UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Influencia del PET reciclado como sustituto del agregado fino en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor(es):

Cesar Andres Palomino Junohuillca
Sergio Ernesto Vilchez De La Cruz

Asesor:

Dr. Rolando Quispe Basualdo

Lima, Noviembre de 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Rolando Quispe Basualdo, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **"Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"** de los autores Cesar Andres Palomino Junohuillca, Sergio Ernesto Vilchez de la Cruz tiene un índice de similitud de 5% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos y de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 05 días del mes de noviembre del año 2026



Dr. Rolando Quispe Basualdo

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 29 día(s) del mes de octubre del año 2026 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Fiorella Maiva Zapata Antesana el (la) secretario(a): Mg. Juana Beatriz Aquise Pari y los demás miembros: Mg. Luis Eduardo Suarez Muedas y el (la) asesor(a) Dr. Rolando Quispe Basualdo con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Influencia del PET reciclado como sustituto del agregado fino en la resistencia a comprensión de adoquines de concreto tipo II" del(los) bachiller/es: a) Palomino Junohuillca, Cesar Andres b) Vilchez De La Cruz, Sergio Ernesto c) conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.
Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Palomino Junohuillca, Cesar Andres

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller (b): Vilchez De La Cruz, Sergio Ernesto

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Asesor/a

Bachiller (a)

Miembro

Bachiller (b)

Secretaria

Miembro

Bachiller (c)

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Dedico esta tesis a mi madre, Paulina, por su gran amor, apoyo y ayuda incondicional, por acompañarme en cada etapa de mi vida, verme crecer y compartir conmigo el sueño de alcanzar esta meta. A mis hermanas, Amelia, Carmen y Luisa, por ser mi soporte y una de mis principales motivaciones; sus constantes palabras de ánimo y cariño me impulsaron a seguir adelante y permitieron que esta investigación se hiciera realidad.

A mi papito Lucho, quien ya no está físicamente a mi lado, pero permanece siempre en mi corazón. Dedico este logro a su memoria, con todo mi amor y gratitud, porque sé que le habría llenado de orgullo verme alcanzar esta meta. Este logro también es para él, en honor a todo lo que significó y seguirá significando en mi vida.

Cesar Andres Palomino Junohuillca

Dedico este trabajo a mis padres, quienes con su esfuerzo, apoyo y confianza han sido parte fundamental de mi formación y me han acompañado durante todo este camino. Este logro representa también el resultado de todo aquello que me han brindado a lo largo de los años.

A mi abuela, por su cariño incondicional, sus consejos y por estar presente en cada etapa importante de mi vida.

A ellos, que han sido parte esencial de mi crecimiento personal y profesional, dedico con mucho cariño la culminación de esta etapa y el logro de una meta que durante muchos años formó parte de mis sueños.

Sergio Ernesto Vilchez De La Cruz

Agradecemos a Dios por darnos la vida, la sabiduría y la fortaleza para culminar esta investigación. A nuestro asesor, Dr. Rolando Quispe Basualdo, por su orientación, apoyo y confianza durante el desarrollo de este trabajo, así como por compartir sus conocimientos y motivarnos a alcanzar esta meta.

ÍNDICE

Resumen 6
1. Introducción 6
2. Metodología 7
2.1. Diseño experimental y materiales 7
2.2. Fabricación y procedimientos de ensayo 12
2.3. Procesamiento y análisis de datos 13
2.4. Análisis complementario de aplicabilidad económica 14
3. Resultados 15
3.1. Resistencia a compresión y verificación normativa 15
3.2. Absorción de agua 17
3.3. Consistencia estadística de los resultados 18
3.4. Aplicabilidad económica 19
4. Discusión 19
4.1. Influencia del PET sobre la resistencia a compresión 19
4.2. Absorción de agua y cumplimiento físico 20
4.3. Alcance estadístico y trazabilidad 21
4.4. Implicaciones económicas 21
5. Conclusiones 22
Referencias 23
ANEXOS 24
ANEXO A. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 24
ANEXO B. REPOSITORIO DIGITAL DE EVIDENCIAS COMPLEMENTARIAS 25
ANEXO C. ENSAYOS DE LABORATORIO 25
EVIDENCIA DE SUMISIÓN DEL ARTICULO Y QUE ESTA EN PROCESO DE REVISIÓN POR PARES 39
COPIA DE LA RESOLUCION DE INSCRIPCIÓN DEL PERFIL DE PROYECTO DE TESIS EN FORMATO ARTICULO APROBADO POR EL CF/CEP CORRESPONDIENTE 40

Influencia del PET reciclado como sustituto del agregado fino en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II

Cesar Andres Palomino Junohuillca [1], Sergio Ernesto Vilchez De La Cruz [2], Rolando Quispe Basualdo [3]

[1] *Universidad Peruana Unión, Ñaña, Lima 15011, Perú*

[2] *Universidad Peruana Unión, Ñaña, Lima 15011, Perú*

[3] *Universidad Peruana Unión, Ñaña, Lima 15011, Perú*

Resumen

Este estudio evaluó la influencia del polietileno tereftalato (PET) reciclado, acondicionado en fragmentos de aproximadamente 8 × 8 mm, como sustituto volumétrico del agregado fino en adoquines de concreto tipo II. Se fabricaron 48 unidades con 0%, 2%, 3% y 4% de PET; la resistencia a compresión se evaluó a 7, 14 y 28 días, mientras que la absorción de agua se determinó inmediatamente después del desmolde, mediante un período de inmersión de 24 h. A 28 días, las resistencias medias fueron 438.4 kgf/cm^2, 471.8 kgf/cm^2, 423.2 kgf/cm^2 y 402.5 kgf/cm^2, respectivamente; la dosificación con 2% PET presentó una resistencia media a los 28 días un 7.63% superior a la del control en esta campaña experimental. Los tratamientos 0%, 2% y 3% cumplieron el requisito promedio de resistencia evaluado, mientras que el 4% no lo alcanzó. La absorción media se situó entre 5.73% y 5.97%, sin diferencias significativas entre dosificaciones ($p = 0.671$). Los ANOVA por edad mostraron diferencias globales en compresión ($p < 0.001$), y el análisis de sensibilidad por eliminación combinada de una observación por tratamiento conservó la jerarquía 2% > 0% > 3% > 4% en todas las configuraciones evaluadas. Para 2% PET, el análisis económico estimó un costo incremental directo de S/2.54/m^3 en el escenario central. Dentro del rango estudiado, la dosificación con 2 % de PET presentó el mejor desempeño mecánico, mientras que su competitividad económica depende del costo de adquisición y procesamiento del PET.

Palabras clave: Hormigón, tereftalato de polietileno, reciclado, adoquín, resistencia de materiales.

1. Introducción

La incorporación de PET en materiales cementicios presenta respuestas dependientes de su geometría, modalidad de incorporación y dosificación. Acevedo Jaramillo y Posada Franco [1] evaluaron sustituciones volumétricas de agregado fino entre 5% y 20% y observaron reducciones progresivas de resistencia al aumentar el reemplazo. Rajawat et al. [2] estudiaron la resistencia del concreto con residuos plásticos como sustituto parcial de arena. Huaquisto-Cáceres y Quenta-Flores [3] observaron un comportamiento favorable con contenidos bajos de fibras PET, mientras que revisiones recientes confirman que la respuesta del concreto depende de las características del material plástico y del nivel de incorporación [4].

La comparación entre estos estudios debe considerar diferencias en resistencia de diseño, geometría del PET, modalidad de incorporación y tipo de elemento. Debido a estas variaciones, es necesario analizar el comportamiento de las dosificaciones elegidas en función de las condiciones de los materiales y fabricación del estudio actual.

En el Perú, la NTP 399.611:2017/CT 1:2019 establece los requisitos aplicables a los adoquines de concreto para pavimentos, mientras que la NTP 399.604:2002, revisada en 2015, establece los procedimientos de muestreo y ensayo de unidades de concreto [5, 6].

Además del rendimiento físico-mecánico, se analizó de manera preliminar el costo incremental directo de la sustitución parcial del agregado fino por PET. Esta evaluación económica consideró las cantidades estimadas de materiales, el precio supuesto del PET y los costos de procesamiento considerados en el escenario de cálculo.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del PET reciclado como sustituto volumétrico del agregado fino en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II, comparando dosificaciones de 2%, 3% y 4% con un control sin PET a los 7, 14 y 28 días. Como evaluaciones complementarias, se determinó la absorción de agua y se desarrolló un análisis preliminar de aplicabilidad económica.

El aporte del estudio es la obtención de resultados experimentales sobre adoquines de concreto tipo II fabricados en un laboratorio en Lima, con bajas sustituciones volumétricas de agregado fino por PET postconsumo. Se evalúan las dosificaciones de 2%, 3% y 4% frente a un control sin PET, teniendo en cuenta la resistencia a compresión, la absorción de agua y su comparación con los límites técnicos seleccionados. Esta evaluación se complementa con un análisis económico preliminar que utiliza las cantidades estimadas de PET incorporado y agregado fino sustituido para calcular el costo incremental, con alcance exploratorio limitado a la campaña experimental de fabricación estudiada.

2. Metodología

2.1. Diseño experimental y materiales

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Peruana Unión, Campus Lima, específicamente en el laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayo de Materiales, ubicado en Ñaña, Lurigancho -Chosica. Se definieron cuatro niveles de sustitución volumétrica del agregado fino por PET reciclado, los cuales fueron: 0 % (control), 2 %, 3 % y 4 %. La resistencia a compresión y la absorción de agua fueron las variables dependientes.

La variable independiente fue el porcentaje de sustitución volumétrica del agregado fino por PET reciclado, con niveles de 0%, 2%, 3% y 4%. La variable dependiente principal fue la resistencia a compresión, expresada en kgf/cm² y determinada a los 7, 14 y 28 días a partir de la carga máxima y el área de carga de cada adoquín. La absorción de agua, expresada en porcentaje, se evaluó como respuesta complementaria. Las características del PET se describieron como parte del material empleado; su tamaño y forma no se variaron como factores experimentales. Se mantuvieron las cantidades de cemento, agregado grueso y agua añadida indicadas en la dosificación, así como las dimensiones nominales de los moldes y el procedimiento de fabricación descrito.

En esta investigación, la evaluación experimental se centró en la resistencia a compresión y, de manera complementaria, en la absorción de agua. No se midieron la trabajabilidad ni la consistencia del concreto fresco. Como antecedente, Acevedo Jaramillo y Posada Franco [1] evaluaron sustituciones volumétricas del agregado fino por PET entre 5 % y 20 % y reportaron que la manejabilidad no se vio afectada cuando se conservó la curva granulométrica de los agregados. Este resultado corresponde a las condiciones de dicho estudio y no demuestra que la trabajabilidad permaneciera constante en las mezclas de la presente investigación. Aquí se utilizaron fragmentos laminares de aproximadamente 8 × 8 mm, con sustituciones volumétricas de 2 %, 3 % y 4 %, sin verificar experimentalmente la conservación de una curva granulométrica equivalente a la del agregado fino de referencia. El asentamiento de 2 pulgadas fue únicamente un parámetro adoptado para el diseño de mezcla y no un resultado medido. Por tanto, no se dispone de mediciones que permitan determinar la influencia del PET sobre la trabajabilidad o confirmar una consistencia equivalente entre las dosificaciones.

Para cada dosificación se preparó una sola tanda, con un total de 12 adoquines: tres fueron destinados al ensayo de absorción de agua y los nueve restantes al ensayo de resistencia a compresión. En total, se fabricaron 48 adoquines con dimensiones nominales de 200 × 100 × 60 mm.

Para el ensayo de resistencia a compresión, se preparó una mezcla por cada dosificación, de la cual se obtuvieron nueve unidades por tratamiento. De estas, tres fueron ensayadas a los 7 días, tres a los 14 días y las tres restantes a los 28 días, haciendo un total de 36 especímenes destinados a este ensayo.

Para el ensayo de absorción se destinaron 12 unidades, tres por cada dosificación. Los informes del laboratorio registran esta estructura de evaluación y consignan las NTP 399.604 y 399.611 como referencias normativas de los ensayos. La unidad experimental fue la tanda de mezcla, con una única tanda por dosificación. Los tres adoquines evaluados por dosificación y edad en compresión, así como los tres

destinados a absorción por dosificación, constituyeron especímenes de una misma tanda y no réplicas independientes del tratamiento.

Tabla 1. Materiales y características principales utilizadas en las mezclas

Material	Característica	Descripción
Cemento	Tipo	Portland Tipo I
	Marca	Sol
	Norma aplicable	NTP 334.009:2023 [7]
Agua	Fuente	Red pública de agua potable
	Referencia normativa	NTP 339.088:2024 [8]
PET reciclado	Tamaño de los fragmentos	8 × 8 mm
	Geometría	Fragmentos laminares

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1 muestra los materiales preparados para la elaboración de la mezcla con 3 % de sustitución volumétrica del agregado fino por PET.

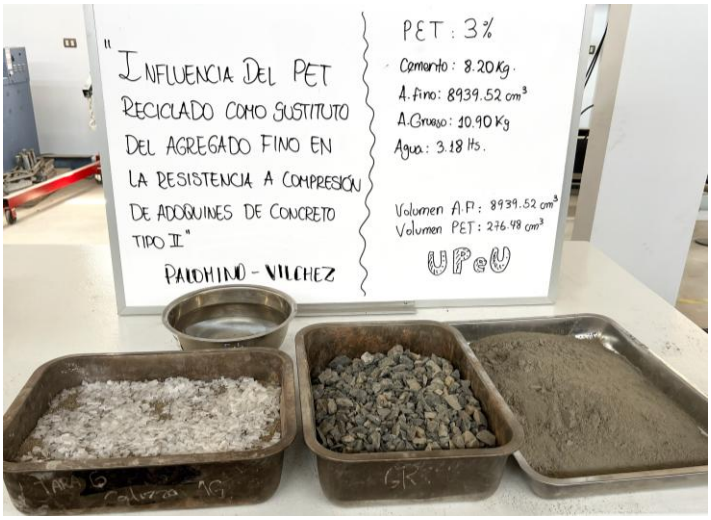


Figura 1. Materiales preparados para la elaboración de adoquines de concreto con 3 % de sustitución volumétrica del agregado fino por PET.

El PET se obtuvo de recicladoras locales de Ñaña y Lurigancho-Chosica. Las botellas fueron separadas de tapas y etiquetas, lavadas con agua y detergente y secadas al aire durante 24 h. Posteriormente se cortaron manualmente con ayuda de una regla hasta obtener fragmentos laminares de aproximadamente 8 mm de largo y 8 mm de ancho, cuyo espesor correspondió al de la pared de las botellas utilizadas. Las mallas N.° 10 y N.° 20 se emplearon al final del acondicionamiento para retirar material fino residual generado durante el corte. El mismo criterio de dimensiones planas aproximadas se utilizó en los tratamientos con PET.

Tabla 2. Peso Unitario Compactado del agregado grueso

Peso Unitario Compactado	Unidad	Agregado Grueso
Peso del recipiente	kg	4.86
Volumen de recipiente(a)	m^3	0.00935
Peso del recipiente + peso de muestra C.	kg	19.40
Peso de la muestra compactada	kg	14.54
Peso unitario compactado	**kg/m³**	**1555.08**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Tamaño máximo nominal del agregado grueso

Malla	Abertura	Retenido	Retenido	Ret. acumulado	Que pasa
N°	mm	gr	%	%	%
1/2"	12.50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.50	55.31	5.03%	5.03%	94.97%
N° 4	4.75	824.87	74.99%	80.02%	19.98%
N° 8	2.36	164.69	14.97%	94.99%	5.01%
N° 16	1.18	44.13	4.01%	99.00%	1.00%
Fondo		11.00	1.00%	100.00%	0.00%
Total		**1100.00**	**100.00%**		

TM = 1/2" | **TMN = 3/8"**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Peso específico (gravedad específica) y absorción del agregado grueso

Masa de la muestra - superficie saturada (B)	gr	4062.00
Masa de la muestra superficie saturada en el agua (C)	gr	2557.00
Masa del material seco (A)	gr	4010.00
Densidad relativa (gravedad especifica) (OD)	**--**	**2.66**
Densidad relativa (gravedad especifica) (SSD)	--	2.70
Densidad relativa aparente (gravedad específica)	--	2.76
Porcentaje de absorción	**%**	**1.30**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Contenido de humedad del agregado grueso

N° de ensayo	Unidad	1	2	3
N° de tara	-	TM - 01	TM - 02	TM - 03
Peso de tara	gr	220.00	220.00	220.00
Peso de la muestra húmeda	gr	1511.36	1509.21	1510.79
Peso de tara + muestra húmeda	gr	1731.36	1729.21	1730.79
Peso de tara + muestra seca	gr	1722.15	1722.87	1721.98
Peso de agua	gr	9.21	6.34	8.81
Peso de muestra seca	gr	1502.15	1502.87	1501.98
Contenido de humedad	%	0.613%	0.422%	0.587%
Contenido de humedad promedio	**%**		**0.541%**	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Contenido de humedad del agregado fino

N° de ensayo	Unidad	1	2	3
N° de tara	-	TM - 1	TM - 2	TM - 3
Peso de tara	gr	220.00	220.00	220.00
Peso de la muestra húmeda	gr	504.69	505.60	507.55
Peso de tara + muestra húmeda	gr	724.69	725.60	727.55
Peso de tara + muestra seca	gr	709.64	712.55	711.40
Peso de agua	gr	15.05	13.05	16.15
Peso de muestra seca	gr	489.64	492.55	491.40
Contenido de humedad	%	3.074%	2.649%	3.287%
Contenido de humedad promedio	**%**		**3.003231%**	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Análisis granulométrico del agregado fino

Malla	Abertura	Retenido	Retenido	Ret. Acumulado	Que pasa
N°	mm/um	gr	%	%	%
4	4.75	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
8	2.36	130.75	17.81%	17.81%	82.19%
16	1.18	180.66	24.61%	42.43%	57.57%
30	600.00	182.51	24.87%	67.29%	32.71%
50	300.00	120.34	16.40%	83.69%	16.31%
100	150.00	77.25	10.52%	94.21%	5.79%
200	75	33.49	4.56%	98.77%	1.23%
Fondo		9.00	1.23%	100.00%	0.00%
Total		**734.00**	**100.00%**		

MF = 3.05 | **TMN = 4.75**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Peso específico (gravedad específica) y absorción del agregado fino

Masa de la muestra - superficie saturada (S)	gr	506.10
Masa de fiola lleno con agua (B)	gr	642.50
Masa de fiola + muestra lleno con agua (C)	gr	948.10
Masa del material seco (A)	gr	497.90
Masa del material seco constante (A)	gr	497.90
Densidad relativa (gravedad especifica) (OD)	**--**	**2.48**
Densidad relativa (gravedad especifica) (SSD)	--	2.52
Densidad relativa aparente (gravedad especifica)	--	2.59
Porcentaje de absorción	**%**	**1.65**

Fuente: Elaboración propia.

La selección de los porcentajes se fundamentó en antecedentes que evaluaron contenidos bajos de PET y sustituciones del agregado fino. La Tabla 9 resume los estudios utilizados para delimitar el intervalo experimental.

Tabla 9. Antecedentes considerados para la selección de las dosificaciones de PET

Referencia	Forma de incorporación	Dosificaciones	Criterio aportado
Acevedo Jaramillo y Posada Franco [1]	Sustitución volumétrica de agregado fino	0%, 5%, 10%, 15% y 20%	Mostró reducción progresiva de resistencia al aumentar PET y sustentó el reemplazo por volumen.
Huaquisto-Cáceres y Quenta-Flores [3]	Adición de fibras PET respecto al cemento	0%, 2%, 4%, 6% y 8%	Aportó evidencia complementaria de sensibilidad de la respuesta mecánica en contenidos bajos.

Fuente: Elaboración propia a partir de [1, 3].

En conjunto, los antecedentes muestran que la respuesta mecánica puede variar dentro de contenidos reducidos de PET y que el incremento de la dosificación no produce necesariamente una mejora progresiva. Por ello, se seleccionaron 2%, 3% y 4% como tres niveles consecutivos dentro del intervalo bajo de sustitución (<5%).

La dosificación de referencia se obtuvo a partir de un diseño de mezcla basado en el método ACI de volumen absoluto, con resistencia especificada de 420 kgf/cm^2, resistencia promedio requerida de 518 kgf/cm^2, un TMN del agregado grueso de 9.5 mm, un módulo de finura del agregado fino de 3.05, un asentamiento de diseño de 2 pulgadas, un contenido de aire atrapado de 3% y una relación agua/cemento de diseño de 0.40 [9]. Para la producción experimental se utilizaron las cantidades por tanda indicadas en la Tabla 10. Se mantuvieron constantes las cantidades de cemento, agregado grueso y agua añadida, mientras que se redujo el volumen de agregado fino según el porcentaje de sustitución por PET. El volumen se reemplazó extrayendo el 2%, 3% o 4% de los 9216 cm^3 de arena de control y agregando un volumen aparente equivalente de PET.

Tabla 10. Dosificación experimental por tratamiento

Tratamiento	Cemento (kg)	Agregado fino (cm^3)	PET (cm^3)	Agregado grueso (kg)	Agua (L)	a/c de diseño
0% (Control)	8.20	9216.00	0.000	10.90	3.18	0.40
2% PET	8.20	9031.68	184.32	10.90	3.18	0.40
3% PET	8.20	8939.52	276.48	10.90	3.18	0.40
4% PET	8.20	8847.36	368.64	10.90	3.18	0.40

Nota: Las sustituciones se calcularon sobre 9216,00 cm³ de agregado fino del control, con volúmenes redondeados a 0,01 cm³. El valor de 3.18 L corresponde al agua añadida después de la corrección por humedad de los agregados. La relación a/c efectiva se mantuvo en 0.40.

2.2. Fabricación y procedimientos de ensayo

El mezclado se realizó manualmente sobre una superficie limpia hasta obtener una mezcla visualmente homogénea. Las mezclas se colocaron en moldes de madera de 200 × 100 × 60 mm y se compactaron manualmente en tres capas sucesivas, aplicando aproximadamente 25 golpes por capa con una varilla metálica lisa de 5/8 de pulgada de diámetro (15.875 mm), distribuidos uniformemente sobre la superficie de cada capa. Se aplicaron también golpes al molde para complementar la compactación. El llenado se realizó hasta el borde superior del molde y la superficie se enrasó. No se registraron la masa de la varilla, la altura de aplicación de los golpes ni la masa de concreto fresco por molde; tampoco se cuantificó la energía de compactación. La compactación manual constituye una limitación del procedimiento, debido a posibles diferencias en la intensidad de los golpes entre especímenes, que pueden afectar su repetibilidad. Los adoquines se desmoldaron aproximadamente 24 h después de su fabricación. Inmediatamente después del desmolde, las unidades destinadas al ensayo de resistencia a compresión se colocaron en la piscina de curado del laboratorio, donde permanecieron completamente sumergidas hasta las edades de ensayo de 7, 14 y 28 días. No se midió la altura del agua sobre los especímenes. Durante este período no se renovó el agua ni se midió su pH. Las unidades destinadas al ensayo de absorción se sometieron al procedimiento de ensayo inmediatamente después del desmolde, sin un período adicional de curado previo; las 24 h de inmersión correspondieron al ensayo de absorción.

Ambos investigadores participaron en el mezclado y la compactación de los adoquines. Las dosificaciones se prepararon en el orden 0%, 2%, 3% y 4% de PET, sin aleatorizar la secuencia de fabricación. Los especímenes se identificaron mediante el porcentaje de PET e iniciales; el encargado de los ensayos conocía la dosificación correspondiente, por lo que no se empleó codificación ciega. Para los ensayos de compresión, los adoquines se seleccionaron aleatoriamente entre los correspondientes a cada dosificación y edad de evaluación. Las unidades destinadas a compresión permanecieron sumergidas en la piscina de curado del laboratorio, sin un procedimiento específico de distribución aleatoria de sus posiciones. No se midieron la temperatura del agua de curado ni la temperatura y humedad del laboratorio. Tampoco se midió el asentamiento de las mezclas frescas; el valor de 2 pulgadas corresponde al parámetro

adoptado en el diseño de mezcla. Estas condiciones limitan el control de posibles efectos del orden de fabricación, del operador y del ambiente sobre los resultados.

Los informes del laboratorio consignan la NTP 399.604:2002 como referencia para el ensayo de resistencia a compresión. Se aplicaron los apartados 7.2 y 7.3 de la NTP 399.611:2017/CT 1:2019, que remiten al procedimiento de ensayo y establecen la evaluación del adoquín completo con carga perpendicular a su cara de mayor superficie [5, 6]. Los adoquines se colocaron sobre dicha cara y se interpusieron placas de acero de 300 × 250 × 25.5 mm entre los especímenes y los elementos de carga de la prensa. No se realizó refrentado, rectificado ni verificación de la planitud y el paralelismo de las caras de contacto. Las dimensiones reales de cada adoquín se ingresaron en el sistema de la prensa, que calculó el área de carga como el producto del largo por el ancho. El ensayo se efectuó con una velocidad de desplazamiento de 0.105 mm/s, según lo informado por el encargado. La resistencia se calculó como la carga máxima dividida entre el área de carga, sin factores de corrección adicionales, y se expresó en kgf/cm². La prensa fue calibrada en junio de 2025.

Para el ensayo de absorción se evaluaron tres unidades por cada dosificación. Los especímenes destinados a este ensayo fueron desmoldados aproximadamente 24 h después de su fabricación e inmediatamente sometidos al procedimiento de absorción, sin un período adicional de curado previo. A continuación, los especímenes se sumergieron completamente en agua durante 24 h, correspondiendo este período exclusivamente al tiempo de inmersión. Finalizado dicho período, se dejaron drenar aproximadamente 1 min y se retiró el agua superficial con un paño antes de registrar la masa saturada W_s. Posteriormente se secaron en horno durante 24 h a una temperatura de operación cercana a 110 °C y se registró la masa seca W_d. La absorción se calculó como $A_w = [(W_s - W_d)/W_d] \times 100$.

2.3. Procesamiento y análisis de datos

Los 36 resultados individuales de compresión y los 12 resultados de absorción se organizaron por dosificación y edad. Para cada grupo se calcularon media, desviación estándar (SD) y el coeficiente de variación (CV). La variación relativa respecto del control se obtuvo como $\Delta = [(x_i - x_0) / x_0] \times 100$.

Para cada edad de compresión y para absorción se aplicó un ANOVA de un factor, debido a que se comparó una respuesta cuantitativa entre cuatro niveles de dosificación. La homogeneidad de varianzas se examinó mediante Levene y la normalidad de los residuos del modelo mediante Shapiro-Wilk; eta cuadrado (η^2) se utilizó como medida de tamaño de efecto [10]. Se adoptó un nivel de significancia de 0.05. Los contrastes estadísticos se consideraron exploratorios y limitados a los especímenes de esta campaña experimental de fabricación. Al disponerse de una única tanda por dosificación, no fue posible estimar la variabilidad entre tandas ni separar el efecto de la dosificación del efecto de la tanda; por ello, los valores p no se interpretaron como evidencia confirmatoria del efecto del PET. La evaluación de los requisitos normativos se realizó de forma separada.

Como verificación del procesamiento estadístico, se recalcularon los ANOVA de un factor mediante Python 3.12.14, NumPy 2.3.5 y SciPy 1.17.0, utilizando los resultados individuales de compresión y las masas saturadas y secas de absorción consignados en los informes originales del laboratorio. Los porcentajes de absorción se calcularon sin redondeos intermedios. El estadístico F se obtuvo dividiendo la media cuadrática entre dosificaciones por la media cuadrática del error. El tamaño de efecto se calculó como η^2 = SC entre dosificaciones / SC total. Los grados de libertad fueron 3 entre dosificaciones, 8 para el error y 11 en total.

Se realizó un análisis de sensibilidad por eliminación combinada de una observación por tratamiento para la resistencia a compresión. Se analizaron las 81 configuraciones posibles (3^4) por edad, retirando un espécimen de cada dosificación y verificando el orden de las medias con los dos restantes. Las resistencias y absorciones máximas se compararon solamente con los valores individuales y promedios registrados en las unidades ensayadas, sin análisis exploratorio estadístico, ni intervalos de confianza ni valores p de aprobación como criterios; para adoquines tipo II de 60 mm se consideró un requisito de resistencia promedio mínima de 420 kgf/cm² y valor individual mínimo de 380 kgf/cm²; para absorción, un máximo promedio de 6% y máximo individual de 7,5% [5]. Los resultados de compresión se presentan en las Tablas 12 y 13, y los de absorción en la Tabla 14.

2.4. Análisis complementario de aplicabilidad económica

Para el análisis económico, se tomó como base de cálculo 1 m³ de concreto. El volumen teórico por tanda fue de 0,01584 m³, obtenido a partir de las dimensiones nominales de 12 adoquines de 200 × 100 × 60 mm, adicionando un 10 % por pérdidas durante el proceso. Este volumen se empleó únicamente para establecer la dosificación de la mezcla y no corresponde a una medición del concreto en estado fresco. Se dividieron los volúmenes aparentes del PET, que corresponden a las dosificaciones de 2%, 3% y 4% (184.32, 276.48 y 368.64 cm³ por tanda), entre el volumen teórico mencionado, con un rendimiento de 11.64, 17.45 y 23.27 L de PET por m³ de mezcla, en ese orden.

La masa estimada de PET incorporado se calculó mediante mPET = VPET × ρb, donde VPET es el volumen aparente de PET por metro cúbico de mezcla, expresado en m³, y ρb es la densidad aparente a granel del PET, que incluye los espacios entre fragmentos. Se adoptó un valor de referencia de 300 kg/m³ y un intervalo de sensibilidad de 280–320 kg/m³ a partir de la ficha técnica citada [11]. Esta densidad es una referencia externa para hojuelas a granel y no una medición de los fragmentos empleados. Para la dosificación de 2% PET, el cálculo fue mPET = [(184.32 × 10^{-6} m³)/0.01584 m³] × 300 kg/m³ = 3.49 kg de PET por m³ de mezcla. Por lo tanto, este valor es una estimación sujeta a la densidad que se haya seleccionado y al volumen teórico de la tanda. Se calculó la cantidad de arena sustituida a partir del contenido de agregado fino seco del modelo de referencia (849,07 kg/m³). Las masas estimadas de arena sustituida y PET incorporado se emplearon como parámetros para calcular el costo incremental directo.

Se propuso el análisis económico como un entorno local de exploración del costo incremental directo por metro cúbico. ΔC = m PET × (p PET + e × t) − VPET × p arena, donde p PET representa el precio estimado del PET, e es la energía específica de trituración, t es la tarifa de electricidad y p arena es el costo del agregado fino por volumen. Se adoptó p PET = S/0.80/kg como supuesto de cálculo, no como precio de una compra documentada. Para estimar el consumo energético se adoptó un valor de 0,132 kWh/kg, reportado por Caguay et al. [12] para una trituradora que produjo fragmentos de 25–50 mm. Este dato se utilizó únicamente como referencia para un escenario mecanizado, ya que en este estudio las partículas de 8 × 8 mm fueron obtenidas mediante corte manual. El costo de energía se calculó con una tarifa de S/ 0,7556/kWh, correspondiente a BT5B no residencial de Lima Sur [13]. Para la arena se tomó como referencia un precio de S/ 51,27/m³ dentro del rango comercial consultado, sin considerarlo como un promedio de cotizaciones [14].

La fuente comercial de arena [14] presenta precios para volquetes de 10, 12, 18, 20 y 24 m³, sin incluir IGV. Para obtener los valores de referencia por metro cúbico, se dividió cada precio entre el volumen correspondiente y posteriormente se aplicó el factor 1,18 para considerar el IGV. Los extremos resultantes fueron S/29.01/m³, calculado como 590/24 × 1.18, y S/88.50/m³, calculado como 750/10 × 1.18. Los precios considerados incluyen el costo de entrega y pueden variar de acuerdo con el destino. El ahorro estimado se calculó a partir del volumen de arena sustituido por PET. La estimación no incluyó los costos de mano de obra, transporte del PET, mantenimiento, uso de equipos ni lavado. La sensibilidad del costo incremental ante cambios en los parámetros de cálculo se presenta en la Tabla 18.

Tabla 11. Parámetros del análisis de aplicabilidad

Parámetro	Valor central	Referencia
Densidad aparente PET	300 kg/m³ (280-320)	Ficha de hojuelas postconsumo [11]
Precio PET	S/ 0.80/kg	Supuesto del escenario; no es una compra documentada
Energía de trituración	0.132 kWh/kg	Supuesto de mecanización; Caguay et al. [12]
Tarifa eléctrica	S/ 0.7556/kWh	Luz del Sur, agosto 2026 [13]
Agregado fino (arena)	S/ 51.27/m³	Valor supuesto dentro del rango comercial [14]

Nota: Los parámetros corresponden a un escenario local exploratorio. La densidad aparente y la energía provienen de fuentes externas; el precio del PET y el valor central de arena son supuestos. La sensibilidad se presenta en la Tabla 18. Fuentes consultadas en septiembre de 2026.

3. Resultados

3.1. Resistencia a compresión y verificación normativa

La Figura 2 muestra que la resistencia aumentó con la edad en las cuatro dosificaciones. El tratamiento de 2% PET presentó la mayor media a 7, 14 y 28 días; el orden 2% > 0% > 3% > 4% se mantuvo en las tres edades. A 28 días, 2% PET alcanzó 471.8 kgf/cm², equivalente a un incremento de 7.63% respecto del control (Figura 3).

Tabla 12. Resultados individuales de resistencia a compresión

PET	Espécimen	7 d (kgf/cm²)	Espécimen	14 d (kgf/cm²)	Espécimen	28 d (kgf/cm²)
0% (Control)	Patrón 1	312.6	Patrón 4	397.5	Patrón 7	438.8
0% (Control)	Patrón 2	316.8	Patrón 5	401.3	Patrón 8	436.5
0% (Control)	Patrón 3	312.9	Patrón 6	395.7	Patrón 9	439.8
2% PET	2% PET - 1	337.6	2% PET - 4	428.7	2% PET - 7	471.4
2% PET	2% PET - 2	339.7	2% PET - 5	429.3	2% PET - 8	474.2
2% PET	2% PET - 3	337.8	2% PET - 6	432.5	2% PET - 9	469.8
3% PET	3% PET - 1	298.5	3% PET - 4	383.6	3% PET - 7	423.5
3% PET	3% PET - 2	301.8	3% PET - 5	381.8	3% PET - 8	424.9
3% PET	3% PET - 3	299.4	3% PET - 6	382.4	3% PET - 9	421.1
4% PET	4% PET - 1	282.4	4% PET - 4	368.9	4% PET - 7	405.4
4% PET	4% PET - 2	285.1	4% PET - 5	365.4	4% PET - 8	401.2
4% PET	4% PET - 3	283.9	4% PET - 6	366.8	4% PET - 9	400.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Resistencia a compresión por dosificación y edad

PET	7 d (kgf/cm²)	14 d (kgf/cm²)	28 d (kgf/cm²)	CV 28 d (%)	Delta 28 d (%)	Criterio de resistencia
0% (Control)	314.1	398.2	438.4	0.39	0.00	Cumple
2% PET	338.4	430.2	471.8	0.47	+7.63	Cumple
3% PET	299.9	382.6	423.2	0.45	-3.47	Cumple
4% PET	283.8	367.0	402.5	0.63	-8.19	No cumple promedio

Nota: Tipo II, 60 mm: promedio de tres unidades ≥ 420 kgf/cm² e individual ≥ 380 kgf/cm² [5].

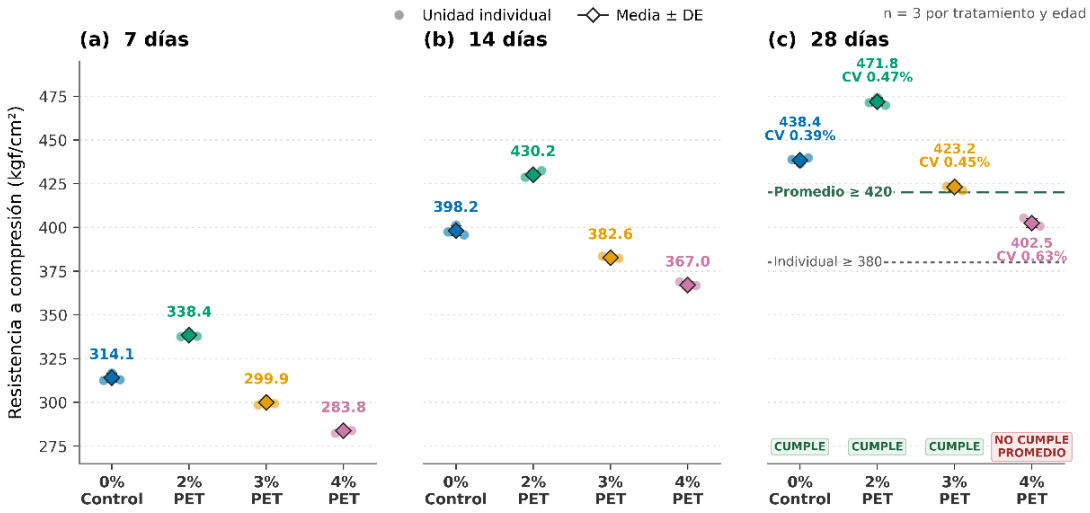


Figura 2. Resistencia a compresión de los adoquines con sustitución volumétrica del agregado fino por PET a 7, 14 y 28 días. Se muestran valores individuales y medias ± una desviación estándar (n = 3 por dosificación y edad).

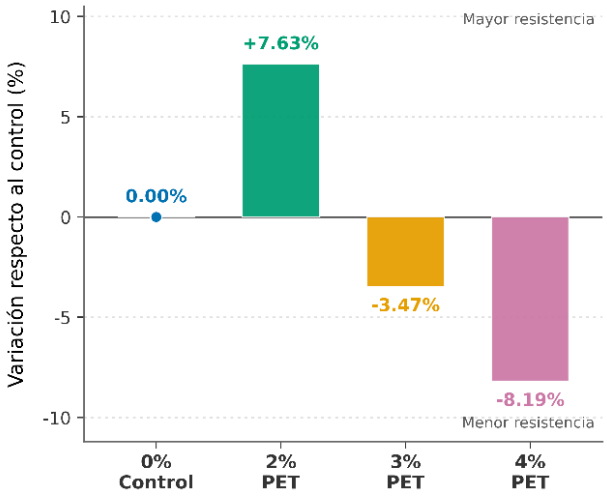


Figura 3. Variación porcentual de la resistencia media a compresión a los 28 días respecto del tratamiento control.

Los tratamientos 0%, 2% y 3% cumplieron simultáneamente los criterios promedio e individual de resistencia evaluados. El tratamiento 4% presentó valores individuales superiores a 380 kgf/cm², pero su promedio de 402.5 kgf/cm² fue inferior al requisito de 420 kgf/cm².

Como complemento de los resultados de resistencia a compresión, la Figura 4 presenta una comparación visual de los adoquines correspondientes a las cuatro dosificaciones evaluadas a los 28 días. Las vistas en perspectiva permiten apreciar la apariencia superficial y lateral de los especímenes fabricados con 0%, 2%, 3% y 4% de sustitución volumétrica del agregado fino por PET. Se observan variaciones visuales en el acabado y textura superficial entre las dosificaciones; sin embargo, esta comparación es únicamente cualitativa, debido a que dichas características no fueron cuantificadas como variables experimentales.

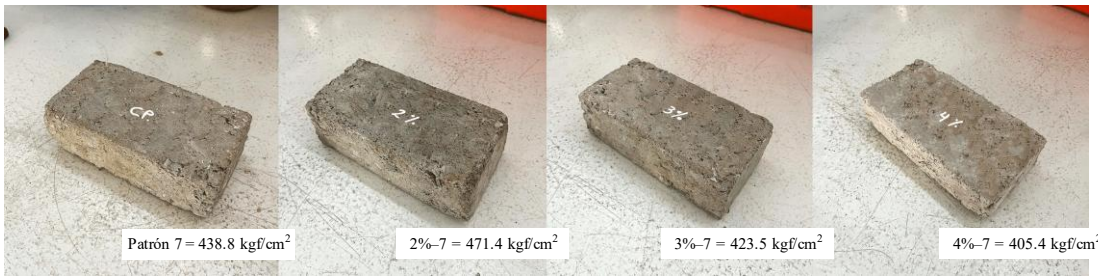


Figura 4. Vista comparativa en perspectiva de los adoquines de concreto a los 28 días según la dosificación de PET: 0% PET (control), 2% PET, 3% PET y 4% PET.

Las imágenes muestran diferencias visuales en la textura y regularidad superficial de los especímenes; no obstante, estas observaciones no se emplearon para establecer relaciones causales con la resistencia a compresión, debido a que no se realizaron mediciones específicas de rugosidad, porosidad superficial o morfología.

3.2. Absorción de agua

La Figura 5 y la Tabla 14 muestran que la absorción media disminuyó de 5.97% en el control a 5.73% con 4% PET. La diferencia global entre tratamientos no fue significativa (ANOVA, $p = 0.671$). Todos los promedios fueron ≤ 6% y todos los valores individuales fueron ≤ 7.5%.

Tabla 14. Absorción de agua por dosificación

PET	Media ± SD (%)	Máx. individual (%)	CV (%)	Criterio de absorción
0% (Control)	5.97 ± 0.21	6.20	3.47	Cumple
2% PET	5.90 ± 0.27	6.20	4.50	Cumple
3% PET	5.83 ± 0.21	6.00	3.58	Cumple
4% PET	5.73 ± 0.25	6.00	4.39	Cumple

Nota: Tipo II: promedio de tres unidades ≤ 6% e individual ≤ 7.5% [5].

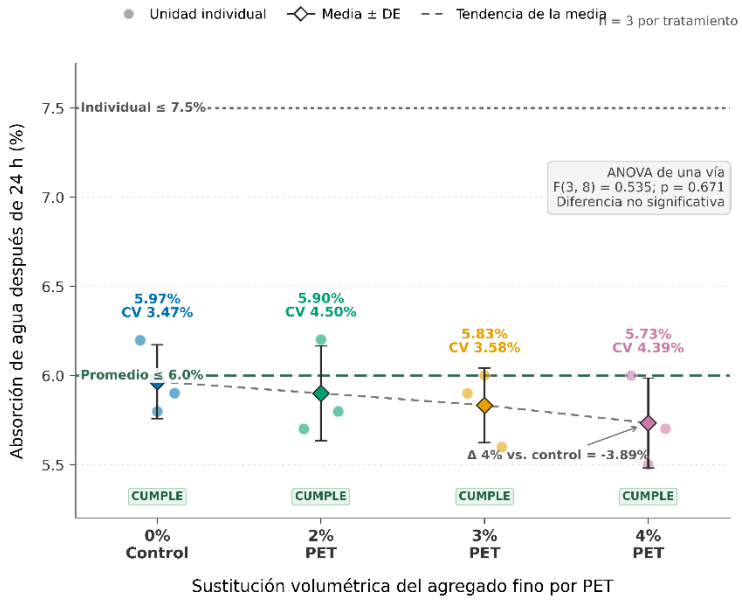


Figura 5. Absorción de agua de los adoquines evaluados inmediatamente después del desmolde, tras 24 h de inmersión. Se muestran valores individuales y medias ± una desviación estándar (n = 3 por dosificación).

3.3. Consistencia estadística de los resultados

Los ANOVA mostraron diferencias globales entre dosificaciones para la resistencia a 7, 14 y 28 días ($p < 0.001$), con η^2 cercano a 0.995 en las tres edades. Levene no detectó heterogeneidad de varianzas. La prueba de Shapiro-Wilk aplicada a los residuos de cada modelo no identificó evidencia estadística de desviación de la normalidad al nivel de 0.05; sin embargo, debido al reducido tamaño muestral, su capacidad para detectar dichas desviaciones es limitada, por lo que este resultado no confirma el supuesto de normalidad.

Tabla 15. Síntesis del análisis estadístico

Respuesta	F (3,8)	p	η^2	Levene p	Shapiro-Wilk p	Configuraciones que conservan el orden
Compresión 7 d	555.157	<0.001	0.995	0.936	0.092	81/81
Compresión 14 d	535.686	<0.001	0.995	0.755	0.488	81/81
Compresión 28 d	568.486	<0.001	0.995	0.986	0.197	81/81
Absorción — inicio ≈24 h; inmersión 24 h	0.535	0.671	0.167	0.989	0.165	-

Nota: Shapiro-Wilk se aplicó a los residuos del modelo. El análisis de sensibilidad por eliminación combinada de una observación por tratamiento evaluó 81 configuraciones por edad de compresión. La fracción indica cuántas conservaron el orden de las medias respecto del total evaluado.

La Tabla 16 presenta el desglose de las sumas de cuadrados, los grados de libertad y las medias cuadráticas de los ANOVA.

Tabla 16. Desglose del análisis de varianza para resistencia a compresión y absorción.

Respuesta	Fuente de variación	Suma de cuadrados (SC)	gl	Media cuadrática (CM)
Compresión 7 días	Entre dosificaciones	4818.7625	3	1606.2542
	Error	23.1467	8	2.8933
	Total	4841.9092	11	—
Compresión 14 días	Entre dosificaciones	6544.7492	3	2181.5831
	Error	32.5800	8	4.0725
	Total	6577.3292	11	—
Compresión 28 días	Entre dosificaciones	7678.8300	3	2559.6100
	Error	36.0200	8	4.5025
	Total	7714.8500	11	—
Absorción	Entre dosificaciones	0.0885	3	0.0295
	Error	0.4410	8	0.0551
	Total	0.5295	11	—

Nota: SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: media cuadrática. Las SC y CM se expresan en $(kgf/cm^2)^2$ para compresión y en puntos porcentuales al cuadrado para absorción. Se presentan con cuatro decimales y se calcularon sin redondeos intermedios. Los valores de F, p y η^2 se presentan en la Tabla 15. Las comparaciones se consideran exploratorias, debido a que no se contó con tandas independientes para cada dosificación.

En las 81 configuraciones evaluadas para cada edad, se mantuvo el mismo orden de las dosificaciones: 2% > 0% > 3% > 4%, incluso al realizar el análisis de sensibilidad mediante la eliminación combinada de una observación por tratamiento. Incluso en el escenario más desfavorable para la diferencia 2% PET - control, la ventaja mínima del tratamiento con 2% PET permaneció en 22.85 kgf/cm^2 a 7 días, 29.60 kgf/cm^2 a 14 días y 31.30 kgf/cm^2 a 28 días.

3.4. Aplicabilidad económica

Para el análisis económico se estimaron, por cada metro cúbico de concreto, las cantidades de PET incorporado y agregado fino sustituido. En el escenario central de densidad aparente, el tratamiento con 2% PET equivale a 3.49 kg de PET incorporado y 16.98 kg de agregado fino sustituido por metro cúbico; estas cantidades se utilizaron para calcular el costo incremental directo.

Tabla 17. Cantidades de materiales y costo incremental por 1 m³

PET	Volumen PET (L/m³)	PET estimado (kg/m³)	Agregado fino sustituido (kg/m³)	Costo incremental estimado (S/·m³)
0%	0.00	0.00	0.00	0.00
2%	11.64	3.49	16.98	+2.54
3%	17.45	5.24	25.47	+3.82
4%	23.27	6.98	33.96	+5.09

Nota: ρ_b PET = 300 kg/m³; PET = S/ 0.80/kg; arena = S/ 51.27/m³; energía = 0.132 kWh/kg; electricidad = S/ 0.7556/kWh.

Para el tratamiento con 2% PET, una producción nominal de 100 000 adoquines de 200 × 100 × 60 mm representa un volumen teórico de 120 m³ de concreto. Bajo los supuestos del análisis, el costo incremental directo estimado sería de aproximadamente S/ 305 para toda la producción. Sin considerar el costo de adquisición del PET, el balance directo entre la trituración y el ahorro por agregado fino sustituido sería de −S/ 0.25/m³. Estos cálculos no incluyen los costos operativos adicionales detallados en la metodología.

Tabla 18. Sensibilidad del costo incremental directo para la dosificación de 2% PET

Parámetro modificado	Valor evaluado	PET estimado (kg/m³)	ΔC (S/·m³)
Escenario central	300 kg/m³; S/0.80/kg	3.49	+2.54
Densidad aparente	280 kg/m³	3.26	+2.33
Densidad aparente	320 kg/m³	3.72	+2.75
Precio supuesto del PET	S/0.00/kg	3.49	-0.25
Precio supuesto del PET	S/0.40/kg	3.49	+1.15
Precio de arena	S/29.01/m³	3.49	+2.80
Precio de arena	S/88.50/m³	3.49	+2.11
Energía de trituración	0.1056 kWh/kg (−20%)	3.49	+2.47
Energía de trituración	0.1584 kWh/kg (+20%)	3.49	+2.61
Costos adicionales hipotéticos	S/2.00/m³	3.49	+4.54
Costos adicionales hipotéticos	S/5.00/m³	3.49	+7.54

Nota: En cada escenario se modificó un solo parámetro y se mantuvieron constantes los demás valores centrales. Los intervalos de densidad aparente del PET y de precio de la arena proceden de las fuentes citadas y no representan intervalos de confianza. Los precios alternativos del PET, la variación de ±20 % en el consumo energético y los costos adicionales corresponden a escenarios hipotéticos. Los costos adicionales se sumaron al escenario central para explorar el efecto de gastos no incluidos en la estimación inicial. $\Delta C > 0$ indica un sobrecosto.

4. Discusión

4.1. Influencia del PET sobre la resistencia a compresión

La influencia del PET sobre la resistencia a compresión se examinó comparando cada dosificación con el control sin PET a la misma edad. El tratamiento con 2% tuvo la mayor resistencia media a los 7, 14 y 28 días; a los 28 días alcanzó 471.80 kgf/cm², 7.63% superior al control. En cambio, las dosificaciones de 3%

y 4% presentaron medias inferiores al control. Este comportamiento muestra que el aumento del porcentaje de sustitución no estuvo acompañado de una mejora progresiva de la resistencia. Sin embargo, al haberse elaborado una única tanda por dosificación, no se puede separar completamente la influencia de la sustitución de las diferencias propias de fabricación entre tandas. Por ello, los resultados se interpretan como evidencia exploratoria de esta campaña experimental y no como prueba de un efecto causal generalizable ni de un porcentaje óptimo universal.

A partir de 3% PET, la resistencia disminuyó respecto del tratamiento control. Con 4% PET, la resistencia promedio a los 28 días fue de 402.47 kgf/cm², por debajo del valor mínimo requerido de 420 kgf/cm² para adoquines tipo II de 60 mm. Esta tendencia es consistente con Acevedo Jaramillo y Posada Franco [1], quienes notaron una disminución progresiva de la resistencia al incrementar el reemplazo volumétrico de arena por PET entre un 5% y un 20%.

Desde el punto de vista físico, un mayor reemplazo incrementa la fracción de agregado mineral sustituida por un material polimérico de menor rigidez y modifica la cantidad de interfaces PET-pasta presentes en la matriz. Aunque estos factores han sido relacionados con el desempeño mecánico del concreto con PET en estudios previos [4], en esta investigación solo se evaluó experimentalmente el cambio en la resistencia, sin analizar el comportamiento microestructural.

Entre los 7 y 28 días, las cuatro dosificaciones mostraron un incremento de resistencia de aproximadamente 39,4 % a 41,8 %, manteniendo durante este periodo el mismo orden entre mezclas (2 % > 0 % > 3 % > 4 %). Esto indica que todas las mezclas desarrollaron resistencia con el avance del curado y que las diferencias relativas entre dosificaciones ya se presentaban desde los 7 días. Sin embargo, debido a que la resistencia por sí sola no permite describir completamente el desempeño de los adoquines, estos resultados se complementaron con el análisis de la absorción de agua, considerada como una propiedad física adicional para comprobar el cumplimiento de los límites establecidos.

La interpretación de los resultados también debe considerar la ausencia de mediciones del concreto fresco. Acevedo Jaramillo y Posada Franco [1] reportaron que la manejabilidad se conservó al mantener la curva granulométrica de los agregados durante la sustitución parcial de arena por PET. Sin embargo, las condiciones de ese antecedente no son equivalentes a las de esta investigación: se emplearon otros porcentajes de sustitución y, en el presente estudio, se utilizaron fragmentos laminares de aproximadamente 8 × 8 mm sin verificar la conservación de una granulometría equivalente. Por ello, el antecedente no permite asumir que las dosificaciones evaluadas tuvieron la misma trabajabilidad, aun cuando los porcentajes de PET fueron menores.

Al no haberse medido la trabajabilidad ni cuantificado la energía de compactación manual, no puede descartarse que diferencias en la colocación y compactación de las mezclas hayan contribuido a las resistencias y absorciones observadas. Esta posibilidad no demuestra que tales diferencias hayan ocurrido, pero limita la atribución de los resultados exclusivamente al porcentaje de PET. En consecuencia, los resultados corresponden al conjunto de condiciones de dosificación y fabricación de esta campaña experimental. Para evaluar por separado estos factores, futuras investigaciones deberán incorporar mediciones del comportamiento en estado fresco y un mayor control de la compactación, además de tandas independientes por dosificación.

4.2. Absorción de agua y cumplimiento físico

Aunque se observó una ligera disminución de la absorción, de 5,97 % a 5,73 % al pasar de 0 % a 4 % de PET, esta variación no resultó estadísticamente significativa ($p = 0,671$). Por ello, no se puede afirmar que la incorporación de PET produzca una mejora consistente en esta propiedad.

La baja afinidad del PET con el agua podría explicar, en parte, la tendencia observada en la absorción. Sin embargo, la variación registrada se encuentra dentro de la variabilidad experimental, por lo que no permite establecer cambios en la densificación o porosidad de los adoquines, ya que estas características no fueron evaluadas directamente.

En cuanto al cumplimiento normativo, las cuatro dosificaciones se encontraron dentro de los límites establecidos para la absorción, tanto en los valores promedio como individuales. No obstante, el caso del 4 % de PET muestra que cumplir con el límite de absorción no necesariamente implica alcanzar un mejor

comportamiento mecánico, debido a que esta dosificación no alcanzó la resistencia a compresión promedio requerida a los 28 días.

La dosificación con 2 % de PET mostró el mejor desempeño al evaluar conjuntamente la resistencia a compresión y la absorción de agua. Debido al número limitado de especímenes y a que se utilizó una sola tanda por dosificación, se realizó un análisis adicional para verificar la estabilidad estadística de este resultado.

4.3. Alcance estadístico y trazabilidad

La resistencia a compresión mostró tamaños de efecto elevados y una baja variabilidad entre los especímenes de una misma dosificación. Además, al realizar el análisis de sensibilidad mediante la omisión simultánea de una observación en cada dosificación, el orden de las medias (2 % > 0 % > 3 % > 4 %) se conservó en las 81 configuraciones analizadas para cada edad. Los resultados muestran que la posición relativa de las dosificaciones se mantuvo al excluir las observaciones analizadas. No obstante, esto no permite asegurar que el mismo patrón se conserve en nuevas tandas de especímenes.

Este análisis complementa los resultados del ANOVA, pues el orden de las dosificaciones se mantuvo incluso al excluir un espécimen con un valor alto o bajo. Sin embargo, los resultados deben interpretarse con cautela, debido a que solo se trabajó con tres especímenes por condición y una tanda por dosificación. La variabilidad observada refleja únicamente las diferencias entre especímenes de una misma tanda, por lo que no fue posible evaluar la variación entre tandas. Por ello, estas comparaciones tienen un carácter exploratorio y se circunscriben a la campaña experimental realizada. La comparación con los límites de resistencia establecidos se efectuó por separado y no forma parte de la inferencia estadística. A los 28 días, el tratamiento con 3% PET alcanzó una resistencia promedio de 423.17 kgf/cm², superior en 3.17 kgf/cm² al límite promedio aplicado de 420 kgf/cm². Sus tres valores individuales, 423.5, 424.9 y 421.1 kgf/cm², también superaron el límite individual aplicado de 380 kgf/cm². Los resultados corresponden únicamente a las unidades ensayadas, por lo que su comportamiento no puede extrapolarse directamente a producciones posteriores. Las diferencias observadas entre los promedios y la ausencia de tandas independientes por dosificación justifican una nueva campaña experimental para validar estos resultados antes de considerar el 3 % de PET como una dosificación preferida.

Considerando las limitaciones de replicación y la estabilidad del orden observado, también se estimó el costo incremental directo de la dosificación con mejor desempeño mecánico. Este análisis económico fue exploratorio y estuvo condicionado por los precios y demás parámetros adoptados.

4.4. Implicaciones económicas

La dosificación con 2 % de PET fue la que alcanzó la mayor resistencia a compresión. Con esta proporción se estimó una incorporación de 3,49 kg de PET y un reemplazo de 16,98 kg de agregado fino por cada metro cúbico de concreto. Estas cantidades se utilizaron como parámetros para estimar el costo de los materiales en la mezcla.

El incremento de costo estimado para la mezcla con 2 % de PET fue de S/ 2,54/m³, tomando como referencia un precio de S/ 0,80/kg para el PET. De acuerdo con este cálculo, el costo de adquisición del PET es el componente que más influye en el incremento obtenido. Con los demás valores considerados constantes, el precio de equilibrio del PET se estimó en aproximadamente S/ 0,071/kg.

Si el PET se obtiene sin costo de adquisición, el balance entre la energía empleada en su procesamiento y el ahorro asociado al agregado fino sustituido resulta ligeramente favorable. Este escenario, sin embargo, no incluye gastos de lavado, transporte, mano de obra, mantenimiento ni acondicionamiento del material. Por esta razón, el resultado económico dependerá de las condiciones en que se realice la recolección y preparación del PET, así como de la distancia y los recursos necesarios para su procesamiento.

En conjunto, la dosificación de 2 % mostró el comportamiento más favorable entre las alternativas estudiadas. Además de registrar la mayor resistencia a compresión, cumplió los criterios establecidos para resistencia y absorción. El incremento de costo obtenido fue reducido para los componentes incluidos en el cálculo; aun así, sería necesario realizar pruebas a escala piloto y ampliar la evaluación económica antes de trasladar estos resultados a una producción de mayor escala.

5. Conclusiones

En esta campaña experimental, la influencia del PET sobre la resistencia a compresión dependió del porcentaje de sustitución empleado. La dosificación con 2% PET presentó el mejor desempeño mecánico, alcanzando 471.80 kgf/cm² a los 28 días, equivalente a un incremento de 7.63% respecto del control de 438.4 kgf/cm². En contraste, los tratamientos con 3% y 4% alcanzaron 423.2 y 402.5 kgf/cm², respectivamente, evidenciando que el incremento del contenido de PET no produjo una mejora progresiva de la resistencia. Los tratamientos 0%, 2% y 3% cumplieron el requisito promedio de resistencia considerado para adoquines tipo II de 60 mm, mientras que el tratamiento con 4% no alcanzó dicho límite. Por tanto, dentro de las dosificaciones estudiadas, el 2% PET presentó el comportamiento mecánico más favorable, aunque este resultado posee alcance exploratorio debido a que se elaboró una única tanda por dosificación.

Como complemento de la evaluación del comportamiento mecánico, el ensayo de absorción de agua mostró que las cuatro dosificaciones se mantuvieron dentro de los límites promedio e individuales considerados. Los valores medios presentaron una variación reducida, desde 5,97 % en el tratamiento control hasta 5,73 % con 4 % de PET, mientras que las diferencias entre las dosificaciones no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,671$). Por tanto, bajo las condiciones evaluadas, no se encontró evidencia suficiente para afirmar que la incorporación de PET haya producido un efecto concluyente sobre la absorción de agua. Este resultado permite complementar la interpretación de la resistencia a compresión, ya que el cumplimiento del criterio de absorción no necesariamente se relacionó con un mayor desempeño mecánico. Esto se observa en el tratamiento con 4 % de PET, que cumplió con el criterio establecido para la absorción, pero no alcanzó la resistencia promedio requerida a los 28 días.

El análisis estadístico permitió comprobar la estabilidad del comportamiento observado en los ensayos de resistencia a compresión. Los ANOVA mostraron diferencias globales entre las dosificaciones a los 7, 14 y 28 días ($p < 0,001$). Asimismo, al aplicar el análisis de sensibilidad mediante la eliminación combinada de una observación por tratamiento, la jerarquía de las medias (2 % > 0 % > 3 % > 4 %) se mantuvo en las 81 configuraciones evaluadas para cada edad. Esto muestra que el orden de las dosificaciones permaneció estable frente a las omisiones consideradas dentro de la muestra disponible. Sin embargo, este resultado no permite afirmar que el mismo comportamiento se reproduzca en lotes independientes, ya que se fabricó una sola tanda por dosificación. En consecuencia, los análisis estadísticos respaldan la consistencia interna del patrón observado en la campaña experimental, pero sus resultados deben interpretarse con carácter exploratorio.

El costo incremental directo fue de S/ 2,54/m³ para el escenario central considerado. Este valor puede variar según el precio de adquisición y las condiciones de acondicionamiento del PET, ya que la estimación no incluyó todos los costos asociados a su adquisición y procesamiento. En conjunto, los resultados mecánicos, físicos, estadísticos y del análisis económico preliminar respaldan el interés por continuar estudiando la dosificación de 2 % de PET. Para ello, sería conveniente realizar nuevas campañas con tandas independientes y ensayos adicionales de durabilidad.

Referencias

[1] Acevedo Jaramillo, Ana Beatriz, y Juan Esteban Posada Franco. “Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto.” Revista Ingenierías Universidad de Medellín 18, no. 34 (2019): 45–56. doi:10.22395/rium.v18n34a3.

[2] Rajawat, Sachindra Pratap Singh, Balram Singh Rajput, y Gaurav Jain. “Concrete Strength Analysis Using Waste Plastic as a Partial Replacement for Sand.” Materials Today: Proceedings 62 (2022): 6824–6831. doi:10.1016/j.matpr.2022.04.961.

[3] Huaquisto-Cáceres, Samuel, y Darwin Quenta-Flores. “Experimental Study on the Use of Plastic Bottle Waste in Conventional Concrete.” Revista Internacional de Contaminación Ambiental 40 (2024): 49–58. doi:10.20937/RICA.54696.

[4] Albatayneh, Omar, y Mohammad Nadeem Akhtar. “Evaluating Recycled PET as an Alternative Material for the Construction Sector Towards Sustainability.” Civil Engineering Journal 10, no. 4 (2024): 1336–1353. doi:10.28991/CEJ-2024-010-04-020.

[5] Instituto Nacional de Calidad. “NTP 399.611:2017. Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos.” Lima: INACAL (2017), con Corrigenda Técnica NTP 399.611:2017/CT 1:2019 (2019).

[6] Instituto Nacional de Calidad. “NTP 399.604:2002. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.” Edición de 2002, revisada en 2015. Lima: INACAL.

[7] Instituto Nacional de Calidad. “NTP 334.009:2023. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos.” 9.ª ed. Lima: INACAL (2023).

[8] Instituto Nacional de Calidad. “NTP 339.088:2024. Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico. Requisitos.” 5.ª ed. Lima: INACAL (2024).

[9] ACI Committee 211. “ACI PRC-211.1-22: Selecting Proportions for Normal-Density and High-Density Concrete—Guide.” Farmington Hills: American Concrete Institute (2022). Disponible en: https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211122.

[10] National Institute of Standards and Technology. “NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods.” Gaithersburg: NIST (s. f.). doi:10.18434/M32189. Disponible en: https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/. Consultado en septiembre de 2026.

[11] KÖKSAN. “PET Products Catalog.” Sección Post-Consumer PET Flakes (s. f.). Disponible en: https://koksan.com/app/File/koksan-pet-products-catalog_1721288852.pdf. Consultado en septiembre de 2026.

[12] Caguay, Marjun E., Romeo B. Gavino, Helen F. Gavino, y Theody B. Sayco. “Development and Performance Analysis of a Mini Twin-Shaft Shredder for Efficient Polyethylene Terephthalate (PET) Bottle Recycling.” Journal of Engineering Research and Reports 25, no. 8 (2023): 217–229. doi:10.9734/jerr/2023/v25i8974.

[13] Luz del Sur S.A.A. “Precios para la venta de energía eléctrica (incluye IGV). Pliego tarifario: 04 agosto 2026. Tarifas: setiembre 2026. Sistema Lima Sur.” LDS2026-10 (2026). Disponible en: https://cdn.luzdelsur.com.pe/webIds/nuestraempresa/lds_tarifas.pdf. Consultado en septiembre de 2026.

[14] C&M Chamana. “Venta de arena gruesa en Lima: venta por volquetadas y m³.” Precios referenciales según volumen y lugar de entrega (s. f.). Disponible en: https://cymchamana.com/venta-de-arena-gruesa-en-lima/. Consultado en septiembre de 2026.

ANEXOS

ANEXO A. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL



Figura A1. Selección de madera para la fabricación de los moldes.



Figura A2. Verificación de los moldes de madera fabricados para los adoquines.



Figura A3. Tamizado de los materiales utilizados en la elaboración de los adoquines.



Figura A4. Moldeo y compactación manual de los adoquines de concreto.



Figura A5. Identificación y organización de los especímenes según el porcentaje de PET.



Figura A6. Ensayo de absorción de agua de los adoquines de concreto.



Figura A7. Horno de secado utilizado para el ensayo de absorción de agua.



Figura A8. Equipo utilizado para el ensayo de resistencia a compresión.

ANEXO B. REPOSITORIO DIGITAL DE EVIDENCIAS COMPLEMENTARIAS

Con la finalidad de complementar las evidencias presentadas en el Anexo A, se habilitó una carpeta digital que contiene el registro fotográfico adicional del procedimiento experimental desarrollado en la presente investigación.

Enlace de acceso:
https://drive.google.com/drive/folders/127Qbq8iMjIoBX1M0bk9fVIXiaBv14t8X?usp=sharing

ANEXO C. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con la finalidad de complementar las evidencias presentadas, se habilitó una carpeta digital que contiene el diseño de mezcla con la respectiva caracterización de los agregados.

Enlace de acceso:
https://drive.google.com/drive/folders/1I7eauLexb3gV8P_vmQpntkVSh2OofLeW?usp=sharing

Aquí los ensayos realizados en el laboratorio:

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

ABSORCIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junohuillca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	**FECHA DE INFORME :**	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin C.PATRON (1,2,3) / 2% PET (1,2,3) / 3% PET (1,2,3) / 4% PET (1,2,3)

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Peso Saturado (gr)	Peso seco al horno (gr)	Absorción (%)	Promedio Absorción (%)
C.PATRON- 1	2025-09-25	2710.6	2552.4	6.2	6.0
C.PATRON- 2	2025-09-25	2773.1	2621.1	5.8	
C.PATRON- 3	2025-09-25	2647.0	2499.5	5.9	
2% PET- 1	2025-09-25	2714.8	2568.4	5.7	5.9
2% PET- 2	2025-09-25	2669.8	2513.9	6.2	
2% PET- 3	2025-09-25	2753.3	2602.4	5.8	
3% PET- 1	2025-09-25	2915.1	2752.7	5.9	5.8
3% PET- 2	2025-09-25	2769.8	2613.0	6.0	
3% PET- 3	2025-09-25	2913.9	2759.4	5.6	
4% PET- 1	2025-09-25	2830.2	2670.0	6.0	5.7
4% PET- 2	2025-09-25	2714.2	2572.7	5.5	
4% PET- 3	2025-09-25	2849.6	2695.9	5.7	

Anexos:

A



Proceso de sumergimiento de los adoquines de concreto.

B



Pesado de una muestra antes de ser saturada.

Observaciones:

Norma : NTP 399.604:2002 - Art. 8 / Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			**FIRMA:**	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	**Nombre :**	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	**Cargo :**	Jefe de Servicios de Laboratorio

Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNION

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junohuilca Cesar Andres De La Cruz Sergio Ernesto Vilchez	**FECHA DE INFORME :**	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin Patrón 1-2-3 / 7 dias

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
Patrón 1	2025-09-25	2025-10-02	7	20.2	10.3	5.5	208.1	65039.6	312.6
Patrón 2	2025-09-25	2025-10-02	7	20.4	10.3	5.0	210.1	66566.0	316.8
Patrón 3	2025-09-25	2025-10-02	7	20.6	10.8	4.6	222.5	69614.0	312.9

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			**FIRMA:**	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	**Nombre :**	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	**Cargo :**	Jefe de Servicios de Laboratorio

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS:	Palomino Junohuillca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	**FECHA DE INFORME :**	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquín Patrón 4-5-6 / 14 días

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
Patrón 4	2025-09-25	2025-10-09	14	20.9	10.9	4.2	227.8	90546.9	397.5
Patrón 5	2025-09-25	2025-10-09	14	20.0	10.0	5.8	200.0	80253.3	401.3
Patrón 6	2025-09-25	2025-10-09	14	20.1	10.2	5.5	205.0	81119.6	395.7

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			FIRMA:	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	Nombre :	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	Cargo :	Jefe de Servicios de Laboratorio

Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS:	Palomino Junohuillca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	**FECHA DE INFORME :**	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquín Patrón 7-8-9 / 28 días

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
Patrón 7	2025-09-25	2025-10-23	28	20.9	10.9	4.2	227.8	99955.4	438.8
Patrón 8	2025-09-25	2025-10-23	28	20.0	10.0	5.8	200.0	87293.3	436.5
Patrón 9	2025-09-25	2025-10-23	28	20.1	10.2	5.5	205.0	90161.0	439.8

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			**FIRMA:**	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	**Nombre :**	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	**Cargo :**	Jefe de Servicios de Laboratorio

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNION

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS:	Palomino Junohuillca Cesar Andres De La Cruz Sergio Ernesto Vilchez	FECHA DE INFORME :	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin 2% PET 1-2-3 / 7 días

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
2% PET- 1	2025-09-25	2025-10-02	7	20.4	10.3	5.8	210.1	70929.5	337.6
2% PET- 2	2025-09-25	2025-10-02	7	20.4	10.4	5.5	212.2	72063.7	339.7
2% PET- 3	2025-09-25	2025-10-02	7	20.2	10.0	6.2	202.0	68228.9	337.8

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			FIRMA:	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	Nombre :	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	Cargo :	Jefe de Servicios de Laboratorio

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junohuillca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	FECHA DE INFORME :	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin 4% PET 4-5-6 / 14 dias

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
4% PET- 4	2025-09-25	2025-10-09	14	20.0	10.2	6.0	204.0	75262.4	368.9
4% PET- 5	2025-09-25	2025-10-09	14	20.3	10.3	6.0	209.1	76408.5	365.4
4% PET- 6	2025-09-25	2025-10-09	14	20.0	10.4	5.5	208.0	76301.3	366.8

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			FIRMA:	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	Nombre :	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	Cargo :	Jefe de Servicios de Laboratorio

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junohuilca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	FECHA DE INFORME :	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin 4% PET 1-2-3 / 7 días

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
4% PET-1	2025-09-25	2025-10-02	7	20.2	10.3	6.4	208.1	58756.1	282.4
4% PET-2	2025-09-25	2025-10-02	7	19.8	10.3	5.8	203.9	58143.3	285.1
4% PET-3	2025-09-25	2025-10-02	7	20.0	10.7	5.7	214.0	60754.6	283.9

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			FIRMA:	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	Nombre :	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	Cargo :	Jefe de Servicios de Laboratorio

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junohuilca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	FECHA DE INFORME :	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin 3% PET 7-8-9 / 28 días

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
3% PET- 7	2025-09-25	2025-10-23	28	20.5	10.4	5.5	213.2	90283.1	423.5
3% PET- 8	2025-09-25	2025-10-23	28	20.4	10.5	6.0	214.2	91006.4	424.9
3% PET- 9	2025-09-25	2025-10-23	28	20.0	10.2	5.4	204.0	85897.6	421.1

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

	REALIZADO POR		AUTORIZADO POR	
FIRMAS: / FIRMA:				
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	Nombre :	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	Cargo :	Jefe de Servicios de Laboratorio

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junchuilica Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	**FECHA DE INFORME :**	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin 3% PET 4-5-6 / 14 dias

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
3% PET- 4	2025-09-25	2025-10-09	14	20.5	10.4	5.5	213.2	81783.5	383.6
3% PET- 5	2025-09-25	2025-10-09	14	20.4	10.5	6.0	214.2	81781.6	381.8
3% PET- 6	2025-09-25	2025-10-09	14	20.0	10.2	5.4	204.0	78009.6	382.4

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			**FIRMA:**	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	**Nombre :**	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	**Cargo :**	Jefe de Servicios de Laboratorio

Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNION

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junohuallca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	**FECHA DE INFORME :**	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin 3% PET 1-2-3 / 7 días

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
3% PET- 1	2025-09-25	2025-10-02	7	20.5	10.9	5.5	223.5	66699.8	298.5
3% PET- 2	2025-09-25	2025-10-02	7	19.9	10.7	5.5	212.9	64262.3	301.8
3% PET- 3	2025-09-25	2025-10-02	7	20.0	10.5	5.0	210.0	62874.0	299.4

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañiería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			**FIRMA:**	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	**Nombre :**	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	**Cargo :**	Jefe de Servicios de Laboratorio

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNION

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junohuillca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	FECHA DE INFORME :	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin 2% PET 7-8-9 / 28 días

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
2% PET- 7	2025-09-25	2025-10-23	28	20.4	10.5	5.5	214.2	100973.9	471.4
2% PET- 8	2025-09-25	2025-10-23	28	20.3	10.4	5.1	210.1	99631.8	474.2
2% PET- 9	2025-09-25	2025-10-23	28	20.5	10.5	6.0	215.3	101124.5	469.8

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			FIRMA:	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	Nombre :	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	Cargo :	Jefe de Servicios de Laboratorio

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junohuillca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	**FECHA DE INFORME :**	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin 2% PET 4-5-6 / 14 días

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
2% PET- 4	2025-09-25	2025-10-09	14	20.4	10.5	5.5	214.2	91820.4	428.7
2% PET- 5	2025-09-25	2025-10-09	14	20.3	10.4	5.1	210.1	90191.1	429.3
2% PET- 6	2025-09-25	2025-10-09	14	20.5	10.5	6.0	215.3	93088.5	432.5

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañiería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			**FIRMA:**	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	**Nombre :**	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	**Cargo :**	Jefe de Servicios de Laboratorio

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

SERVILAB - EP ING CIVIL

INFORME DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO :	Tesis: "Influencia del PET reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II"		
UBICACIÓN :	Lima		
TESISTAS :	Palomino Junohuillca Cesar Andres Vilchez De La Cruz Sergio Ernesto	FECHA DE INFORME :	2026-06-23

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Adoquin 4% PET 7-8-9 / 28 días

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fecha de Muestreo	Fecha de Rotura	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
4% PET- 7	2025-09-25	2025-10-23	28	20.0	10.2	6.0	204.0	82701.6	405.4
4% PET- 8	2025-09-25	2025-10-23	28	20.3	10.3	6.0	209.1	83886.9	401.2
4% PET- 9	2025-09-25	2025-10-23	28	20.0	10.4	5.5	208.0	83366.4	400.8

Anexos:

A



B



C



Observaciones: Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron utilizando el adoquín completo, sin dividirlo por la mitad, de conformidad con lo establecido en la NTP 399.611:2017, numeral 7.3, el cual indica que el ensayo debe efectuarse sobre todo el adoquín.

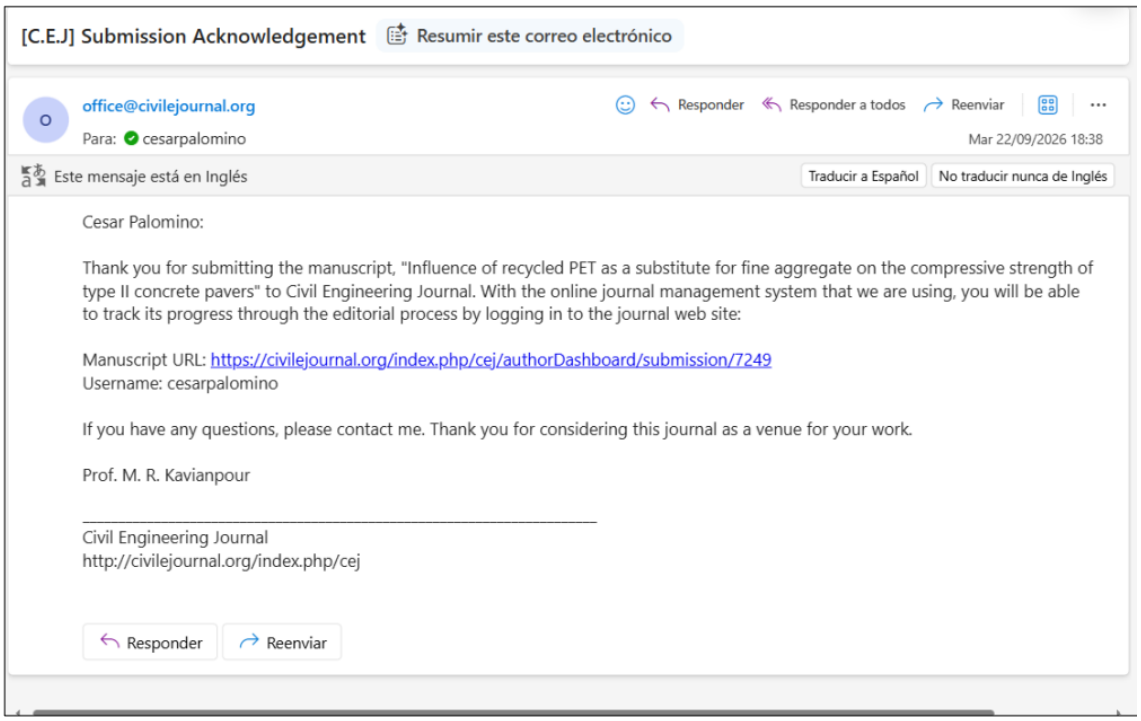
Norma : NTP 399.611:2017 (Unidades de Albañiería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos) / NTP 399.604:2002

Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería

REALIZADO POR			AUTORIZADO POR	
FIRMAS:			FIRMA:	
Nombre :	Cesar Palomino J.	Sergio Vilchez De La C.	Nombre :	Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Tesista	Tesista	Cargo :	Jefe de Servicios de Laboratorio

Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales

EVIDENCIA DE SUMISIÓN DEL ARTICULO Y QUE ESTA EN PROCESO DE REVISIÓN POR PARES



[C.E.J] Submission Acknowledgement — Resumir este correo electrónico

office@civilejournal.org — Responder — Responder a todos — Reenviar

Para: cesarpalomino — Mar 22/09/2026 18:38

Este mensaje está en Inglés — Traducir a Español — No traducir nunca de Inglés

Cesar Palomino:

Thank you for submitting the manuscript, "Influence of recycled PET as a substitute for fine aggregate on the compressive strength of type II concrete pavers" to Civil Engineering Journal. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

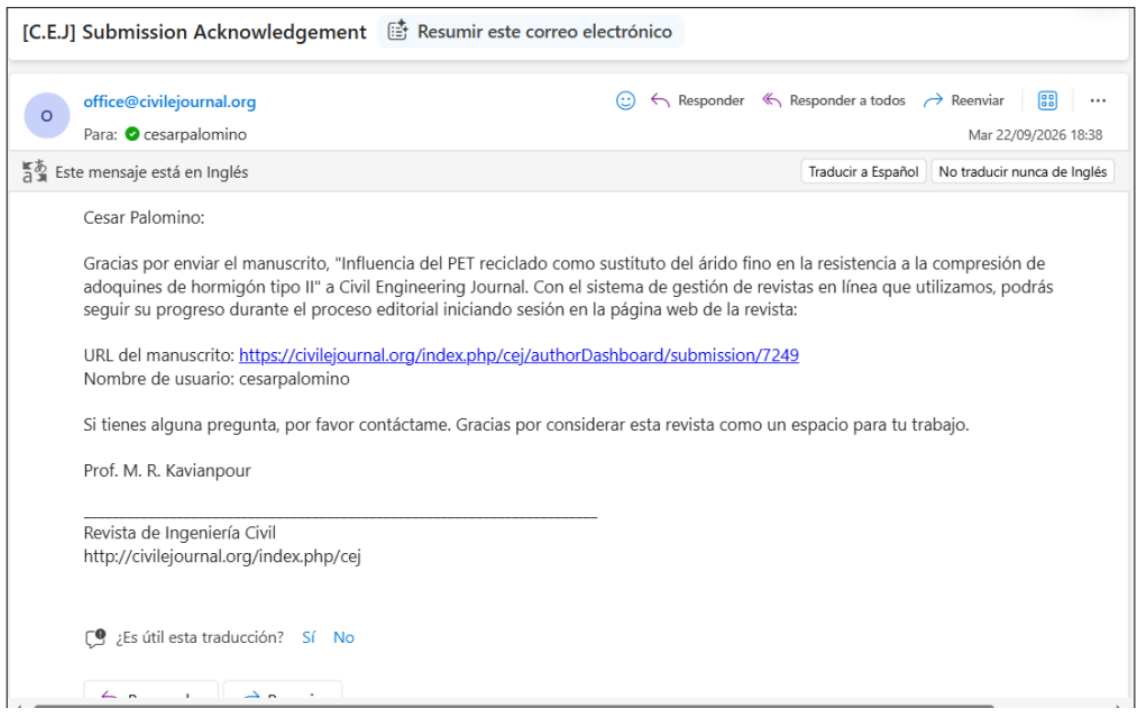
Manuscript URL: https://civilejournal.org/index.php/cej/authorDashboard/submission/7249
Username: cesarpalomino

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Prof. M. R. Kavianpour

Civil Engineering Journal
http://civilejournal.org/index.php/cej

Responder — Reenviar



[C.E.J] Submission Acknowledgement — Resumir este correo electrónico

office@civilejournal.org — Responder — Responder a todos — Reenviar

Para: cesarpalomino — Mar 22/09/2026 18:38

Este mensaje está en Inglés — Traducir a Español — No traducir nunca de Inglés

Cesar Palomino:

Gracias por enviar el manuscrito, "Influencia del PET reciclado como sustituto del árido fino en la resistencia a la compresión de adoquines de hormigón tipo II" a Civil Engineering Journal. Con el sistema de gestión de revistas en línea que utilizamos, podrás seguir su progreso durante el proceso editorial iniciando sesión en la página web de la revista:

URL del manuscrito: https://civilejournal.org/index.php/cej/authorDashboard/submission/7249
Nombre de usuario: cesarpalomino

Si tienes alguna pregunta, por favor contáctame. Gracias por considerar esta revista como un espacio para tu trabajo.

Prof. M. R. Kavianpour

Revista de Ingeniería Civil
http://civilejournal.org/index.php/cej

¿Es útil esta traducción? Sí No

COPIA DE LA RESOLUCION DE INSCRIPCIÓN DEL PERFIL DE PROYECTO DE TESIS EN FORMATO ARTICULO APROBADO POR EL CF/CEP CORRESPONDIENTE

UPeU
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

RESOLUCIÓN N° 868-2026/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 14 de julio de 2026

VISTO:
El expediente de **Palomino Junohuillca, Cesar Andres,** identificado(a) con código universitario N° 201810079 y **Vilchez De La Cruz, Sergio Ernesto,** identificado(a) con código universitario N° 202100037, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria Nº 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la designación del Comité Dictaminador del proyecto de tesis;

Que **Palomino Junohuillca, Cesar Andres** y **Vilchez De La Cruz, Sergio Ernesto,** han concluido el desarrollo de la tesis en formato articulo y con la opinión favorable de su asesor, solicitan la designación del Comité Dictaminador respectivo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 14 de julio de 2026, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Artículo 1. – DESIGNAR el Comité Dictaminador encargado de administrar el proceso de dictamen correspondiente a la tesis en formato artículo, titulada "Influencia del PET reciclado como sustituto del agregado fino en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II", presentado por: **Palomino Junohuillca, Cesar Andres** y **Vilchez De La Cruz, Sergio Ernesto,** otorgándoles un plazo máximo de diez (10) hábiles, posterior a la fecha de recepción de la presente resolución, para emitir el dictamen respectivo a través de la plataforma oficial.

Dictaminador 1: Mg. Juana Beatriz Aquise Pari
Dictaminador 2: Ing. Luis Eduardo Suarez Muedas

Artículo 2. – DISPONER que la presente Resolución sea registrada, comunicada a las instancias correspondientes y archivada conforme a ley.

Regístrese, comuníquese y archívese.

UNIVERSIDAD PERUANA UNION · FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA · DECANA

Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA

UNIVERSIDAD PERUANA UNION · FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA · SECRETARIO ACADÉMICO

Mg. Sc. Gina Marita Tito Tolentino
SECRETARIA ACADÉMICA