

Tatiana

Articulo turnitin.docx

 My Files My Files Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:474090589

Fecha de entrega

15 jul 2025, 5:09 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 ago 2025, 3:38 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Articulo turnitin.docx

Tamaño de archivo

1.2 MB

38 Páginas**8549 Palabras****45.310 Caracteres**

16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 13%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	3%
2	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
3	Internet	www.slideshare.net	<1%
4	Internet	repositorio.unach.edu.pe	<1%
5	Trabajos entregados	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2021-05-31	<1%
6	Internet	upc.aws.openrepository.com	<1%
7	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
8	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
9	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-01-22	<1%
10	Trabajos entregados	Universidad Continental on 2025-06-10	<1%
11	Trabajos entregados	Universidad Tecnológica del Peru on 2025-07-11	<1%

12	Internet	www.coursehero.com	<1%
13	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2024-06-18	<1%
14	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-07-04	<1%
15	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
16	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-12-12	<1%
17	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2023-12-26	<1%
18	Trabajos entregados	uazuay on 2024-05-28	<1%
19	Trabajos entregados	CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA on 2025-05-10	<1%
20	Trabajos entregados	Universidad Autónoma de Nuevo León on 2023-09-06	<1%
21	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-08-08	<1%
22	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-13	<1%
23	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
24	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-17	<1%
25	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%

26	Trabajos entregados	Fundació Per A La Docencia Sant Llatzer on 2025-02-14	<1%
27	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-01-13	<1%
28	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-06	<1%
29	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2023-12-13	<1%
30	Trabajos entregados	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2024-09-20	<1%
31	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-10-04	<1%
32	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-12-03	<1%
33	Internet	cybertesis.uni.edu.pe	<1%
34	Internet	gresis.osc.int	<1%
35	Internet	ouci.dntb.gov.ua	<1%
36	Trabajos entregados	Escuela Politecnica Nacional on 2024-02-26	<1%
37	Trabajos entregados	Institución Tecnológica Metropolitana de Medellín on 2023-10-27	<1%
38	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2023-12-04	<1%
39	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-21	<1%

40	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-04-22	<1%
41	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-06-17	<1%
42	Trabajos entregados	Universidad Militar Nueva Granada on 2019-05-10	<1%
43	Trabajos entregados	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2019-01-11	<1%
44	Trabajos entregados	Universitat Politècnica de València on 2022-05-16	<1%
45	Internet	repository.unimilitar.edu.co	<1%
46	Internet	revistas.ubiobio.cl	<1%
47	Internet	www.fluencecorp.com	<1%
48	Publicación	Anton C. Groot. "Patch Test Concentrations and Vehicles for Testing Contact Aller...	<1%
49	Publicación	Montagne Velásquez, Richard Adnán. "Mantenimiento de las celdas electrolíticas ...	<1%
50	Trabajos entregados	UNILIBRE on 2024-09-21	<1%
51	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2018-02-08	<1%
52	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2022-01-27	<1%
53	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2023-08-29	<1%

54	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2024-03-27	<1%
55	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2022-05-30	<1%
56	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-20	<1%
57	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2023-03-31	<1%
58	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2023-07-07	<1%
59	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-11-19	<1%
60	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-02-06	<1%
61	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-02-06	<1%
62	Trabajos entregados	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2021-05-21	<1%
63	Trabajos entregados	Universidad Privada del Norte on 2023-04-22	<1%
64	Trabajos entregados	Universidad Privada del Norte on 2024-02-18	<1%
65	Internet	col.sika.com	<1%
66	Internet	fr.slideshare.net	<1%
67	Internet	laccei.org	<1%

68	Internet	patents.google.com	<1%
69	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	<1%
70	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
71	Internet	tesis.pucp.edu.pe	<1%
72	Trabajos entregados	ufidelitas on 2025-03-06	<1%
73	Internet	www.ccsa.org.es	<1%
74	Internet	www.scribd.com	<1%

Evaluación de Bloques Lego de Tierra Comprimida con Cemento y Fibras Pet en Muros no Portantes

Resumen

La investigación estuvo orientada a evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques lego con cemento y fibras PET. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo donde se recolecto y analizo datos numéricos, diseño cuasi experimental ya que se fabricaron bloques con diferentes proporciones de cemento y fibras PET comparadas con un grupo control y de tipo aplicada donde se pretende solucionar la problemática de la investigación promoviendo la reducción de residuos plásticos y planteando una alternativa sostenible. Los resultados de resistencia a compresión alcanzaron valores de 11kg/cm², 11.80kg/cm², 16.10kg/cm² y 15.60kg/cm², la resistencia a compresión diagonal alcanzó valores de 2.30kg/cm², 5.50kg/cm², 5.49kg/cm² y 5.10kg/cm² y la resistencia a compresión en pilas, obtuvo valores de 0.41kg/cm², 0.45kg/cm², 0.80kg/cm² y 0.75kg/cm², donde, de las tres dosificaciones empleadas, la adición de 0.5% de fibras PET fue óptima en la elaboración de bloques lego de tierra comprimida. Este porcentaje de adición tuvo mayor influencia, mejorando sus propiedades alcanzando valores satisfactorios y cumpliendo con las exigencias de las normativas. Por lo tanto, se concluye que las fibras PET mejoran las propiedades de los bloques, incrementando su resistencia y garantizando la durabilidad. Esto hace que sea una opción viable para su uso en la construcción de muros, ya que, por su forma de diseño, los bloques lego pueden entrelazarse entre sí, encajando un bloque con otro, lo que agiliza el proceso de construcción por lo que el tiempo empleado será menor en comparación a la construcción de un muro de albañilería convencional.

Palabras clave:

Bloques lego, compresión en pilas, compresión diagonal, resistencia a compresión, PET

I. Introducción

La construcción actual de estructuras de ingeniería enfrenta una variedad de desafíos, como la falta de mano de obra calificada, la baja adaptación a las nuevas tecnologías y la creciente preocupación por los impactos negativos en el medio ambiente. Estos desafíos han comprometido significativamente la productividad y los beneficios económicos de la industria de la construcción (Bao y Li, 2020). Mundialmente, la industria constructora representa más del 34% del consumo de energía y contribuye al 37% de la emisión de CO₂, de las cuales el 10% proviene de la fabricación de materiales y productos de construcción (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022). Las emisiones de las chimeneas del proceso de fabricación de ladrillos tienen impactos adversos en la calidad del aire ambiente, así como en el suelo (Bünemann et al., 2018). Se menciona que la producción anual de ladrillos alcanzó los 1,83 billones de unidades en 2017 y se estima que aumentará a 2,76 billones de unidades para 2027 (Bhairappanavar et al., 2021)

El rápido crecimiento de la población y la industrialización ha acelerado el consumo de recursos no renovables, provocando la contaminación ambiental y el calentamiento global. Además, la creciente preocupación por el desarrollo sostenible y la creciente demanda de viviendas asequibles han cambiado la atención de los investigadores hacia materiales de construcción alternativos con bajo impacto ambiental. En este contexto, la tierra ha sido redescubierta como un material de construcción viable y sostenible (Kasinikota y Tripura, 2022). La demanda de una técnica de construcción simple, fácil y rápida ha llevado al desarrollo de sistemas de mampostería que puedan mejorar la eficiencia en la construcción sin el empleo de mortero en las juntas, minimizando la falta de mano de obra calificada y reduciendo el tiempo de construcción. Por lo tanto, es necesario buscar materiales alternativos que sean económicos y asequibles. En algunas investigaciones se ha propuesto el uso modificado de tecnologías indígenas de construcción con tierra y el uso de materiales sostenibles (Akinwumi et al., 2015).

Esto exige la invención o consideración de nuevos materiales que puedan abordar las deficiencias de los materiales de construcción convencionales (Jaafar et al., 2006). Para abordar los problemas antes mencionados, los investigadores se han centrado en diferentes materiales (como áridos reciclados, papel usado, relaves de hematita, lodos de mármol, etc.) que pueden ser empleados para la producción de ladrillos (Khan et al., 2021) o bloques que sean rentables y respetuosos con el medio ambiente (Rezaee et al., 2017). El uso de la tierra como una opción de construcción económica ha atraído una gran atención en el ámbito de la investigación, lo que ha llevado a avances en los procedimientos de construcción, particularmente en la producción de bloques de tierra comprimida entrelazados para albañilería (Silva et al., 2015).

Durante este esfuerzo, también se introdujo el concepto de estabilización del suelo utilizando cemento o cal para producir bloques de tierra comprimida entrelazados (Gul et al., 2022). Estos bloques se producen mezclando tierra y otras materias primas con un estabilizador (cemento, álcali, cal, etc.) y luego moldeando y comprimiendo la mezcla en la forma deseada mediante una prensa. La presión de compresión utilizada en la producción de estos bloques da como resultado formas regulares y propiedades superiores de resistencia y durabilidad. En comparación con otros materiales de construcción, los bloques de tierra comprimida entrelazados ofrecen varias ventajas, como el uso óptimo de materiales disponibles localmente y la reducción de los costos de transporte (Gul et al., 2018). En la estabilización de suelos con cemento Portland se producen reacciones de hidratación de silicatos y aluminatos, formando un gel que llena parte de los huecos de la masa y une las partículas de suelo adyacentes, proporcionando a su vez una mayor resistencia (Dhandapani et al., 2018). Al añadir cemento al suelo se obtienen mejoras en términos de características mecánicas y de estabilidad respecto a la variación del contenido de agua, así como un aumento del rendimiento de compactación y de la resistencia a la compresión (Scrivener et al., 2018). La adición de cemento en un porcentaje de 10% al suelo para la elaboración de bloques tiene gran influencia,

tal como lo mencionan los autores Aquino, et al. (2018) que los bloques de suelo-cemento presentan una resistencia a la compresión parecida a los cerámicos; sin embargo, para su utilización debe ser considerado el periodo de cura y endurecimiento, donde los bloques de 8% y 10% ya pueden ser utilizados a partir de los 7 días, una vez que se desarrollan las resistencias recomendadas. Así mismo, los investigadores Cabrera, et al. (2020) indican que, utilizando arena y suelo típicos de la región de Santa Fe en Argentina, mejorados con porcentajes de entre 5% y 10% de cemento Portland, se logran niveles de resistencia a compresión adecuados y que cumplen su función estructural, al mismo tiempo se reduce el impacto ambiental vinculado a esta clase de materiales de construcción.

Así mismo, el uso de fibras naturales ha demostrado ser exitoso en la mejora de las propiedades mecánicas de la construcción con tierra (Turco et al., 2021) las fibras naturales, como la paja, se han utilizado en el adobe y otras formas tradicionales de construcción con tierra durante miles de años, para reducir el agrietamiento por contracción y mejorar la resistencia a la tracción y a la compresión (Bei y Papayianni, 2003). Sin embargo, cuando se utilizan fibras naturales sin tratar, existe la posibilidad de que se degraden en el entorno alcalino resultante de la hidratación del cemento Portland, lo que puede afectar negativamente la durabilidad de los bloques (Morel et al., 2007) Por lo tanto, surgió la búsqueda de nuevas alternativas de elementos fibrosos que estén localmente disponibles para ser empleados en la elaboración de los bloques de tierra comprimida. En una investigación realizada en Ayacucho reveló que adición del 6% de fibras PET incrementó la resistencia del adobe en un 62% y mejoró sus propiedades térmicas y de absorción (Noa y Ordoñez, 2022). Además, una tesis en Trujillo evaluó porcentajes de PET entre 0% y 2% en bloques de adobe estabilizados, encontrando que las fibras PET también mejoran la durabilidad del adobe y su resistencia a la compresión, haciéndolo un material viable y económico para construcciones sostenibles en el país (Espinoza, 2021). De la misma manera la investigación realizada en la ciudad de Cusco indica que el incluir tiras de PET afecta las propiedades físicas y mecánicas de los adobes. Se

concluye que la adición de tiras de PET al 3% mejora la resistencia a la compresión alcanzando un aumento de 3.87 kg/cm² en comparación con el adobe de control, anticipándose además de que la resistencia incrementará a medida que el porcentaje de PET aumenta, haciéndolos más adecuados para su uso en la construcción y beneficioso para los adobes mejorados (Huilca y Arphi, 2024). Así mismo la investigación realizada en Lamas indica que La adición de fibras de botellas plásticas recicladas en un 12% al adobe mejora de manera significativa su resistencia a la compresión incrementando en un 36% respecto a la resistencia mínima indicada por la norma E-080, y en un 5.13% al ser comparado con el adobe patrón, por otro lado la incorporación de fibras de PET en los bloques de adobe resultó en un costo de S/0.397 por unidad, lo que muestra que existe una reducción del costo en comparación con los adobes convencionales, ofreciendo una alternativa sostenible y eficiente para la construcción en Lamas (Lozano y Valle, 2020), La investigación realizada en el distrito de Pimentel menciona que la incorporación de 2% de PET en forma triturada y 0.4% de fibras de HDPE en la fabricación de adobes mejora de forma significativa sus propiedades físico-mecánicas, la combinación de 3% de PET triturado y 0.6% de HDPE disminuyó la absorción de agua y la succión en un 52.76% y 56.91%, respectivamente, en comparación con el adobe estándar, lo que implica una menor susceptibilidad a la humedad y con la adición óptima de 2% de PET en forma triturada y 0.4% de HDPE, se observaron los siguientes incrementos en comparación con el adobe estándar: resistencia a compresión tuvo un aumento a 24.2%, su capacidad de resistir a flexión en unidades tuvo un incremento a 52.47%, la compresión en prismas una mejora del 27.04% y a compresión diagonal un incremento a 43.54%, ofreciendo una alternativa viable y sostenible para la construcción con unidades de albañilería de tierra (Fernandez y Manriquez, 2024). Diferentes fuentes afirman que la contaminación plástica viene afectando el medio ambiente en todo el planeta, la ONU identifica que los productos de un solo uso fabricados de plástico son una de las principales problemáticas ambientales de nuestra era. Este término abarca objetos como botellas de plástico y envoltorios de caramelos, diseñados para ser usados una sola vez

antes de ser desechados, incrementando significativamente la crisis de la contaminación plástica (RPP, 2024).

El uso de plástico ha aumentado considerablemente en las economías desarrolladas a nivel mundial (Awoyera y Adesina, 2020). Una persona consume aproximadamente 50 kg de plástico anualmente en el mundo. Este uso excesivo de plástico da lugar a una gran cantidad de residuos a base de plástico. Dado que los desechos plásticos, un material ambientalmente peligroso y no biodegradable, no se transforman en material reciclado de manera simple, el mundo enfrenta un obstáculo importante en su diagnóstico, tratamiento y reutilización (Sanjaykumar. y Daule, 2017). El PET se clasifica como basura plástica no biodegradable que se arroja en vertederos y océanos, lo que eventualmente podría poner en peligro la salud humana y el medio ambiente (Dias et al., 2018). Alrededor del 63% en peso de todos los residuos plásticos producidos provienen del PET, que tiene un volumen importante de ingresos que se destina a vertederos no utilizados debido a su larga vida útil y sus características de resistencia a la biodegradación (Nabgan et al., 2017). En el Perú, apenas el 4% de las 900.000 toneladas de plástico que se desechan son reciclados para producir nuevos envases que no afecten el medio ambiente y el equilibrio en el planeta. (Ministerio del Ambiente, 2020). El distrito de Huata no es la excepción, ya que también sufre de contaminación proveniente de residuos plásticos producto del consumo de bebidas embotelladas durante diferentes actividades. Estos residuos no siempre son depositados o desechados en los lugares destinados como depósitos de materiales sólidos, lo que causa que muchos de estos envases terminen siendo esparcidos en diversas zonas como áreas de cultivo y pastizales, generando impactos negativos. El distrito de Huata está vinculado al ámbito ganadero (producción de leche y queso) y agrícola, por lo que se pretende disminuir este impacto ambiental aprovechando este material contaminante y dándole un uso a los envases de PET en forma de fibras, con el propósito de optimizar las propiedades mecánicas de los bloques lego.

La investigación estuvo orientada a evaluar cómo influyen las fibras PET en los bloques lego de tierra comprimida estabilizada con cemento, debido a que en el Distrito de Huata la población aun emplea la tierra para la fabricación y elaboración de los adobes tradicionales y los usa para construir sus viviendas. Este distrito se encuentra en una zona altoandina. La temperatura en el distrito de Huata generalmente oscila entre -4 °C a 17 °C, los veranos son cortos, nublados y frescos; mientras que los inviernos también cortos, muy fríos y en su mayoría despejados. La región se mantiene seca durante todo el año, con lluvias que duran aproximadamente 7 meses, desde setiembre a abril. Enero es el mes con más lluvia, con un promedio de 72 milímetros de precipitación (WeatherSpark, 2016). Muchas viviendas en la región son construidas sin considerar las especificaciones de las normativas establecidas. El uso del adobe es económicamente factible, ya que gran parte de la población se encuentra dentro del sector de bajos recursos. Sin embargo, una pequeña parte de la población está construyendo con albañilería confinada, empleando el método tradicional de ladrillo y mortero. Además, al no haber un control regular, se observa un consumo desmedido de las materias primas para la elaboración de estos materiales. Por ello, surge la propuesta de emplear bloques lego de tierra comprimida, con el fin de disminuir el uso de mortero y facilitar la construcción, además de reducir la contaminación del ambiente que causa la quema de ladrillos y promover el reciclaje de envases de PET. Esta solución busca ser accesible para la población y satisfagan los requerimientos de las normativas E.070 y E.080.

II. Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Distrito de Huata, perteneciente a la provincia y departamento de Puno. Su ubicación geográfica está en las siguientes coordenadas: latitud 15°62'65" S y longitud 69° 99' 49" W.

La metodología empleada tiene un enfoque cuantitativo, diseño cuasi experimental y es de tipo aplicada. Se propuso realizar pruebas físicas, como: determinar el peso específico de los bloques, la variación dimensional, el alabeo y absorción, determinar y pruebas mecánicas,

como las resistencias a la compresión, a la compresión en pilas y a la compresión diagonal.

Estas pruebas se realizaron tanto de la muestra patrón, a la cual se añadió 10% de cemento portland, como en las combinaciones con diferentes cantidades de fibras PET, estas fueron incorporadas en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7%.

Se elaboraron un total de 284 bloques lego de tierra comprimida, considerando la normativa E.080 que indica que se debe cumplir con el promedio de cuatro mejores muestras, el total de los bloques fueron distribuidos para las diferentes pruebas físico mecánicas. Estos bloques fueron secados dentro del laboratorio a temperatura ambiente y bajo sombra durante 28 días. Los bloques destinados a la elaboración de muretes fueron curados 7 días adicionales, después de la construcción de los muros. Pasados los días de secado, se procedió a realizar las pruebas físico mecánicas mencionadas anteriormente.

Tabla 1

Distribución de cantidades de bloques lego por ensayo

PRUEBAS FISICAS	PATRÓN	0.3% PET	0.5% PET	0.7% PET
Absorción	4	4	4	4
Alaveo	8	8	8	8
Variación dimensional	6	6	6	6
Sub total	18	18	18	18
Total	72			

La distribución de los bloques para las pruebas mecánicas

Tabla 2

Distribución de cantidades de bloques lego por ensayo

PRUEBAS MECANICAS	PATRÓN	0.3% PET	0.5% PET	0.7% PET
Resistencia a compresión	4	4	4	4
Resistencia a compresión en pilas	12	12	12	12
Resistencia a compresión diagonal	51	51	51	51
Total	268			

2.1. Base teórica

Para lograr que los bloques de tierra comprimida alcancen una resistencia adecuada y puedan ser utilizados como una alternativa de construcción, el suelo a emplear debe cumplir con diferentes características físicas, como la prueba de cinta de barro, la presencia de arcilla, granulometría y los límites de atterberg, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3

Requerimientos de las características del suelo

Prueba	Requerimientos	Fuente
Cinta de barro	entre 20 cm y 25 cm	Muy arcilloso
	se corta a los 10 cm o menos	Poca arcilla
Presencia de arcilla	No se rompe	Usar
	Se rompe	No usar
Granulometría		Arcilla 10 – 20%
		limo 15 – 25%
		arena 55 – 70%
		(1983)
Suelo - cemento		Malla N° 4, entre 100 – 15%
		Malla N° 40, entre 100 – 15%
		N° 200, entre 50 – 10%,
Limite plástico	< 18%	Toirac (2008)
Limite líquido	< 45%	Toirac (2008)

Debido a que no hay una normativa en el Perú que regule o especifique los requerimientos de las propiedades físicas de los bloques de tierra comprimida, se tomó como referencia los requerimientos especificados para propiedades físicas en la normativa E.070 de albañilería. Estas se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4
Requerimientos de propiedades físicas

Pruebas	Requerimiento	Fuente
Absorción	15%	(E.070, 2006)
Alabeo cara inferior	8 mm	
Alabeo cara superior	8 mm	
Variación dimensional (Largo)	±7 cm	
Variación dimensional (Altura)	±6 cm	
Variación dimensional (Ancho)	±4 cm	

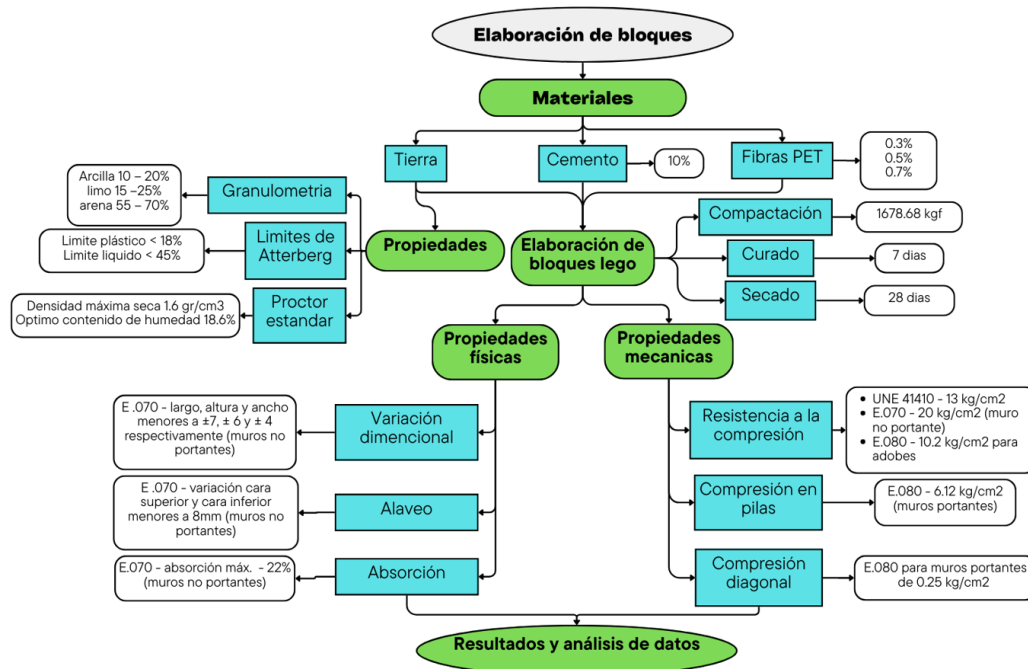
Los requerimientos de propiedades mecánicas que deben cumplir los bloques se describen en la tabla 4, donde la norma E.080 de diseño y construcción con tierra reforzada indica las resistencias que deben cumplir los bloques. Además, se incluyen algunas normativas internacionales que especifican las resistencias de compresión mínimas que deben cumplir los bloques de tierra comprimida.

Tabla 5
Requerimientos de propiedades mecánicas

Pruebas	Requerimiento	Fuente
Resistencia a compresión	10.2 kg/cm ²	(E.080, 2017)
Resistencia a compresión de BTC	36 kg/cm ² posición horizontal	NZS 4298 (SNZ, 1998)
	20 kg/cm ² posición vertical	
	30 kg/cm ²	Mexicana NMX C 508
	21 kg/cm ²	Estados Unidos NMAC 14.7.8
	13 kg/cm ²	España UNE 41410
Resistencia a compresión en pilas	6.12 kg/cm ²	(E.080, 2017)
Resistencia a compresión en muretes	0.25 kg/cm ²	(E.080, 2017)

Figura 1

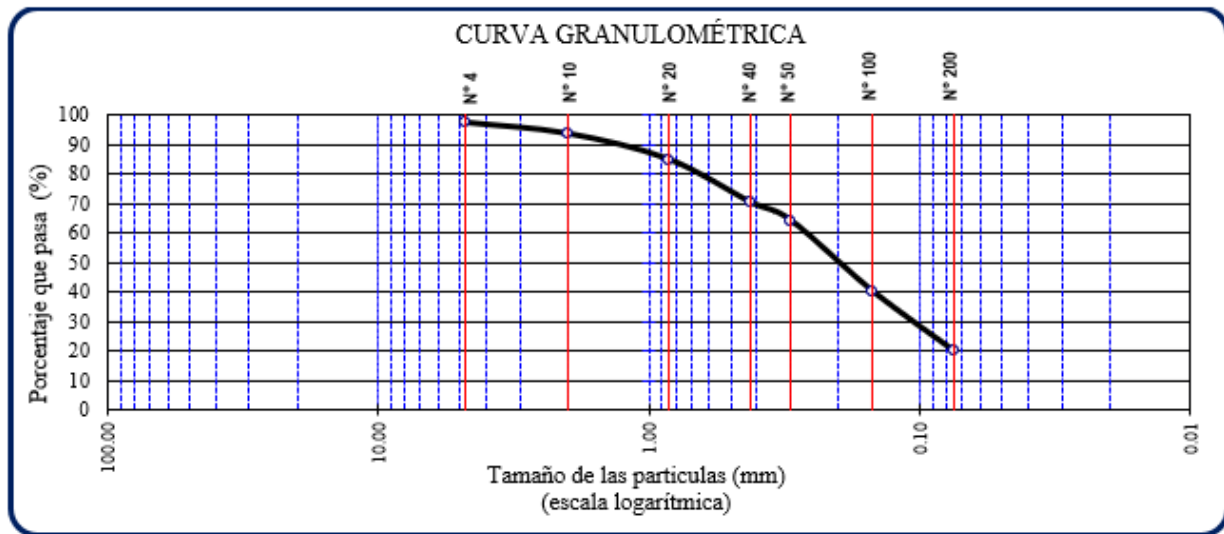
Flujograma del proceso de elaboración de bloques



En el flujograma se describe el proceso para la elaboración de los bloques lego, desde la obtención de cada uno de los materiales y las cantidades empleadas, los ensayos realizados especificando las solicitaciones de las normativas y, finalmente, el procesamiento y análisis de los resultados obtenidos.

2.2. Materiales

Suelo. Fue usado para la elaboración de los bloques lego se obtuvo de un área de suelo clasificado para la fabricación de adobes artesanales en el Distrito de Huata. Inspeccionado visualmente, es de color marrón. El material fue tamizado por la malla N° 4 con el fin de separar las partículas más grandes. Después de ese proceso, fue transportado al laboratorio para las respectivas pruebas físico mecánicas, donde se determinó su distribución dentro de la curva granulométrica, los límites líquido, plástico así mismo el índice de plasticidad.

Figura 2*Curva granulométrica***Tabla 6***Propiedades del suelo*

Propiedades del suelo		
Cinta de barro	Presencia de arcilla	21 cm
Presencia de arcilla	No se rompe	
Granulometría	Clasificación	SC Arena arcillosa
Límites de Atterbeg	% Limite liquido	25.71
	% Limite plástico	15.20
	% Índice de plasticidad	10.51

En la figura 2 y tabla 6 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al suelo natural que se empleó para la elaboración de bloques lego de tierra comprimida Cemento. Se empleo el cemento Rumi tipo portland que es el más comercial en la región Puno además de que cumple con los estándares de calidad para su uso es este caso con la finalidad de incrementar la resistencia de los bloques lego.

Tabla 7
Propiedades del cemento

Propiedades del Cemento	
Peso específico	2.75 a 2.85 Gr/cm ³
Perdida por ignición	1.5 a 4.0 %
SO ₃	1.5 a 3.0 %
Expansión en autoclave	0.07 a 0.03%
Contenido de aire	2.5 a 8.0
Fraguado vicat inicial	170 a 70 min.
Resistencia a la compresión	175 a 200 Kg/cm ²
	225 a 255 Kg/cm ²
	306 a 340 Kg/cm ²
Expansión a los 6 m.	< 0.04 %
Expansión a 1 A.	< 0.05 %

Nota. Ficha técnica cemento Rumi, 2022

Tereftalato de polietileno (PET). Se emplearon fibras de PET (tereftalato de polietileno) de tamaños promedio de 0.03 x 0.3 cm como material para reducir la aparición de fisuras en los bloques de lego. Así como generalmente se usa la paja para reforzar los adobes tradicionales, el empleo de las fibras PET también es añadida con la finalidad de contribuir con el reciclado de los envases de botellas de diferentes bebidas, disminuyendo la contaminación ambiental. Las botellas generalmente son de un solo uso, por lo que son consideradas como los principales contaminantes ambientales.

Tabla 8
Propiedades del tereftalato de polietileno

Propiedades del Tereftalato de polietileno	
Resistencia a la tracción	Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	28550 Kg/cm ²
Resistencia a la flexión	140 Kg/cm ²
Peso específico	134 G/cm ³
Absorción por humedad	0.25 %
Temperatura de fusión	255 °C
Conducción térmica	Baja
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena
Resistencia a álcalis débiles	Buena
Resistencia a ácidos débiles	Buena

Nota. Plásticos Mecanizables, 2017

2.3. Método experimental

Para la fabricación de los bloques lego de tierra comprimida con cemento y dosificaciones de fibras PET, se realizó de manera manual en una prensa fabricada artesanalmente para obtener un grado de compactación constante. Este proceso se realizó considerando los resultados de la prueba de compactación del Proctor estándar obtenido tanto para el suelo patrón y los bloques con fibras PET.

La energía de compactación se obtuvo mediante la siguiente formula.

$$Ec = \frac{W * h * N * n}{V}$$

Donde:

Ec: Energía de compactación

V: Volumen del molde de compactación

h: altura de caída del martillo de compactación

W: Peso de martillo de compactación

n: Numero de capas, dentro del molde de compactación

N: Numero de golpes que se aplica a cada capa

$$Ec = \frac{2.40 * 0.31 * 25 * 3}{0.00121}$$

$$Ec = 45445.99 \text{ kgf/m}^2$$

La fuerza de compactación se calculó utilizando la siguiente formula.

$$Fc = Ec * ab$$

Donde:

Fc: Fuerza de compactación

Ec: Energía de compactación

ab: área de la base

$$Fc = 45445.989 * 0.264 * 0.14$$

$$Fc = 1679.68 \text{ kgf}$$

Densidad del Proctor: 1.651 gr/cm³

Peso de la muestra: 6102.096

En función a la densidad obtenida al realizar la prueba de Proctor estándar, se determinó el peso de la muestra. Dicho peso se introdujo en la prensa manual, cuyas medidas son 26.4 x 14 x 10 cm. Las medidas de la prensa manual se visualizan en las imágenes mostradas a continuación:

Figura 3

Vista lateral de las medidas de la prensa manual

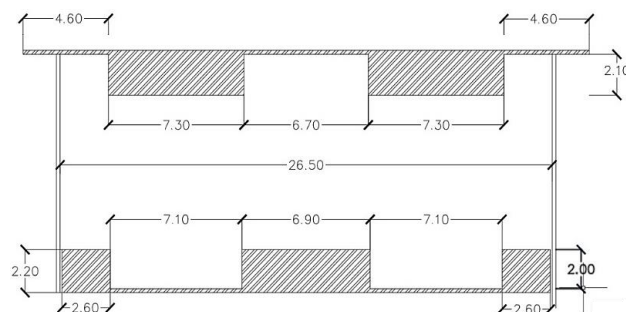
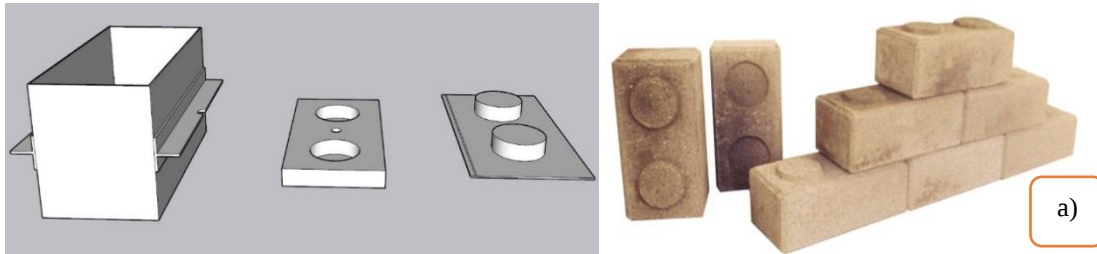


Figura 4

Prototipo de la prensa manual



Nota. a) Bloques lego de tierra comprimida

2.4. Preparación del suelo y muestras

- El suelo obtenido fue sometido a diferentes pruebas físico-mecánicas para determinar sus características. Una vez que los resultados fueron favorables, se preparó una mezcla de suelo con un 10% de cemento, obteniéndose así la muestra patrón.
- La muestra patrón se mezcló con fibras PET en porcentajes de 0.3%, 0.5%, y 0.7%. Las fibras PET se obtuvieron de manera manual, con tamaños promedio de 0.03 x 0.3 cm. Para asegurar la uniformidad en la adición de las fibras, se empleó una mezcla manual durante aproximadamente cinco minutos, garantizando una distribución uniforme en toda la matriz de tierra y cemento. Además, la cantidad de fibras se midió con una balanza de precisión para mantener una dosificación constante en gramos por bloque.
- Se realizó una prueba de compactación Proctor estándar para determinar la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad de las muestras patrón y de las modificadas con fibras PET. Esto permitió definir la cantidad de agua a añadir en cada mezcla y calcular la cantidad de suelo para que se ajustara al volumen de la prensa.
- La preparación de las muestras se realizó manualmente, mezclando en seco y añadiendo agua en función del contenido de humedad óptimo determinado en la

prueba Proctor. Una vez obtenida cada mezcla con sus respectivas adiciones de fibras PET, se procedió a moldear los bloques en una prensa manual.

- La prensa manual se diseñó con un volumen de 3696 cm³, de modo que, al agregar la cantidad calculada de suelo, se alcanzara la densidad necesaria para los bloques. Esta configuración permitió obtener bloques uniformes y compactos.
- Después del moldeado, los bloques lego de tierra comprimida se dejaron secar a temperatura ambiente bajo sombra durante 24 horas. Posteriormente, se realizó el curado mediante rociado de agua durante siete días.
- Pasado el período de curado, se elaboraron muretes para realizar la prueba de compresión diagonal. Estos también fueron sometidos a un curado adicional de siete días. Transcurrido el tiempo de secado bajo sombra de 28 días, conforme a la norma E.080 para bloques lego de tierra comprimida, tanto los bloques como los muretes estaban listos para los ensayos físico-mecánicos.
- Concluido el período de secado y curado, se procedió a realizar los ensayos físico-mecánicos de los bloques y muretes, incluyendo la prueba de resistencia a la compresión diagonal. Para las pruebas se usaron equipos calibrados.

En la tabla 9 se detallan las densidades y óptimo contenido de humedad empleados por cada dosificación.

Tabla 9

Ensayo de Proctor estándar de la muestra patrón y las combinaciones con fibras PET

Muestra	Densidad máxima seca (gr/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)
Patrón	1.651	18.00
0.3% PET	1.551	18.90
0.5% PET	1.621	18.56
0.7% PET	1.597	19.00

Las proporciones de los materiales empleados para la fabricación de los bloques lego de tierra comprimida se detallan en la tabla 10.

Tabla 10

Dosificación de materiales

Muestra	Suelo	Cemento	PET	Agua
Patrón	90%.	10%	0.0%	16%
Modificado 1	90%.	10%	0.3%	18%
Modificado 2	90%.	10%	0.5%	18%
Modificado 3	90%.	10%	0.7%	18%

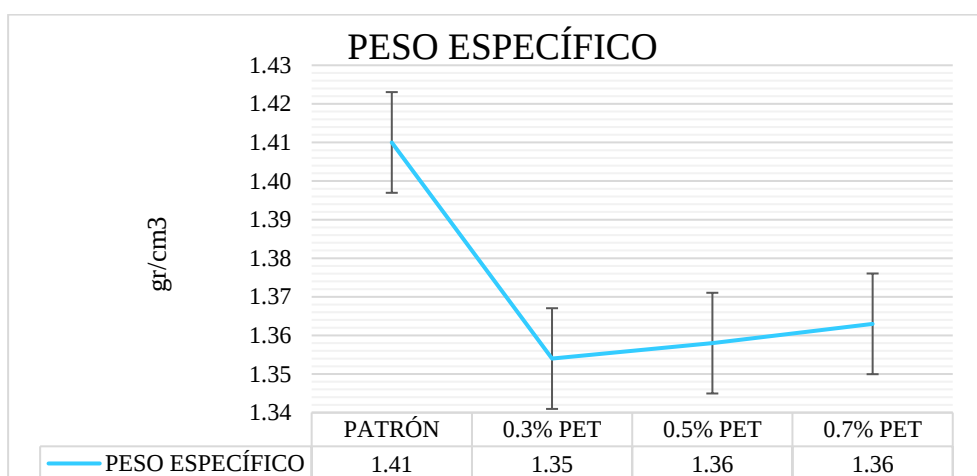
III. Resultados y discusiones

3.1. Pruebas físicas a los bloques lego de tierra comprimida

En las tablas y figuras mostradas a continuación se visualizan los resultados que se obtuvieron de las pruebas físicas realizadas a los bloques lego, tanto de los bloques lego patrón y los bloques lego con dosificaciones de fibras PET.

Figura 5

Peso específico de los bloques lego de tierra comprimida

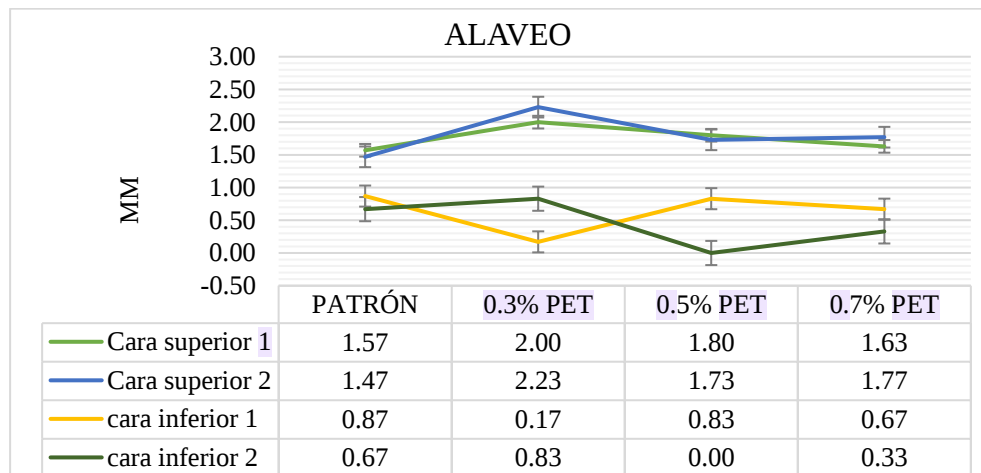


En la figura 5 se aprecian los resultados de los pesos específicos de cada uno de los bloques lego. Se observa una disminución en los pesos específicos a medida que el material

de incorporación de fibras PET (0.3%, 0.5% y 0.7%) incrementa, lo que indica una menor compactación y presencia de espacios vacíos a mayor porcentaje de fibras.

Figura 6

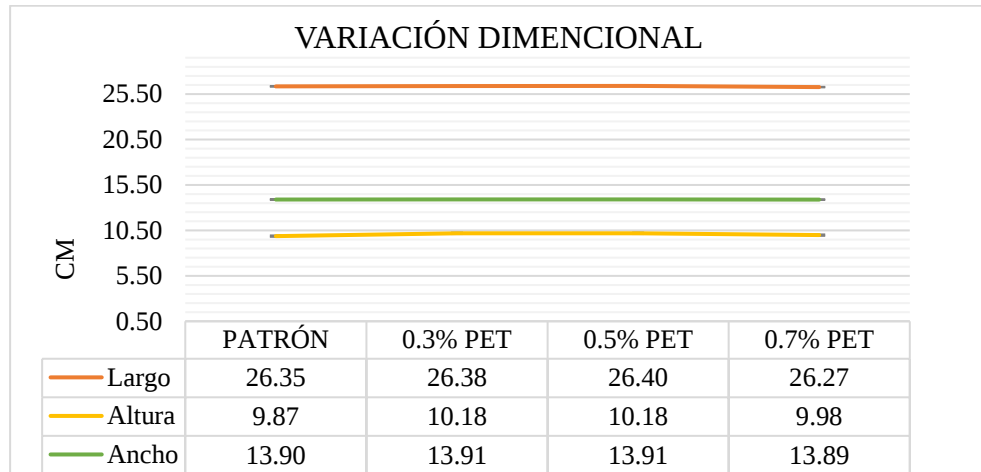
Alabeo de los bloques lego de tierra comprimida



En la figura 6 se aprecian los resultados del alabeo de cada uno de los bloques lego. La variación tanto para la cara superior y la cara inferior es menor a 8 mm, tomando como referencia lo establecido en la tabla 14 de la normativa E .070 para muros no portantes. Además, se puede apreciar que las adiciones de las fibras PET no tienen influencia en el alabeo de los bloques lego.

Figura 7

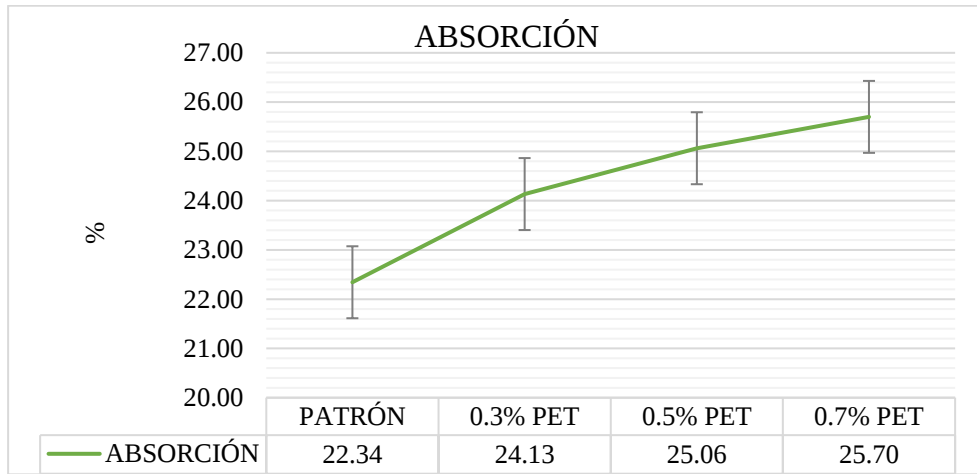
Variación dimensional de los bloques lego de tierra comprimida



En la figura 7 se observa los datos obtenidos de la prueba de variación dimensional a cada uno de los bloques lego. Las variaciones en el largo, altura y ancho son menores a ± 7 , ± 6 y ± 4 mm, respectivamente, tomando como referencia lo establecido en la tabla 14 de la normativa E .070 para muros no portantes. Se puede indicar que las dimensiones no tienen una variación considerable con las dimensiones del bloque lego diseñado para la presente investigación que fue de 26.4 x 14 x 10 cm. Además, se puede apreciar que las adiciones de las fibras PET no influyen en la variación dimensional de los bloques lego.

Figura 8

Absorción de los bloques lego de tierra comprimida

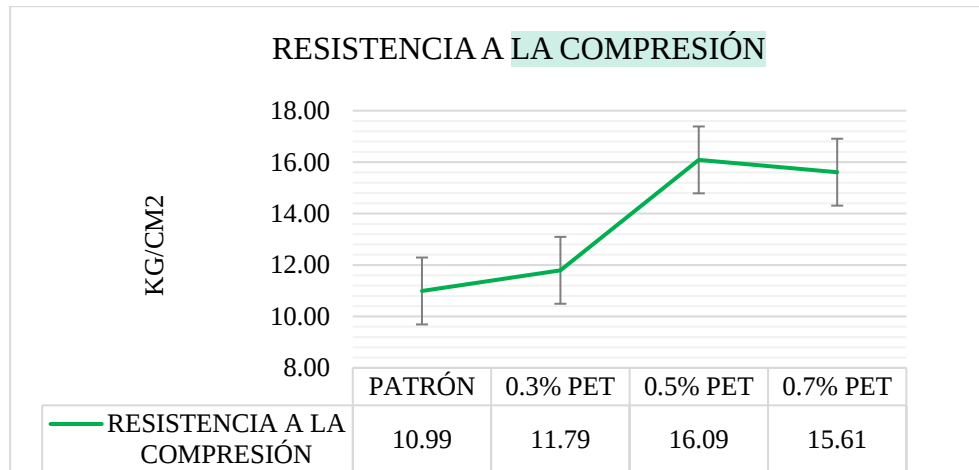


En la figura 8 se observa los datos obtenidos de la prueba de absorción luego se sumergir los bloques durante 24 horas. Se observa que a medida que el porcentaje de PET incrementa, el porcentaje de absorción de los bloques lego de tierra comprimida también incrementan. Al realizar la comparación con la normativa peruana E.070, que indica que la absorción máxima es de 22% para unidades de arcilla, se observa que los datos que se obtuvieron de las unidades de muestras patrón y con adiciones de diferentes porcentajes de PET no cumplen con dicho parámetro.

3.2. Pruebas mecánicas a los bloques lego de tierra comprimida

Figura 9

Resistencia a la compresión de bloques lego de tierra comprimida



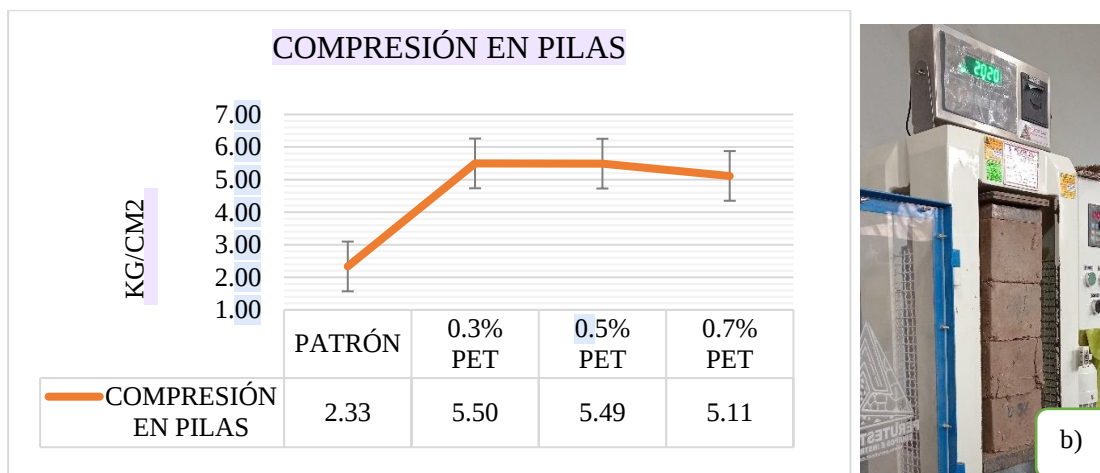
En la figura 9 se observa los datos que se obtuvieron del ensayo de resistencia a la compresión de los bloques lego de tierra comprimida. La variación de la resistencia a la compresión incrementa con las incorporaciones de 0.3% y 0.5% de fibras PET, pero decrece con un 0.7%. De acuerdo con las normativas para bloques de tierra comprimida, las resistencias mínimas son las siguientes: mexicana NMX C 508, la resistencia es 30 kg/cm², según la norma de estados Unidos NMAC 14.7.8, la resistencia es 21 kg/cm², según la norma de España UNE 41410, indica que la resistencia mínima es de 13 kg/cm², según la norma de Nueva Zelanda NZS 4298, es de 20 kg/cm². Mientras tanto, las normativas peruanas E.070 y E.080 requieren resistencias de 20 kg/cm² para muros no portantes y 10.2 kg/cm² para adobes.

De acuerdo con los datos obtenidos, los bloques con adiciones de 0.5% y 0.7% de fibras PET cumplen con las resistencias establecidas en la normativa UNE 41410 y la norma peruana E.080. Los bloques logran cumplir con la resistencia esperada gracias a las características de adherencia proporcionadas por el cemento en la mezcla con la tierra y las fibras PET. Al recibir presión dentro de la prensa manual, estas se comprimen, resultando

bloques más resistentes. Además, se observa que los diferentes porcentajes de las fibras PET influyen incrementando la resistencia, de manera que los bloques obtuvieron un mejor comportamiento y desempeño al ser sometidos a fuerzas de compresión.

Figura 10

Resistencia a la compresión en pilas de bloques lego de tierra comprimida

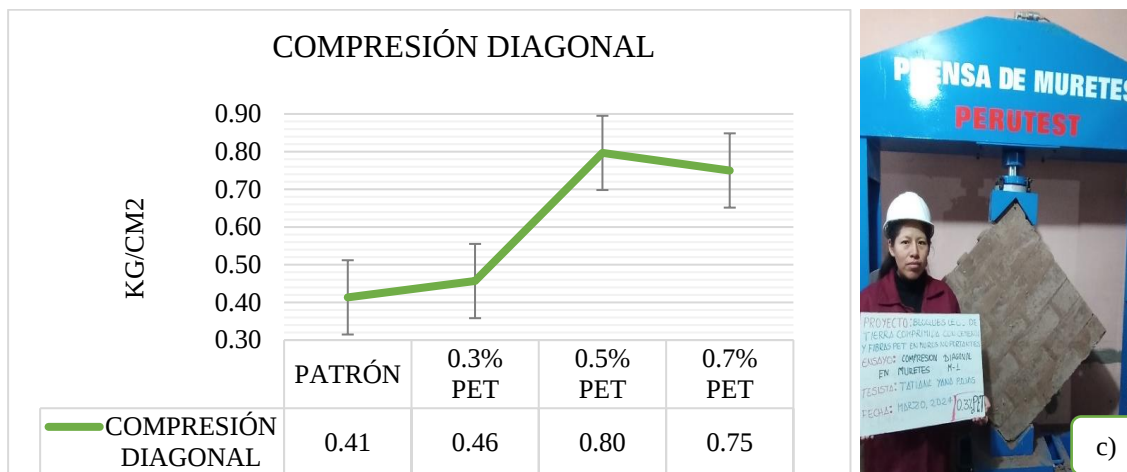


Nota. b) Prueba de resistencia a compresión en pilas

En la figura 10 se aprecian los datos que se obtuvieron de la prueba de resistencia a la compresión en pilas de los bloques lego. La variación de la resistencia incrementa con la adición de 0.3% y 0.5% de fibras PET, pero al incorporar 0.7% de fibras PET, esta disminuye. A pesar del incremento de la resistencia de los bloques al ser sometidos a la prueba de compresión en pilas, estas resistencias no cumplen con lo requerido en la normativa E.080 para muros portantes de 6.12 kg/cm2, ya que las obtenidas son menores a esta.

Figura 11

Resistencia a la compresión diagonal de bloques de tierra comprimida,



Nota. c) Prueba de resistencia a compresión en pilas

En la figura 11 se aprecian los datos que se obtuvieron de la prueba de resistencia a la compresión diagonal de los bloques lego de tierra comprimida. La incorporación de 0.3% y 0.5% de fibras PET incrementa la resistencia, mientras que esta disminuye al adicionar 0.7% de fibras PET. Sin embargo, las resistencias obtenidas tanto para las unidades patrón como para las unidades con fibras PET cumplen con lo requeridos en la normativa E.080 para muros portantes de 0.25 kg/cm2, obteniendo valores mayores al establecido.

3.3. Prueba estadística

Tabla 11

Prueba estadística anova para absorción de bloques lego

ANOVA				
Absorción de bloques				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática F	Sig.
Entre grupos	19.196	3	6.399	785.104 <.001
Dentro de grupos	.065	8	.008	
Total	19.261	11		

En la Tabla 11, se aprecia la prueba estadística de ANOVA de un factor para la absorción de los bloques lego de tierra comprimida, donde el p-valor resultante es menor al valor de significancia 0.05. Esto indica que las medias son diferentes, por lo que las fibras PET tienen una influencia en la absorción de los bloques.

Tabla 12

Prueba estadística anova para resistencias mecánicas

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a compresión	Entre grupos	53.378	3	17.793	39.469	<.001
	Dentro de grupos	3.606	8	.451		
	Total	56.984	11			
Resistencia a compresión en pilas	Entre grupos	22.379	3	7.460	1138.874	<.001
	Dentro de grupos	.052	8	.007		
	Total	22.431	11			
Resistencia a compresión diagonal	Entre grupos	.349	3	.116	172.588	<.001
	Dentro de grupos	.005	8	.001		
	Total	.355	11			

En la Tabla 12, se muestra la prueba estadística de ANOVA de un factor para las resistencias a la compresión, a la compresión en pilas y a la compresión diagonal de los bloques lego de tierra comprimida. Los p-valor resultantes de 0.001 para las tres resistencias son menores que el valor de significancia de 0.05, lo que indica que las medias obtenidas son diferentes. Por lo tanto, entonces podemos mencionar que las fibras PET incorporadas en

diferentes porcentajes a la mezcla de suelo – cemento influyen en cada una las resistencias obtenidas.

IV. Discusión de resultados

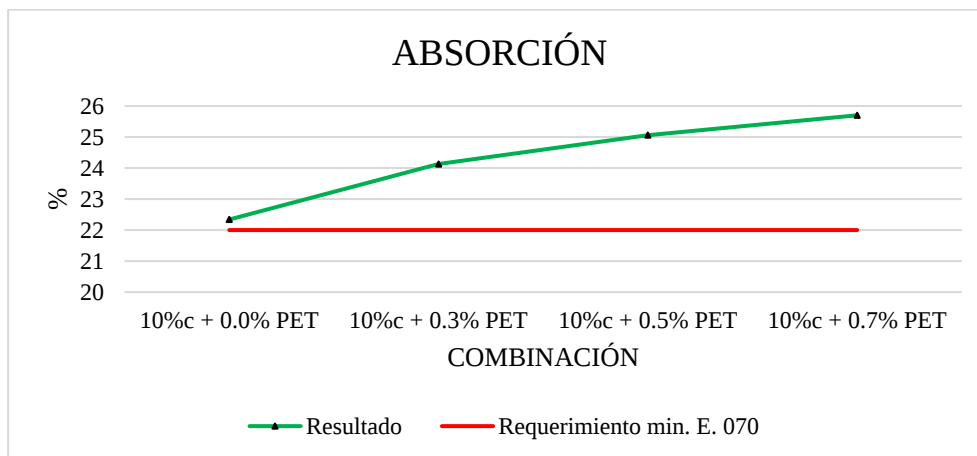
Tabla 13

Pruebas físicas

PRUEBAS FÍSICAS					
Pruebas	Combinación	Resultado	Requerimiento E. 070	Variación	OBS
Absorción (%)	10%C + 0.0% PET	22.34	22	2%	No Cumple
	10%C + 0.3% PET	24.13	22	10%	No Cumple
	10%C + 0.5% PET	25.06	22	14%	No Cumple
	10%C + 0.7% PET	25.70	22	17%	No Cumple
Alabeo cara inferior (mm)	10%C + 0.0% PET	0.9 – 0.7	8	-89%	Cumple
	10%c + 0.3% PET	0.2 – 0.8	8	-98%	Cumple
	10%c + 0.5% PET	0.0 – 0.8	8	-100%	Cumple
	10%c + 0.7% PET	0.3 – 0.7	8	-96%	Cumple
Alabeo cara superior (mm)	10%c + 0.0% PET	1.5 – 1.6	8	-81%	Cumple
	10%c + 0.3% PET	2.2 – 2.0	8	-73%	Cumple
	10%c + 0.5% PET	1.7 – 1.8	8	-79%	Cumple
	10%c + 0.7% PET	1.8 – 1.6	8	-78%	Cumple
Variación dimensional (Largo) (mm)	10%c + 0.0% PET	0.0	±7	-100%	Cumple
	10%c + 0.3% PET	0.0	±7	-100%	Cumple
	10%c + 0.5% PET	0.0	±7	-100%	Cumple
	10%c + 0.7% PET	0.1	±7	-99%	Cumple
Variación dimensional (Altura) (mm)	10%c + 0.0% PET	0.0	±6	-100%	Cumple
	10%c + 0.3% PET	0.0	±6	-100%	Cumple
	10%c + 0.5% PET	0.0	±6	-100%	Cumple
	10%c + 0.7% PET	0.0	±6	-100%	Cumple
Variación dimensional (Ancho) (mm)	10%c + 0.0% PET	0.1	±4	-98%	Cumple
	10%c + 0.3% PET	-0.2	±4	-105%	Cumple
	10%c + 0.5% PET	-0.2	±4	-105%	Cumple
	10%c + 0.7% PET	0.0	±4	-100%	Cumple

Figura 12

Prueba de absorción de los bloques de tierra comprimida



De acuerdo con la tabla 13 y la figura 12, podemos visualizar que las propiedades físicas de variación dimensional y alabeo de los bloques lego de tierra comprimida cumplen con el requerimiento mínimo de la norma E.070 a diferencia de la absorción. A medida que los porcentajes de fibras PET aumentan, se observa un incremento en la absorción de agua, alcanzando valores de 2%, 10%, 14% y 17% por sobre el especificado de 22% para muros portantes en la norma E.070. La normativa E.080 diseño y construcción con tierra reforzada no se especifica algún parámetro mínimo de absorción que debería cumplir el adobe o los bloques. Respecto a esto Noa & Ordoñez (2022) mencionan que la humedad disminuye la durabilidad del adobe, haciendo que estos reduzcan su resistencia mecánica y provocando fisuras y grietas en los muros, llegando a deformarse. Así mismo, Riza, et al. (2010) señala que el contenido de tierra y cemento afecta significativamente la absorción de agua de ladrillos de tierra comprimida; un alto contenido de suelo aumenta la absorción de agua del ladrillo de tierra comprimida y un alto contenido de cemento disminuye la absorción de agua del ladrillo de tierra comprimida.

También se puede mencionar que algunas de las posibles causas del incremento de la absorción pueden ser por que la incorporación fibras se hizo sin ningún tratamiento lo que puede facilitar el ingreso de agua al bloque.

33 Por lo que se debe controlar el incremento de absorción ya que este es un factor crítico para la durabilidad de bloques lego de tierra comprimida. Los bloques que presentan altos niveles de absorción suelen degradarse con mayor rapidez, especialmente bajo condiciones de humedad constante o en áreas donde el agua se filtra fácilmente en la estructura. Al absorber agua, el bloque puede experimentar expansión y contracción cíclicas, que conducen a fisuras y pérdida de cohesión en los componentes, afectando negativamente la estabilidad y resistencia mecánica a largo plazo (Espinoza, 2021)

50 A pesar de ser sumergido durante 24 horas, estos bloques aún mantenían su forma inicial, gracias a la presencia del cemento, que hace que la combinación suelo, cemento y fibras PET se mantengan adheridas por más tiempo. Esto puede garantizar que los bloques puedan mantener una resistencia al ser expuestos en zonas con presencia de humedad sin llegar a fallar, por lo que pueden ser usados en muros no portantes. Donkor, et al., (2021) mencionan que los bloques lego de tierra comprimida no solo facilitan el proceso de construcción al eliminar o reducir la necesidad de mortero, sino que también pueden ofrecer una mayor resistencia y durabilidad gracias a la utilización de estabilizadores y refuerzos adecuados. Esta combinación de ventajas hace que sean una opción viable y sostenible para diversos usos en la construcción.

Tabla 14
Pruebas mecánicas

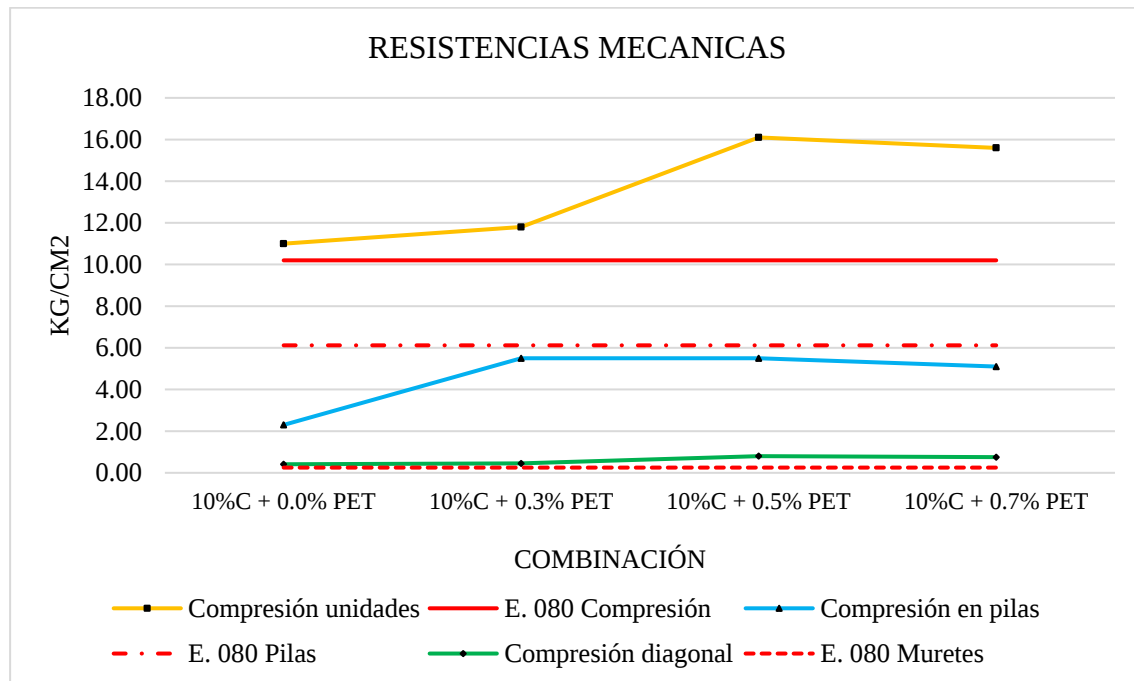
PRUEBAS MECÁNICAS					
Pruebas	Combinación	Resultado	Requerimiento E. 080	Variación	OBS
Resistencia a compresión	10%C + 0.0% PET	11.0 kg/cm2	10.2 kg/cm2	8%	Cumple
	10% C + 0.3% PET	11.8 kg/cm2	10.2 kg/cm2	16%	Cumple
	10% C + 0.5% PET	16.1 kg/cm2	10.2 kg/cm2	58%	Cumple
	10% C + 0.7% PET	15.6 kg/cm2	10.2 kg/cm2	53%	Cumple
Resistencia a compresión en pilas	10% C + 0.0% PET	2.3 kg/cm2	6.12 kg/cm2	-62%	No Cumple
	10% C + 0.3% PET	5.5 kg/cm2	6.12 kg/cm2	-10%	No Cumple
	10% C + 0.5% PET	5.5 kg/cm2	6.12 kg/cm2	-10%	No Cumple
	10% C + 0.7% PET	5.1 kg/cm2	6.12 kg/cm2	-17%	No Cumple
Resistencia a compresión diagonal	10% C + 0.0% PET	0.41 kg/cm2	0.25 kg/cm2	64%	Cumple
	10% C + 0.3% PET	0.45 kg/cm2	0.25 kg/cm2	80%	Cumple
	10% C + 0.5% PET	0.80 kg/cm2	0.25 kg/cm2	220%	Cumple
	10% C + 0.7% PET	0.75 kg/cm2	0.25 kg/cm2	200%	Cumple

10

1

Figura 13

Pruebas de resistencia a los bloques lego de tierra comprimida



De acuerdo con la tabla 14 y la figura 13, se aprecia que las características mecánicas de los bloques lego de tierra comprimida incrementan su resistencia con mayor porcentaje de fibras PET. La resistencia a la compresión alcanzó valores de 8%, 16%, 58% y 53% sobre lo especificado de 10.2 kg/cm² en la normativa E.080. La resistencia a la compresión diagonal también obtuvo valores mayores, alcanzando 64%, 80%, 220% y 200% por encima del valor especificado en la norma E.080 de 0.25 kg/cm², lo que indica que los porcentajes de fibras PET influyen en estas dos propiedades. A diferencia de la resistencia a la compresión en pilas, que, a pesar de su incremento, obtuvo valores de -62%, -10%, -10% y -17% por debajo de la resistencia mínima que se establece en la normativa E.080. Sin embargo, a pesar de esa disminución, se puede mencionar que las fibras PET con una adición 0.5% alcanzan una resistencia mayor en los tres casos, lo cual indica que este material mejora las características mecánicas de los bloques de tierra comprimida, garantizando su durabilidad. Cabrera & Tello (2022) en su investigación donde añadió 3% de cemento con 0.5%, 0.75% y 1% de fibras de

bagazo de caña, se obtuvo las siguientes resistencias 15.4 kg/cm², 18.4 kg/cm², 18.5 kg/cm² y 18.5 kg/cm² y para las dosificaciones de 4% de cemento con 0.5%, 0.75% y 1% de fibras de bagazo de caña, se obtuvo las siguientes resistencias 18.8 kg/cm², 22.8 kg/cm², 23.1 kg/cm² y 23 kg/cm² a la compresión. De la misma forma Sitati & Starovoytova (2014) en su investigación añadiendo 9% de cemento y 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1% y 1.25% de fibras de sisal obtuvo las siguientes resistencias a la compresión 45 kg/cm², 53 kg/cm², 44.5 kg/cm², 43 kg/cm² y 48.7 kg/cm². Realizando una comparación es posible mencionar que los investigadores añadiendo distintos porcentajes de cemento y fibras naturales obtuvieron resultados mayores a los obtenidos en nuestra investigación.

Y con respecto al uso de las fibras en los bloques Kumar & Barbato (2022) afirman que estas se oponen a la formación de grietas verticales y distribuyen más uniformemente las tensiones dentro del material, actuando como una malla estructural, como se ha observado en ladrillos de adobe reforzados con fibras de bagazo de caña de azúcar. Sin embargo, para cantidades de refuerzo con fibras de bagazo de caña de azúcar superiores al valor crítico, varios efectos combinados tienden a reducir la resistencia y tenacidad del material. Estos incluyen: (1) la dificultad para asegurar una distribución uniforme de las fibras, con posible formación de nudos y trozos de fibras de bagazo de caña de azúcar; (2) la incapacidad de algunas fibras para unirse adecuadamente con la matriz suelo-cemento; y (3) el aumento de la cantidad de fibra, que produce un incremento de las micro fisuras y los poros dentro de la matriz suelo-cemento y en la interfaz matriz-fibra. Así también Donkor, et al., (2021) mencionan que investigaciones recientes han demostrado que los bloques de tierra comprimida (CEB) pueden aumentar significativamente su resistencia mediante el uso de estabilizadores y refuerzos. Un estudio destaca que la adición de fibras de polipropileno a los bloques de tierra comprimida mejora notablemente su resistencia flexural y su durabilidad.

V. Conclusiones

La investigación determinó las características físicas de los bloques lego de tierra comprimida con adiciones de diferentes cantidades de fibras PET, observando un impacto significativo en el porcentaje de absorción, que incrementó hasta en 8%, 12% y 15% respecto a la muestra patrón. Sin embargo, los bloques lego de tierra comprimida mantuvieron su forma después de 24 horas de inmersión, lo cual es una garantía de que pueden mantener una resistencia al ser expuestos en zonas con presencia de humedad, permitiendo su uso para muros no portantes. Además, se observó una disminución en el peso específico de los bloques lego de tierra comprimida a medida que incrementaba el porcentaje de fibras PET, haciendo que los bloques sean menos pesados y facilite su manipulación.

Al realizar las pruebas de resistencia con las tres variaciones de dosificaciones de fibras PET, se logró determinar que, la adición de una cantidad de 0.5% como dosificación optima en función a los resultados obtenidos se tiene una mayor influencia tanto para las resistencias a compresión, en pilas y compresión diagonal, permitiendo que los bloques alcancen valores mucho mayores a los especificados para muros portantes según la normativa usada para realizar la comparación. Por lo tanto, los datos obtenidos de las pruebas podemos indicar que es factible el uso de los bloques lego de tierra comprimida con cemento y fibras PET como propuesta para muros no portantes. Los resultados obtenidos en relación a las resistencias, que garantizan la durabilidad de los bloques, son una opción viable por lo que, es posible indicar que los bloques lego de tierra comprimida, pueden emplearse en la construcción de muros no portantes. Su forma de diseño permite que estos bloques legos se entrelacen entre sí, encajando un bloque con otro sin la necesidad de emplear mortero en las juntas, o en algunos casos, utilizando mínimas cantidades. Esta característica no solo agiliza el proceso de construcción, sino que también reduce significativamente el tiempo necesario para la construcción de un muro en comparación a la construcción de un muro de albañilería convencional, donde se emplea una cantidad considerable de mortero para unir los bloques

unos con otros donde también se debe mantener la uniformidad y nivel. Además, el uso de estos bloques facilita que el muro pueda reubicarse o modificarse por la facilidad del ensamblado, reutilizando el material de manera que también se reducen los residuos de construcción, por lo tanto, no es necesario el empleo de mano de obra calificada para la construcción donde se emplea bloques lego.

VI. Recomendaciones

Se recomienda darle otro tipo de tratamiento superficial a las fibras PET con la finalidad de que estas puedan adherirse mejor a la mezcla suelo – cemento mejorando la cohesión y las propiedades mecánicas de los bloques.

Se recomienda evaluar otros tipos de fibras o materiales que disminuyan la absorción y que no generen espacios vacíos.

Se recomienda el uso de las fibras PET en la elaboración de bloques ya que esta práctica ayuda a disminuir los impactos ambientales asociados con los desechos plásticos y fomenta el uso de materiales sostenibles en la construcción.

Se recomienda determinar la resistencia a la compresión de los bloques que fueron sumergidos en agua durante 24 horas con el objetivo de evaluar su comportamiento bajo condiciones de humedad prolongada, simulando situaciones de exposición a agua o humedad en la construcción.

Se recomienda incrementar el porcentaje de cemento y realizar pruebas mecánicas para determinar la viabilidad de estos bloques en muros portantes.

Se recomienda el uso de una prensa hidráulica, esta herramienta podría reducir el tiempo de producción y mejorar la homogeneidad de los bloques, lo que repercute en una mejor calidad final del producto.

Referencia

- Akinwumi, I., Awoyera, P., & Bello, O. (2015). Indigenous earth building construction technology in Ota, Nigeria. *Indian J. Tradit. Knowl.*, 206-212.
- Aquino, J., Zapata, N., Herrera, M., Murillo, W., & Galindo, G. (2018). Bloques prensados de suelo-cemento como alternativa ecológica frente a los ladrillos tradicionales de arcilla cocida. *15*(45).
- Awoyera, P., & Adesina, A. (2020). Plastic wastes to construction products: status, limitations and future perspective. *Case Stud. Constr. Mater.*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00330>
- Bao, Y., & Li, V. (2020). Feasibility study of lego-inspired construction with bendable concrete. *Automation in Construction*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103161>
- Bariola, J., & Ginocchio, F. (1983). *Experiencias con los Métodos de campo de Clasificación de Suelos para la Construcción con Adobe*. Lima: PUCP.
- Bei, G., & Papayianni, I. (2003). Compressive strength of compressed earth block masonry. *Advances in Architecture*, 15, 367-375.
- Bhairappanavar, S., Liu, R., & Shakoar, A. (2021). Eco-friendly dredged material-cement bricks. *Constr. Build. Mater.*, 271. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121524>
- Bünemann, E., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R., De Deyn, G., de Goede, R., . . . Brussaard, L. (2018). Document details - Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125.
- Cabrera, M., & Tello, J. (2022). *Propuesta de adición de fibras de bagazo de caña en bloques de tierra comprimida estabilizados con cemento para su uso como unidad de albañilería*

en la construcción de viviendas rurales resistentes a las lluvias en la ciudad de Piura.

Lima: UPC.

Cabrera, S., Suárez, E., Aranda, Y., & Rotondaro, R. (2020). Bloques de tierra comprimida (btc) estabilizados con cal y cemento evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión. *Revista Hábitat Sustentable*, 10(2), 70 - 81.

Dhandapani, Y., Sakthivel, T., Santhanam, M., Gettu, R., & Pillai, R. (2018). Mechanical properties and durability performance of concretes with Limestone Calcined Clay Cement (LC3). *Cement and Concrete Research*, 107, 136-151.

Dias, L., McMahon, A., & Anh, P. (2018). Benzoic acid recovery via waste poly (ethylene terephthalate) (PET) catalytic pyrolysis using sulphated zirconia catalyst. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 134, 621-631. <https://doi.org/DOL:10.1016/j.jaap.2018.08.014>

Donkor, P., Obonyo, E., & Ferraro, C. (2021). Fiber Reinforced Compressed Earth Blocks: Evaluating Flexural Strength Characteristics Using Short Flexural Beams. *Materials*, 14(22).

E.070. (2006). Norma Técnica E.070 - Albañilería. Lima: Macro E.I.R.L.

E.080. (2017). Norma Técnica E.080 - Diseño y construcción con tierra reforzada. Lima: Macro E.I.R.L.

Espinoza, J. (2021). *Influencia del porcentaje de PET en la resistencia mecánica y durabilidad de adobes estabilizados elaborados con adición de cemento, Trujillo 2021*. Trujillo: UPN.

Fernandez, S., & Manriquez, A. (2024). *EFFECTO DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO TRITURADO Y FIBRAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL ADOBE*. Pimentel: USS.

Gul, A., Alam, B., & Shahzada, K. (2022). Seismic performance evaluation of unconfined dry stacked block masonry structure. *Engineering Structures*, 265.

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0->

85132764476&origin=inward&txGid=006a694c8f85aef983fdd4c72a0d8807

Gul, A., Alam, B., Shahzada, K., Cañas, I., & Garijo, L. (2018). Seismic performance evaluation of unconfined dry stacked block masonry structure. *Construction and Building Materials*, 176, 566-572. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.077>

Huilca, C., & Arphi, W. (2024). *Influencia de las tiras de PET en las propiedades físicas y mecánicas del adobe tradicional en la comunidad de Huaccoto, distrito de San Jerónimo, Cusco, 2023*. Huancayo: UC.

Jaafar, M., Thanoon, W., Najm, A., Abdulkadir, M., & Ali, A. (2006). Strength correlation between individual block, prism and basic wall panel for load bearing interlocking mortarless hollow block masonry. *Construction and Building Materials*, 20(7), 492-498. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.01.04>

Kasinikota, P., & Tripura, D. (2022). Flexural behavior of hollow interlocking compressed stabilized earth-block masonry walls under out-of-plane loading. *Journal of Building Engineeri*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.job.2022.10489>

Khan, z., Gul, A., Shah, S., Samiullah, Q., Wahab, N., Badshah, E., . . . Shahzada, K. (2021). Utilization of marble wastes in clay bricks: a step towards lightweight energy efficient construction materials. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 7(9), 1488-1500. <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091738>

Kumar, N., & Barbato, M. (2022). Effects of sugarcane bagasse fibers on the properties of compressed and stabilized earth blocks. *Construction and Building Materials*, 315.

- Lozano, F., & Valle, H. (2020). *“Diseño de un bloque de adobe, utilizando fibras de botellas plásticas, para reducir el costo y mejorar la resistencia a la compresión, Lamas 2020.* Tarapoto: UCV.
- Morel, J., Pkila, A., & Walker, P. (2007). Compressive strength testing of compressed earth blocks. *Construction and Building Materials*, 21, 303-309.
- Nabgan, B., Abdullah, T., Tahir, M., Nabgan, W., Triwahyono, S., Jalil, A., . . . Moghadamian, K. (2017). Pellet size dependent steam reforming of polyethylene terephthalate waste for hydrogen production over Ni/La promoted Al₂O₃ catalyst. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(34), 21571-21585. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.ijhydene.2017.07.103>
- Noa, M., & Ordoñez, D. (2022). *Adición de Fibras PET en el adobe para aumentar la capacidad resistente a la compresión, reducir: la densidad, el porcentaje de absorción de agua y la conductividad térmica en las viviendas de la zona rural de Ayacucho-Perú.* Lima.
- Rezaee, A., Seifi, H., Xu, S., Ruan, D., & Xie, Y. (2017). The impact behaviour of plate-like assemblies made of new interlocking bricks: an experimental study. *Materials and Design*, 134, 361-373. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.08.056>
- Riza, F., Rahman, I., Rahman, A., & Zaidi, A. (2010). A brief review of Compressed Stabilized Earth Brick (CSEB)(Conference Paper). *International Conference on Science and Social Research*, 999-1004.
- RPP. (2024). *Contaminación plástica: ¿cómo está afectando al medio ambiente en Perú y el mundo?*
- Sanjaykumar., B., & Daule, P. (2017). Use of Plastic Fiber in the Concrete . 4.

- Scrivener, K., Jhon, V., & Gartner, E. (2018). Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry. *Cement and Concrete Research*, 114, 2-26.
- Silva, R., Soares, E., Oliveira, D., Miranda, T., Cristelo, N., & Leitão, D. (2015). Mechanical characterisation of dry-stack masonry made of CEBs stabilised with alkaline activation. *Construction and Building Materials*, 75, 349-358.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.038>
- Sitati, S., & Starovoytova, D. (2014). *Compressed Earth Blocks Reinforced with Sisal Fibres*. Kenya.
- SNZ. (1998). NZS 4298 Materials and workmanship for earth buildings. Standards New Zealand.
- Toirac, J. (2008). El suelo-cemento como material de construcción. *Ciencia y Sociedad*, 33(4), 520-571.
- Turco, C., Paula Junior, A., Teixeira, E., & Mateus, R. (2021). Optimisation of Compressed Earth Blocks (CEBs) using natural origin materials: A systematic literature review. *Construction and Building Materials*, 309(22).
- Vilcas, C. (2020). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de bloques de tierra comprimida con adición de mucílago de nopal en la ciudad de Huancayo, año 2019*. Universidad Continental. Huancayo: Continental.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8433/3/IV_FIN_105_TE_Vilcas_Painado_2020.pdf
- WeatherSpark. (2016). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Huata*.