del experimento no difieren significativamente entre sí en términos de la resistencia a la compresión.

En la figura N° 11, se visualiza la gráfica de efectos principales de las diferentes formulaciones en relación a la resistencia a la compresión, se infiere que, a menor porcentaje de PET, menor porcentaje de aserrín y mayor tiempo de curado, los valores en la resistencia a la compresión se incrementan; esto debido a que el PET y el aserrín están reemplazando a la arena, y estos insumos no participa en la reacción del cemento para formar compuestos químicos estables.

Figura 11

Gráfica de resultados factoriales para resistencia a la compresión



5.2.2 Resultado del ensayo: Alabeo

En la tabla N° 10, se muestran los resultados de la medición del alabeo según las formulaciones establecidas, considerando que el valor mínimo según la norma E.070 para un ladrillo tipo III, es de 6 mm.

Tabla 10

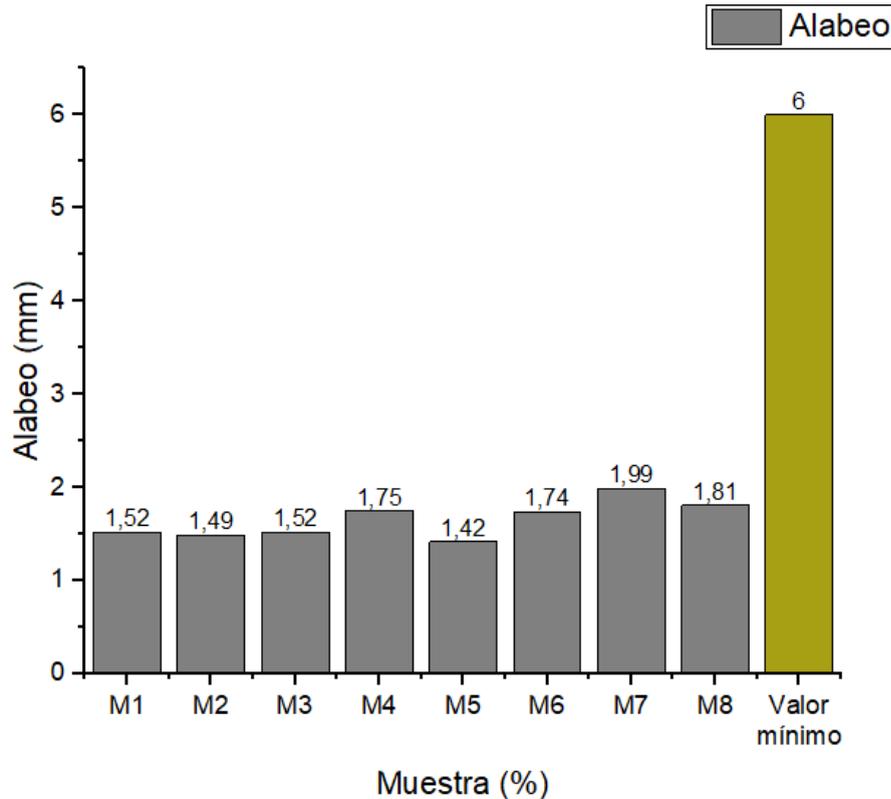
Resultados para el alabeo

Nº	% Aserrín	%PET	Tiempo de Curado (días)	Alabeo (mm)	σ_{alabeo}
M1	2	5	7	1,52	0,46
M2	2	5	15	1,49	0,35
M3	2	10	7	1,52	0,46
M4	2	10	15	1,75	0,16
M5	4	5	7	1,42	0,32
M6	4	5	15	1,74	0,53
M7	4	10	7	1,99	0,52
M8	4	10	15	1,81	0,53

Acorde a la figura N° 12, se infiere que todas las muestras analizadas cumplen con la especificación mínima de 6 mm, según la normativa.

Figura 12

Gráfica de resultados promedios de alabeo



Los datos fueron evaluados mediante el software Minitab 19 mediante el método ANOVA de 1 factor, para la comparación de medias de los diferentes grupos de datos.

ANOVA: Alabeo vs. Muestra; Repetición

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Muestra	Fijo	8	10% PET / 2% Aserrín / 15d; 10% PET / 2% Aserrín / 7d; 10% PET / 4% Aserrín / 15d; 10% PET / 4% Aserrín / 7d; 5% PET / 2% Aserrín / 15d; 5% PET / 2% Aserrín / 7d; 5% PET / 4% Aserrín / 15d; 5% PET / 4% Aserrín / 7d
Repetición	Fijo	5	1; 2; 3; 4; 5

Análisis de varianza de Alabeo

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestra	7	1,3612	0,1945	1,00	0,449
Repetición	4	0,6462	0,1615	0,83	0,515
Error	28	5,4208	0,1936		
Total	39	7,4282			

Resumen del modelo

<u>S</u>	R- cuad. (ajustado)	R- cuad.
0,440002	27,02%	0,00%

Ho: No existe diferencias entre los grupos o medias.

H1: Existe diferencias entre los grupos y medias.

En el análisis de varianza de Alabeo, se infiere que los factores "Muestra" y "Repetición" no tienen un efecto significativo en la variable "Alabeo" ya que el valor P es mayor que 0.05. Además, el factor "Muestra" solo explica el 27,02% de la varianza en la variable "Alabeo", esto indica que el Alabeo no está siendo influenciada significativamente por los factores "Muestra" o "Repetición".

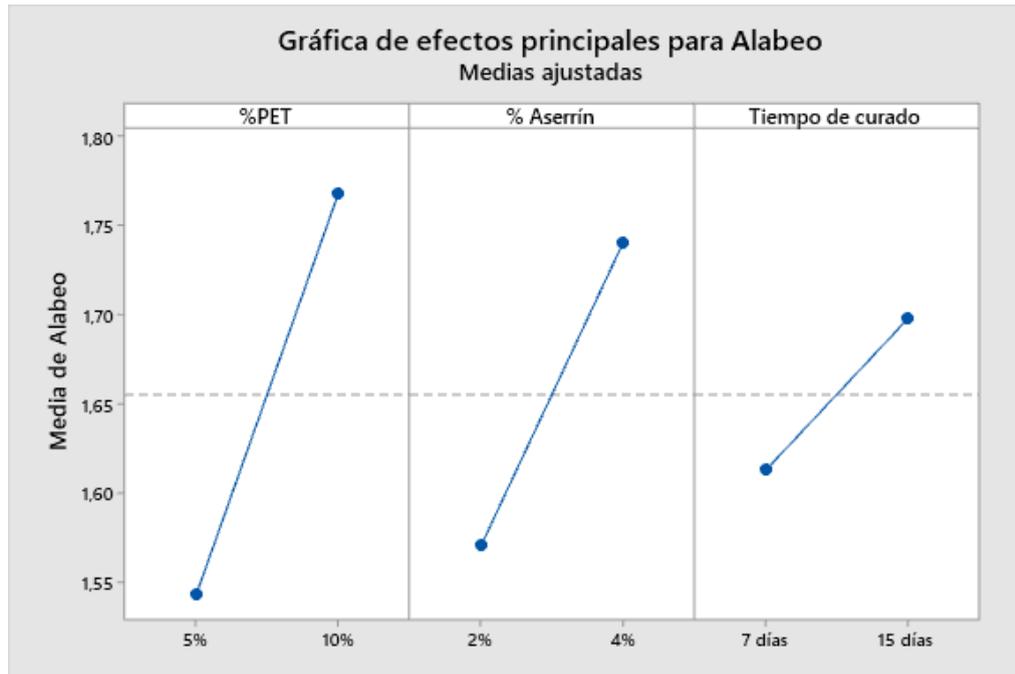
En la figura N° 13, se visualiza la gráfica de efectos principales de las diferentes formulaciones en relación al alabeo, donde se indica que, a mayor porcentaje de PET, mayor porcentaje de aserrín y mayor tiempo de curado, los valores del alabeo se incrementan. Esto se debe a que El PET es un polímero termoplástico que se ablanda con el calor y se endurece cuando se enfría, durante el proceso de curado, el PET puede encogerse y endurecerse a diferentes velocidades en diferentes áreas del material, lo que puede generar tensiones internas y deformaciones; el aserrín es un material orgánico que también puede cambiar de tamaño y forma durante el proceso de curado debido a la pérdida de humedad y la contracción del material, esto puede causar una distribución desigual de la humedad en el material compuesto y generar tensiones internas que pueden provocar el alabeo.

El tiempo de curado prolongado puede aumentar el riesgo de deformaciones debido a que el material tiene más tiempo para contraerse y endurecerse, lo que

puede generar tensiones internas y deformaciones.

Figura 13

Gráfica de resultados factoriales para el alabeo



5.2.3 Resultados de ensayo de Absorción

En la tabla N° 11, se muestran los resultados promedios de la absorción según las formulaciones establecidas, considerando que el valor mínimo según las referencias para un ladrillo tipo III debe ser como máximo de 20%.

Tabla 11

Resultados para la absorción

Nº	%Aserrín	%PET	Tiempo de Curado (días)	Absorción (%)	$\sigma_{\text{absorción}}$
M1	2	5	7	4,13	0,55
M2	2	5	15	4,15	0,25
M3	2	10	7	3,17	0,62

Tabla N° 11 (continuación)

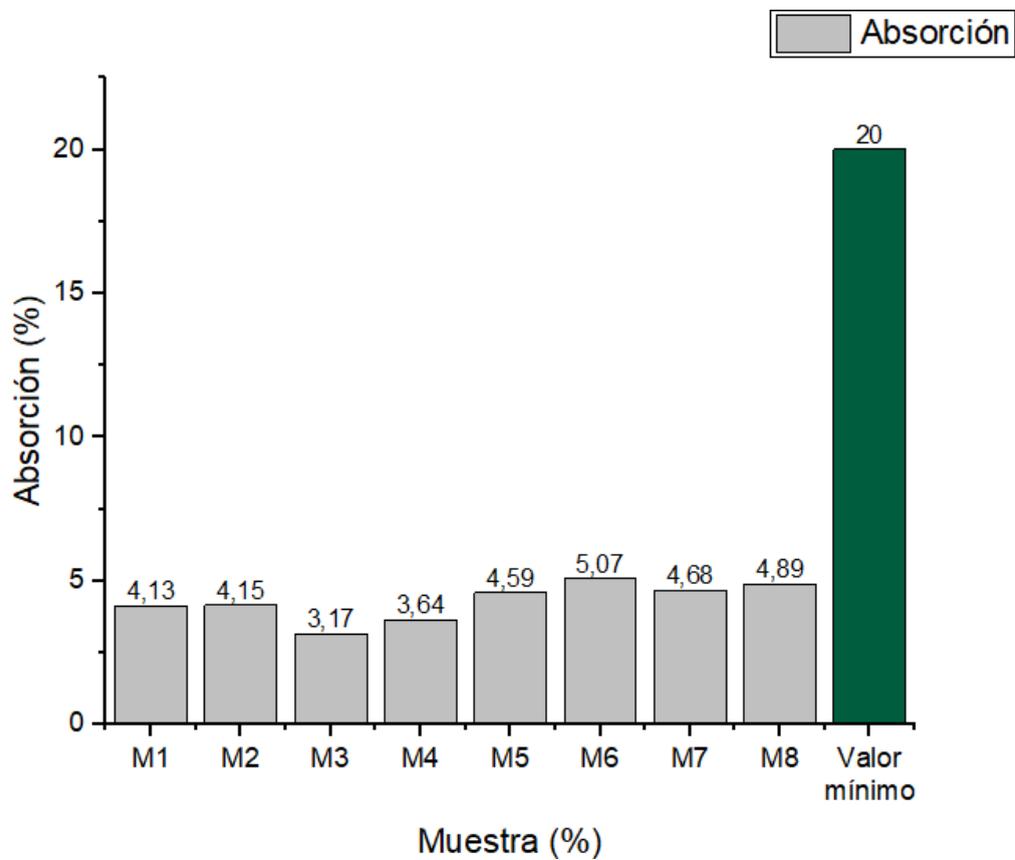
Resultados para la resistencia a la compresión

N°	%Aserrín	%PET	Tiempo de Curado (días)	Absorción (%)	$\sigma_{absorción}$
M4	2	10	15	3,64	0,64
M5	4	5	7	4,59	0,39
M6	4	5	15	5,07	0,50
M7	4	10	7	4,68	0,14
M8	4	10	15	4,89	0,32

Acorde a la figura N° 14, se infiere que todas las muestras analizadas cumplen con la especificación mínima de 20%, según la normativa.

Figura 14

Resultados promedios de absorción



Los datos fueron evaluados mediante el software Minitab 19 mediante el método ANOVA de 1 factor, para la comparación de medias de los diferentes grupos de datos.

ANOVA: Absorción vs. Muestra; Repetición

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Muestra	Fijo	8	10% PET / 2% Aserrín/ 15d; 10% PET / 2% Aserrín/ 7d; 10% PET / 4% Aserrín / 15d; 10% PET / 4% Aserrín / 7d; 5% PET / 2% Aserrín/ 15d; 5% PET / 2% Aserrín/ 7d; 5% PET / 4% Aserrín/ 15d; 5% PET / 4% Aserrín / 7d
Repetición	Fijo	5	1; 2; 3; 4; 5

Análisis de varianza de Absorción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestra	7	14,722	2,1031	11,28	0,000
Repetición	4	1,566	0,3915	2,10	0,108
Error	28	5,223	0,1865		
Total	39	21,510			

Resumen del modelo

S	R- cuad. (ajustado)	R- cuad.
0,431882	75,72%	66,18%

Ho: No existe diferencias entre los grupos o medias.

H1: Existe diferencias entre los grupos y medias.

Al analizar los resultados se determina que existen diferencias significativas en la absorción en función de las muestras utilizadas puesto que el p-value <0,05. Por otro lado, el factor de repetición no muestra una diferencia significativa en la absorción con un p-value > 0,05, esto significa que la diferencia entre los tratamientos se mantiene en cada repetición.

En la figura N° 15, se infiera de la gráfica de efectos en relación a la absorción, que, a menor porcentaje de PET, mayor porcentaje de aserrín y mayor tiempo

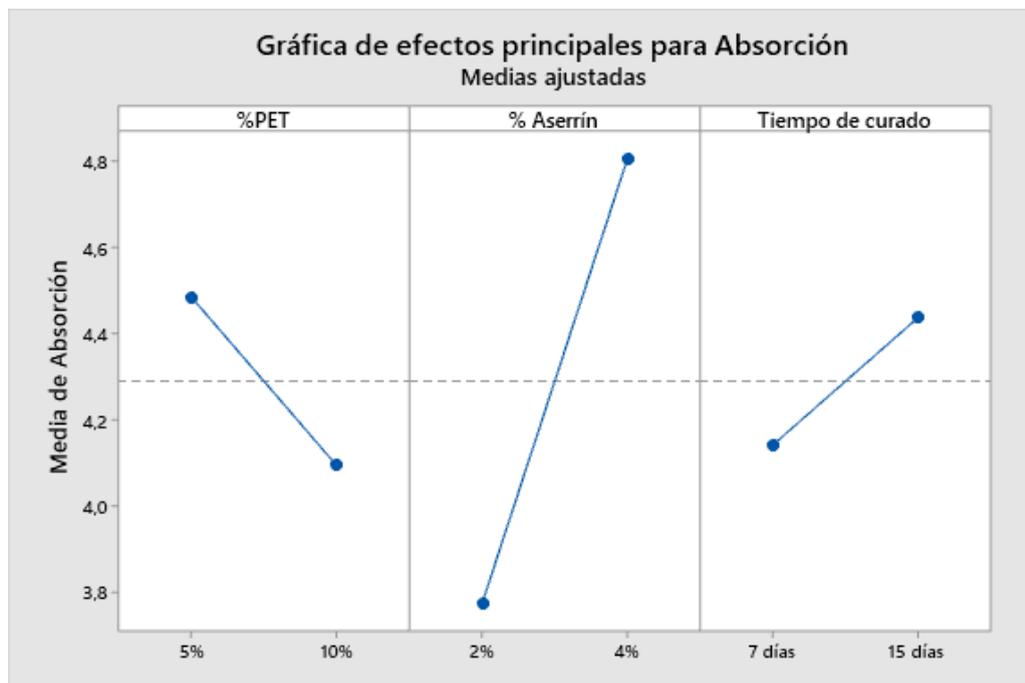
de curado, se incrementan los valores de la absorción. Esto se debe a que el PET es un polímero termoplástico que es hidrófobo, lo que significa que no es fácilmente mojado o penetrado por el agua, por lo tanto, un menor porcentaje de PET en el material compuesto puede dejar más sitios de unión para el agua, lo que aumenta la cantidad de agua que el material puede absorber.

El aserrín es un material orgánico que es más hidrofílico que el PET, lo que significa que tiene una mayor afinidad por el agua, por lo tanto, un mayor porcentaje de aserrín en el material compuesto puede aumentar la cantidad de agua que el material puede absorber.

En relación al tiempo de curado prolongado puede aumentar la porosidad del material y generar más sitios de unión para el agua, lo que también aumenta la cantidad de agua que el material puede absorber.

Figura 15

Gráfica de resultados factoriales para la absorción



5.4 Resultados de ensayo de Variación dimensional

En la tabla N° 12, se muestran los resultados promedios para la variación

dimensional según las formulaciones establecidas, considerando que los valores mínimos según la norma E.070 para un ladrillo tipo III, son de 5% para el alto, 3% para el largo y 4% para el ancho.

Tabla 12

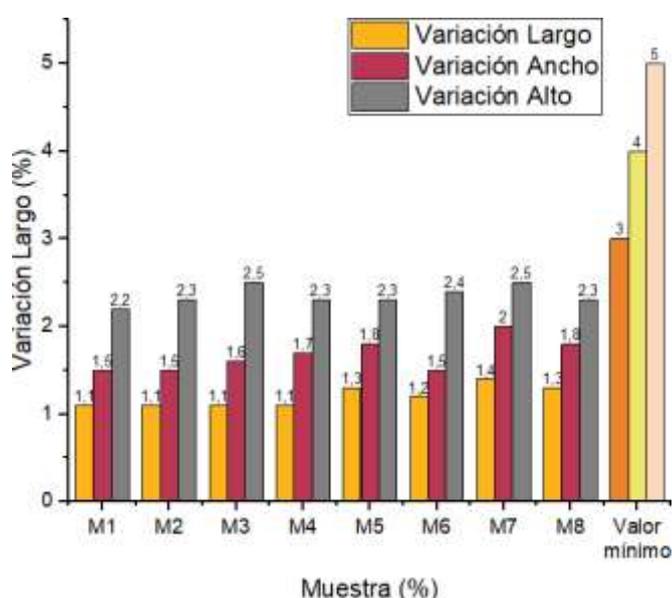
Resultados promedios para la variación dimensional

Nº	%Aserrín	%PET	Tiempo de		Largo	σ_{largo}	Ancho	σ_{anc}	Alto	σ_{alto}
			Curado	(días)						
M1	2	5	7		1,1	0,2	1,5	0,4	2,2	0,3
M2	2	5	15		1,1	0,2	1,5	0,3	2,3	0,1
M3	2	10	7		1,1	0,1	1,6	0,4	2,5	0,3
M4	2	10	15		1,1	0,3	1,7	0,2	2,3	0,3
M5	4	5	7		1,3	0,2	1,8	0,4	2,3	0,3
M6	4	5	15		1,2	0,2	1,5	0,3	2,4	0,5
M7	4	10	7		1,4	0,1	2,0	0,3	2,5	0,4
M8	4	10	15		1,3	0,3	1,8	0,3	2,3	0,4

Acorde a la figura N° 16, se infiere que todas las muestras analizadas cumplen con la especificación mínima para la variación dimensional según la normativa.

Figura 16

Resultados promedios de variación dimensional



Los datos fueron evaluados mediante el software Minitab 19 mediante el método ANOVA de 1 factor, para la comparación de medias de los diferentes grupos de datos. Se realizó la evaluación de la variación dimensional para el largo, ancho y alto.

ANOVA: Largo vs. Muestra; Repetición

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Muestra	Fijo	8	10% PET / 2% Aserrín / 15d; 10% PET / 2% Aserrín / 7d; 10% PET / 4% Aserrín / 15d; 10% PET / 4% Aserrín/ 7d; 5% PET / 2% Aserrín/ 15d; 5% PET / 2% Aserrín/ 7d; 5% PET / 4% Aserrín/ 15d; 5% PET / 4% Aserrín/ 7d
Repetición	Fijo	5	1; 2; 3; 4; 5

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestra	7	0,7243	0,10348	1,98	0,094
Repetición	4	0,2554	0,06385	1,22	0,324
Error	28	1,4637	0,05228		
Total	39	2,4434			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,228639	40,10%	16,56%

Ho: No existe diferencias entre los grupos o medias.

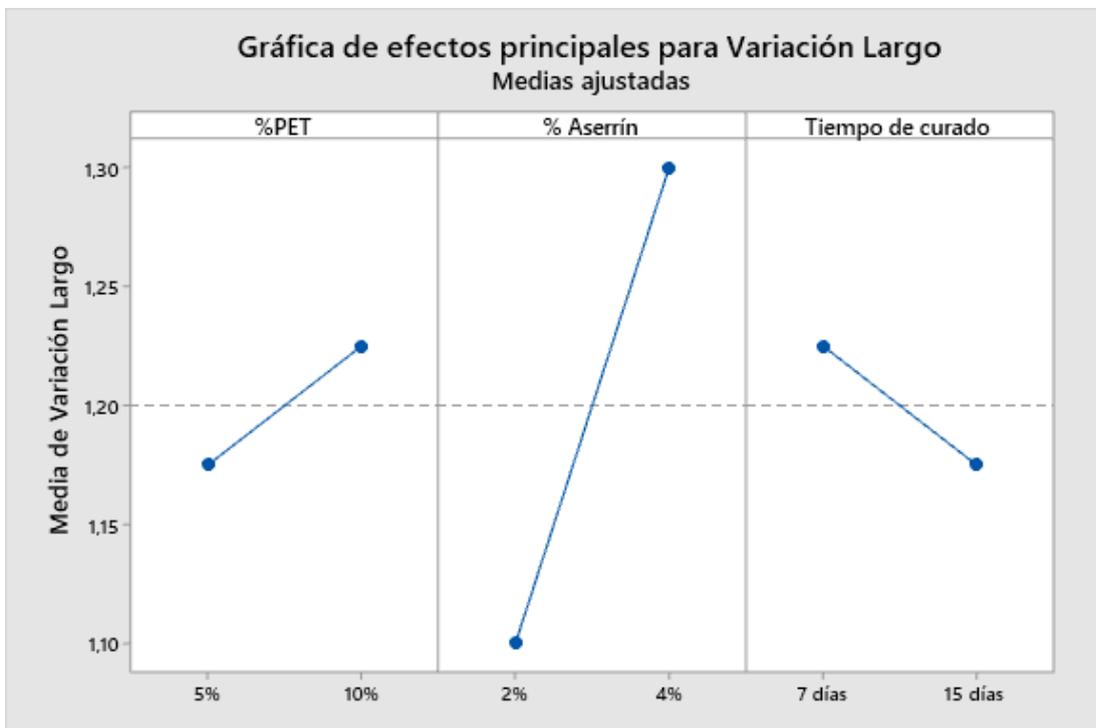
H1: Existe diferencias entre los grupos y medias.

Al analizar los resultados se determina que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, ni entre las repeticiones puesto que $p\text{-value} > 0,05$, en ambos casos.

En la figura N° 17, se infiera de la gráfica de efectos en relación a la variación dimensional (largo), que a mayor porcentaje de PET, mayor porcentaje de aserrín y menor tiempo de curado, se incrementan los valores de variación dimensional: Largo.

Figura 17

Gráfica de resultados factoriales para la variación dimensional: Largo.



Los datos fueron evaluados para la comparación de medias de los diferentes grupos de datos de la variación dimensional respecto al ancho, con los siguientes resultados:

ANOVA: Ancho vs. Muestra; Repetición

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Muestra	Fijo	8	10% PET / 2% Aserrín / 15d; 10% PET / 2% Aserrín / 7d; 10% PET / 4% Aserrín / 15d; 10% PET / 4% Aserrín / 7d; 5% PET / 2% Aserrín / 15d; 5% PET / 2% Aserrín / 7d; 5% PET / 4% Aserrín / 15d; 5% PET / 4% Aserrín / 7d
Repetición	Fijo	5	1; 2; 3; 4; 5

Análisis de varianza de Ancho

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestra	7	0,9572	0,1367	1,23	0,322
Repetición	4	0,5767	0,1442	1,29	0,297

Error	28	3,1227	0,1115
Total	39	4,6566	

Resumen del modelo

	S	R- cuad. (ajustado)	R-cuad.
	0,333955	32,94%	6,60%

Ho: No existe diferencias entre los grupos o medias.

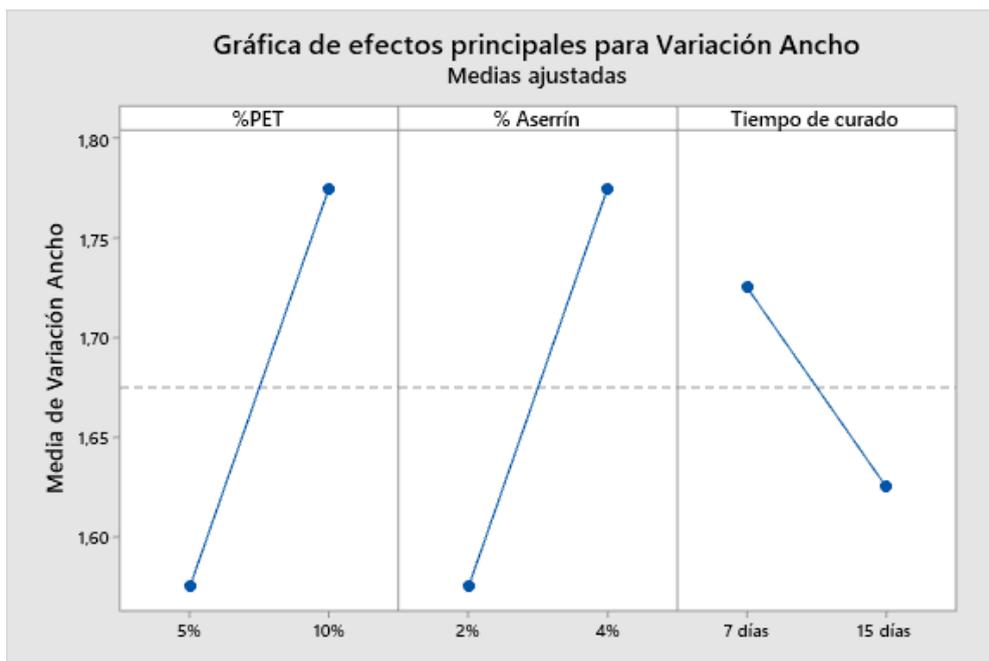
H1: Existe diferencias entre los grupos y medias.

Al analizar los resultados se determina que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, ni entre las repeticiones puesto que $p\text{-value} > 0,05$, en ambos casos.

En la figura N° 18, se evidencia que en relación a la variación dimensional (ancho), que a mayor porcentaje de PET, mayor porcentaje de aserrín y menor tiempo de curado, se incrementan los valores de variación dimensional: Ancho.

Figura 18

Gráfica de resultados factoriales para la variación dimensional: Ancho.



Los datos de las muestras y repeticiones de la variación dimensional respecto al alto, fueron evaluados con ANOVA de 1 vía, obteniendo los siguientes

resultados:

ANOVA: Alto vs. Muestra; Repetición

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Muestra	Fijo	8	10% PET / 2% Aserrín / 15d; 10% PET / 2% Aserrín/ 7d; 10% PET / 4% Aserrín / 15d; 10% PET / 4% Aserrín/ 7d; 5% PET / 2% Aserrín/ 15d; 5% PET / 2% Aserrín/ 7d; 5% PET / 4% Aserrín/ 15d; 5% PET / 4% Aserrín/ 7d
Repetición	Fijo	5	1; 2; 3; 4; 5

Análisis de varianza de Alto

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestra	7	0,42743	0,061062	0,40	0,896
Repetición	4	0,03476	0,008689	0,06	0,994
Error	28	4,30310	0,153682		
Total	39	4,76529			

Resumen del modelo

<u>S</u>	<u>R-cuad.</u>	<u>R-cuad. (ajustado)</u>
0,392023	9,70%	0,00%

Ho: No existe diferencias entre los grupos o medias.

H1: Existe diferencias entre los grupos y medias.

Al analizar los resultados se determina que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, ni entre las repeticiones puesto que $p\text{-value} > 0,05$, en ambos casos.

De la figura N° 19 se infiere que los valores de variación dimensional: Alto se incrementan a mayor porcentaje de PET, mayor porcentaje de aserrín y menor tiempo de curado.

Esto se debe a que el PET es un polímero termoplástico que se ablanda con el calor y se endurece cuando se enfría. Por lo tanto, un mayor porcentaje de PET

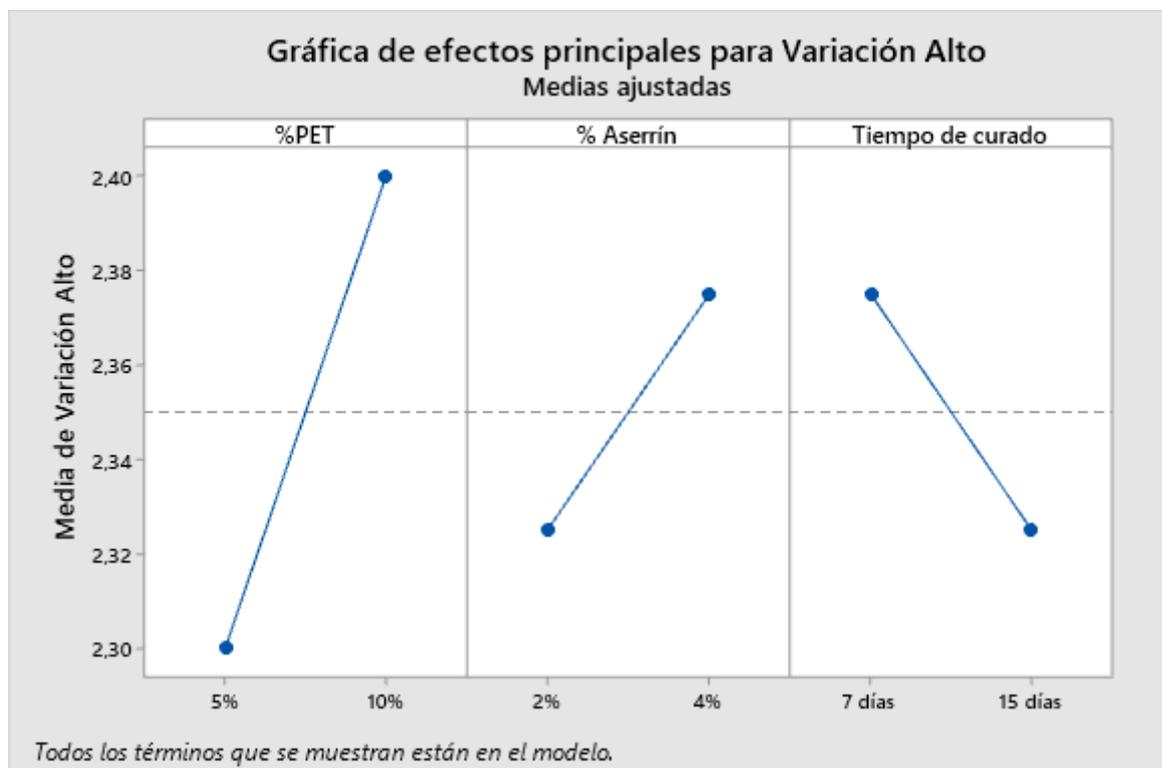
en el material compuesto puede hacer que el material sea más sensible a las fluctuaciones de temperatura, lo que puede provocar cambios de tamaño y forma en el material.

El aserrín es un material orgánico que es más sensible a la humedad que el PET. Un mayor porcentaje de aserrín en el material compuesto puede hacer que el material sea más sensible a los cambios en la humedad, lo que puede provocar cambios de tamaño y forma en el material.

Un menor tiempo de curado puede hacer que el material compuesto sea menos estable y más sensible a los cambios en la temperatura y la humedad. Esto puede provocar cambios de tamaño y forma en el material, especialmente si se expone a fluctuaciones de temperatura o humedad durante su uso.

Figura 19

Gráfica de resultados factoriales para la variación dimensional: Alto.



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Hipótesis general

“La elaboración de ladrillos ecológicos a partir de PET y aserrín será viable mediante la dosificación homogénea sin cocción y por compresión”.

Se ha demostrado que los resultados de las propiedades fisicomecánicas obtenidos del ladrillo ecológico cumplen con las especificaciones técnicas de la normativa E.070.

En la tabla N° 8, se observa que 6 muestras de ladrillos a diferentes composiciones superan el valor mínimo establecido para la resistencia a la compresión de un ladrillo tipo III (95 Kg/cm²).

De la tabla N° 9, se infiere que todas las muestras de ladrillos no superan el valor mínimo establecido para el ensayo del alabeo (20 mm).

En la tabla N° 10, evidenciamos que las diferentes muestras de ladrillos no superan el valor mínimo establecido para el ensayo de absorción (20 %).

En la tabla N° 11, los resultados muestran que los valores de todas las muestras en relación a la variación dimensional, no superan los valores mínimos establecidos (5% para el alto, 3% para el largo y 4% para el ancho).

Hipótesis específica

“La formulación adecuada para elaborar el ladrillo ecológico consiste en utilizar 5% de PET y 2 % de aserrín.”

Acorde a los resultados obtenidos, se verifican que los mejores resultados se obtienen con la formulación de 5% de PET y 2 % de aserrín.

Esto se fundamenta principalmente en los resultados del ensayo de resistencia a la compresión, ya que mide la capacidad del ladrillo para soportar y mantener la integridad estructural a largo plazo. El valor obtenido en este ensayo es de 122, 39 Kg/cm². Asimismo, en las otras propiedades fisicomecánicas medidas se cumplen las especificaciones, con valores por debajo del mínimo.

“El tiempo de curado más adecuado para la elaboración del ladrillo ecológico es

de 15 días.”

Según los resultados obtenidos en la Fig.12, se observa que, a mayor tiempo de curado, los valores de la resistencia a la compresión aumentan. En relación a los otros ensayos, la relación es inversa; sin embargo, los valores obtenidos están dentro de los valores mínimos permitidos, por tanto, sólo se considera como determinante el ensayo de la resistencia a la compresión.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

En los resultados de la investigación “Mezcla de cemento y agregados para la construcción de viviendas ecológicas” (6), se elaboraron ladrillos y tejas en base a desechos de PET, cemento y arena. En el proceso utilizaron un aditivo químico llamado Sikament FF-86. Expusieron el ladrillo al sol por 1 días y 7 días de curado, indicando que con un 15% de PET en reemplazo de la arena se obtuvo una resistencia a la compresión de 40,79 Kg/cm² (valor que no cumple el valor mínimo para un ladrillo tipo III); sin embargo, acorde a los resultados obtenidos la mezcla M3, con 10% de PET, 2% de aserrín y 7 días de curado se obtuvo un valor de resistencia a la compresión de 102,75 Kg/cm².

En la investigación “Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas” (1), los autores elaboraron ladrillos a base de PET y virutas metálicas donde obtuvieron las siguientes formulaciones: 800 g de PET con 100 g de virutas metálicas, 1000 g de PET y 125 g de viruta, 800 g de PET y 200 g de virutas con resultados de resistencia a la compresión de 85.90 Kg/cm², 96.40 Kg/cm² y 91.10 Kg/cm². En esta investigación se han obtenido mejores resultados con la resistencia a la compresión con las formulaciones establecidas en la tabla 10 (5% PET, 2% Aserrín), obteniendo resultados en la resistencia a la compresión desde 102,7539 Kg/cm² hasta 122.39 Kg/cm², los cuales cumplen la especificación para ladrillo tipo III.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

Los autores de esta investigación asumen la responsabilidad de la información presentada en cumplimiento con el Código de Ética de Investigación de la

Universidad Nacional del Callao, según lo establecido en la Resolución del Consejo Universitario N° 260-2019-CU.

VII. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos muestran que es viable producir ladrillos ecológicos utilizando PET y aserrín como materiales alternativos, mediante un proceso de compresión de 2 toneladas con un dispositivo construido para este fin. Estos hallazgos destacan el potencial de utilizar materiales reciclados y renovables para la construcción de edificaciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

2. La muestra M2 que tiene en su composición 2% Aserrín, 5% PET es la más adecuada, debido a que cumple según la norma E.070 para un ladrillo tipo III en las 4 propiedades físico mecánicas, obteniendo los siguientes valores promedios de resistencia a la compresión: 122,39 Kg/cm², alabeo: 1,49 mm, absorción: 4,15%, variación dimensional largo: 1,1%, variación dimensional ancho: 1,5% y variación dimensional alto: 2,3%.

3. Se concluye que, a mayor tiempo de curado, los valores de las propiedades fisicomecánicas (resistencia a la compresión, alabeo y absorción) aumentan, esto debido a que en el proceso de hidratación continua genera que, los materiales como la arena y el cemento se endurecen y reducen su permeabilidad.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Elaborar nuevas formulaciones aumentando el porcentaje de residuos para cumplir la especificación de un ladrillo tipo I o tipo II, obteniendo costos más bajos y garantizando su utilidad en zonas alejadas con viviendas de 1 nivel donde el adobe es el material de construcción actual.
2. Realizar experiencias con arena gruesa en lugar de arena fina para evaluar el aumento de resistencia a la compresión debido a que la arena gruesa lleva en su composición material de mayor dureza lo que da mayor oposición a la rotura y por ende menor costo por unidad.
3. Se recomienda que, en base a las proporciones de PET establecidas, realizar pruebas con otros sustitutos contaminantes sumados al PET para la elaboración de ladrillos, como por ejemplo el tecnopor u otros desechos orgánicos y posteriormente validar su aplicabilidad con los ensayos fisicomecánicos según normativa.
4. Realizar el curado de las unidades en una zona donde no sean expuestos al sol directamente o a corrientes de aire fuerte para que se realice el secado de manera gradual en todas las partes de la unidad y se tenga resultados más confiables en los ensayos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MAURE, J., CANDANEDO, M. y MADRID, J., BOLOBOSKY, M., MARÍN, N. Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas. Revista delniciación Científica (en línea). Mayo, 2018, 4, 33-38. ISSN: 2412-0464.
- [2] DI MARCO, R. Diseño y Elaboración de un Sistema de Adoquines de Bajo Costo y Material reciclado para construcciones en núcleos rurales. Revista ESAICA (en línea). Junio, 2015, 1(1), 30-38. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/296622415_Disenyo_y_elaboracion_de_un_sistema_de_adoquines_de_bajo_costo_y_material_reciclado_para_construcciones_en_nucleos_rurales.
- [3] Organización de las Naciones Unidas.
- [4] CABO, M. Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. Navarra. Tesis (Título de Ingeniero Técnico Agrícola en Explotaciones Agropecuarias). España: Universidad Pública de Navarra, 2011. Disponible en: [https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://academica.e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [5] ZAVALA, G. Diseño y *desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado*. El Salvador: Escuela Especializada en Ingeniería. 2015. ISBN: 978-99961-50-23-4. Disponible en: <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2442/1/04%20Civil%20Pl%C3%A1stico%20reciclado.pdf>.
- [6] MARTÍNEZ, A., COTE, M. Diseño y Fabricación de Ladrillo: Reutilizando Materiales a Base de PET. Revista INGE CUC (en línea). Noviembre, 2014, 10 (2), 76–80. ISSN: 0122-6517.

- [7] ANGUMBA, A. Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante. Cuenca. Tesis (Magíster en Construcciones). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2016. 66 pp. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25297>.
- [8] FLORES, V., ROJAS, J., TORRES, R., VALLEJOS, R., FLORES, P., & FLORES, M. Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas. México. Revista ECORFAN (en línea). Julio, 2014, 1, 101 – 110. ISBN 978-4509-765-15-8. Disponible en: <file:///C:/Users/admin/Downloads/Dialnet-CienciasTecnologicasYAgrariasTI-563086.pdf>.
- [9] SANCHEZ, C. Diseño Experimental para Elaborar Bloques de Conglomerado Madera – Cemento. Ecuador. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca. Ecuador, 2016, pp. 38-65. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/145/144>
- [10] GALINDO, G. Revisión bibliográfica sobre el uso del plástico como un nuevo material en fabricación de bloques de concreto para la industria de la construcción. Lima, 2018. Tesis (para optar el grado académico de Bachiller en Ingeniería Industrial). Universidad Católica San Pablo. 2018, 28 – 37. Disponible en: https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15660/1/GALINDO_GONZALE_S_GAB_REV.pdf.
- [11] GARRO, E. Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado. Cajamarca, 2017. Perú. (Tesis de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Cajamarca. 2017. Disponible: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%C3%81STICO%20PET%20RECICLADO.pdf?sequence=1>.

- [12] OLAVE, J. Influencia del aserrín en la resistencia a la compresión y variación dimensional de ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanalmente. Nuevo Chimbote, 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ancash: Universidad César Vallejo, 2017. 107 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/10230>.
- [13] RAMÍREZ, L. Las Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo ecológico suelo – cemento fabricadas con adición de 20% de aserrín de madera para muros no portantes en la ciudad de Huaraz. Huaraz, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ancash: Universidad San Pedro, 2018. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5442>.
- [14] CHIVITE, O. Ladrillo Cara Vista. Revista Hispalyt. España. vol.1, núm.1, 1998, pp 8-12. 1998.
- [15] BERRETTA, H. Manual de producción y aplicación del ladrillo de PET. Google book.
- [16] LUIS A., RENDÓN N., KORODY M. Diseños de Mezcla de Tereftalato de Polietileno (PET)-Cemento. Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (en línea). Marzo, 2008, 23(1), 77-86. ISSN 0798-4065.
- [17] SERRET-GUASCH, N., GIRALT-ORTEGA, G. Caracterización de aserrín de diferentes maderas. Revista Tecnología Química (en línea). Sep – Dic, 2016, 36(3), 468-479. ISSN: 0041-8420. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445546669012>.
- [18] COBIÁN, J., BOBADILLA, D. Plan de manejo de residuos sólidos del proceso de producción de una empresa maderera. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2592>.

- [19] SAN BARTOLOMÉ, Á., QUIUN, D., SILVA, W. Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.
- [20] Resolución Ministerial N° 121-2017 VIVIENDA. Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada. Diario Oficial el Peruano, 07 de abril del 2017.
- [21] BARRANZULA, J. Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2014. 86 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/93351>.
- [22] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.6 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [28/01/2023].
- [23] <https://360enconcreto.com/blog/detalle/tecnicas-para-el-buen-curado-del-concreto/>.
- [24] PASTOR A., SALAZAR J., SEMINARIO, R., TINEO, A., ZAPATA, J., Diseños de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado. Universidad de Piura. Junio, 2016. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/2343>.
- [25] Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del sistema nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación tecnológica - Reglamento RENACYT. Perú, 2021. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2897>.
- [26] Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P., Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. Metodología de la investigación, sexta edición, McGraw Hill Education, México, 2014, pp.2-21.
- [27] Ramos, C. Diseños de investigación experimental. Editorial. CienciAmérica. Enero – Junio, 2021. 10 (1). ISSN 1390-9592.

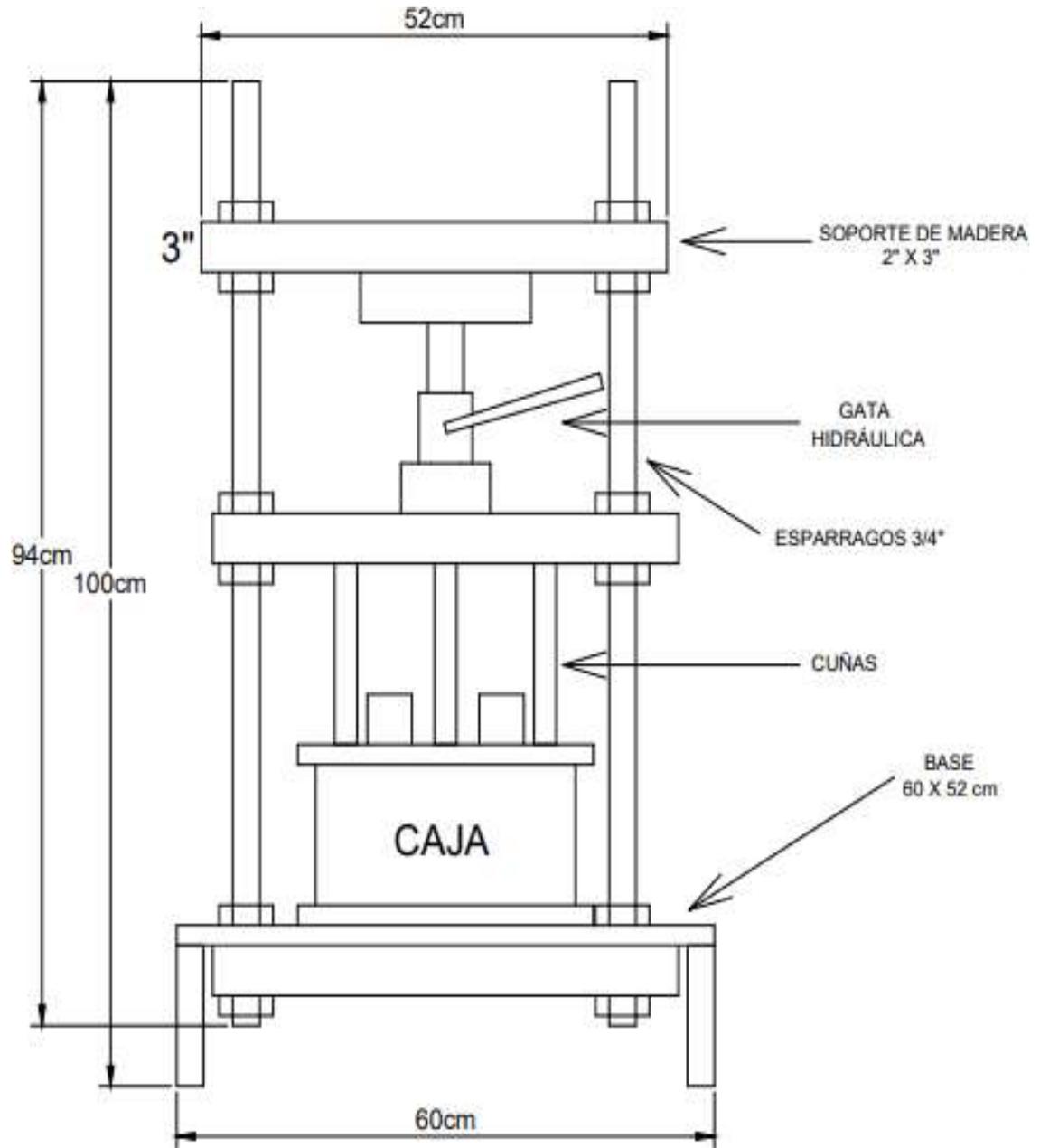
ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

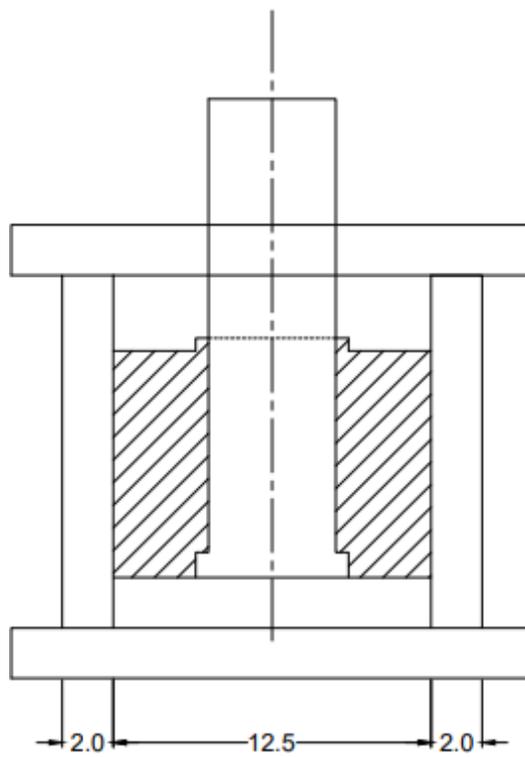
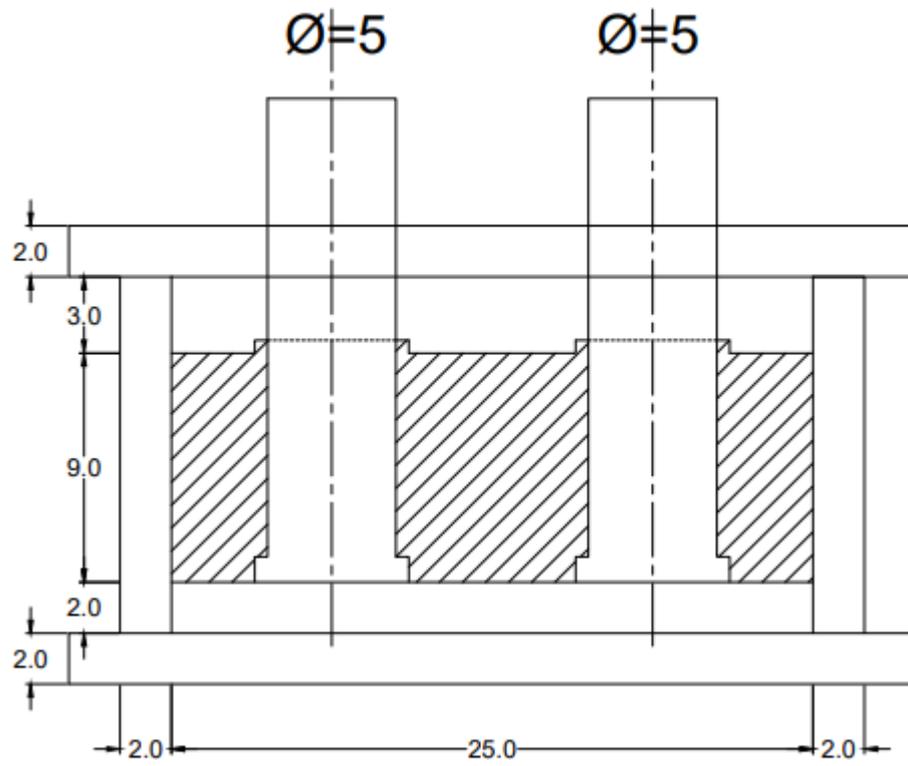
“Elaboración de ladrillos ecológicos a base de PET y aserrín mediante dosificación homogenizada sin cocción y por compresión”

Problema general	Objetivo	Hipótesis	Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Metodologías a utilizar
¿Cómo elaborar un ladrillo ecológico a base de PET y aserrín mediante dosificación homogénea sin cocción y por compresión?	Elaborar un ladrillo ecológico a base de PET y aserrín mediante dosificación homogénea sin cocción y por compresión.	La elaboración de ladrillos ecológicos a partir de PET y aserrín es viable mediante la dosificación homogénea sin cocción y por compresión.	Y1: La elaboración de ladrillos ecológicos a partir de plástico PET y aserrín.	Resistencia a la compresión	MPa	Instrumental
				% Absorción de Humedad	%	Instrumental
				Alabeo	mm	Cálculos
				Variación Dimensional	%	Cálculos
Específicos			Independiente			
¿Cuál es el porcentaje en peso más adecuado de PET y aserrín para la elaboración de un ladrillo ecológico?	Determinar el porcentaje en peso más adecuado de PET y aserrín para la elaboración de un ladrillo ecológico.	La formulación adecuada para elaborar el ladrillo ecológico consiste en utilizar 5% de PET y 2 % de aserrín.	X1: La dosificación de PET	% Peso	5% 10%	Observacional
				X2: La dosificación de aserrín	% Peso	2% 4%
¿Cuál es el tiempo de curado más adecuado para la elaboración del ladrillo ecológico?	Determinar el tiempo de curado más adecuado para la elaboración del ladrillo ecológico.	El tiempo de curado más adecuado para la elaboración del ladrillo ecológico es de 27 días.	X3: El tiempo de curado	Tiempo	7 días 15 días	Observacional

ANEXO 2: Diseño del equipo de moldeado por compresión.



ANEXO 3: *Diseño del molde para el ladrillo ecológico.*



ANEXO 4: Certificado de ensayo de resistencia a la compresión: 10% PET / 4% ASERRÍN / 7 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayillo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 NTP 399.805 / E-870

REFERENCIA	Centro de laboratorio
SOLICITANTE	Josefa Ivon Valera Calle - Hassan Omar Falcon Victorio
TESTE	Elaboración de ladrillo ecológico a base de terrazo de polietileno (PET) y aserrín mediante vibración homogénea en cocción y por compresión
UBICACIÓN	Centro de Carabayillo, Provincia de Lima y Departamento de Lima

Fecha de ensayo: 08/03/2023

TPO: 10% PET / 4% ASERRIN

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Vaseado	b	l	a	hueso	ESBELTEZ	A	P	F _u (kg/cm ²)	Factor de corrección	F _u corregida (kg/cm ²)
M 1	5/03/2023	9.8	25.0	12.5	10.0	0.72	185.4	18190.0	81.7	0.94	36.09
M 2	5/03/2023	9.8	25.0	12.5	10.0	0.72	125.4	18720.0	95.0	0.94	30.00
M 3	5/03/2023	9.8	25.0	12.5	10.0	0.72	135.4	19480.0	80.0	0.94	34.12
M 4	5/03/2023	9.8	25.0	12.5	10.0	0.72	155.4	18960.0	95.4	0.94	31.14
M 5	5/03/2023	9.8	25.0	12.5	10.0	0.72	155.4	19580.0	83.0	0.94	35.85

PROMEDIO **89.96**

CÁLCULO

$$f'_{cm} = \frac{P}{A} \text{ (Kg / cm}^2\text{)}$$

SONDO

- f_u = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm²)
- P = Carga aplicada en kg
- A = Área del prisma
- h = Altura del prisma
- l = Longitud de la unidad de albañilería
- b = Ancho de la unidad de albañilería

1 kgf = 9.80665 N 1 lb = 4.44822 N 1 Pa = 1 N/m² 1 kgf/cm² = 98.0665 kPa

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO
- * Se trabajó con una unidad de albañilería

Elaborado por: 	Revisado por: ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221-177 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
Centro de Laboratorio	Responsable de Gestión y Procesos	Centro de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO

ANEXO 5: Certificado de ensayo de resistencia a la compresión: 10% PET / 2% ASERRÍN / 15 días de curado



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayillo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 MTP 388.005 / E.079

REFERENCIA	Datos de laboratorio
SOLICITANTE	Juana Vera Valdes Calle - Asesor Civil Falcón Víctor
FORMA	Elaboración de fichas tecnológicas a base de mortero de poliestireno (PET) y aserrín reciclado - identificación homogeneizada sin cocido y por compresión
UBICACIÓN	Dentro de Carabayillo, Provincia de Lima y Departamento de Lima

Fecha de emisión: 16/02/2022

TIPO: 10% PET / 2% ASERRÍN

IDENTIFICACION	Fecha de Vencimiento	b	t	a	Esbeltez	ESBELTEZ	A	P	F _u	Factor de corrección	F _u corregido
		mm	mm	mm	mm	M	(kg/cm ²)	kg	kg/cm ²		kg/cm ²
M-1	16/02/2022	80	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	11430.0	113.1	0.94	107.37
M-2	16/02/2022	80	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	10300.0	111.7	0.94	105.26
M-3	16/02/2022	80	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	10100.0	109.9	0.94	103.25
M-4	16/02/2022	80	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	11000.0	114.9	0.94	108.01
M-5	16/02/2022	80	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	10700.0	111.4	0.94	105.26

PROMEDIO: 105.27

CÁLCULO:

$$f'_{cm} = \frac{P}{A} (K_2 / eH^2)$$

donde:

- f'_{cm} = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm²)
- P = Carga aplicada en kg
- A = Área del prisma
- H = Altura del prisma
- e = Longitud de la unidad de albañilería
- H = Ancho de la unidad de albañilería

CONVERSIONES: 1 kg = 0.001 t

1 MPa = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 0.0980665 MPa

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.96	1.00

OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO
- * Se trabajó con una unidad de albañilería

Elaborado por:  JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC	Revisado por:  ABEL MARCELO PUGA INGENIERO CIVIL - CIP N° 221113 JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
489 DE LABORATORIO	Registro de Suelos y Pavimentos	Carrera de Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC

ANEXO 6: Certificado de ensayo de resistencia a la compresión: 10% PET / 4% ASERRÍN / 15 días de curado



Cel.: 916 333 963 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 RITP 200.656 / E.070

REFERENCIAL	: Datos de ubicación
SOLICITANTE	: Josefa Iván Valera Calle - Hassan Omar Falcón Viqueiro
TESIS	: Elaboración de aditivos aserrín a base de beneficio de polilínea (PET) y aserrín reciclado: durabilidad homogénea sin coque y por compresión
UBICACIÓN	: Distrito de Carabayllo, Provincia de Lima y Departamento de Lima

Fecha de ensayo: 18/03/2019

TIPO: 10% PET / 4% ASERRÍN

ENSAYOS	Fecha de Muestreo	Ø	l	A	W _{med}	ESBELTEZ	A	F	f _u	Factor de	Permeación
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(kg)	(mm)	(mm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	corrección	(kg/cm ²)
M-1	14/03/2019	80	250	125	900	0,72	150,4	15360,0	97,8	0,94	92,81
M-2	14/03/2019	80	250	125	900	0,72	150,4	15480,0	99,3	0,94	93,51
M-3	14/03/2019	80	250	125	900	0,72	150,4	15060,0	95,3	0,94	90,57
M-4	14/03/2019	80	250	125	900	0,72	150,4	15280,0	96,4	0,94	91,96
M-5	14/03/2019	80	250	125	900	0,72	150,4	15640,0	100,0	0,94	94,00

PROMEDIO **94,07**

CÁLCULO:

$$f'_{cm} = \frac{F}{A} \cdot (2,25 / cm + 2)$$

SONE:

f'_{cm} = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm²)

F = Carga aplicada en kg

A = Área del prisma

h = Altura del prisma

l = Longitud de la unidad de albañilería

Ø = Ancho de la unidad de albañilería

RESISTENCIA: 10 = 0,48 kg

10% = 1,96 kg

1 kg/m² = 98,066 kPa

Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,72	0,80	0,91	0,95	0,96	1,00

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO

* Se trabajó con una unidad de albañilería

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 ABEL MARCELO PASCUEL INGENIERO CIVIL - C.P. N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
Asociación de Ingenieros y Peritos	Asociación de Ingenieros y Peritos	Código de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO

ANEXO 7: Certificado de ensayo de resistencia a la compresión: 10% PET / 2% ASERRÍN / 7 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayillo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 NTP 339.601 / E.070

REFERENCIA	Datos de laboratorio
SOLICITANTE	Asociación Villa Gloria Calle: Priscas Ochoa Paredon Vitarte
PROYECTO	Edificación de un edificio multifamiliar a base de mortero de polifóforo (PET) y aserrín mediante tecnología heterogénea sin coque y por compresión
UBICACIÓN	Districto de Carabayillo, Provincia de Lima y Departamento de Lima

Fecha de ensayo: 09/10/2017

10% PET / 2% ASERRIN

IDENTIFICACION	Fecha de ensayo	h	l	s	Valor	ESBELTEZ	A	F	F _u	F _u (kgf/cm ²)	F _u (kgf)	Factor de corrección	Resistencia
N=	04/10/2017	90	25.0	12.5	16.0	0.75	116.4	1600.0	160.0	116.4	0.96	0.96	17.27
N=	04/10/2017	90	25.0	12.5	16.0	0.75	116.4	1710.0	171.0	116.4	0.96	0.96	17.74
N=	04/10/2017	90	25.0	12.5	16.0	0.75	116.4	1710.0	171.0	116.4	0.96	0.96	17.88
N=	04/10/2017	90	25.0	12.5	16.0	0.75	116.4	1700.0	170.0	116.4	0.96	0.96	17.87
N=	04/10/2017	90	25.0	12.5	16.0	0.75	116.4	1800.0	180.0	116.4	0.96	0.96	18.24

PROMEDIO **182.75**

cálculo:

$$f'_{cm} = \frac{P}{A} (K_1 K_2 (n+2))$$

donde:

f'_{cm} = Resistencia a la compresión de cada prisma (kgf/cm²)

P = Carga aplicada en kg

A = Área del prisma

h = Altura del prisma

l = Longitud de la unidad de albañilería

s = Ancho de la unidad de albañilería

4000 ESTIMADA 1.8 + 1.46 x

1.76 x 1.04

1.46 x 1.06 1.54

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.90	0.91	0.98	0.99	1.00

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO

* Se trabajó con una unidad de albañilería.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 ABEL MARCECO PASU INGENIERO CIVIL - CP N° 227183 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
<small>Ingeniero de Materiales</small>	<small>Ingeniero de Suavos y Perforaciones</small>	<small>Gerente General de JC GEOTECNIA LABORATORIO</small>

ANEXO 8: Certificado de ensayo de resistencia a la compresión: 5% PET / 2% ASERRÍN / 15 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.805 / E.610

REFERENCIA	Disco de laboratorio
SOLICITANTE	Asesía Ingeniero Carlos - Hissam Omar Falconi Vicoso
TESTES	Elaboración de ladrillos ecológicos a base de terrafalato de poliestero (FE7) y aserrín mediante: clasificación homogénea en opción y por compresión
UBICACIÓN	Distrito de Carabayllo, Provincia de Lima y Departamento de Lima

Fecha de ensayo: 19/02/2023

TIPO:	5% PET / 2% ASERRIN
-------	---------------------

BETONAJÓN	Fecha de Vencido	h	l	a	Volumen	ESBELTEZ	A	P	F _u (kg/cm ²)	F _u (kg/cm ²)	Factor de corrección	F _u corregido (kg/cm ²)
M-1	1/03/2023	9.0	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	20000.0	134.8	0.94	127.13	
M-2	1/03/2023	9.0	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	19480.0	124.8	0.91	112.86	
M-3	1/03/2023	9.0	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	20250.0	130.3	0.94	123.12	
M-4	1/03/2023	9.0	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	20100.0	129.9	0.94	122.75	
M-5	1/03/2023	9.0	25.0	12.5	18.0	0.72	185.4	19800.0	128.0	0.94	120.30	

PROMEDIO: 122.39

CÁLCULO:

$$f_{cm} = \frac{P}{A} (K_{2e} / cm^2)$$

DONDE:

f_{cm} = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm²)

P = Carga aplicada en kg

A = Área del prisma

h = Altura del prisma

l = Longitud de la unidad de albañilería

a = Ancho de la unidad de albañilería

MOVILIZACIÓN: 1h = 1.40E11

FPa = 1.04E2

1 kg/cm² = 0.036 MPa

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO

* Se trabajó con una unidad de albañilería.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
	Ingeniero de Suelos y Fundaciones	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO

ANEXO 9: Certificado de ensayo de resistencia a la compresión: 5% PET / 4% ASERRÍN / 7 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabaylo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 MTP 300.800 / E.070

REFERENCIA	: D0001 (R. MEDIO) (R)
SOLICITANTE	: Juana Ivon Valera Calle - Hassan César Felice Viqueo
TUBO	: Referencia de ladrillos cerámicos a base de bentonita de polietileno (PET) y aserrín mediano: evaluación homogénea en coque y por compresor
UBICACIÓN	: Distrito de Carabaylo, Provincia de Lima y Departamento de Lima

Fecha de ensayo: 08/03/2019

TPO: 5% PET / 4% ASERRÍN

IDENTIFICACION	Fecha de Vencido	k	l	s	Weso	ESBELTEZ	k	F	f _u	Factor de corrección	Promedio
		kgf	mm	mm	mm	mm	(% de A)	kgf	kgf/cm ²		kgf/cm ²
#1	16/03/2023	90	250	125	90	0.72	100.4	10100.0	124.4	0.94	113.75
#2	16/03/2023	90	250	125	90	0.72	100.4	10000.0	123.0	0.94	114.91
#3	16/03/2023	90	250	125	90	0.72	100.4	10000.0	120.2	0.94	113.37
#4	16/03/2023	90	250	125	90	0.72	100.4	10000.0	120.1	0.94	113.17
#5	16/03/2023	90	250	125	90	0.72	100.4	10100.0	122.4	0.94	114.81

PROMEDIO: 115.63

CÁLCULO:

$$f'_{cu} = \frac{F}{A} \cdot (K_1 K_2 / \text{cor 2})$$

DOCC:

- F_u = Resistencia a la compresión de cada prisma (kgf/cm²)
- F = Carga aplicada en kg
- A = Área del prisma
- l = Altura del prisma
- l = Longitud de la unidad de albañilería
- s = Ancho de la unidad de albañilería

WESBELTEZ = 1.0 < 4.000

(F_u < 1.000)

(kgf/cm² < 10.000 kgf/cm²)

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

OBSERVACIONES:

* Permitida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO

* Se trabaja con una unidad de albañilería

Elaborado por: 	Revisado por:  ABEL MARCELO PASCO INGENIERO CIVIL - CP N° 221 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
<small>Supervisor de Gestión y Procesos</small>	<small>Control de Calidad (JC GEOTECNIA LABORATORIO)</small>	

ANEXO 10: Certificado de ensayo de resistencia a la compresión: 5% PET / 2% ASERRÍN / 7 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayillo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 NTP 388.605 / E.019

REFERENCIA	Datos de laboratorio
SOLICITANTE	Juan José Valera Calle - Hassan Omar Fajardo Vitoria
FESE	Elaboración de ladrillos acústicos a base de arcilla y de poliestireno (PET) y aserrín reciclado, estabilizado/homogeneizado en estado y por compresión
UBICACIÓN	Distrito de Carabayillo, Provincia de Lima y Departamento de Lima

Fecha de ensayo: 20/02/22

TIPO: 5% PET / 2% ASERRÍN

CERTIFICADO	Fecha de Valsado	h	l	e	Señal	ESBELTEZ	A	P	F _u	F _u	F _u	F _u
		mm	mm	mm	mm	Nº	(% p.a.)	(kg)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)
M1	10/02/22	90	25.0	12.5	10.0	3.72	95.4	3000.0	180.0	0.58	122.91	
M2	10/02/22	90	25.0	12.5	10.0	3.72	95.4	1640.0	190.3	0.58	112.72	
M3	10/02/22	90	23.0	12.0	10.0	3.72	95.4	1840.0	120.1	0.58	118.31	
M4	10/02/22	90	25.0	12.0	10.0	3.72	95.4	1670.0	123.6	0.58	116.20	
M5	10/02/22	90	25.0	12.0	10.0	3.72	95.4	1810.0	122.9	0.58	116.13	

PROMEDIO: 117.05

CÁLCULO

$$f'_{cm} = \frac{F_u}{A} \cdot (K_{CE} / cm^2)$$

NOTA:

- f_u = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm²)
- P = Carga aplicada en kg
- A = Área del prisma
- h = Altura del prisma
- l = Longitud de la unidad de albañilería
- e = Ancho de la unidad de albañilería

NOTA ELECTRÓNICA: 1.0 - 1.000

f_u = 180.0

f_u = 180.0 kg/cm²

Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,90	0,91	0,95	0,98	1,00

OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización expresa del Área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO
- * Se trabajó con una unidad de albañilería

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 JUAN JOSÉ VALERA CALLE INGENIERO DE MATERIALES INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CP N° 221455 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Rutas y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO

ANEXO 11: Certificado de ensayo de resistencia a la compresión: 5% PET / 4% ASERRÍN / 15 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 NTP 399.605 / E.079

REFERENCIA	Código de laboratorio
UBICACIÓN	Av. Juan Vitor Valero Calle - Huesos Dorados - Pisco - Victoria
FECHA	Elaboración de ladrillo ecológico a base de aserrín de pino (PET) y aserrín mediano: chaffacón homogeneizado en cazo y por compresión
UBICACIÓN	Distrito de Carabayllo, Provincia de Lima y Departamento de Lima
	Fecha de ensayo: 10/02/2023

TIPO: 5% PET / 4% ASERRÍN

REFERENCIA	Fecha de Vencido	b	l	a	Valor	ESBELTEZ	A	P	P _u	Factor de corrección	Promedio (kg/cm ²)
		cm	cm	cm	kg	cm	cm ²	kg	kg/cm ²		
M-1	1/03/2023	0.0	25.0	12.0	10.0	0.73	100.4	1000.0	128.5	0.94	118.50
M-2	1/03/2023	0.0	25.0	12.0	11.0	0.73	100.4	1000.0	128.0	0.94	121.54
M-3	1/03/2023	0.0	25.0	12.0	10.0	0.73	100.4	1000.0	128.3	0.94	119.30
M-4	1/03/2023	0.0	25.0	12.0	10.0	0.73	100.4	2000.0	128.7	0.94	121.85
M-5	1/03/2023	0.0	25.0	12.0	10.0	0.73	100.4	3000.0	127.9	0.94	128.52

PROMEDIO: **126.22**

CÁLCULO:

$$f'_{cm} = \frac{P}{A} \text{ (Kg / cm}^2\text{)}$$

NOTA:

- f'_c = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm²)
- P = Carga aplicada en kg
- A = Área del prisma
- b = Altura del prisma
- l = Longitud de la unidad de albañilería
- a = Ancho de la unidad de albañilería

UNA cuadrante 1b = 440 li

1 Pr = 1.000'

1 kg/cm² = 0.09806 N/mm²

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.90	1.00

OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización expresa del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO
- * Se trabajó con una unidad de albañilería

Elaborado por: 	Revisado por:  ABEL MARCELO PASQUELL INGENIERO CIVIL / CIP N° 221475 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
Ingeniero de Materiales	Ingeniero de Bases y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO

ANEXO 12: Certificado de ensayo de absorción: 5% PET / 2% ASERRÍN / 7 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN
-------------------------------------	---------------------------------

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 NTP 399.512 / NTP 399.604

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTES	: Asena (con Vialta Calle - Herrería Omar Fabian Votolo)		
TIPO	: Elaboración de achicote ecotípico a base de levadura de polvosos (PE?) y aserrín mediante obtención homogénea en estado y por compactación		
UBICACIÓN	: Distrito de Carabaylla, Provincia de Lima y Departamento de Lima	Fecha de emisión:	: 05/03/2022

TIPO	: 5% PET / 2% ASERRÍN
-------------	-----------------------

IDENTIFICACIÓN (MUESTRA)	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (24 hrs) (g)	ABSORCIÓN (%)
M-1	5280	5607	4.2
M-2	5255	5492	3.7
M-3	5270	5482	4.0
M-4	5305	5495	3.7
M-5	5260	5525	5.0
PROMEDIO			4.13

OBSERVACIONES:
 * Muestras distribuidas por el solicitante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL, CIP Nº 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
	<small>Ingeniero de Diseño y Prevención</small>	<small>Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO</small>

ANEXO 13: Certificado de ensayo de absorción: 5% PET / 4% ASERRÍN / 15 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN
-------------------------------------	---------------------------------

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 200.613 / NTP 200.604

REFERENCIA	Detalles de laboratorio
SOLICITANTES	Obra en: Valera Calle - Huaran Orma Felton Vidoso
TEJES	Elaboración de lechada ecotélica a base de cemento de pozo (PET) y aserrín mediante clasificación homogénea sin cocción y por congelación
UBICACIÓN	Districto de Carabayllo, Provincia de Lima y Departamento de Lima Fecha de emisión: 17/03/2017

TIPO	5% PET / 4% ASERRÍN
-------------	---------------------

IDENTIFICACIÓN (DISEÑO)	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (24 hrs) (g)	ABSORCIÓN (%)
M-1	5271	5521	4.7
M-2	5268	5509	4.6
M-3	5276	5534	4.8
M-4	5284	5591	5.8
M-5	5295	5647	5.8
			5.1

OBSERVACIONES:
 * Muestras identificadas por el solicitante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

 Jefe de Laboratorio	Revisado por: ABEL MARCELO BASC INGENIERO CIVIL - CIP N° 22111 JC GEOTECNIA LABORATORIO	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. <small>Plantel de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.</small>
-------------------------	--	---

ANEXO 14: Certificado de ensayo de absorción: 10% PET / 4% ASERRÍN / 15 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayillo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN
-------------------------------------	---------------------------------

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 MFP 208 813 / NTP 300 804

REFERENCIA	Dato de absorción		
SOLICITANTES	JARA CON VILLA GLORIA - PAVEN OVAR FACON VICORIA		
TESTES	Elaboración de ladrillos recortados a base de lechadas de pavimentos (PET) y ensayo: medición de absorción homogénea en cocción y por compresión		
UBICACIÓN	Distrito de Carabayillo, Provincia de Lima y Departamento de Lima		Fecha de emisión: 17/03/2023

TIPO	10% PET / 4% ASERRIN
------	----------------------

IDENTIFICACIÓN (ITEM)	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (24 hrs) (g)	ABSORCIÓN (%)
M-1	5116	5345	4.7
M-2	5121	5367	4.8
M-3	5128	5382	5.1
M-4	5127	5376	4.8
M-5	5118	5352	4.9
			4.8

OBSERVACIONES:
 * Muestras identificadas por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
	ABEL MAR DEL PASCO INGENIERO CIVIL - CIP N° 221 111 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
<small>JARA DE TILIMAY</small>	<small>Registro de Ruc y Permisos</small>	<small>Área de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO</small>

ANEXO 15: Certificado de ensayo de absorción: 10% PET / 4% ASERRÍN / 7 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayillo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN
-------------------------------------	---------------------------------

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 NTP 399.012 / NTP 399.604

REFERENCIA	Dama de adobe		
SOLICITANTES	Asociación Villa Gloria Calle - Avenida Omar Fajos Velasco		
FESES	Elaboración de ladrillos ecológicos a base de agregado de polietileno (PET) y aserrín mediante compactación homogénea en húmedo y por compresión		
UBICACIÓN	Distrito de Carabayillo, Provincia de Lima y Departamento de Lima		Fecha de emisión: 29/03/2023
TIPO	10% PET / 4% ASERRÍN		

IDENTIFICACIÓN (SEÑAL)	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (24 hrs) (g)	ABSORCIÓN (%)
M-1	5104	5338	4.6
M-2	5092	5342	4.6
M-3	5087	5327	4.7
M-4	5090	5331	4.6
M-5	5116	5347	4.5
			4.58

RESERVACIONES:
 * Muestras identificadas por el solicitante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización expresa del Área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PAZ INGENIERO CIVIL - CIP N° 2211 JC GEOTECNIA LABORATORIO	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
<small>Jefe de Laboratorio</small>	<small>Ingeniero de Obras y Perforaciones</small>	<small>Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO</small>

ANEXO 16: Certificado de ensayo de absorción: 5% PET / 2% ASERRÍN / 15 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayillo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN
-------------------------------------	---------------------------------

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NFP 398.017 / NFP 398.006

REFERENCIA	Datos de absorción
SOLICITANTES	Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2 - Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
TESTES	Elaboración de pedúnculos rectangulares a base de cemento de polietileno (PET) y aserrín mediante compactación homogénea en estado y por compresión
UBICACIÓN	Ciudad de Carabayillo, Provincia de Lima y Departamento de Lima Fecha de emisión: 15/03/2023

TIPO	1	5% PET / 2% ASERRÍN
-------------	---	---------------------

IDENTIFICACIÓN (IDENR)	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (24 hrs) (g)	ABSORCIÓN (%)
M-1	5269	5521	4.4
M-2	5304	5518	4.0
M-3	5255	5486	3.8
M-4	5251	5524	4.4
M-5	5311	5531	4.1
PROMEDIO			4.15

OBSERVACIONES:
 * Muestras identificadas por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Elaborado por: 	Revisado por: ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CP N° 221475 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. <small>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</small>	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. <small>Ingeniero de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.</small>
---------------------------	--	--

ANEXO 17: Certificado de ensayo de absorción: 5% PET / 4% ASERRÍN / 7 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabaylo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 NTP 399.813 / NTP 399.604

REFERENCIA	Código de laboratorio		
SOLICITANTES	Joana Leon Valero Calle - Hissari Omar Falcon Victoria		
TESTES	Elaboración de laslitas ecologicas a base de leontano de paveslono (PET) y aserrín reciclado: absorción homogenerada sin coacción y por compresión		
UBICACIÓN	Código de Carabaylo, Provincia de Lima y Departamento de Lima		Fecha de emisión: 08/03/2023

TIPO	5% PET / 4% ASERRIN
-------------	---------------------

IDENTIFICACIÓN (DISEÑO)	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (24 hrs) (g)	ABSORCIÓN (%)
M-1	525	5510	4.9
M-2	526	5525	4.9
M-3	525	5492	4.8
M-4	519	5431	4.5
M-5	520	5521	4.3
PROMEDIO			4.59

OBSERVACIONES:
 * Muestras identificadas por el solicitante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeiero de Suelos y Partículas	 ABEL MARCELO PASCO DEL INGENIERO CIVIL - CP N° 22147 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeiero de Suelos y Partículas	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO

ANEXO 18: Certificado de ensayo de absorción: 10% PET / 2% ASERRÍN / 7 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D L1 2
 Carabaylo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN
-------------------------------------	---------------------------------

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 N°P 289.812 / N°P 289.804

REFERENCIA	- Datos de laboratorio		
SOLICITANTES	- Junta Acon y Area Civil - Paseo Don Pedro Pablo Kuczynski		
TESTE	- Estabilidad de acrílicos acrílicos a base de resinas de poliéster (PEI) y acrílico metílico - clasificación homogénea de 100000 y por litometría		
UBICACIÓN	- Distrito de Carabaylo - Provincia de Lima y Departamento de Lima	Fecha de emisión:	28/10/2023

TIPO	10% PET / 2% ASERRÍN
-------------	----------------------

IDENTIFICACIÓN (DESCR)	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (24 hrs) (g)	ABSORCIÓN (%)
M-1	3100	3258	3,1
M-2	3100	3258	3,7
M-3	3260	3388	2,3
M-4	3130	3288	4,1
M-5	3280	3391	3,8
PROMEDIO			3,17

OBSERVACIONES:
 * Aluevas identificación por el solicitante
 * Fotografiar la reproducción parcial o total de este documento en la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CP N° 22147 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. <small>Registro de Datos y Parametros</small>	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. <small>Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.</small>

ANEXO 19: Certificado de ensayo de absorción: 10% PET / 2% ASERRÍN / 15 días de curado.



Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayillo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN
-------------------------------------	---------------------------------

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 NTP 399.843 / NTP 399.604

REFERENCIA	- Datos de laboratorio
SOLICITANTES	- Usmec Iron Valley Cols - Asesor Omar Fajari Muñoz
TESTS	- Elaboración de cubos ecodensos a base de mortero de poliduro (PET) y aserrín mediante cualificación homologada en laboratorio por competencia
UBICACIÓN	- Distrito de Carabayillo, Provincia de Lima y Departamento de Lima Fecha de emisión: 17/09/2022

TIPO	10% PET / 2% ASERRIN
-------------	----------------------

IDENTIFICACIÓN (CUBO)	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (24 hrs) (g)	ABSORCIÓN (%)
M-1	5175	5255	3.8
M-2	5210	5380	3.4
M-3	5175	5344	3.3
M-4	5150	5365	4.8
M-5	5180	5382	3.2
PROMEDIO			3.54

OBSERVACIONES:
 * Muestras identificadas por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

 Elaborado por:	Revisado por: ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL / CP N° 221458 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
<small>Jefe de Laboratorio</small>	<small>Ingeniero de Rastreo y Seguimiento</small>	<small>Gerente de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO</small>