

Elaboración de adoquín ecológico utilizando plástico y arena para pavimento en calle Los Reyes del Distrito La Esperanza, Provincia de Trujillo

Paul Alexis Sisniegas Gálvez

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-4611-6100>

p.sisniegas@uct.edu.pe

Viviano Paulino Ninaquispe Zare

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-8735-4164>

v.ninaquispe@uct.edu.pe

Juan Carlos Martell Ortiz

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-0023-548X>

j.martell@uct.edu.pe

Ascon Dionicio Gregorio Mayer

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0003-2275-6629>

gascon@unitru.edu.pe

Oscar Daniel Vásquez Salazar

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-7154-2487>

ovasquez@unitru.edu.pe

José Laureano Vásquez Díaz

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-5520-4584>

jvasquezd@unitru.edu.pe

Resumen

El trabajo de investigación tuvo como objetivo elaborar un adoquín ecológico utilizando plástico y arena para pavimento en la calle Los Reyes del Distrito La Esperanza, provincia de Trujillo; teniendo en cuenta dos aspectos: la proporción de material y las propiedades físico – mecánicas.

El tipo de investigación es explicativo – cuantitativo y el diseño de investigación es experimental. La población son los adoquines convencionales de concreto; y los adoquines ecológicos de plástico PET y arena. La muestra fue no probabilística por conveniencia empleándose 16 adoquines en total (8 adoquines de concreto convencional y 8 adoquines de plástico PET y arena). La técnica de recolección de datos fue la observación directa o exploración in situ, el análisis documental e instrumentos de la NTP. Esto permitió analizar su resistencia a compresión, peso y medida. La validación de los instrumentos de recolección de datos se efectuó gracias al juicio de expertos a través de tres ingenieros de la especialidad. Se tuvo como resultado que el adoquín convencional, tiene una resistencia menor que el adoquín ecológico fabricado con 95% de plástico PET y 5% de arena, que las dimensiones están dentro de las tolerancias establecidas por la norma técnica peruana 399-611. Por lo que se concluye que si es posible elaborar un adoquín de plástico PET y arena.

Palabras claves: plástico PET, adoquín y pavimento.

Abstract

The aim of the research work was to develop an ecological cobblestone using plastic and sand for paving Los Reyes street in the district of La Esperanza, province of Trujillo, taking into account two aspects: the proportion of material and the physical-mechanical properties.

The type of research is explanatory-quantitative and the research design is experimental. The population is conventional concrete pavers; and ecological pavers made of PET plastic and sand. The sample was non-probabilistic by convenience, using 16 pavers in total (8 conventional concrete pavers and 8 PET plastic and sand pavers).

The data collection technique was direct observation or on-site exploration, documentary analysis and NTP instruments. This made it possible to analyse their compressive strength, weight and measurement. The validation of the data collection instruments was carried out thanks to the judgement of experts through three engineers in the speciality. The result was that the conventional paver has a lower resistance than the ecological paver made of 95% PET plastic and 5% sand, and that the dimensions are within the tolerances established by the Peruvian technical standard 399-611. It is therefore concluded that it is possible to make a paving stone from PET plastic and sand.

Keywords: PET plastic, paving stone and pavement.

1. Introducción

En la actualidad el consumo de alimentos procesados y no alimentos que son ofertados en diferentes presentaciones como cartón, plástico, entre otros tipos de envases, estos materiales que son desechados libremente son foco contaminante al ecosistema. En un minuto un millón de botellas son compradas mientras que 5 millones son desechados al año, solo la mitad del plástico producido en el mundo son reutilizados.

En los últimos años el adoquín se ha posicionado en los últimos años en el sector construcción como uno de los materiales más usados de la ingeniería, su forma rectangular, tamaño y fácil uso para veredas entre otros acabados en la construcción. En el Perú en todas las ciudades el uso de plástico aumentado y no se proporciona información para su transformación o valor agregado del residuo, para mitigar la contaminación ambiental.

El trabajo de investigación busca la utilización del plástico en la elaboración de un producto innovador capaz de obtener la resistencia y compresión para pavimentos flexibles y rígidos, teniendo otras alternativas ecológicas en la producción de adoquines a base de plástico, arena, contribuyendo a la mejora del medio ambiente.

Según Ochoa (2023), en la publicación de el periódico el Norte menciona que el usar materiales de menor impacto al medio ambiente es una tendencia que en los últimos años ha tomado fuerza en la industria de la construcción. Por ello, cada vez es más común que

empresas busquen innovar y crear insumos que respeten a la Tierra. Un ejemplo de esto es la startup Angirus, ubicada en la India. Ellos desarrollaron una tecnología ecológica y sostenible para fabricar ladrillos y adoquines hechos totalmente con desechos de plásticos reciclados. Pero también se incluyen residuos de la industria de la construcción y otros industriales. En India se producen alrededor de 225 mil millones de ladrillos al año.

Para DUVPAL (2023), en su trabajo de investigación manifiesta que la construcción de billonarios proyectos de infraestructura en la última década no solo ha movido de manera significativa la demanda de acero, agregados, concreto, asfalto, entre otros, sino que ha jalonado la producción de insumos con un propósito que va más allá de economizar costos: mitigar los impactos de las obras en el entorno donde se construyen por medio de nuevas tecnologías. Fuentes consultadas de la compañía contaron que el conglomerado ya produce asfalto modificado con plástico reciclado lo cual da mayor resistencia y durabilidad. Además del asfalto modificado producido por Ecopetrol, la compañía empleó estos mismos residuos para generar productos sostenibles orientados a la construcción de vías: ladrillos y adoquines que ya les fueron presentados a las autoridades ambientales colombianas. En la industria Por su parte, la industria cementera entendió la necesidad de emprender el desarrollo de productos para las futuras obras

que no solo sean amigables con el medioambiente, sino que permitan a los constructores eficiencia a la hora de ejecutar los proyectos.

Según EFE (2022), la planta será capaz de procesar 90 toneladas de plástico por día y es propiedad de la empresa constructora costarricense Pedregal

y la internacional CRDC Global, una compañía que se dedica a procesar plásticos y que tiene operaciones también en Estados Unidos, Sudáfrica, México, Reino Unido, Australia, Nueva Zelanda y Hong Kong. El producto puede aplicarse en bloques y adoquines de concreto, elementos de concreto prefabricado, concreto premezclado, morteros y mezcla asfáltica en caliente. El material es hasta un 15 % más ligero o más resistente según su uso, con hasta un 20 % mejores propiedades de aislamiento térmico y acústico que el concreto tradicional, indicaron las empresas.

Según Espinoza (2022), en su tesis titulada "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso", tiene como objetivo estudiar la posibilidad de reutilizar residuos de demolición, adicionando un porcentaje de dicho material como agregado para la elaboración de adoquines de concreto con un buen comportamiento físico- mecánico. Se analizará las propiedades físicas y químicas del agregado proveniente de los residuos de demolición, y cuál es la influencia que ejerce sobre la elaboración de

concreto para las unidades de concreto, para ello se realizará ensayos en el laboratorio para determinarlas, posteriormente se realizará el diseño de mezclas con diferentes porcentajes de reemplazo, para la elaboración de probetas para evaluar la resistencia a la compresión que ofrece el concreto. Como último punto, se elaborarán los adoquines con el mejor resultado del diseño de mezclas, y se analizarán las propiedades físico- mecánicas de estas unidades.

Según Cabeza y Morillo (2018), en su tesis titulada Diseño de adoquines de concreto para pavimento tipo II con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz menciona que al emplear la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) para sustituir cierto porcentaje del cemento y aumentar los valores que definen las propiedades de los adoquines a nivel mecánico, además de recomendar las ventajas económicas y ambientales en el uso de este tipo de material reciclado. Se procederá con la fabricación de cuatro muestras de proporciones de reemplazo de cemento de 0%, 5%, 10% y 15%, por CCA, considerando para el diseño de mezclas y de ensayos de materiales la secuencia y metodología de las normas técnicas ACI, ASTM C78, AASHTO T97 y la NTP 399.611, después serán curadas durante 28 días, para ser llevadas a laboratorio y comprobar los resultados que nos permitan tener una referencia de la mejor dosificación que logre un resultado óptimo en las propiedades mecánicas que hemos propuesto para el uso de un adoquín de tránsito liviano.

Cabrera (2022), en su tesis titulada Análisis técnico de mejoramiento de vías con adoquines de concreto en urbanización Villareal manifiesta sobre el crecimiento acelerado y constante en su población y así mismo en las dinámicas de producción y tráfico vehicular para el desarrollo de las actividades referidas. Ante este crecimiento y la necesidad de movilidad en el casco urbano y rural, la administración municipal ha buscado alternativas para el mejoramiento de las vías existentes, estableciendo la pavimentación con adoquines de concreto como una solución adecuada y eficaz para vías en mal estado dentro del sector urbano, esto debido a las ventajas del método constructivo en la operación de maquinaria, la no necesidad de personal altamente capacitado, bajos costos en materiales y fácil ejecución de mantenimiento.

Según Machado et al. (2022), en su artículo titulado Empleo de adoquines de concreto en la construcción de pavimentos, manifiesta en su documento que constituye un reto para los

1.1. Metodología

El presente trabajo de investigación se procedió para la elaboración de los adoquines ecológicos con 95% PET y 5% arena, los cuales serán llevados al laboratorio para los ensayos de resistencia a la compresión. El material utilizado será arena de una sola cantera que cumpla con la norma técnica peruana 400.037,

ingenieros viales a nivel mundial, en particular con el uso de los pavimentos de adoquines de concreto. Este sistema se basa en elementos prefabricados que llegan listo a la obra, es de muy fácil terminado no intervienen procesos térmicos, químicos, ni períodos de espera. Es una de las soluciones más económicas, prácticas, durables, estéticas y presentan una mayor seguridad al pavimento. El presente artículo tiene como objetivo analizar el estado del arte y la práctica en el empleo de los adoquines en la construcción de pavimentos. Para ello se realiza una revisión exhaustiva de la bibliografía especializada en el tema, proveniente de bases de datos de alto impacto e investigaciones académicas a varios niveles.

El trabajo de investigación es generar un producto a bajo costo, liviano y fácil de transportar y favorable con el medio ambiente, cumpliendo con las exigencias de la norma técnica CE 010-pavimentos urbanos.

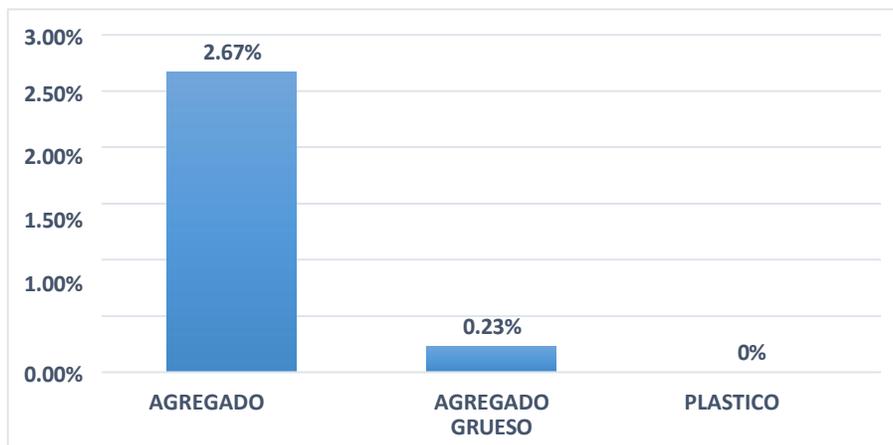
fabricación de moldes con capacidad para 4 adoquines de 20*10*8 cm, se utilizó lata de aceite para derretir el plástico PET, de los cuales serán mezclados en función a las diferentes proporciones para medir su compresión y resistencia, mediante ensayos granulométricos y utilizando diseño de mezcla en la elaboración de adoquines con las normas de construcción vigente.

2. Resultados y Discusión

En la figura 1 se muestra el contenido de humedad en los diferentes tipos de agregado.

Figura 1

Tipos de agregados y su contenido de humedad.



En la tabla 1 se muestra los datos obtenidos del Análisis granulométrico de agregado fino y en las figuras 2 y 3 se muestran su análisis respectivo.

Tabla 1

Datos obtenidos del Análisis granulométrico de agregado fino

TAMIZ	ABERTURA (m.m)	% ACUMULADO EXCEDENTE		
		ANALISIS DE ARENA	LIMITE INFERIOR ITINTEC 400.037	LIMITE SUPERIOR ITINTEC 400.038
N° 3/8	9.500	99.72	100.00	100.00
N° 4	4.750	96.39	89.00	100.00
N° 8	2.360	92.48	65.00	100.00
N° 16	1.180	73.31	45.00	100.00
N° 30	0.600	61.36	25.00	80.00
N° 50	0.300	21.28	5.00	48.00
N° 100	0.150	3.59	0	12.00

Figura 2

Análisis granulométrico de agregado fino

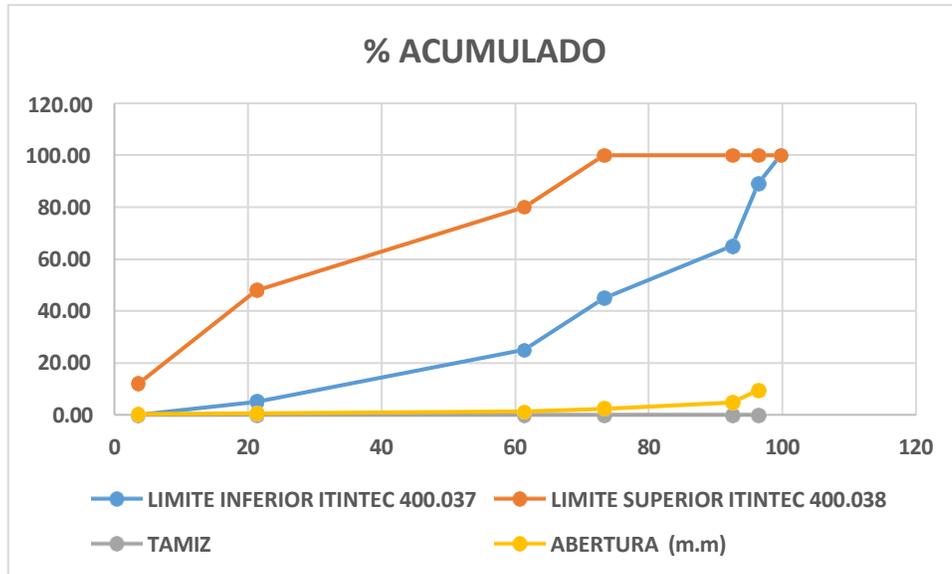
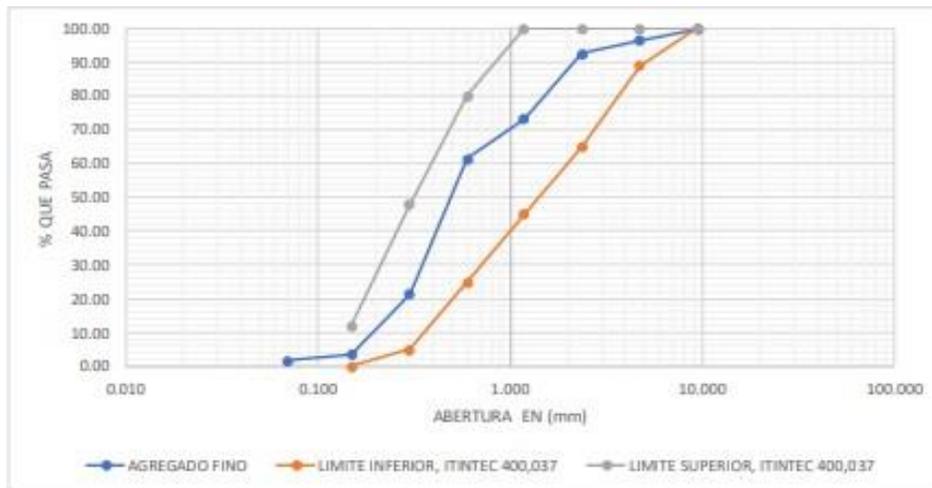


Figura 3

Análisis granulométrico de agregado fino



En la tabla 2 se detalla los datos obtenidos del Análisis granulométrico de agregado grueso y en las figuras 4 y 5 se muestra su análisis respectivo.

Tabla 2

Datos obtenidos del Análisis granulométrico de agregado grueso

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% ACUMULADO EXCEDENTE		
		PIEDRA DE 1/2"	LIMITE INFERIOR ITINTEC 400.037	LIMITE SUPERIOR ITINTEC 400.038
4"	100			
3 ½ "	90			
2 ½ "	63			
1 ½ "	37.5			
1"	25			
¾ "	19			
½ "	12.5	100.000	100.000	100.000
3/8"	9.500	93.333	90.00	100.00
Nº4	4.750	37.789	20.00	55.00
Nº8	2.360	0.700	5.00	30.00
Nº16	1.180		0.00	10.00
Nº50	0.300		0.00	5.00
Nº100	0.150			

Figura 4

Análisis granulométrico de agregado grueso

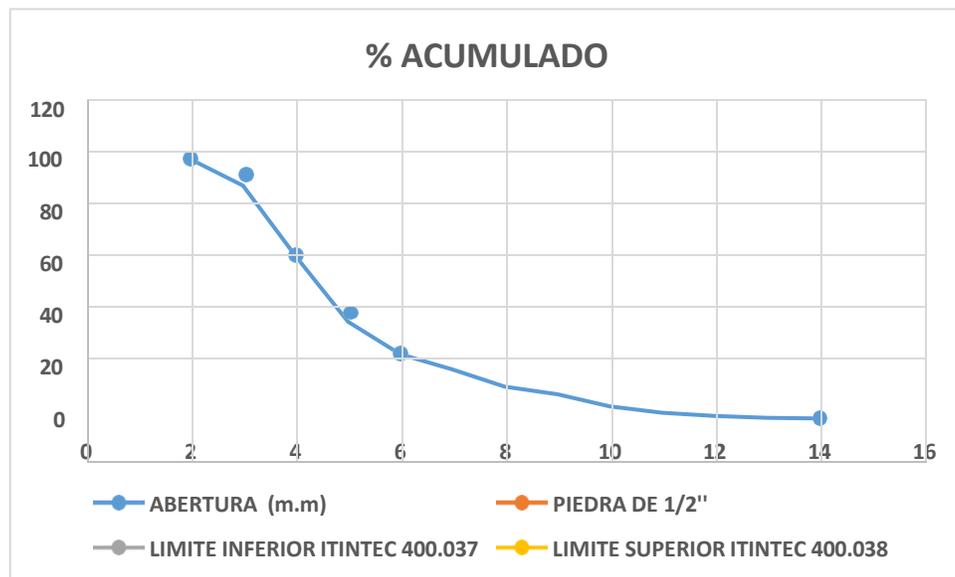
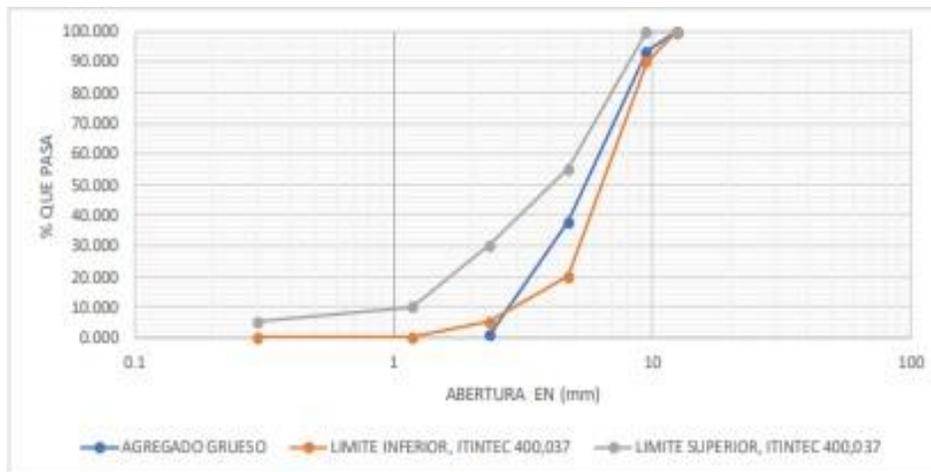


Figura 5

Análisis granulométrico de agregado grueso



En la tabla 3 se observa los datos obtenidos del Análisis granulométrico de PET y en las figuras 6 y 7 se muestra su análisis respectivo.

Tabla 3

Datos obtenidos del Análisis granulométrico de PET

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				% RETENIDO	% EXCEDENTE
1/2"	12.500	0	0.00	0.00	0.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00
N°4	4.750	0.70	0.24	0.24	99.76
N°8	2.360	107.22	37.31	37.56	62.44
N°16	1.180	134.12	46.68	84.23	15.77
N°30	0.600	43.00	14.96	99.20	0.80
N°50	0.300	2.14	0.74	99.94	0.06
N°100	0.150	0.16	0.06	100.00	0.00
N°200	0.070	0.00	0.00	100.00	0.00
BANDEJA		0.00	0.00	10	0.00

Figura 6

Análisis granulométrico de PET

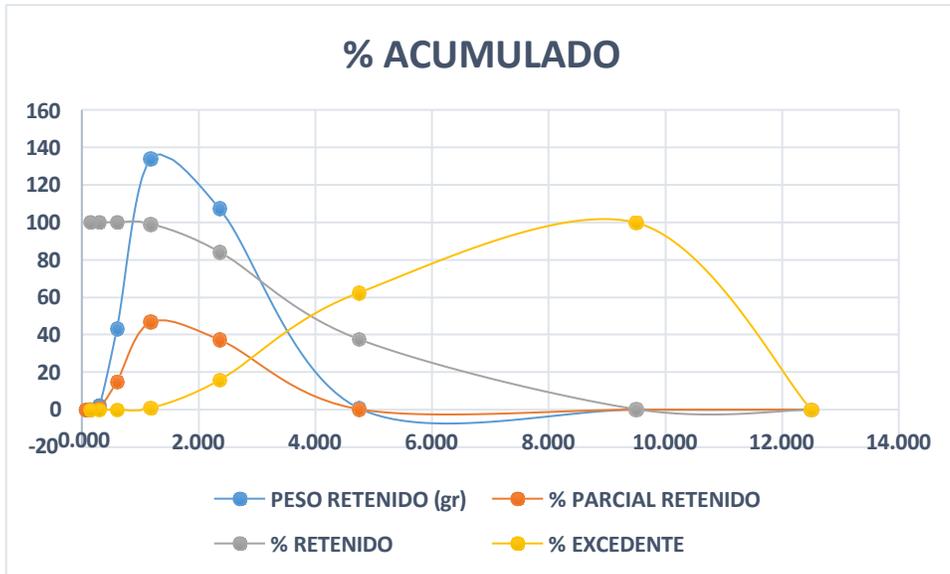
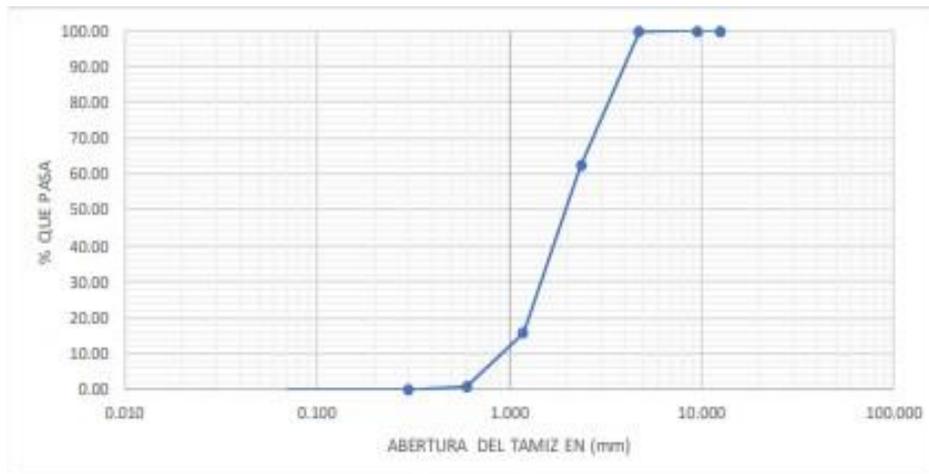


Figura 7

Análisis granulométrico de PET



En las tablas 4 y 5 se muestran las resistencias a la compresión de concreto utilizando diseño de mezclas con agregado fino y grueso; y PET y arena.

Tabla 4

Resistencia a la compresión de concreto utilizando diseño de mezclas con agregado fino y grueso

DIAS A EVALUAR (ensayos)	CARGA MÁXIMA (Kg).	F'C (Kg/cm²)	PROMEDIO
	87549.000	427.027	
7	87932.000	430.997	429.012
	89948.000	438.728	
14	89245.000	441.807	440.267
	93145.000	453.194	
21	92568.000	455.978	454.586
	96745.000	467.232	
28	94684.000	464.092	465.662

Tabla 5

Resistencia a la compresión de concreto utilizando diseño de mezclas con PET y arena.

DIAS A EVALUAR (ensayos)	CARGA MÁXIMA (Kg).	F'C (Kg/cm²)	PROMEDIO
	105098.000	525.490	
7	105864.000	529.320	527.405
	109896.000	549.480	
14	108490.000	542.450	545.965
	116290.000	581.450	
21	115136.000	575.680	578.565
	123490.000	617.450	
28	129368.000	646.840	632.145

En las tablas 6 y 7 se muestran la media promedio del adoquín con PET y agregado fino; y el peso promedio del adoquín en 28 días.

Tabla 6*Media promedio del adoquín con PET y agregado fino*

ADOQUIN	MEDIDAS (cm)		
	LARGO	ANCHO	ESPESOR
PATRON	20.144	10.150	5.281
<u>95% PET+ 5% ARENA</u>	<u>20.000</u>	<u>10.000</u>	<u>8.000</u>

Tabla 7*Peso promedio del adoquín en 28 días*

ADOQUIN	PESO	PROMEDIO
	PROMEDIO 28 DIAS (g)	(g)
PATRON	2451.50	2450.75
	2450.00	
95% PET+ 5% ARENA	2375.00	2374.50
	2374.00	

El presente trabajo de investigación verificamos el análisis granulométrico del agregado fino, agregado grueso y PET que son utilizados en diferentes proporciones obteniendo dispersión de sus partículas de acuerdo a la NTP 400.037 (ver figura 2, 3, 4, 5, 6, 7), también el peso de los adoquines a los 28 días como se detalla en la tabla N°7 teniendo un promedio con la muestra patrón de 2450.75 gr., utilizando el diseño de mezcla 95% PET + 5% arena se obtuvo un promedio de 2374.50 gr. del peso del adoquín en 28 días, esto a su vez se evidencia según Reyna (2016), en su tesis titulada "Reutilización del plástico PET,

papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo 'donde manifiesta que el 5% PET obtiene buen soporte de las unidades vehiculares y peatonal y al aumentar los residuos en la mezcla disminuye su resistencia a la compresión en cambio al utilizar PET y arena aumenta su resistencia al agregar más plástico. De utilizaron dimensiones para la elaboración del adoquín de 20 cm, 10 cm y 8 cm según (RNE. 2018). De acuerdo a la tabla 4 el promedio de resistencia a la compresión con agregado fino y grueso en el 7 día fue de 429.012 Kg/cm², 14 días se

obtuvo 440.267 Kg/cm² 21 días 454.586 Kg/cm², 28 días 465.662 Kg/cm², en la tabla 5 el promedio de resistencia a la compresión con PET y arena en el 7 día 527.405

Kg/cm², 14 días 545.965 Kg/cm², 21 días 578.565 Kg/cm², 28 días Kg/cm² los datos obtenidos se ven reflejados en la NTP 399.611, N. T. (2015).

3. Conclusiones

Se elaboró un adoquín ecológico utilizando plástico y arena para pavimentos cumpliendo con lo requerido en la norma técnica peruana y el reglamento nacional de edificaciones, utilizando 95% de PET y 5% de arena, así mismo la utilización del PET ayudará a mitigar la contaminación ambiental, en comparación con adoquines tradicionales con lo que se podrá ahorrar tiempo y ahorro de materiales. Se determinó que las

propiedades físicas- mecánicas de acuerdo a la dosificación utilizada 95% de PET, 5% arena con los estándares de la norma GE 010 cumpliendo con la resistencia a la compresión y el peso en m³, esto se ve reflejado en la proporcionalidad de los materiales a más porcentaje de arena disminuye sus propiedades y en peso, durante su fabricación la vibración de los equipos ocasiona daños a los adoquines ecológicos.

4. Referencias

Ochoa, A. (2023, Sep 17). Reciclan plástico y hacen ladrillos. El Norte. <https://www.proquest.com/newspapers/reciclan-plástico-y-hacen-ladrillos/docview/2865479410/se-2>

DUVPAL. (2023). La tecnología hoy es clave para una nueva era de obras: La construcción de nuevos proyectos de infraestructura (como las concesiones 5G) busca emplear materiales sostenibles que contribuyan a mitigar emisiones contaminantes y mejoren la durabilidad de las obras. Portafolio. <https://www.proquest.com/trade-journals/la-tecnología-hoy-es-clave-para-una-nueva-era-de/docview/2829389991/se-2>

Planta convertirá plástico en material de construcción en Costa Rica: COSTA RICA PLÁSTICOS. (2022, Jun 20). EFE News Service <https://www.proquest.com/wire-feeds/planta-convertirá-plástico-en-material-de/docview/2678553371/se-2>

A. D. Espinoza (2022), "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"- Ingeniero, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4856>

Cabeza, J. C.; & Morillo A. J. (2018). Diseño de adoquines de concreto para pavimento tipo II con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Universidad Cesar Vallejo, Perú. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34726>

Cabrera Ruano, J. E. (2022). Análisis técnico de mejoramiento de vías con adoquines de concreto en urbanización Villareal. (Trabajo de

pregrado). Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia. Disponible en:

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/28576>

Lilismet Pérez Machado, Belkis Meireles Tamayo, Dayana de la Caridad Fuentes Alpizar, Cinthya Peña Mijenes, Anadelys Alonso Aenlle (2022), Empleo de adoquines de concreto en la construcción de pavimentos. Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 16, núm. 2, pp. 1-11, 2022 Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas <https://www.redalyc.org/journal/1939/193971847007/html/>

Reglamento Nacional de Edificación. (2018). Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos banos. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Reyna Pari, C. (2016). Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de

viviendas de bajo costo. Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, La Libertad, Perú. Obtenido de

<http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3158/TESIS%20MAESTRIA%20CESAR%20ALBERTO%20REYNA%20PARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NTG 41085, N. (2015). Guía Técnica de Instalación de Adoquines de Concreto. Lima-Perú

NTG 41086, N. (2012). Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones. Lima-Perú

NTG 41087 h1, N. (2012). Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto. Lima-Perú

NTP 334.009, N. (2016). CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos. Lima-Perú

NTP 339.088, N. (2006). HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland, Requisitos Lima-Perú

NTP 399.611, N. T. (2015). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto Lima-Perú

NTP 400.037 AGREGADOS, especificaciones estándar para agregados en hormigón (concreto), segunda edición, febrero 2022-Lima.