

Influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de Capirona en propiedades físico-mecánicas del adoquín de concreto

Influence of the percentage of cement substitution by Capirona ash on the physical-mechanical properties of the concrete additive.

Brian Jordan, Mendoza Ramirez,
jmendozar@ucvvirtual.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-2258-5666>
Universidad Cesar Vallejo
Perú, Lima

RESUMEN

En el análisis de la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de Capirona en las propiedades mecánicas de compresión del adoquín de concreto, se observó que los adoquín elaborado con el 3%, 6%, 9% de cenizas de Capirona, el análisis a los 7 días hasta los 28 días de fabricación tuvo una tendencia a disminuir la resistencia a la compresión solo con el 3 % de las cenizas de Capirona incrementó la resistencia desde 68 hasta llegar a 79 kg/cm² en comparación al diseño de 0% de cenizas, y del mismo modo la resistencia la flexión del 50 Kg/cm².

Palabras clave: Ceniza, cemento adoquín, Capirona, propiedades mecánicas

ABSTRACT

In the analysis of the influence of the percentage replacement of cement by Capirona ash on the mechanical compression properties of the concrete paver, it was observed that the pavers made with 3%, 6%, 9% of Capirona ash, the analysis At 7 days to 28 days of manufacturing there was a tendency to decrease the compressive strength only with 3% of the Capirona ashes, the resistance increased from 68 to 79 kg/cm² compared to the 0% design. ashes, and likewise the bending resistance of 50 Kg/cm²..

Key words: Ash, paver cement, Capirona, mechanical properties

INTRODUCCIÓN

Se está desarrollado en la presente nuevos diseños con el fin de mejorar las propiedades del adoquín de concreto, para mejorar las pavimentaciones de parques y de uso peatonal o de tránsito liviano. Es por ello que se ha dispuesto la utilización de las cenizas de Capirona en búsqueda de la mejora la propiedad físico-mecánica del adoquine de concreto. (SEDATU, 2021).

A nivel mundial los modelos de las carreteras se caracterizan particularmente por la flexibilidad y la capacidad de poder integrar a los demás sistemas logísticos de transporte. (Turpo, y otros, 2022). El incremento en las construcciones a nivel mundial del uso de adoquines es necesario evaluar el aguante a la comprensión y la capacidad de absorción de los adoquines basado en la norma NTP 399.611 y evitar el agrietamiento y deformación excesiva. de pavimentos.

Este caso es extensible a todo Latinoamérica. En Brasil y otros países, los adoquines se utilizan por su estética, permeabilidad durante la época de lluvias y resistencia a la presión (Montiel, 2018). En Perú, los adoquines se utilizan por su ventajosa resistencia a las compresiones, las estéticas, durabilidades y fácil fabricación, Barrantes, et al, (2020).

En la región Ucayali se incrementa el problema debido al enorme crecimiento demográfico y calles sin pavimentar. En las partes centrales de la ciudad, los pavimentos se encuentran en muy mal estado debido a la erosión y deterioro de la superficie, entre otros problemas.

Barbaran, (2019), Esta investigación busca la mejorando la propiedad física y mecánica de un adoquín con adición de ceniza de hornos ladrilleros como sustituto del cemento, considerando así el porcentaje (%) de dosificación adecuado. para resistir cargas vehiculares livianas, este estudio cumple lo estipulado en la NTP 399.611.

También se identifica la contaminación ambiental que generan los centros de elaboración de carbono, Por lo tanto, la ceniza se encuentra expuesta al aire libre en los pueblos de la región de Ucayali. Asimismo, según el Programa Regional Aire Limpio, la actividad ladrillera artesanal se caracteriza por una alta generación de contaminantes, una economía precaria y precariedad laboral. Barbaran, (2019) Los adoquines de hormigón son una opción de reemplazo del hormigón tradicional, ya que transfieren sus cargas distribuidas a las unidades vecinas. Asimismo, los adoquines de hormigón sirven como sistema de drenaje de aguas superficiales, que se utiliza en Europa, Marín, (2020).

Las cenizas aplicadas en el hormigón pueden desarrollar propiedades aglutinantes cuando entran en contacto con agua y cemento Portland (Arbeláez, 2020). Según el estudio denominado “Influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto - Trujillo, 2019” es factible el uso de cenizas Cruz, (2019). En cuanto a disponibilidad, la Provincia de San Román cuenta con un aproximado de 300,0 hornos artesanal de ladrillos Mamani, (2017).

El análisis de la propiedad del mortero con cenizas volante denominado CV, con alto volumen de carbono del 19%, mostró que los morteros con 10% CV aumentaron sus resistencias a la compresión en 35,00%. Además, este mortero destaca por su resistencia al deterioro del material estructural Burgo, et al, (2018). La adición de ceniza de hornos

ladrilleros convencionales como sustitutos del cemento en los adoquines aumenta la resistencia a los esfuerzos de compresión superando las especificaciones de la NTP 399.611, con un 10% de sustitución de cenizas por un periodo Cruz, (2019). Asimismo, la adición de un 12% de cenizas de cañas de azúcar en los adoquines tipo II para tráfico liviano aumenta su resistencia a la compresión, y luego de agregar un 15% o más, disminuye incluso por debajo del estándar. En cuanto a la absorción, el agua absorbida será mayor cuanto menor sea la porción de ceniza utilizada Correa, et al, (2019)

El estudio tendrá el objetivo de evaluar la propiedad física y mecánica de un adoquín según la NTP 399.11, adicionando de distinta dosificación de las cenizas de capirona para buscar la mejora de la capacidad de resistencia a la presión y absorción del adoquín de concreto para tráfico de vehículo liviano en la región Ucayali.

La estructura del adoquinado tiene una función para transmitir las cargas verticales producidas por tránsito hacia las capas e interiores de las capas del pavimento y distribuirlos en formas horizontales hacia los adoquines contiguos. Estos suceden gracias a los espacios pequeños que existen entre los adoquines y las arenas finas que se colocan entre ellos Alemán y Cantos (2018). El acrecentamiento de la población en Ucayali esencialmente en la en la ciudad de Pucallpa va con el crecimiento del sector construcción generando un efecto de forma negativa en el medio ambiente en la selva baja peruana. Es por ello que se busca la utilización de las cenizas que son residuos del carbón de la capirona incorporar en cierto porcentaje a la preparación del concreto. El árbol de capirona es de madera es muy pesada. Su resistencia mecánica está entre los límites de media alta. Su especie es *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) de la familia Rubiaceae, es un árbol de 35 m puede tener diámetros desde 0,70 a 1,8 m.

El estudio se justificación porque el estudio permitirá la determinación de propiedad físico-mecánica del adoquín de concreto con sustitución porcentual del cemento por cenizas de capirona, se espera mejorar las propiedades, con el cual se tendría una base para posteriores estudios. Justificación práctica, porque, el interés de mejorar las propiedades de los adoquines, es necesario la investigación práctica, en la búsqueda de obtener mejores resultados de resistencia a fuerzas externas y al intemperismo de los adoquines de concreto sustituidos porcentualmente de cemento por cenizas de capirona, ya existen estudios y antecedentes sobre el empleo de la ceniza que dieron resultados favorables. Justificación social, porque el estudio beneficia a la sociedad al tener una nueva unidad de adoquines de concreto con sustitución porcentual del cemento por cenizas de capirona, que podría tener mayor resistencia que los adoquines convencionales, la cual será utilizado en la pavimentación de calles y parques. Justificación metodológica, porque se sustenta por las aplicaciones en el proceso metodológico, y así poder confirmar la confiabilidad y validez de la obtención de resultados en los ensayos, caracterizado por el análisis cuantitativo, al evaluar las características físico-mecánica del adoquín de concreto sustituido porcentualmente el cemento por cenizas de capirona, en el estudio experimental.

MÉTODO

Tipo de investigación Según Tamayo, (2002) “es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento” (p. 37). Es que nuestro estudio aplicara conocimientos ya desarrollados en el diseño de los adoquines. Nuestra indagación es del tipo aplicativo ya se busca evaluar la propiedad del adoquín de concretos con aditamento de ceniza.

Diseño de investigación. Según Palella y Martins (2006, p. 95) sustenta que el diseño de la investigación está referido a la estrategia que asume el investigador para responder al problema, o inconveniente planteado en su investigación. Basados en esta información será una investigación experimental. Recurriendo a Falcón (2022). Nos confirma con su definición que nuestro estudio es de índole cuasi experimental, por la forma de elección de la muestra ya que nuestro estudio es no probalístico y por el análisis de los ensayos que exige el estudio, de proyectar adoquines que serán sometidos a los análisis del laboratorio de ensayos. Para el investigadores Romero Urréa, y otros (2021), sustenta que el estudio experimental, es aquella investigación que busca resultados exactos, gracias a la validación de los instrumentos de investigación.

RESULTADOS

Se evaluó la dosificación de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de Capirona en las propiedades físico - mecánicas del adoquín de concreto.

Tabla 1. Dosificación de la ceniza

	Proporción	Peso	3% Cemento	Peso	6% Cemento	Peso	9% Cemento	Peso	Totales KG
Ceniza	0.00	0.00	0.03	0.08	0.06	0.01	0.09	0.24	0.33
Cemento	1.00	2.44	0.97	2.36	0.94	2.43	0.91	2.20	9.42
Arena	4.50	10.96	4.50	10.96	4.50	10.96	4.50	10.96	43.85
Agregado grueso	0.80	1.95	0.80	1.95	0.80	1.95	0.80	1.95	7.80
Agua	0.35	0.85	0.35	0.85	0.35	0.85	0.35	0.85	3.41

Se elaboró el diseño para según el peso de del cemento, las dosificaciones fueron del 3%, 6% y 9% del peso del cemento.

Se evaluó de qué manera afecta la sustitución porcentual del cemento por ceniza de capirona en las propiedades físicas del adoquín de concreto

Tabla 2. Ensayo de absorción al 0% de ceniza de Capiona

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS					Resultados
MATERIAL	EDAD DÍAS	Peso Saturado Superficialmente Seco del Suelo (En Aire) (gr.)	Peso material seco (gr.)	Absorción (%)	
Adoquín natural	7	2,735.00	2675	2.243	2.35
	7	2,710.00	2645	2.457	
Adoquín natural	14	2,596.00	2536	2.366	2.39
	14	2,630.00	2568	2.414	
Adoquín natural	21	2,845.00	2780	2.338	2.29
	21	2,634.00	2576	2.252	
	28	2,685.00	2626	2.247	2.41
Adoquín natural	28	2,716.00	2648	2.568	

En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con 0% de cenizas tiene un comportamiento promedio en aumento a los días de fabricación, con promedios de absorción de 2,35 hasta el 2,41 a los 28 días.

Tabla 3. Ensayo de absorción al 3 % de ceniza de Capiona.

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS					
MATERIAL	EDAD	Peso Saturado	Peso material seco	Absorción	RESULTADOS
	DÍAS	Superficialmente Seco del Suelo (En Aire) (gr.)	(gr.)	(%)	
Adoquín natural	7	2,960.00	2900	2.069	1.99
3 % Ceniza de Capirona	7	3,042.00	2985	1.91	
Adoquín natural	14	2,764.00	2689	2.789	2.89
3 % Ceniza de Capirona	14	2,685.00	2607	2.992	
Adoquín natural	21	2,960.00	2900	2.069	1.99
3 % Ceniza de Capirona	21	3,042.00	2985	1.91	
Adoquín natural	28	2,960.00	2895	2.245	2.3
3 % Ceniza de Capirona	28	3,265.00	3190	2.351	

En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 3% de cenizas, tiene un comportamiento promedio en aumento hasta el día 14 de fabricación y en el día 21 de fabricación desciende la capacidad de absorción, pero del día 21 con una capacidad de absorción de 1,99 se incrementa hasta el día 2,3. Como se observa el cuadro nos muestra

la evolución del adoquín con un 3% de cenizas, al siendo muy saltante a los 28 días con un 2.3% de absorción.

Tabla 4. Ensayo de absorción al 6% de ceniza de Capirona.

MATERIAL	ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS			Absorción (%)	RESULTADOS
	EDAD DÍAS	Peso Saturado Superficialmente Seco del Suelo (En Aire) (gr.)	Peso material seco (gr.)		
Adoquín natural 6 % Ceniza de Capirona	7	2,694.00	2592	3.935	3.81
	7	2,675.00	2580	3.682	
Adoquín natural 6 % Ceniza de Capirona	14	2,615.00	2520	3.77	3.91
	14	2,724.00	2618	4.049	
Adoquín natural 6 % Ceniza de Capirona	21	2,605.00	2511	3.744	3.97
	21	2,584.00	2480	4.194	
Adoquín natural 6 % Ceniza de Capirona	28	2,560.00	2458	4.15	4
	28	2,484.00	2392	3.846	

En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 6% de cenizas, tiene un comportamiento promedio en aumento hasta el día 14 de fabricación y en el día 28 de fabricación se incrementa la capacidad de absorción, de 3,81 hasta el día 4% al día 28. Como se observa el cuadro nos muestra la evolución del adoquín con un 6% de cenizas, con una tendencia al aumentar el porcentaje de absorción.

Tabla 5. Ensayo de absorción al 9% de ceniza de Capirona

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS					
MATERIAL	EDAD DÍAS	Peso aterial seco (gr.)		Absorción (%)	RESULTADOS
Adoquín natural 9 % Ceniza de Capirona	7	2,710.00	2542	6.609	6.52
	7	2,850.00	2678	6.423	
Adoquín natural 9 % Ceniza de Capirona	14	2,785.00	2605	6.91	6.09
	14	2,672.00	2538	5.28	
Adoquín natural 9 % Ceniza de Capirona	21	2,780.00	2644	5.144	4.8
	21	2,810.00	2690	4.461	
Adoquín natural	28	2,785.00	2605	6.91	6.09

9 % Ceniza de Capirona	28	2,672.00	2538	5.28	
------------------------	----	----------	------	------	--

En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 9% de cenizas, tiene un comportamiento promedio en aumento hasta el día 14 de fabricación y en el día 21 de fabricación desciende la capacidad de absorción de 6,9% a 4,8%, pero del día 21 se incrementa hasta el día 28 la capacidad de absorción de 6,09%.

Tabla 6. Resumen del ensayo de absorción

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS		
MATERIAL	EDAD Días	RESULTADOS absorción %
Adoquín natural	28	2.41%
Adoquín natural 3 % Ceniza de Capirona	28	2.30%
Adoquín natural 6 % Ceniza de Capirona	28	4%
Adoquín natural 9 % Ceniza de Capirona	28	6.09%

En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 3%, &5, 9% de cenizas sustituidas al cemento a los 20 días de fabricación se ha incrementado en comparación al diseño de 0% de cenizas, a partir del 3% ve el aumento promedio del análisis de absorción, siendo al cero de 2,41% de la capacidad de absorción y que con un 3% se disminuido a un 2,30%, teniendo un incremento al 6% a 4% y al 9% de cenizas la capacidad de absorción se incrementó hasta 6,09%. Observando que el adoquín incremento su capacidad de absorber el agua siendo muy perjudicial para su durabilidad.

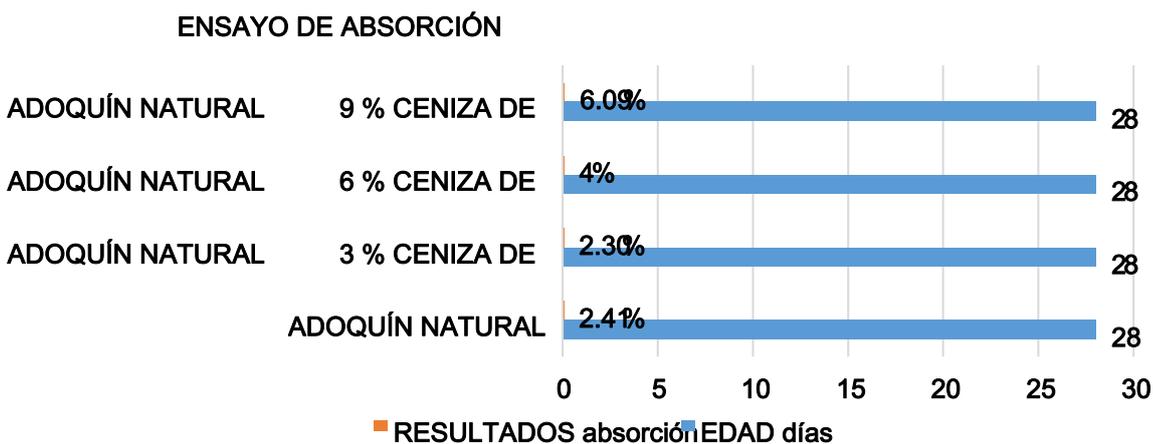


Figura 1: Ensayo de Absorción

El gráfico anterior muestra las tendencias del comportamiento del adoquín según el porcentaje de cenizas. Se observa un marcado incremento de absorber el agua en su estructura el adoquín cuanto mayor sea el porcentaje de cenizas sustituidas.

Tabla 7: Resistencia a la compresión 7

ESTRUCTURA	EDAD	LECTURA REAL (kg)	LECTURA CORREGIDA (kg)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA		PROMEDIO
	(Días)				(kg/cm ²)	(MPa)	
Adoquín natural	7	12,960.00	12,974	200	6.36	65	65
Adoquín natural	7	13,120.00	13,134	200	6.44	66	
Adoquín natural 3 % Ceniza de Capirona	7	13,310.00	13,324	200	6.53	67	68
Adoquín natural 3 % Ceniza de Capirona	7	13,790.00	13,804	200	6.77	69	
Adoquín natural 6 % Ceniza de Capirona	7	12,200.00	12,214	200	5.99	61	61
Adoquín natural 6 % Ceniza de Capirona	7	12,030.00	12,044	200	5.91	60	
Adoquín natural 9 % Ceniza de Capirona	7	11,280.00	11,293	200	5.54	56	55
Adoquín natural 9 % Ceniza de Capirona	7	10,870.00	10,883	200	5.34	54	

Interpretación: En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 3%, 6%, 9% de cenizas sustituidas al cemento a los 28 días de fabricación se ha tiende a disminuir la resistencia a la compresión solo al incremento del 3 % de las cenizas de capirona se incrementó la resistencia de 65 a 68 kg/cm² en comparación al diseño de 0% de cenizas.

Tabla 8. Resistencia a la compresión 14 días

ESTRUCTURA	EDAD (Días)	LECTURA REAL (kg)	LECTURA CORREGIDA (kg)	ÁREA (cm ³)	RESISTENCIA OBTENIDA		PROMEDIO
					MPa	(kg/cm ²)	

Adoquín natural	14	13,490.00	13,504	200	6.6 2	68	67
	14	13,100.00	13,114	200	6.4 3	66	
Adoquín natural 3 % Ceniza de Capirona	14	13,940.00	13,954	200	6.8 4	70	70
	14	14,120.00	14,134	200	6.9 3	71	
Adoquín natural 6% Ceniza de Capirona	14	12,730.00	12,744	200	6.2 5	64	63
	14	12,280.00	12,294	200	6.0 3	61	
Adoquín natural 9% Ceniza de Capirona	14	11,760.00	11,774	200	5.7 7	59	58
	14	11,240.00	11,253	200	5.5 2	56	

En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 3%, 6%, 9% de cenizas sustituidas al cemento a los 14 días de fabricación se ha tiende a disminuir la resistencia a la comprensión solo al incremento del 3 % de las cenizas de capirona se incrementó la resistencia de 67 a 70 kg/cm² en comparación al diseño de 0% de cenizas.

Tabla 9. Resistencia a la comprensión a los 21 días de la unidad de albañilería

CUADRO ESTADÍSTICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA							
ESTRUCTURA	EDAD	LECTUR A REAL	LECTURA CORREGIDA	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA		PROME DIO
	(Días)	(kg)	(kg)		M Pa	kg/cm ²	
Adoquín natural	21	14,230.00	14,244	200	6.98	71	72
	21	14,460.00	14,474	200	7.1	72	
Adoquín natural 3 % Ceniza de capirona	21	15,250.00	15,265	200	7.48	76	75
	21	14,880.00	14,894	200	7.3	74	
Adoquín natural 6 % Ceniza de capirona	21	13,010.00	13,024	200	6.39	65	66
	21	13,290.00	13,304	200	6.52	67	
Adoquín natural 9 % Ceniza de capirona	21	12,580.00	12,594	200	6.18	63	62
	21	12,070.00	12,084	200	5.93	60	

En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 3%, 6%, 9% de cenizas sustituidas al cemento a los 21 días de fabricación se ha tiende a disminuir la resistencia a la comprensión solo al incremento del 3 % de las cenizas de capirona se incrementó la resistencia de 72 a 75 kg/cm² en comparación al diseño de 0% de cenizas.

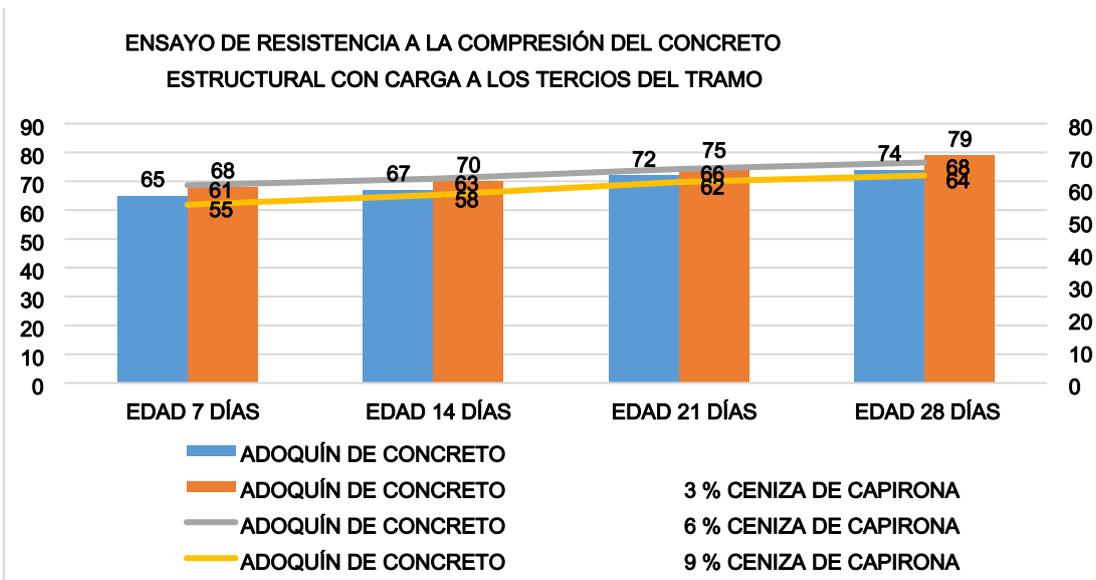
Tabla 10. Resistencia a la comprensión a los 28 días de la unidad de albañilería

CUADRO ESTADÍSTICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ESTRUCTURA	EDAD	LECTURA REAL	LECTURA CORREGIDA	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA	PROMEDIO

	(Días)	(kg)	(kg)		M Pa	(kg/cm2	03 VALORES
Adoquín natural	28	14,890.00	14,904	200	7.31	75	74
	28	14,630.00	14,644	200	7.18	73	
Adoquín natural 3 % de Ceniza de capirona	28	15,660.00	15,675	200	7.69	78	79
	28	15,730.00	15,745	200	7.72	79	
Adoquín natural 6 % de Ceniza de capirona	28	13,710.00	13,724	200	6.73	69	68
	28	13,630.00	13,644	200	6.69	68	
Adoquín natural 9 % de Ceniza de capirona	28	12,720.00	12,734	200	6.24	64	64
	28	12,960.00	12,974	200	6.36	65	

En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 3%, 6%, 9% de cenizas sustituidas al cemento a los 28 días de fabricación se ha tiende a disminuir la resistencia a la comprensión solo al incremento del 3 % de las cenizas de capirona se incrementó la resistencia de 74 a 79 kg/cm2 en comparación al diseño de 0% de cenizas.

Figura 2: Resistencia a la compresión a los 21 días de la unidad de albañilería



En el grafico anterior nos muestra que los adoquines elaborados con el 3%, 6%, 9% de cenizas de capirona sustituidas porcentualmente al cemento de los 7 días hasta los 28 días de fabricación se observa que hay una tendencia a disminuir la resistencia a la comprensión solo al incremento del 3 % de las cenizas de capirona se observa un incrementó la resistencia pasando desde 68 hasta llegar a 79 kg/cm2 en comparación al diseño de 0% de cenizas.

Tabla 11. Resistencia a la flexión a los 7 días.

I D	ESTRUCTURA	E d a d	Lectura	Lectura	Luz libre	Anc ho de viga	Altura de	resistencia obtenida		prome dio
			real (kg)	corregida (kg)	entre apoyos (cm)	(cm)	viga (cm)	M Pa	(kg/cm ²)	
1	Adoquín de concreto	7	2,150.00	2,161	45	15	15	2.83	28.81	29
2	Adoquín de concreto	7	2,250.00	2,261	45	15	15	2.96	30.14	
3	Adoquín de concreto 3 % ceniza de capirona	7	2,340.00	2,351	45	15	15	3.07	31.34	32
4	Adoquín de concreto 3 % ceniza de capirona	7	2,421	45	15	15	3.17	32.28	2,410	

En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 0% y 3%, de cenizas sustituidas al cemento a los 7 días de fabricación se ha tiende a incrementar la resistencia a la flexión pasando del 29 Kg/cm² a 32 Kg/cm².

Tabla 12. Resistencia a la flexión a los 14 días

I D	ESTRUCTURA	edad Días	Lectura	Lectura	Luz libre	Anc ho de viga	Altura de	resistencia obtenida		prome dio
			real	corregida	entre apoyos	(cm)	viga	M Pa	(kg/cm ²)	
			(kg)	(kg)	(cm)		(cm)			
1	Adoquín de concreto	14	2,680.00	2,691	45	15	15	3.52	35.88	34
2	Adoquín de concreto	14	2,410.00	2,421	45	15	15	3.17	32.28	
3	Adoquín de concreto 3 % ceniza de capirona	14	2,730.00	2,741	45	15	15	3.58	36.54	37
4	Adoquín de concreto 3 % ceniza de capirona	14	2,740.00	2,751	45	15	15	3.6	36.68	

Interpretación: En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 0% y 3%, de cenizas sustituidas al cemento a los 14 días de fabricación se ha tiende a incrementar la resistencia a la flexión pasando del 34 Kg/cm² a 37 Kg/cm².

Tabla 13. Resistencia a la flexión a los 21 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO									
estructura	edad	lectura real kg	lectura corregida (kg)	luz libre entre apoyos (cm)	ancho de viga (cm)	altura de viga (cm)	m pa	resistencia kg/cm ²	promedio 03 valores
	(Días)								
Adoquín natural	21	2,960.00	2,971	45	15	15	3.88	39.61	40
	21	3,020.00	3,031	45	15	15	3.96	40.41	
Adoquín natural 3 % Ceniza de Capirona	21	3,260.00	3,271	45	15	15	4.28	43.61	43
	21	3,180.00	3,191	45	15	15	4.17	42.55	
Adoquín natural 6 % Ceniza de Capirona	21	2,950.00	2,961	45	15	15	3.87	39.48	39
	21	2,880.00	2,891	45	15	15	3.78	38.54	
Adoquín natural 9 % Ceniza de Capirona	21	2,460.00	2,471	45	15	15	3.23	32.94	33
	21	2,510.00	2,521	45	15	15	3.3	33.61	

Interpretación: En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 0% y 3%, de cenizas sustituidas al cemento a los 21 días de fabricación se ha tiende a incrementar la resistencia a la flexión pasando del 40 Kg/cm² a 43 Kg/cm².

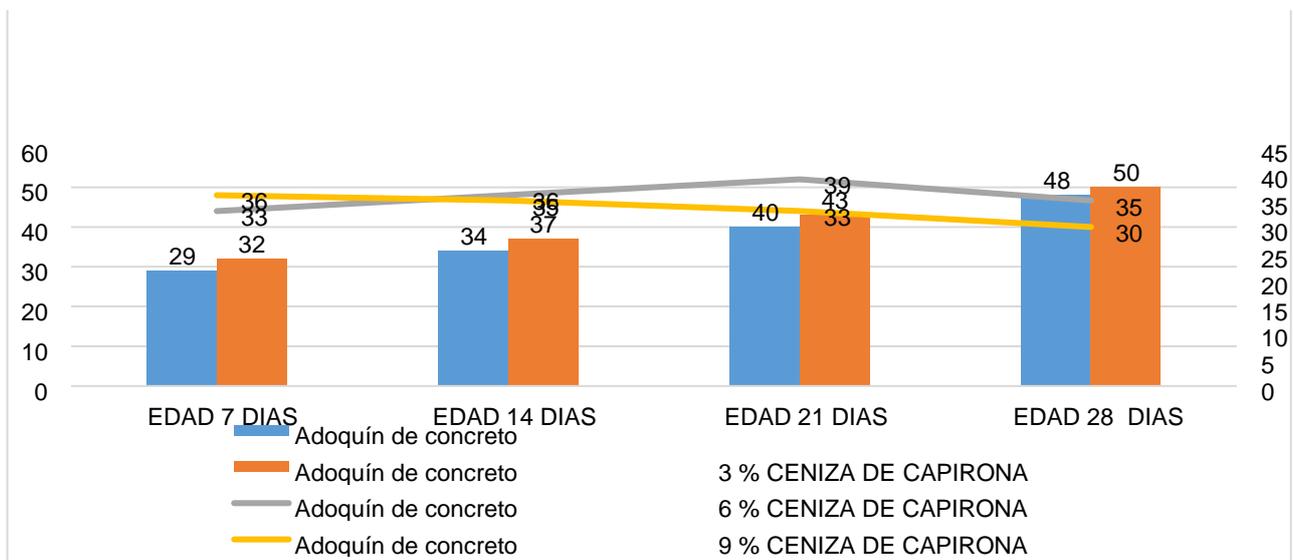
Tabla 4. Resistencia a la flexión a los 28 días

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL CON CARGA A LOS TERCIOS DELTRAMO									
ESTRUC TURA	ED AD	LECTURA CORREGIDA (kg)	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS (cm)	ANC HO DE VIGA (cm)	ALTU RA DE VIGA (cm)	M Pa	ISTEN CIA ENIDA (kg/c m ²)	PROME DIO 03 VALO RES	
	(Días)								

Adoquín natural	28	3,690.00	3,701	45	15	15	4.84	49.35	48
	28	3,550.00	3,561	45	15	15	4.66	47.48	
Adoquín natural 3 % Ceniza de Capirona	28	3,660.00	3,671	45	15	15	4.8	48.95	50
	28	3,790.00	3,801	45	15	15	4.97	50.68	
Adoquín natural 6 % Ceniza de Capirona	28	2,790.00	2,801	45	15	15	3.66	37.34	35
	28	2,510.00	2,521	45	15	15	3.3	33.61	
Adoquín natural 9 % Ceniza de Capirona	28	2,320.00	2,331	45	15	15	3.05	31.08	30
	28	2,100.00	2,512	45	15	15	2.76	28.14	

Interpretación: En el cuadro anterior se observa que el adoquín elaborado con el 0% y 3%, de cenizas sustituidas al cemento a los 28 días de fabricación se ha tiende a incrementar la resistencia a la flexión pasando del 48 Kg/cm² a 50 Kg/cm².

Figura 3: Resistencia a la flexión resumen



En el gráfico anterior se observa que el adoquín elaborado con el 0% y 3%, 6% y 9% de cenizas de capirona sustituidas al cemento a los 50 días de fabricación se observa una tendencia de incremento la resistencia a la flexión pasando en la mezcla del 3% llegando a una resistencia la flexión del 50 Kg/cm².

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en nuestro estudio fueron; que al evaluar y analizar de como se afectan la sustitución porcentual del cemento por ceniza de capirona en las propiedades físicas del adoquín de concreto, en los análisis se observó que el adoquín elaborado con el 3%, 6%, 9% de cenizas sustituidas al cemento a los 28 días de fabricación se ha incrementado en comparación al diseño de 0% de cenizas, a partir del 3% ve el aumento promedio del análisis de absorción, siendo al cero de 2,41% de la capacidad de absorción y que con un 3% se disminuido a un 2,30%, teniendo un incremento al 6% a 4% y al 9% de cenizas la capacidad de absorción se incrementó hasta 6,09%. Observando que el adoquín incremento su capacidad de absorber el agua siendo muy perjudicial para su durabilidad. Como encontramos estudios realizados como de Resistencias a las compresiones obtenido del concreto para adoquines con cenizas de cascara de arroz, en la afirmación de: Vasquez, et al (2020) obtuvo resultados a los 28 días y fueron: En el adoquín al 0% (patrón) alcanzo el 379.580 kg/cm^2 , En el adoquín al 5,0% con adicción, alcanzo el 341.840 kg/cm^2 , En el adoquín al 10,0% alcanzo el 269.520 kg/cm^2 , En el adoquín al 15% alcanzo el e 174.660 kg/cm^2 . Y de Análisis a la resistencias del concreto según; López, et al, (2021) llego a obtener resultados siguientes: Para el concreto de resistencia 280 kg/cm^2 a los 28 días de fabricación. Se obtuvieron: Al 10% de cenizas se obtuvo unas resistencias de 375 kg/cm^2 , Resistencias a la flexión 210 kg/cm^2 , Al 5% de ceniza alcanzo la resistencia de 258 kg/cm^2 Análisis a las resistencias a las compresiones de adoquine con agregados de ceniza de algarrobo. Según: Vargas, et al (2021), obtuvo resultados siguientes: El adoquín con 6,0% de ceniza de algarrobos MR de 413.34 kg/cm^2 , El adoquín con 8,0% de ceniza de algarrobos MR de 436.80 kg/cm^2 . Resistencias a las compresiones de los adoquines obtenidos con concreto y cenizas de cascara de arroz, según Vasquez, et al, (2020), sus resultados fueron los siguientes: Los adoquines con 5,00%, de cenizas de cascara de arroz MR de 341.84 /2, Los adoquines con 10,0% de cenizas de cascara de arroz MR de 269.52 /2, Los adoquines con 15.0%, de cenizas de cascara de arroz MR de 174.66 /2.

En la evaluación de la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de capirona en las propiedades mecánicas del adoquín de concreto, trabajos similares como el que realizo para el análisis de las resistencias del concreto según; López, et al, (2021) llego a obtener resultados siguientes: Para el concreto de resistencia 280 kg/cm^2 a los 28 días de fabricación. Se obtuvieron: Al 10% de cenizas se obtuvo unas resistencias de 375 kg/cm^2 , Resistencias a la flexión 210 kg/cm^2 , Al 5% de ceniza alcanzo la resistencia de 258 kg/cm^2 resultando muy optimi el dels 10%. Del mismo modo en el análisis a las resistencias a las compresiones de adoquine con agregados de ceniza de algarrobo. Según: Vargas, et al (2021), obtuvo resultados siguientes: El adoquín con 6,0% de ceniza de algarrobos MR de 413.34 kg/cm^2 El adoquín con 8,0% de ceniza de algarrobos MR de 436.80 kg/cm^2 . Similar a nuestro estudio obtuvo resultados en la resistencia a las compresiones de los adoquines obtenidos con concreto y cenizas de cascara de arroz, según Vasquez, et al, (2020), sus resultados fueron los siguientes: Los adoquines con 5,00%, de cenizas de cascara de arroz MR de 341.84 /2, Los adoquines con 10,0% de cenizas de cascara de arroz MR de 269.52 /2, Los adoquines con 15.0%, de cenizas de cascara de arroz MR de 174.66 /2. Y también en el análisis de resistencias a las compresiones del adoquin de concreto conceniza de las aldrilleras artesanal, según: Turpo, et al, (2022), sus resultados fueron los siguientes: Los

adoquines con ceniza de ladrillera artesanal de 0%, MC 370.04 kg/cm², Los adoquines con ceniza de ladrillera artesanal de 5%, MC 385.69 kg/cm², Los adoquines con ceniza de ladrillera artesanal de 10%, MC 297.58 kg/cm² Los adoquines con ceniza de ladrillera artesanal de 15%, MC 247.39 kg/cm², Los adoquines con ceniza de ladrillera artesanal de 20%, MC 198.12 kg/cm². Resultando con buen desempeño al 10%, en nuestro estudio solo se logró al 3%, el cumplimiento positivo en los desempeños de las propiedades mecánicas y física. Como el estudio de Resistencias a las compresiones de aduquin de concreto conceniza de caña de azucar, según: Correa, et al (2019). sus resultados muy favorable en los adoquines con ceniza de cañas de azúcar al 15%, con resistencia a la comprensión de 403.31 Kg/cm².

CONCLUSIONES

Se evaluar y se realizó la dosificación de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de Capirona en las propiedades físico - mecánicas del aduquín de concreto. El diseño se realizó según el peso de del cemento, las dosificaciones fueron del 0% como muestra patrón y de 3%, 6% y 9% en relación al peso del cemento.

Se evaluó de cómo afecta la sustitución porcentual del cemento por ceniza de capirona en las propiedades físicas del aduquín de concreto, en los análisis se observo que el aduquín elaborado con el 3%, 6%, 9% de cenizas sustituidas al cemento a los 20 días de fabricación se ha incrementado en comparación al diseño de 0% de cenizas, a partir del 3% ve el aumento promedio del análisis de absorción, siendo al cero de 2,41% de la capacidad de absorción y que con un 3% se disminuido a un 2,30%, teniendo un incremento al 6% a 4% y al 9% de cenizas la capacidad de absorción se incrementó hasta 6,09%. Observando que el aduquín incremento su capacidad de absorber el agua siendo muy perjudicial para su durabilidad.

Se evaluó la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de Capirona en las propiedades mecánicas de compresión del aduquín de concreto en este análisis de observo que los aduquín elaborado con el 3%, 6%, 9% de cenizas de Capirona sustituidas porcentualmente al cemento, el análisis a los 7 días hasta los 28 días de fabricación tuvo una tendencia a disminuir la resistencia a la comprensión solo al incremento del 3 % de las cenizas de Capirona incrementó la resistencia desde 68 hasta llegar a 79 kg/cm² en comparación al diseño de 0% de cenizas. Y en el análisis de a la capacidad de flexión se observa que el aduquín diseño de la mezcla al 3% de sustitución del cemento por cenizas de Capirona, tuvo mejor rendimiento, llegando a una resistencia la flexión del 50 Kg/cm².

CONFLICTO DE INTERESES.

No existe ningún conflicto

REFERENCIAS

1. ACI 116. 2002. *Terminología del cemento y del concreto*. México D.F : s.n., 2002.

2. Araujo, M y Laza, M. 2020. *Análisis del efecto de la ceniza de biomasa como sustituto parcial del cemento en la elaboración de concreto simple*. Universidad de Córdoba . Córdoba - Argentina : s.n., 2020.
3. Arbeláez, G. 2020. *Importancia de las cenizas volantes en la producción de concreto*. 360 *En concreto*. 2020.
4. Arias Gonzáles, José Luis , y otros. 2022. *Metodología de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto*. Puno : s.n., 2022. ISBN: 978-6125069-04-7.
5. Burgos, D, Angulo, D y Mejía de Gutiérrez, R. 2018. *Durabilidad de morteros adicionales con cenizas volantes de alto contenido de carbon*. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*. 2018. pág. 150. Vol. 2.
6. CEMENEX. 2019. *Propiedades del concreto*. 2019.
7. Cisneros Caicedo, Alicia Jacqueline, y otros. 2022. *Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia*. 2022. Vol. 8. ISSN: 2477-8818.
8. Cohen, Néstor y Gómez Rojas, Gabriela . 2019. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. Buenos Aires, Argentina : s.n., 2019. ISBN: 9789877231908.
9. Correa, L y Polo, H. 2019. *Influencia de reemplazo de ceniza de caña de azúcar sobre las propiedades físicas Y mecánicas de adoquines tipo II para pavimentos de tránsito ligero*. Trujillo : s.n., 2019.
10. Cruz., H. 2019. *Influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de hormigón*. Universidad Privada del Norte. 2019.
11. De la Cruz., F. A. 2015. *Optimización del diseño de mezcla de concreto de alto desempeño para f'c 550kg/cm², utilizando cenizas de carbón y aditivos superplastificantes y retardantes de agua*. Arequipa : s.n., 2015.
12. *Estado del arte de la ingeniería de pavimentos*. Sotil, Andrés . 2014. 1, Lima : Universidad San Ignacio de Loyola, 2014, Saber y Hacer Revista de Ingeniería de la USIL, Vol. 1, págs. 77 -83. ISSN 2387-7559.
13. Falcon Nestares, Liliana Laura . 2022. *Propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico*. Huancayo : s.n., 2022.
14. Hernandez, R; Fernandez, C; Batista, M. 2014,. *Metodología de la investigación*. Mexico : McGraw-Hill, 2014,. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
15. López Chiroque, María Luz y Salcedo Perez, Katia. 2021. *Comportamiento mecánico de concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz*. Lima : s.n., 2021.

16. López, M y Pinedo, M. 2015. *Mejoramiento de las características físicas mecánicas de adoquines de cemento para pavimentación, adicionando escoria de horno eléctrico en su proceso de fabricación.* 2015.
17. Mamani, DH. 2017. *Análisis comparativo de costos de producción de ladrillos y la propuesta de cocción con energía solar en la provincia de San Román.* 2017.
18. Marin Quispe, Cesar. 2020. *Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del adoquín 6 tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019.* Cusco Peru : s.n., 2020.
19. Medina, G y Ramos, M. 2021. *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando dosificaciones de viruta de acero tratada con criba vibratoria.* Universidad Privada del Norte. Lima, : s.n., 2021. Ingeniería Civil.
20. Mendoza, J. F. 2013. *Efecto de la ceniza volante tipo F y del hule reciclado de neumaticos en las propiedades mecánicas del concreto.* 2013.
21. Montiel, j. 2018. *Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se pueden utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales.* 2018.
22. Moreno, Eric I, y otros. 2016. *Investigación y Desarrollo -Resistencia a tensión del concreto elaborado con agregado calizo.* México : s.n., 2016. págs. 35-45. Vol. 8. ISSN: 2007-3011.
23. Osorio, David. 2020. *RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.* Colombia : s.n., 2020.
24. Palacios, E. 2016. *Determinación de la tasa de infiltración de los pavimentos de adoquines en el casco urbano de la ciudad de Piura.* 2016.
25. Palella, S; Martins, F. 2006,. *Metodología de la investigación cuantitativa.* 2da. Edición . Caracas : FEDUP, 2006,. ISBN/980-273-445-4.
26. Pérez , J y Merino, M. 2017. *Definición de adoquín.* 2017. Recuperado el 10 de febrero de 2023.
27. Restrepo, Yennifer y Aya, Jose. 2018. *Propuesta para la fabricación de adoquines en mortero mezclados con cascarilla de arroz para uso en la construcción de la ciudad de Girardot en el departamento de Cundinamarca.* Corporacion Universitaria Minuto de Dios. Girardot Cundinamarca : s.n., 2018.
28. Reyes Suárez, Azucena , Piovani, Juan Ignacio y Potaschner, Ezequiel. 2018. *La investigación social y su práctica.* De la Plata : s.n., 2018. ISBN-13: 9789877231755.
29. Romero Urréa, Holguer , y otros. 2021. *Metodología de la investigación.* 2021.

ISBN Digital: 978-9942-40-104-5.

30. Sharland, Roger . 2019. *La percepción tradicional sobre la ceniza de madera: Un medio de comunicar la fertilidad del suelo.* 2019.
31. Toribio, J. 2020. *Influencia del reemplazo y porcentaje de residuos de tereftalato de polietileno en adoquines tipo I sobre la compresión, absorción y abrasión.* Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Trujillo : s.n., 2020. Tesis de licenciatura.
32. Turpo, V, Pacori, J y Lipa, L. 2022. *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un adoquín con adición de cenizas de hornos artesanales de ladrillos.* Puno, Universidad Nacional del Altiplano. Puno : s.n., 2022. ISSN 0718-5073.
33. Vargas, Z;. 2009,. *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica.* San Pedro - Costa Rica : s.n., 2009,. págs. 155-165. Vol. 33. 0379-7082.
34. Vasquez , Maycol y Vilchez, Alfredo. 2020. *Diseño de adoquines con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2020.* Tarapoto, Universidad Cesar Vallejo. 2020.