



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de  
huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para  
pavimento rígido, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Chilque Viza, Sheyla Katherine (ORCID: 0000-0002-0301-8375)

**ASESOR:**

Dr. Ascoy Flores, Kevin Arturo (ORCID: 0000-0003-2452-4805)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenibles y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

Agradecer a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mi madre por haberme educado y estar siempre mi lado apoyándome y dándome a cada instante una palabra de aliento.

A mi esposo Fredy por impulsarme a cumplir esta meta y estar a mi lado apoyándome siempre en cada momento de mi vida.

A mi amado hijo(a) por ser mi fuente de motivación para poder superarme cada día más.

A mi hermana Cris por sus palabras de aliento.

## **Agradecimiento**

A la universidad César Vallejo por la oportunidad que me brindo para poder graduarme en esta casa de estudios. A mi asesor Dr. Ascoy Flores, Kevin Arturo por compartir sus conocimientos para poder realizar la presente tesis.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y operacionalización .....	19
3.3. Población, muestra y muestreo .....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	22
3.5. Procedimientos .....	23
3.6. Método de análisis de datos .....	24
3.7. Aspectos éticos.....	24
IV. RESULTADOS .....	25
V. DISCUSIÓN .....	30
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. RECOMENDACIONES .....	33
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS .....	43

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características químicas para distintas clases de puzolanas. ....	7
<b>Tabla 2.</b> Valores de MR según los EE. ....	17
<b>Tabla 3.</b> Matriz de operacionalización de variables. ....	20
<b>Tabla 4.</b> Cantidad de probetas.....	21
<b>Tabla 5.</b> Cantidad de vigas. ....	21
<b>Tabla 6.</b> Diseño de mezcla de concreto patrón y mezclas con sustitución de cemento por ceniza de huaranhuay.....	25
<b>Tabla 7.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión.....	25
<b>Tabla 8.</b> Diseño de mezcla de concreto patrón y mezclas con sustitución de cemento por ceniza de huaranhuay.....	26
<b>Tabla 9.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la flexión.....	27
<b>Tabla 10.</b> Resultados del objetivo general en base a los objetivos específicos. ....	28

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Árbol de Huaranhuay. ....	8
Figura 2. Ceniza de Huaranhuay.....	8
Figura 3. Molde cilíndrico para elaborar las probetas.....	12
Figura 4. Probetas cilíndricas de concreto elaboradas para ser sometidas a ensayo de resistencia a la compresión. ....	12
Figura 5. Ensayo de resistencia a la compresión. ....	13
Figura 6. Diagrama de ensayo de flexión con cargas en los puntos tercios – ASTM C78.....	14
Figura 7. Golpes realizados con la varilla de acero al vaciado de concreto en vigas.	15
Figura 8. Curado de las muestras por 28 días. ....	15
Figura 9. Ensayo de resistencia a la flexión con cargas a los tercios del tramo.....	16
Figura 10. Comparación del incremento de resistencia a la compresión para 7, 14 y 28 días. ....	26
Figura 11. Comparación del incremento de resistencia a la flexión para 7, 14 y 28 días. ....	28

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido (resistencia a la compresión y resistencia a la flexión) para pavimento rígido, Cusco 2022. La metodología empleada fue de tipo aplicada, nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño experimental puro. La población empleada consistió en 108 especímenes de concreto (54 probetas cilíndricas y 54 vigas prismáticas). La técnica empleada fue la observación y el instrumento empleado fue la ficha de observación de datos. Se obtuvo como resultado el incremento de la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del concreto con respecto al patrón a los 7, 14 y 28 días, para todas las dosificaciones evaluadas (5%, 10%, 15%, 20% y 25%) de ceniza de huaranhuay, siendo la dosificación más óptima el 15% de ceniza, con la cual se obtuvo la mayor resistencia a la compresión ( $418.36 \text{ kg/cm}^2$ ) y la mayor resistencia a la flexión ( $63.34 \text{ kg/cm}^2$ ). Finalmente se concluye que la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye de manera positiva en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido.

**Palabras clave:** Ceniza de huaranhuay, concreto endurecido, propiedades, sustitución porcentual.

## Abstract

The objective of this investigation was to determine the influence of the percentage substitution of cement by huaranhuay ash on the properties of hardened concrete (compressive strength and flexural strength) for rigid pavement, Cusco 2022. The methodology used was of the applied type, explanatory level, quantitative approach and pure experimental design. The population used consisted of 108 concrete specimens (54 cylindrical specimens and 54 prismatic beams). The technique used was observation and the instrument used was the data observation sheet. As a result, the increase in the compressive strength and flexural strength of the concrete was obtained with respect to the standard at 7, 14 and 28 days, for all the dosages evaluated (5%, 10%, 15%, 20% and 25%) of huaranhuay ash, the most optimal dosage being 15% ash, with which the highest compressive strength (418.36 kg/cm<sup>2</sup>) and the highest flexural strength (63.34 kg/cm<sup>2</sup>) was obtained. Finally, it is concluded that the percentage replacement of cement by huaranhuay ash positively influences the properties of hardened concrete for rigid pavement.

**Keywords:** Huaranhuay ash, hardened concrete, properties, percentage substitution.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad ha surgido un importante interés por obtener nuevos materiales que permitan obtener un concreto de mejores propiedades debido al incremento de las obras viales de pavimento rígido (Reta y Mahto, 2019, p. 152), es así que se emplean numerosos materiales agropecuarios, cenizas volantes y de vegetales (Chindaprasirt et al., 2020, p. 2) como materiales cementosos, entre muchos más (Amran et al., 2021, p. 1). En relación a las carreteras, resulta imprescindible señalar que aquellas construidas empleando concreto han experimentado un apreciable incremento a nivel urbano (Sánchez y Yépez, p. 2017, p. 14). A pesar de lo mencionado anteriormente, cabe señalar que el nivel de servicio que estos poseen se va perdiendo al transcurrir el tiempo, siendo por ello indispensable encontrar nuevos materiales, los cuales, al ser incorporados al concreto, permitan mejorar las propiedades que caracteriza a estos pavimentos, las cuales vienen a ser la resistencia a la compresión y tracción (Chamoli y Paredes, 2019, p. 1). Es así que estos materiales pueden ser residuos agrícolas de base inorgánica (Rodríguez, 2019, p. 23) los cuales por lo general se caracterizan por tener alúmina, sílice, álcalis y permiten que el concreto sea más durable. De entre ellos tenemos a la ceniza de cascara de arroz, así como también a la ceniza de cascarilla de café (Maghfouri et al., 2018, p. 5).

Estudios relacionados fueron realizados también en el territorio peruano. Por ejemplo, Hualancho y Torres (2019, p. 118) los cuales llevaron a cabo en Ancash un estudio agregando cepa de plátano al concreto destinado a ser empleado tanto para viviendas, así como también para carreteras, puesto que se requiere nuevos materiales de bajo costo que mejoren el concreto, y que, al mismo tiempo, permitan proteger el ambiente.

Además, también se puede mencionar dentro de este contexto, la investigación llevada a cabo por Jaime y Portocarrero (2018, p. 112) quienes en Trujillo realizaron un análisis de cómo se mejora el concreto en lo que respecta a sus propiedades mecánicas gracias a la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz, luego del cual afirmaron que se experimentó una mejora apreciable de la resistencia a la compresión.

Es así que, conforme a lo señalado, a pesar de que fueron realizadas varias investigaciones que tomaron como objeto de estudio variados materiales rurales y su contribución en el concreto, sin embargo, todavía no se ha estudiado el uso de la ceniza de Huaranhuay para lograr la mejora del comportamiento mecánico del concreto destinado a pavimentos rígidos.

Es así que en este estudio se evalúa la aplicabilidad de la ceniza de huaranhuay como sustituto parcial del cemento para el concreto destinado a pavimentos rígidos, buscando determinar la influencia de este material en el comportamiento mecánico del concreto, el cual se expresa en la resistencia a la compresión y flexión del concreto, siendo esta última el parámetro más importante a considerarse en el diseño de pavimentos rígidos (Menéndez, 2016).

Este estudio se centra en la Avenida Antonio Lorena del Distrito de Santiago del departamento del Cusco, encontrándose el pavimento de este tramo deteriorado.

Así, la **pregunta general** es: ¿De qué manera la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, Cusco 2022? El **problema Específico n°1**: ¿De qué manera la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en la resistencia a la compresión de pavimento rígido, Cusco 2022? El **problema específico n°2**: ¿De qué manera la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en la resistencia a la flexión de pavimento rígido, Cusco 2022?

Como **justificación teórica** es posible mencionar que se busca conocer el aporte de la ceniza de huaranhuay reemplazando al cemento en el comportamiento mecánico del pavimento rígido. Asimismo, presenta una **justificación práctica** puesto que la investigación tiene por finalidad incentivar que este material sea empleado en proyectos que se lleven a cabo más adelante, puesto que se tendrá un mejor criterio cuando se requiera materiales naturales de bajo costo que permitan la mejora del concreto. Finalmente, respecto a la **justificación metodológica**, resulta imprescindible señalar que se lleva a cabo un diseño mediante variación porcentual de

la cantidad necesaria del material con el objetivo de encontrar cuál sería la dosificación más apropiada o factible de la ceniza en estudio a ser incorporada en el concreto.

Cabe señalar que el **objetivo general** es: Determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, Cusco 2022. Asimismo, el **Objetivo Específico N°1**: determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en la resistencia a la compresión de pavimento rígido, Cusco 2022. Y el **Objetivo Específico N°2**: determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en la resistencia a la flexión de pavimento rígido, Cusco 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Dentro de los **antecedentes internacionales** se tiene a Díaz (2020) quien realizó una investigación que presentó por objetivo evaluar como de qué manera el concreto se ve afectado cuando se utiliza la ceniza de Termopaipa como sustituto del cemento. Es posible afirmar que la metodología de la cual se hizo uso se caracterizó por ser descriptiva. Por otra parte, cabe aclarar que la población consistió en un grupo de especímenes de concreto, y, asimismo, de estos fueron elegidos 20 como muestra. Obtuvo como resultado que agregando el 10% de ceniza de termo paipa obtuvo para compresión a los 7, 14 y 28 días un  $f'c$  de 73  $\text{kg/cm}^2$ , 118  $\text{kg/cm}^2$  y 218  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente. Es así como, al final se llegó a la conclusión que la incorporación de este material debe llevarse a cabo, pero considerando solo cantidades pequeñas.

Asimismo, Yazuri y Yeladaqui (2019) llevaron a cabo un estudio que tuvo por objetivo evaluar de qué manera la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto del cemento influye en el  $f'c$  del concreto. Resulta imprescindible mencionar que la metodología de la cual se hizo uso fue explicativa – correlacional. Además, en lo concerniente a la población se debe señalar que en este estudio se empleó un conjunto de probetas de concreto, siendo seleccionados 60 de éstas como muestra. Es así que, como resultados se afirma que dicha ceniza de la cual se hace mención mejora de una manera ligera, en una cantidad de 10%, la resistencia a la compresión (hasta en un 3%). Se debe señalar que la conclusión que fue obtenida finalmente resalta que se puede hacer uso de esta ceniza si se busca lograr una mejora en lo que respecta al desempeño del concreto.

Destaca la investigación de Rodríguez y Tibabuzo (2019) que tuvo por objetivo evaluar cómo la ceniza de cascarilla de arroz mejora el  $f'c$  del concreto. Es posible afirmar que la metodología de la cual se hizo uso se caracterizó por ser explicativa. Por otra parte, cabe aclarar que la población consistió en un grupo de especímenes de concreto, y, asimismo, de estos fueron elegidos 45 como muestra. Obtuvo como resultado que agregando el 10% de ceniza de cascarilla de arroz obtuvo un  $f'c$  a los 7, 14 y 28 días

de 140, 177 y 230 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Es así como se concluyó que esta ceniza mejoró el f'c del concreto.

Para Coral (2019) en su estudio tuvo por objetivo evaluar cómo la cascarilla de café influye en el comportamiento del concreto. Es posible afirmar que la metodología de la cual se hizo uso se caracterizó por ser descriptiva-explicativa. Por otra parte, cabe aclarar que la población consistió en un grupo de especímenes de concreto, y, asimismo, de estos fueron elegidos 20 como muestra. Obtuvo como resultado que agregando el 1.0% de ceniza a los 28 días un f'c de 138 kg/cm<sup>2</sup> y un MR de 57 kg/cm<sup>2</sup>. Se concluyó que el material estudiado mejora el MR del concreto.

Por otro lado, Vélez (2019) llevó a cabo una investigación que tuvo por objetivo evaluar cómo la sustitución del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia del concreto. Es posible afirmar que la metodología de la cual se hizo uso se caracterizó por ser descriptiva-explicativa. Por otra parte, cabe aclarar que la población consistió en un grupo de especímenes de concreto, y, asimismo, de estos fueron elegidos 66 como muestra. Asimismo, es sumamente importante mencionar que como resultado se obtuvo que el concreto con 10% de dicha ceniza mejoró su resistencia hasta en un 25% respecto al concreto patrón. Al final se concluyó que dicho material mejora el comportamiento mecánico del concreto.

Dentro de los **antecedentes nacionales**, destaca la investigación de Huillca (2022) que tuvo como objetivo cómo afecta la ceniza de Queñual en el f'c y MR del concreto. La metodología empleada fue explicativa-correlacional. Además, en lo concerniente a la población se debe señalar que en este estudio se empleó un conjunto de probetas de concreto, siendo seleccionados 54 de éstas como muestra. Obtuvo como resultado que agregando el 8% de ceniza de queñual obtuvo a los 7, 14 y 28 días un f'c de 350.74, 397.99 y 471.89 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, y un MR de 57, 50 y 58 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Se concluyó que esta ceniza si se incorpora al concreto logra mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

Asimismo, Iparraguirre (2021) realizó una investigación que tuvo por objetivo evaluar de qué manera afecta al concreto la ceniza de cascarilla de café. Es posible afirmar que la metodología de la cual se hizo uso se caracterizó por ser explicativa. Por otra parte, cabe aclarar que la población consistió en un grupo de especímenes de concreto, y, asimismo, de estos fueron elegidos 36 como muestra. Obtuvo como resultado que agregando el 1% de ceniza obtuvo a los 7, 14 y 28 días un  $f'c$  de 195.67, 251 y 270.67  $kg/cm^2$ . De esta manera, al final se llegó a la conclusión que esta ceniza incrementa el  $f'c$ , pero, resulta imprescindible señalar que debe ser agregada en pequeñas cantidades.

Por otro lado, Almanza y Zamudio (2020) llevó a cabo una investigación que tuvo por objetivo estudiar cómo son influenciadas las propiedades de un concreto que se caracterice por ser de  $f'c=210 kg/cm^2$ , cuando agrega ceniza de lodo de papel y esquisto. Resulta imprescindible mencionar que la metodología de la cual se hizo uso fue explicativa. Además, en lo concerniente a la población se debe señalar que en este estudio se empleó un conjunto de probetas de concreto, siendo seleccionados 66 de éstas como muestra. Obtuvo como resultado que agregando el 7% de ceniza obtuvo a los 7, 14 y 28 días un  $f'c$  de 278, 297.3, 364.6  $kg/cm^2$ , y, asimismo, agregando el 7% de ceniza obtuvo un MR de 52, 47.3 y 39.6  $kg/cm^2$  respectivamente. Se debe señalar que la conclusión que fue obtenida finalmente resalta que se puede hacer uso de esta ceniza si se busca lograr una mejora en lo que respecta al desempeño del concreto a compresión.

Destaca también la investigación de Arévalo y López (2020) que tuvo por objetivo evaluar cómo mejora el concreto, en lo que respecta a su resistencia, si se hace uso de ceniza de cascarilla de arroz. Resulta imprescindible mencionar que la metodología de la cual se hizo uso fue explicativa. Además, en lo concerniente a la población se debe señalar que en este estudio se empleó un conjunto de probetas de concreto, siendo seleccionados 184 de éstas como muestra. Obtuvo como resultado que agregando el 2% de ceniza obtuvo para 7, 14 y 28 días un  $f'c$  de 159.18, 192.51 y 213.82  $kg/cm^2$  respectivamente, y asimismo, agregando el 2% de ceniza obtuvo un MR de 28.08, 32.58 y 47.83  $kg/cm^2$  respectivamente.

Por otra parte, Jaime y Portocarrero (2018) llevaron a cabo una investigación que presentó por objetivo estudiar como influye en el  $f'c$  cuando se procede a incorporar el material conformado por ceniza de cascarilla de arroz. Resulta imprescindible señalar que la metodología fue descriptiva. Además, en lo concerniente a la población se debe señalar que en este estudio se empleó un conjunto de probetas de concreto, siendo seleccionados 56 de éstas como muestra. Obtuvo como resultado que agregando el 8% de ceniza obtuvo a los 7, 14 y 28 días un  $f'c$  de 134, 151 y 231  $kg/cm^2$  respectivamente. Se debe señalar que la conclusión que fue obtenida finalmente resalta que se puede hacer uso de esta ceniza si se busca lograr una mejora en lo que respecta al  $f'c$ .

Dentro de las **bases teóricas**, con respecto a la **ceniza de Huaranhuay**, es importante mencionar que, de acuerdo con Quispe (2021, p. 84) el Huaranhuay (de nombre científico *Tecoma stans*), también conocido como Huaroma o Carhuaquero, es un árbol pequeño de 32 cm de circunferencia y 5 m de altura total, presenta una corteza externa agrietada con presencia de astillas, color marrón claro, y una corteza interna fibrosa color crema. En nuestro país podemos encontrar esta planta en departamentos como Apurímac, así como también en el Cusco, encontrándose entre 1 600 - 3 400 msnm en zonas altoandinas por lo general. Presenta flores entre abril y julio.

La ceniza de Huaranhuay se forma al calcinarse este material a  $400^{\circ}C$ , siendo importante resaltar que posee calcio y sílice. En este estudio dicha ceniza se empleó como sustitución parcial del cemento en dosificaciones de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. De acuerdo con Huillca (2022, p. 11) las propiedades de las puzolanas suelen estar íntimamente relacionada a la temperatura a la cual fue calcinada la ceniza ( $400-800^{\circ}C$ ). En este contexto, cabe señalar que, en concordancia a ASTM C-618 este material es de clase N, puesto que proviene de un proceso de calcinación.

**Tabla 1.** Características para clases de puzolanas.

Requerimientos químicos	Clase		
	N	F	C
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> min, %	70	70	50
SO <sub>3</sub> , máx, %	4	5	5

Contenido de humedad, máx, %	3	3	3
Pérdida por ignición, máx, %	10	6	6

Fuente: Huillca, 2022.

Figura 1. Árbol de Huaranhuay.



Fuente: Quispe, 2021.

Figura 2. Ceniza de Huaranhuay.



Fuente: Propia.

Con respecto a las **propiedades del concreto endurecido**, de acuerdo a lo señalado por Coronel (2020, p. 32) estas propiedades son las que posee el concreto cuando se solidifica y es capaz de soportar esfuerzos. Resulta imprescindible señalar, de acuerdo con Bheel et al. (2020, p. 1) que estas son conocidas como propiedades mecánicas,

puesto que se relacionan con el comportamiento mecánico del concreto. Por su parte, Arévalo y López (2020, p. 19) estas propiedades son la resistencia a la compresión y a la flexión (flexotracción). Según lo expuesto por Montes (2021, p. 30) el concreto endurecido se caracteriza por ser un material sólido, y asimismo, presenta dimensiones definidas, formando un material monolítico gracias a su matriz cementicia más la presencia de áridos.

Es importante recalcar que, de acuerdo con López y Salcedo (2021, p. 13) en la actualidad se tienen varios ensayos para evaluar el comportamiento del concreto en estado endurecido, los cuales son de utilidad para medir su resistencia, tomando en cuenta diferentes edades (7, 14 y 28 días).

Es así que, en resumen, las propiedades del concreto endurecido son aquellas relacionadas a su resistencia frente a esfuerzos de compresión y flexión, los cuales constituyen dos parámetros fundamentales que garantizarán el buen desempeño del concreto durante su vida útil.

Respecto a la **resistencia a la compresión**, de acuerdo con lo señalado por Montes (2021, p. 30) esta propiedad expresa la resistencia máxima que posee una probeta de concreto frente a la acción de cargas axiales. Asimismo, Coronel (2020, p. 35) considera que esta propiedad es de gran utilidad para caracterizar el concreto y constituye una manera de conocer su desempeño y la durabilidad que tendrá el futuro. De acuerdo con Mariluz y Ulloa (2018, p. 59) el concreto posee una mayor resistencia frente a la compresión que frente a la tracción. Según lo señalado por Menéndez (2016, p. 293) las unidades de esta resistencia por lo general son  $\text{kg/cm}^2$  aunque también puede expresarse en MPa. Asimismo, de acuerdo con López y Salcedo (2021, p. 17) para determinar esta propiedad se hace uso del ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión, normado por la NTP 339.034, la cual señala que este ensayo se lleva a cabo empleando probetas que se caracterizan por tener forma cilíndrica de dimensiones 6 x 12 pulg., considerando tres edades del concreto: 7, 14 y 28 días.

Es así como finalmente se puede afirmar, que la resistencia a la compresión es un indicador de la resistencia del concreto ante la acción de cargas axiales, y, asimismo, como comentario importante se debe señalar que en el caso del concreto destinado a

pavimentos la resistencia a la compresión es parámetro valioso, puesto que teniendo su valor se puede obtener el valor del módulo de rotura mediante una correlación establecida por el MTC entre ambas propiedades.

De acuerdo con lo señalado por Amasifuen y Romero (2021, p. 20) el ensayo de resistencia a la compresión se lleva a cabo empleando testigos de concreto, los cuales son llevados hasta la ruptura empleando cargas cuyo incremento se realiza rápido tomando poco tiempo para realizarse el ensayo. El valor de esta propiedad es hallado dividiendo la carga de rotura entre el área de la sección que resiste la carga y al final este resultado es reportado. Esta propiedad es una de las más importantes y de las más empleadas por los ingenieros tanto para el diseño de concreto destinado a edificaciones como para el concreto destinado a pavimentos rígidos.

La importancia de esta propiedad radica en que se emplea como verificación de que la mezcla de concreto cumple con los requerimientos establecidos por la norma técnica aplicada en nuestro país.

Por su parte Montero (2020, p. 53) define a la resistencia a la compresión como aquella capacidad máxima que tiene el concreto para lograr soportar la fuerza aplicada en una determinada área antes de llegar a quebrarse. También este autor señala que esta propiedad de concreto depende en mayor medida de la concentración de pasta de cemento, la cual, por supuesto, suele ser expresada en la relación a/c. Asimismo, también influye tanto la temperatura, así como también el tiempo, puesto que esta propiedad tiende a incrementarse con el paso del tiempo, siendo a los 28 días la edad apropiada para evaluarse, puesto que a esta edad se considera que el concreto adquiere casi el total de su resistencia.

Por lado, Quispe (2019, p. 44) señala que por lo general las especificaciones del concreto se encuentran relacionadas a su resistencia a la compresión puesto que es fácil de llevar a cabo la medición de esta propiedad, además de que ésta se encuentra relacionada con muchas otras propiedades del concreto, como son su durabilidad, resistencia a la abrasión, impermeabilidad, así como también la densidad.

Resulta clave mencionar que, para llevar a cabo el ensayo de resistencia a la compresión, la norma ASTM C-39 señala que deben ser empleadas prensas para rotura las cuales deben ser operadas por motor, siendo imprescindible señalar que no

se debe llevar a cabo la operación de manera manual, debido a que influye mucho la velocidad de aplicación de la carga en este ensayo, estando ésta por lo general comprendida entre los valores de (20-50 lb/plg<sup>2</sup>/seg).

Durante el procedimiento del ensayo es importante tomar en cuenta que, antes de colocar el concreto en los moldes, necesariamente estos deben estar impregnados (en su interior) con un material que contribuya a lograr evitar que el concreto pueda adherirse a la superficie de dicho molde.

También se debe señalar que para confeccionar las probetas estas se deben realizar ya sea en tres capas iguales o también en dos capas si es que el diámetro posee una medida de 100 mm, siendo necesario que cada capa sea apisonada de acuerdo con lo indicado en la norma. Además, posteriormente a la compactación realizada por cada capa, es necesario que se proceda a eliminar el aire para lo cual se golpea el molde de una manera lateral y considerando una repetición de 10 a 15 veces y llevando a cabo estos golpes con un martillo de goma de 0.34 a 0.8 kg.

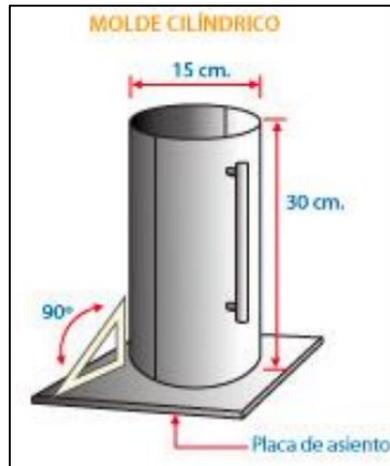
Asimismo, otra indicación a tomar en cuenta es que las probetas no deben ser movidas cuando ya han pasado 20 min después de que fue llevado a cabo su moldeo. También es menester que se brinde una adecuada protección a las probetas frente al trato brusco, y esta protección debe ser para todas las edades, debido a que los golpes o cualquier acción podría, y es importante decirlo, modificar tanto sus propiedades, así como también sus características.

Otra indicación que debe cumplirse de manera imprescindible es que se cubran estas probetas de manera inmediata luego de que fueron moldeadas, y, asimismo, se debe llevar a cabo la conservación de estas probetas tomando en cuenta una temperatura que puede estar comprendida entre 16 a 27°C las primeras 24 horas, siendo realizado el desmoldado dentro de 16 a 34 horas luego de vaciadas y se procede a curar dichas probetas en agua saturada hasta el momento de que sean ensayadas.

Si bien es cierto que estas precauciones pueden ser para algunos un tanto exageradas o difíciles de llevar a cabo, lo cierto es que su transcendencia comienza a notarse cuando comenzamos a tener problemas con el clima, puesto que, por ejemplo, en los casos de condiciones ambientales extremas, es probable que éstas puedan llegar a afectar de una manera significativa esta etapa de control de calidad si es que no se

lleva cabo todo el procedimiento tal como está estandarizado por la norma expuesta del ASTM.

Figura 3. Molde cilíndrico para elaborar las probetas.



Fuente: Medina et al., 2021.

Figura 4. Probetas cilíndricas de concreto elaboradas para ser sometidas a ensayo de resistencia a la compresión.



Fuente: Quispe, 2019.

Asimismo, Quispe (2019, p. 45) también señala que cuando se lleva a cabo el moldeo descuidadamente sin respetar las especificaciones de la norma ASTM, y a su vez, no son tomadas en cuenta las precauciones señaladas para el curado por dicha norma para los requerimientos de humedad y temperatura, es decir el ensayo realiza de manera inapropiada, entonces puede ser que el resultado obtenido cumpla con la

resistencia exigida pero las dispersiones introducidas no permitirán una evaluación estadística.

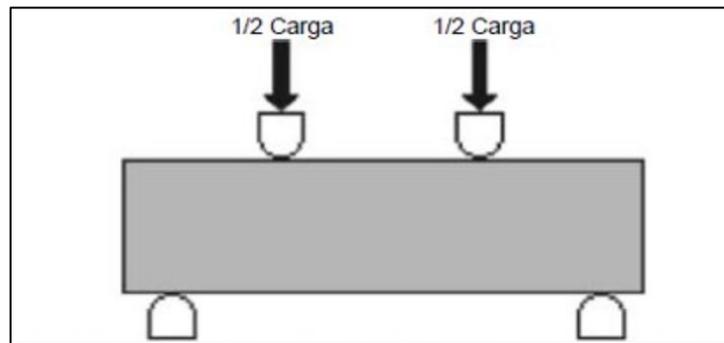
Figura 5. Ensayo de resistencia a la compresión.



Fuente: López y Salcedo, 2021.

Respecto a la **resistencia a la flexión**, de acuerdo con lo señalado por Acuña y Caballero (2018, p. 31) señala que esta propiedad puede entenderse como una medida de resistencia a la tracción del concreto. Es importante mencionar que Coronel (2020, p. 35) afirma que a esta propiedad se expresa en el Módulo de Rotura (MR). Asimismo, Montes (2021, p. 32) señala que se expresa en MPa o kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, Masías (2018, p. 18) expone que esta propiedad es un indicador de la calidad del concreto destinado a ser empleado en pavimentos, señalando que el MR oscila entre 10-20% del  $f'c$ . Asimismo, de acuerdo con López y Salcedo (2021, p. 18) señala que para determinar el valor del MR se emplea el ensayo de resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, el cual se encuentra normado por NTP 339.078 y debe realizarse a las edades de 7, 14 y 28 días. En este contexto, Menéndez (2016, p. 292) señala que para el ensayo las vigas deben ser 6"x 6" x 20" para un tamaño de agregado máximo de 2".

Figura 6. Diagrama de ensayo de flexión con cargas en los puntos tercios – ASTM C78.



Fuente: Giraldo, 2019.

Por su parte Giraldo (2019, p. 6) la define como la resistencia que posee el concreto a la falla por momento de una viga o losa la cual no se encuentra reforzada. Esta es una de las propiedades más importantes, y para su medición se emplean vigas que presentan una sección transversal que se caracteriza por ser de 150 mm x 150mm mientras que la luz debe ser como mínimo tres veces el espesor. Esta propiedad que se encuentra expresada por el MR puede ser determinada si se emplea correctamente el ensayo ASTM C78, el cual es conocido porque en él se aplica la carga a los puntos tercios. El MR depende en gran medida de las dimensiones del agregado grueso que haya sido utilizado.

Asimismo, se debe mencionar que la norma ASTM C78 señala que las vigas deben ser fabricadas cuidadosamente. En este contexto se debe comentar que las mezclas que son destinadas para pavimentos de concreto deben caracterizarse por ser secas, y deben presentar un asentamiento que se encuentre entre los valores de  $\frac{1}{2}$  a  $2 \frac{1}{2}$  pulg (es decir deben estar comprendidos entre valores de 1.25 a 6.25 cm). Estas deben ser consolidadas mediante el procedimiento de vibración el cual debe llevarse a cabo siguiendo las especificaciones de la norma ASTM C31 y además es necesario que se golpeen los laterales con la finalidad de que sea posible liberar las burbujas de aire.

Figura 7. Golpes con varilla de acero al concreto vaciado en vigas.



Fuente: Giraldo, 2019.

Asimismo, resulta clave mencionar que para asentamientos que sean más altos, en estos casos luego de aplicar golpes con la varilla, se debe proceder a golpear los moldes con la finalidad de liberar las burbujas de aire, y luego se debe proceder a agitar a lo largo de los laterales ello con la finalidad de poder garantizar que se lleve a cabo correctamente la consolidación. Es imprescindible señalar que es necesario nunca se permita que ocurra el hecho de que se sequen las superficies que posee la viga (ello no debe ocurrir en ningún momento). Es menester que esta se mantenga en inmersión en agua saturada con cal y para esto se debe considerar un tiempo mínimo de 20 horas antes de llevar a cabo el ensayo.

Figura 8. Curado de las muestras por 28 días.



Fuente: Julón y Marcañaupa, 2021.

También es importante señalar que la desviación típica para las resistencias a flexión del concreto (considerando un MR de hasta 5.5 MPa) debe encontrarse entre los valores de 0.3 a 0.6 MPa para que pueda afirmarse que el proyecto posee un buen rango de control, puesto que cuando la desviación típica supera los 0.7 MPa, entonces esto podría indicar que han ocurrido problemas mientras que se llevaron a cabo los ensayos mencionados.

Asimismo, resulta clave señalar que hay una elevada probabilidad de que los problemas surgidos mientras se llevan a cabo los ensayos debido a diferencias de humedad dentro de la viga, cuando ocurre un secado prematuro, esto puede provocar una disminución notable de la resistencia.

Es así que en resumen se puede mencionar que la resistencia a la flexión es una propiedad que mide el esfuerzo de una viga al someterla a flexión, siendo el principal parámetro a considerarse para evaluar el desempeño futuro del pavimento rígido, siendo más importante que el  $f'_c$  en carreteras.

Figura 9. Ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: López y Salcedo, 2021.

Asimismo, a continuación, se muestra los valores de MR y  $f'_c$  mínimos estipulados por el MTC para el concreto destinado a pavimentos rígidos, de acuerdo a la cantidad de ejes equivalentes (EE) que circulan por la vía o carretera.

**Tabla 2.** Valores de MR según los EE.

Número de EE	MR (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
≤ 5000000	40	280
> 5000000 ≤ 15000000	42	300
> 15000000	45	350

Fuente: MTC, 2014.

Es así que en la presente investigación se tiene la **hipótesis general**: la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en forma positiva en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, Cusco 2022. La **hipótesis específica n°1**: la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en forma positiva en la resistencia a la compresión de pavimento rígido, Cusco 2022. **Hipótesis Específica n°2**: la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en forma positiva en la resistencia a la flexión de pavimento rígido, Cusco 2022.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

Según Ñaupas et al. (2018, p. 136) es posible afirmar que una investigación es de tipo **aplicada**, cuando ésta es realizada gracias al empleo de conocimientos que ya existen con lo cual se busca lograr la solución para un problema específico. De acuerdo con lo antes expuesto, este estudio es aplicado debido a que se ha buscado cubrir aquellas necesidades que provocan que el concreto no pueda durar el tiempo para el cual fue diseñado.

Asimismo, según lo expuesto Ñaupas et al. (2018, p. 140) es posible afirmar se emplea un enfoque **cuantitativo**, aquel estudio que requiere de manera imprescindible el empleo de la medición numérica. Es así como el estudio viene a ser cuantitativo, puesto que se llevó a cabo la medición de los valores de las variables (propiedades de concreto), mediante los ensayos efectuados.

##### Diseño de investigación

De acuerdo con Ñaupas et al. (2018, p. 354) es posible afirmar que se trata de un diseño **experimental puro**, en los casos en lo que se busca manipular la variable para que la hipótesis pueda llegar a ser probada. La ceniza de huaranhuay fue manipulada puesto que esta fue la variable independiente, ello se llevó a cabo haciendo uso de diferentes cantidades de ceniza para después hacer la comparación de los resultados.

Asimismo, según Ñaupas et al. (2018, p. 367) es posible afirmar que se trata de un nivel **explicativo** cuando se busca relaciones causa-efecto entre variables. De acuerdo con lo antes expuesto, este estudio es explicativo, ya que en él se busca encontrar entre las variables dichas relaciones mencionadas. Asimismo, se determinó la causa y efecto de agregar la ceniza de huaranhuay en el concreto destinado a pavimento rígido.

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **Variable 1: Ceniza de huaranhuay**

Aquella que proviene de la combustión de las ramas del árbol de Huaranhuay (*Tecoma stans*), cuya composición se caracteriza en gran medida por un alto contenido de calcio y potasio, también es posible encontrar magnesio, sílice, fósforo, algo de azufre y poco nitrógeno. (Quispe, 2021).

#### **Variable 2: Propiedades del concreto endurecido**

Son las propiedades que posee el concreto cuando se solidifica estando éstas relacionadas al comportamiento mecánico del concreto permitiéndole soportar esfuerzos, estas propiedades son la resistencia a la compresión y flexión (Coronel, 2020).

**Tabla 3.** Matriz de operacionalización de variables.

TÍTULO:		"Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"			
VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Ceniza de huaranhuay	Este es un producto proveniente del proceso de combustión de las ramas del árbol de Huaranhuay (Tecoma stans), cuya composición se caracteriza en gran medida por un alto contenido de calcio y potasio, también es posible encontrar magnesio, sílice, fósforo, algo de azufre y poco nitrógeno. (Quispe, 2021).	Material constituido por la calcinación de Huaranhuay a 400°C, empleado como sustituto del cemento mediante dosificaciones de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del peso del cemento de la mezcla.	Dosificación	Incorporación de ceniza de huaranhuay como sustituto del cemento en cantidades de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del peso del cemento de la mezcla.	RAZÓN
			Composición química	% sílice, % calcio.	RAZÓN
VD: Propiedades del concreto endurecido	Son las propiedades que posee el concreto cuando se solidifica estando éstas relacionadas al comportamiento mecánico del concreto permitiéndole soportar esfuerzos, estas propiedades son la resistencia a la compresión y flexión (Coronel, 2020).	Son aquellas propiedades relacionadas a la resistencia del concreto frente a esfuerzos de compresión y flexión, los cuales constituyen dos parámetros fundamentales que garantizarán el buen desempeño del concreto durante su vida útil y se obtienen de ensayos de laboratorio.	Resistencia a la compresión	f'c a los 7 días	RAZÓN
				f'c a los 14 días	RAZÓN
				f'c a los 28 días	RAZÓN
			Resistencia a la flexión	MR a los 7 días	RAZÓN
				MR a los 14 días	RAZÓN
				MR a los 28 días	RAZÓN

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población:

Según Arias (2012, p. 81) ésta se encuentra conformada por el grupo de elementos estudiados. Siguiendo este criterio, la población considerada fueron 108 especímenes de concreto (de los cuales 54 fueron probetas cilíndricas para ensayos de compresión mientras que los otros 54 fueron vigas prismáticas para los ensayos de flexión). Cabe señalar que esta cantidad fue escogida en concordancia con E.060 del RNE (para cada mezcla 3 especímenes como mínimo). Resulta imprescindible señalar que estas fueron evaluadas a 7, 14 y 28 días tomando en cuenta un concreto de  $f'c$  de diseño  $280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 4.** Cantidad de probetas.

Edad (días)	% de ceniza de huaranhuay						Total
	0% (Patrón)	5%	10%	15%	20%	25%	
7	3	3	3	3	3	3	18
14	3	3	3	3	3	3	18
28	3	3	3	3	3	3	18
TOTAL							54

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 5.** Cantidad de vigas.

Edad (días)	% de ceniza de huaranhuay						Total
	0% (Patrón)	5%	10%	15%	20%	25%	
7	3	3	3	3	3	3	18
14	3	3	3	3	3	3	18
28	3	3	3	3	3	3	18
TOTAL							54

Fuente: Elaboración Propia.

#### Criterios de inclusión:

- Probetas y vigas que se caracterizan por cumplir las dimensiones señaladas por ASTM C-39 y ASTM C-78.
- Probetas y vigas cuya mezcla de concreto contiene como material sustituto del

cemento a la ceniza de huaranhuay.

- Probetas y vigas con incorporación de ceniza de huaranhuay como reemplazo del cemento sólo en las dosificaciones de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%.

**Criterios de exclusión:**

- Probetas y vigas que se caracterizan por no cumplir con las dimensiones expuestas en ASTM C-39 y ASTM C-78.
- Probetas y vigas cuya mezcla de concreto tenga un material sustituto del cemento que no sea ceniza de huaranhuay.

**Muestra:**

Al ser la población de este estudio demasiado pequeña, no se considerará muestra.

**Muestreo:**

No existe muestreo porque la población es pequeña.

**Unidad de análisis:**

Según Hernández et al. (2014, p. 172) es posible afirmar estas viene a ser los elementos alrededor de los cuales gira la investigación. En este estudio es el espécimen de concreto.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**Técnicas de recolección de datos**

Según Baena (2017, p. 67) vienen a ser los procedimientos que poseen una gran utilidad al momento de encontrar posibles soluciones ante problemáticas planteadas, además que su empleo garantiza que los resultados sean confiables.

Se empleó como técnica la observación experimental de los ensayos para evaluar las propiedades del concreto, llegando a ser recopilada la cantidad de datos necesaria para el logro de los objetivos.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Según Ñaupas et al. (2018, p. 274) pueden ser consideradas como herramientas cuyo objetivo es lograr el recojo eficiente de información. En este contexto resulta imprescindible señalar que como instrumentos se hizo uso de formatos de recolección de datos de los ensayos de laboratorio de resistencia a la compresión y flexión.

### **3.5. Procedimientos**

- Fue recolectada la ceniza de huaranhuay proveniente de la combustión de la leña de esta planta empleada en los hogares rurales, siendo esta cantidad complementada gracias a la recolección de ramas de los árboles de huaranhuay provenientes del distrito de San Sebastián, las cuales fueron calcinadas.
- Fueron los agregados recolectados de la cantera Racchi.
- El cemento que se eligió para ser utilizado fue de tipo I, siendo este adquirido en los locales de las ferreterías presentes en el distrito de San Sebastián.
- Se procedió a realizarse ensayos de laboratorio a los cuales fueron sometidos los agregados finos y gruesos, encontrándose entre los más importantes los destinados a evaluar la granulometría, el contenido de humedad, así como también el peso específico.
- Es importante mencionar que a estos ensayos también fue sometida la ceniza de huaranhuay.
- Se procedió a diseñarse la mezcla de concreto de  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> para lo cual fue necesario el empleo del método ACI, comenzando por el diseño de la mezcla patrón para posteriormente proceder a diseñarse las mezclas que se caracterizaron por

emplear la ceniza de huaranhuay como material sustituto del cemento en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%.

- Es así que, una vez terminados los diseños antes expuestos, se elaboraron las probetas y vigas, ello en concordancia a la cantidad expuesta en el ítem de población.
- Finalmente se llevaron a cabo ensayos de compresión y flexión.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Se empleará un método descriptivo conforme a los ensayos de laboratorio. Cabe señalar que los datos que fueron obtenidos serán procesados en el programa Excel, empleando tablas y gráficas. En resumen, se hizo:

- El recojo de los datos procedentes de los ensayos
- Para el procesamiento de estos datos se hizo uso del Excel.
- Se procedió a elaborar cuadros y tablas con la finalidad de comparar los resultados.

### **3.7. Aspectos éticos**

Resulta imprescindible señalar que los ensayos a realizarse no afectan la naturaleza ni el cambio climático. Asimismo, no afecta a la flora ni a la fauna que existe en el área de estudio. También es importante aclarar que no se está trabajando con humanos, por lo que no se afectará de ninguna manera a las personas. La ética del estudio se basa en la resolución N° 0126-2017/UCV del consejo universitario de la UCV. En resumen, se puede afirmar que en el desarrollo de la investigación **se brindará un gran respeto por la ecología, la flora y la fauna, y el respeto por la vida humana.**

#### IV. RESULTADOS

Para el **objetivo específico 1** el cual señala determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en la resistencia a la compresión de pavimento rígido, Cusco 2022, tras la evaluación de la muestra respecto a las variables sustitución de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del cemento y resistencia a la compresión obtuvimos los resultados siguientes:

**Tabla 6.** Diseño de mezcla de concreto patrón y mezclas con sustitución de cemento por ceniza de huaranhuay.

Tipo de Material	Cantidad de material por m <sup>3</sup> de concreto					
	Concreto Patrón	Concreto con ceniza de huaranhuay (%)				
		5%	10%	15%	20%	25%
Cemento (kg)	440	418	396	374	352	330
Agua (lt)	172	172	172	172	172	172
Agregado grueso (kg)	872	872	872	872	872	872
Agregado fino (kg)	670	670	670	670	670	670
Ceniza de huaranhuay (kg)	-	22	44	66	88	110

Fuente: Propia.

De la Tabla 6 se puede apreciar que aplicando el Método ACI Comité 211 fue posible obtener un diseño de la mezcla por metro cúbico de concreto patrón conformado por: 440 kg de cemento, 172 litros de agua, 872 kg de agregado grueso y 670 kg de agregado fino. Mientras que para las mezclas con reemplazo de cemento por ceniza de huaranhuay se emplearon las mismas cantidades de agua, agregado grueso y fino, pero se redujo la cantidad de cemento en la mezcla, la cual fue reemplazada por dicha ceniza en dosificaciones de 5% (22kg), 10% (44 kg), 15% (66kg), 20% (88 kg) y 25% (110 kg), resultando para las dosificaciones mencionadas cantidades de cemento de 418 kg, 396 kg, 374 kg, 352 kg y 330 kg respectivamente.

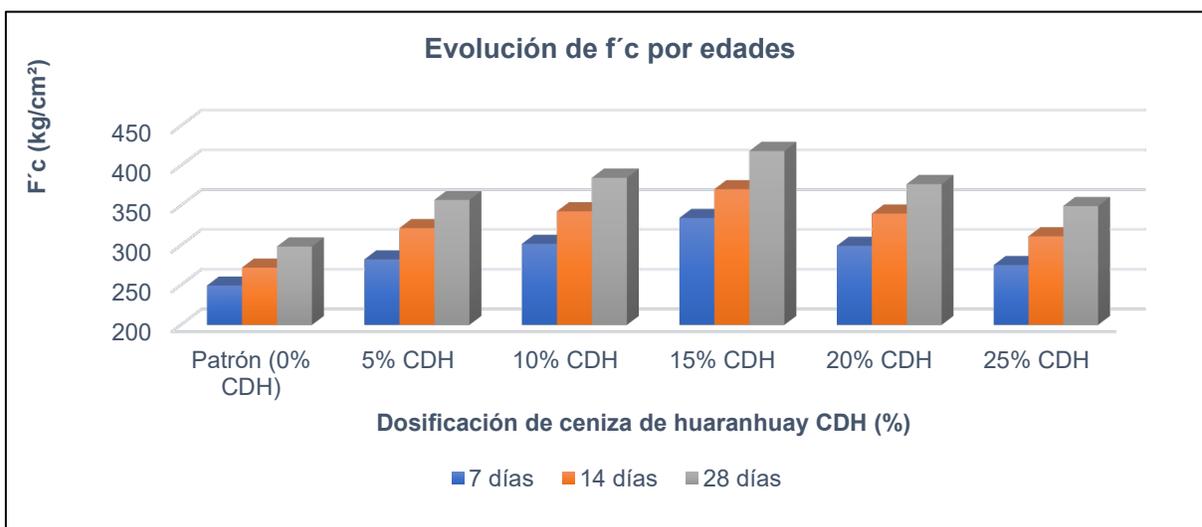
**Tabla 7.** Resultados del ensayo de resistencia a la compresión.

Muestra	Valores de f'c						Promedio
	f'c a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación respecto al patrón (%)	f'c a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación respecto al patrón (%)	f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación respecto al patrón (%)	
Patrón (0% CDH)	249.38	-	271.87	-	298.41	-	-
5% CDH	282.29	13.20%	321.57	18.28%	356.93	19.61%	17.03%
10% CDH	301.74	21.00%	342.61	26.02%	384.78	28.94%	25.32%

15% CDH	334.25	34.03%	370.42	36.25%	418.36	40.20%	36.83%
20% CDH	299.33	20.03%	339.74	24.96%	376.91	26.31%	23.77%
25% CDH	275.16	10.34%	311.28	14.50%	349.25	17.04%	13.96%

Fuente: Propia.

Figura 10. Comparación del incremento de  $f'c$  para 7, 14 y 28 días.



Fuente: Propia.

De la Tabla 7 y Figura 10 se puede apreciar que el reemplazo del cemento por ceniza de huaranhuay incrementa el  $f'c$  con respecto al patrón a los 7, 14 y 28 días, para todas las dosificaciones evaluadas, sin embargo cabe señalar que a dosificaciones mayores de 15% de dicha ceniza, el  $f'c$  comienza a descender, siendo la dosificación más óptima el 15% de ceniza, con la cual se obtuvo un  $f'c$  de 418.36 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, lo cual se traduce en incremento de 36.83% con respecto al concreto patrón.

Para el **objetivo específico 2** el cual señala determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en la resistencia a la flexión de pavimento rígido, Cusco 2022, tras la evaluación de la muestra respecto a las variables sustitución de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del cemento y resistencia a la flexo-tracción obtuvimos los resultados siguientes:

**Tabla 8.** Diseño de mezcla de concreto patrón y mezclas con sustitución de cemento

por ceniza de huaranhuay.

Tipo de Material	Cantidad de material					
	Concreto Patrón	Concreto con ceniza de huaranhuay (%)				
		5%	10%	15%	20%	25%
Cemento (kg)	440	418	396	374	352	330
Agua (lt)	172	172	172	172	172	172
Agregado grueso (kg)	872	872	872	872	872	872
Agregado fino (kg)	670	670	670	670	670	670
Ceniza de huaranhuay (kg)	-	22	44	66	88	110

Fuente: Propia.

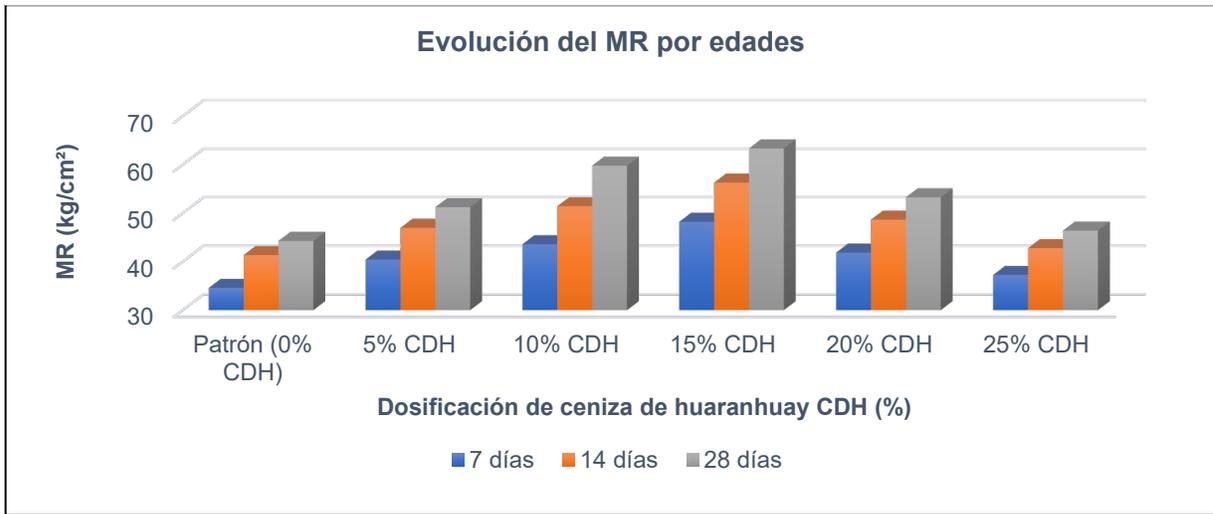
De la Tabla 8 se aprecia que aplicando el Método ACI Comité 211 fue posible obtener un diseño de la mezcla por metro cúbico de concreto patrón conformado por: 440 kg de cemento, 172 litros de agua, 872 kg de agregado grueso y 670 kg de agregado fino. Mientras que para las mezclas con reemplazo de cemento por ceniza de huaranhuay se emplearon las mismas cantidades de agua, agregado grueso y fino, pero se redujo la cantidad de cemento en la mezcla, la cual fue reemplazada por dicha ceniza en dosificaciones de 5% (22kg), 10% (44 kg), 15% (66kg), 20% (88 kg) y 25% (110 kg), resultando para las dosificaciones mencionadas cantidades de cemento de 418 kg, 396 kg, 374 kg, 352 kg y 330 kg respectivamente.

**Tabla 9.** Resultados del ensayo de resistencia a la flexión.

Muestra	Valores de MR						
	MR a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación respecto al patrón (%)	MR a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación respecto al patrón (%)	MR a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación respecto al patrón (%)	Promedio de variación (%)
Patrón (0% CDH)	34.58	-	41.36	.-	44.27	-	-
5% CDH	40.43	16.92%	46.96	13.54%	51.23	15.72%	15.39%
10% CDH	43.58	26.03%	51.43	24.35%	59.78	35.04%	28.47%
15% CDH	48.21	39.42%	56.29	36.10%	63.34	43.08%	39.53%
20% CDH	41.87	21.08%	48.64	17.60%	53.25	20.28%	19.66%
25% CDH	37.25	7.72%	42.78	3.43%	46.39	4.79%	5.31%

Fuente: Propia.

Figura 11. Comparación del incremento de MR para 7, 14 y 28 días.



Fuente: Propia.

De la Tabla 9 y Figura 11 se puede apreciar que el reemplazo del cemento por ceniza de huaranhuay incrementa el MR respecto al patrón a los 7, 14 y 28 días, para todas las dosificaciones evaluadas, sin embargo es importante mencionar que a dosificaciones mayores de 15% de dicha ceniza, el MR comienza a descender, siendo la dosificación más óptima el 15% de ceniza, con la cual se obtuvo un MR de 63.34 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, lo cual se traduce en incremento de 43.08% con respecto al concreto patrón.

Para el **objetivo general** el cual señala determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, Cusco 2022, tras la evaluación de la muestra respecto a cada objetivo específico:

**Tabla 10.** Resultados del objetivo general en base a los objetivos específicos.

Muestra	OE1	OE2
	Promedio de variación de f'c respecto al patrón (%)	Promedio de variación de MR respecto al patrón (%)
Patrón (0% CDH)	-	-
5% CDH	+17.03%	+15.39%
10% CDH	+25.32%	+28.47%

15% CDH	+36.83%	+39.53%
20% CDH	+23.77%	+19.66%
25% CDH	+13.96%	+5.31%

Fuente: Elaboración Propia.

De la Tabla 10 se aprecia que para el objetivo específico 1 se obtuvo un incremento de hasta 36.83% del valor de  $f'_c$  con respecto al patrón y un incremento de hasta 39.53% de MR. Con ello se concluye que se logró cumplir con el objetivo general, contrastándose la hipótesis general propuesta, puesto que se demostró que la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en forma positiva en las propiedades del concreto endurecido (resistencia a la compresión y flexión) para pavimento rígido.

## V. DISCUSIÓN

Para el objetivo específico 01, de los resultados obtenidos en la tabla 7, comparados con los de Rodríguez y Tibabuzo (2019) el cual indica que agregando 10% de ceniza se obtuvo el mayor  $f'c$  en su estudio a los 28 días, la cual fue una resistencia de 230  $kg/cm^2$ , que se traduce en un incremento de 7.0% de la resistencia respecto al patrón (215  $kg/cm^2$ ), la cual a su vez es menor a la mayor resistencia obtenida en la presente investigación a los 28 días, la cual fue de 418.36  $kg/cm^2$  para 15% de ceniza, que se traduce en un incremento de 40.20% respecto al patrón (298.41  $kg/cm^2$ ). Asimismo, Jaime y Portocarrero (2018) agregando 8% de ceniza se obtuvo el mayor  $f'c$  en su estudio a los 28 días, la cual fue una resistencia de 231  $kg/cm^2$ , que se traduce en un incremento de 32% de la resistencia respecto al patrón (175  $kg/cm^2$ ), la cual a su vez también es menor a la mayor resistencia obtenida en la presente investigación a los 28 días, la cual como se mencionó fue de 418.36  $kg/cm^2$ . En ambos casos se obtuvo menores incrementos del  $f'c$  comparadas con el presente debido a que en ambas investigaciones se empleó ceniza de cascarilla de arroz, la cual tiene menor actividad puzolánica que la ceniza de huaranhuay, la cual fue empleada en la presente investigación.

Para el objetivo específico 02, de los resultados obtenidos en la tabla 7, comparados con los de Arévalo y López (2020) el cual indica que agregando 2% de ceniza se obtuvo la mayor resistencia a la flexión en su estudio a los 28 días, la cual fue una resistencia de 47.83  $kg/cm^2$ , que se traduce en un incremento de 3.84% del valor del módulo de rotura (MR) respecto al patrón (46.06  $kg/cm^2$ ), la cual a su vez es menor a la mayor resistencia obtenida en la presente investigación a los 28 días, la cual fue de 63.34  $kg/cm^2$  para 15% de ceniza, que se traduce en un incremento de 43.08% respecto al patrón (44.27  $kg/cm^2$ ). Asimismo, Huillca (2022) agregando 8% de ceniza se obtuvo la mayor resistencia a la flexión en su estudio a los 28 días, la cual fue una resistencia de 58  $kg/cm^2$ , que se traduce en un incremento de 13.72% del valor del MR respecto al patrón (51  $kg/cm^2$ ), la cual a su vez también es menor a la mayor resistencia obtenida en la presente investigación a los 28 días, la cual como se mencionó fue de

63.34 kg/cm<sup>2</sup>. En ambos casos se obtuvo menores incrementos del MR comparados con el presente estudio debido a que los autores mencionados emplearon cenizas de cascarilla de arroz y ceniza de Queñual respectivamente, las cuales tienen menor actividad puzolánica que la ceniza de huaranhuay, la cual fue la ceniza empleada en la presente investigación.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Para la hipótesis específica n°01, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el desarrollo del objetivo específico n°01 se contrastó que la sustitución del cemento por ceniza de huaranhuay influye de forma positiva en la resistencia a la compresión de pavimento rígido, Cusco 2022, puesto que contribuye al incremento de esta propiedad, por lo que la hipótesis planteada es correcta.

2. Para la hipótesis específica n°02, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el desarrollo del objetivo específico n°02 se contrastó que la sustitución del cemento por ceniza de huaranhuay influye de forma positiva en la resistencia a la flexión de pavimento rígido, Cusco 2022, puesto que contribuye al incremento de esta propiedad, por lo que la hipótesis planteada es correcta.

3. Para la hipótesis general, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el desarrollo del objetivo general se contrastó que la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en forma positiva en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, Cusco 2022, puesto que esta ceniza contribuyó al incremento de  $f'c$  y MR, por lo que la hipótesis planteada es correcta.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Para el empleo de la ceniza de huaranhuay como sustituto del cemento se recomienda para futuros proyectos que la dosificación de esta ceniza no sobrepase el 15% del peso del cemento, puesto que a mayores dosificaciones ya se experimenta un descenso de las propiedades del concreto de  $f'c$  y MR.
2. Se recomienda para futuras investigaciones analizar a profundidad la influencia de esta ceniza sobre las propiedades del concreto en estado fresco, como son la exudación y la absorción, tanto para los casos del empleo de la ceniza de huaranhuay como sustituto del cemento, así como en la adición directa de esta ceniza en la mezcla de concreto.
3. Se recomienda para futuras investigaciones evaluar la influencia que posee el huaranhuay en las propiedades del concreto, pero cuando se incorpora como fibra, no como ceniza, con la finalidad de determinar en cual de los dos formas es más factible incorporarla a la mezcla.

## REFERENCIAS

ACUÑA Giraldo, Carlos Enrique y CABALLERO HUAYLLA, Hugo Ramón. Resistencia a la compresión y flexión de un concreto estructural mediante la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) – San Jacinto. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote, Perú, Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, 2018. 282 p. Recuperado de: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3179>

AHMAD, Ayaz et al. Prediction of Compressive Strength of Fly Ash Based Concrete Using Individual and Ensemble Algorithm. Materials. [en línea]. 2021, 14(4), 1-21 [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma14040794>

AHMED Hemn Unis et al. Systematic multiscale models to predict the compressive strength of fly ash-based geopolymer concrete at various mixture proportions and curing regimes. 2021, 16 (6). [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253006>

ALMANZA Muñoz, Sayda Pilar y ZAMUDIO Loarte, Melissa Brigitte. Influencia de la mezcla de ceniza de lodo de papel y esquisto en las propiedades del concreto  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ , La Libertad – 2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020. 105 p. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62465>

ALMEIDA De Carlos, Alan, LIMA Da Silva, Matheus y CABRAL DE ABREU, Queren. Evaluation of partial sand replacement by coffee husks in concrete production. Journal of Environmental Science and Engineering [en línea]. 2019, 8, 129-133. [consultado el 10 de octubre de 2022] Disponible en: <http://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/5db25a694aa00.pdf>

AMASIFUEN Pashanasi, Romer Elder y ROMERO López, Jesabel. Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martín – 2020. Tesis (Título de

Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad Científica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2021. 79 p. Recuperado de: <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1649>

AMIN Mohamed et al. Effect of rice straw ash and palm leaf ash on the properties of ultrahigh-performance concrete. *Case Studies in Construction Materials*. 2022, 17, 1-15. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01266>

AMRAN, Mugahed et al. Rice Husk Ash-Based Concrete Composites: A Critical Review of Their Properties and Applications. *Crystals*. 2021, 11(2), 1-30. [consultado el 08 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cryst11020168>

ANDRADE Neto, José da Silva et al. Effects of adding sugarcane bagasse ash on the properties and durability of concrete. *Construction and Building Materials*. [en línea]. 2021, 266, 1-13 [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120959>

ARÉVALO Torres, Andy Fabián y LÓPEZ del Águila, Luis. Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Tarapoto, Perú, Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2020. 184 p. Recuperado de: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3740>

ARIAS, Fidas. *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Editorial Episteme, 2012, 143 p.

BAENA Paz, Guillermina. *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México, Grupo Editorial Patria, 2017, 141 p.

BHEEL Naraindas et al. Influence of coconut shell ash on workability, mechanical properties, and embodied carbon of concrete. *Environmental Science and Pollution Research*. [en línea]. 2020, 28, 5682–5692. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10882-1>

CABEZAS, Edison, ANDRADE, Diego y TORRES, Johana. Introducción a la Metodología de la Investigación Científica. Sangolquí, Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018. 137 p.

CHAMOLI Inuma, Erick Alberto y PAREDES Marina, Toño Johan. Calidad de un pavimento rígido incorporando la ceniza de coco para mejorar la resistencia a compresión y flexión, Moyobamba 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Moyobamba, Perú. Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2019. 90 p. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48380>

CHARKHTAB Moghaddam, Shahin et al. Mechanical properties of fly ash-based geopolymer concrete with crumb rubber and steel fiber under ambient and sulfuric acid conditions. Construction and Building Materials. 2021, 281, 1-11. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122571>

CHEN, Xiaodan et al. Evaluating engineering properties and environmental impact of pervious concrete with fly ash and slag. Journal of Cleaner Production. 2019, 237. 1-11. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117714>

CHINDAPRASIRT, Prinya et al. Mechanical properties, chloride resistance and microstructure of Portland fly ash cement concrete containing high volume bagasse ash. Journal of Building Engineering. 2020, 31, 1-11 [consultado el 08 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101415>

CHUEWANGKAM, Nattapong et al. Mechanical and Dielectric Properties of Fly Ash Geopolymer/Sugarcane Bagasse Ash Composites. Polymers. [en línea]. 2022, 14 (6), 1-15. [consultado el 10 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym14061140>

CORAL Patiño, Jenny Angélica. Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color. Tesis (Maestría en Construcción). Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2019. 140 p. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77004>

CORONEL Camino, Ramiro Stalin. Uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como reemplazo puzolánico porcentual en la fabricación de concreto estructural. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Pimentel, Perú, Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, 2020. 205 p. Recuperado de: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8362>

DEMISSEW, Adebbe et al. Partial replacement of cement by coffee husk ash for C-25 concrete production. Journal of civil engineering, science and technology. [en línea]. 2019, 14 (6), 1-15. [consultado el 10 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.33736/jcest.1433.2019>

DÍAZ Jiménez, Pedro Antonio. Efectividad del uso de la ceniza de la Termopaipa como sustituto del cemento en la fabricación del concreto. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Tunja, Colombia, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería, 2020. 93 p. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/22345>

FAISAL, Muhammad et al. Applications of Gene Expression Programming and Regression Techniques for Estimating Compressive Strength of Bagasse Ash based Concrete. Crystals, 2020, 10(9), 1-17. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cryst10090737>

FEDIUK, Roman et al. Self-compacting concrete using pretreated rice husk ash. Magazine of Civil Engineering. 2018, 3, 66-76. [consultado el 11 de octubre de 2022] doi: 10.18720/MCE.79.7 Disponible en: <https://engstroy.spbstu.ru/en/article/2018.79.7/>

GENCEL, Osman et al. Influence of bottom ash and polypropylene fibers on the physico-mechanical, durability and thermal performance of foam concrete: An experimental investigation. Construction and Building Materials. 2021, 306, 1-12. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124887>

GIRALDO Antúnez, Jimmi Grehk. Resistencia a la compresión y flexión de concreto con 10% y 20% de fibras de caucho reciclado. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huaráz,

Perú, Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería, 2019, 110 p. Recuperado de: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14307>

HAMADA, Hussein et al. Effect of high-volume ultrafine palm oil fuel ash on the engineering and transport properties of concrete. *Case Studies in Construction Materials*. 2020. [consultado el 08 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131736>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México, Editorial McGraw-Hill, 2014. 613 p.

HUILLCA Escalante, Brayan Teófilo. Influencia de ceniza de Queñual (*Polylepis*) sobre las propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>, Apurímac-Cotabambas Challhuahuacho. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2022. 103 p. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92308>

IPARRAGUIRRE Sánchez, Ronald Alberto. Influencia de la adición de la ceniza de la cascarilla de café en las propiedades del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, Oxapampa – 2021. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2021. 132 p. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84321>

JAHANZAIB, Muhammad et al. Utilization of sugarcane bagasse ash as cement replacement for the production of sustainable concrete – A review. *Construction and Building Materials*. [en línea]. 2021, 270, 1-14. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121371>

JAIME Huertas, Miguel Ángel y PORTOCARRERO Regalado, Luis Alberto. Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo, Perú, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2018. 157 p. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13593>

JULON Zambrano, Neiser Aldeir y MARCAÑAUPA Quispe, Elvis Smith. Mejoramiento de la resistencia a compresión y flexión de concreto sostenible a elevadas temperaturas, con adición de cenizas puzolánicas. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2021. 110 p. Recuperado de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657263>

KANG, Sung-Hoon et al. The use of rice husk ash as reactive filler in ultra-high performance concrete. *Cement and Concrete Research*. 2019, 115, 389-400. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.09.004>

KARA De Maeijer, Patricia et al. Effect of ultra-fine fly ash on concrete performance and durability. *Construction and Building Materials*. [en línea]. 2020, 263, 1-13 [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120493>

KURDA, Rawaz et al. Water absorption and electrical resistivity of concrete with recycled concrete aggregates and fly ash. *Cement and Concrete Composites*. [en línea]. 2019, 95, 169-182 [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.10.004>

LO, Fang-Chen, LEE, Ming-Gin, LO, Shang-Lien. Effect of coal ash and rice husk ash partial replacement in ordinary Portland cement on pervious concrete. *Construction and Building Materials*. [en línea]. 2021, 286, 1-18. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122947>

LÓPEZ Chiroque, María Luz y SALCEDO Pérez, Katia Indira. Comportamiento mecánico de concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, 2021. 110 p. Recuperado de: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4956>

MAGHFOURI, Mehdi, Payam SHAFIGH y Muhammad ASLAM. Optimum Oil Palm Shell Content as Coarse Aggregate in Concrete Based on Mechanical and Durability Properties. *Advances in Materials Science and Engineering* [en línea]. 2018, 2018, 1–

14. ISSN 1687-8442 [consultado el 29 de abril de 2022]. Disponible en: doi:10.1155/2018/4271497

MARILUZ Pajuelo, Milagros Verónica y ULLOA Ponce, Javier Joel. Uso de las cenizas volantes de carbón excedentes de la Central Termoeléctrica Ilo2 – Moquegua como adición para mejorar las propiedades del concreto: resistencia a la compresión, absorción, manejabilidad y temperatura. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote, Perú, Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, 2018. 212 p. Recuperado de: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3288>

MASÍAS Mogollón, Kimberly. Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura, Perú, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2018. 119 p. Recuperado de: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3484>

MENÉNDEZ, José. Ingeniería de Pavimentos. Lima, Fondo Editorial del Instituto de Construcción y Gerencia (ICG), 2016, 330 p.

MOHAMMAD, Sadegh et al. Data-Driven Compressive Strength Prediction of Fly Ash Concrete Using Ensemble Learner Algorithms. Buildings. 2022, 12(2), 1-16. [consultado el 08 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/buildings12020132>

MONTERO Flores, Segundo Yoel. Evaluación de las propiedades del concreto empleando ceniza de cáscara de arroz como sustituto del cemento en porcentajes para las edificaciones en la Ciudad de Chiclayo. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Pimentel, Perú, Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, 2019. 223 p. Recuperado de: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8066>

MONTES Rodríguez, Jeremi Hernán. Comportamiento físico mecánico del concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionado con ceniza de rastrojo de paprika, distrito de Vitor - Arequipa, 2021. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2021. 180 p. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/78915>

ÑAUPAS Paitán, Humberto, VALDIVIA Dueñas, Marcelino Raúl, PALACIOS Vilela, Jesús Josefa y ROMERO Delgado, Hugo Eusebio. Metodología de la Investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis. Bogotá, Ediciones de la U, 2018, 560 p.

NGUYEN, Khoa Tan. Analyzing the compressive strength of green fly ash based geopolymer concrete using experiment and machine learning approaches. Construction and Building Materials. 2020, 247, 1-17. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118581>

NUAKLONG, Peem et al. Influence of rice husk ash on mechanical properties and fire resistance of recycled aggregate high-calcium fly ash geopolymer concrete. Journal of Cleaner Production. [en línea]. 2020, 252, 1-10 [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119797>

QUISPE, Valeria. Huaranhuay. Especie Forestal Multipropósito. Xilema, Revista de la UNALM [en línea]. 2021, Vol. 31, pp. 84-88. DOI: <https://doi.org/10.21704/x.v31i1.1782>

RATTANACHU, Pokpong et al. Performance of recycled aggregate concrete with rice husk ash as cement binder. Cement and Concrete Composites. [en línea]. 2020, 108, 1-9. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103533>

RETA, Yomiyu y MAHTO, Shivakumar. Experimental Investigation on Coffee Husk Ash as a Partial Replacement of Cement for C-25 concrete. Cikitusi Journal For Multidisciplinary Research. 2019, 6(6), 152-158. [consultado el 08 de octubre de 2022]. DOI:16.10089.CJMR.2019.V6I6.19.3015. Disponible en: <http://www.cikitusi.com/VOLUME-6-ISSUE-6-JUNE-2019/>

RODRÍGUEZ Sánchez, Anyi Marcela y TIBABUZO Jiménez, María Paula. Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Villavicencio, Colombia, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil, 2019. 63 p. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/15589>

SABOO, Nikhil et al. Effect of fly ash and metakaolin on pervious concrete properties. *Construction and Building Materials*. [en línea]. 2019, 223, 322-328 [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.185>

SANTHOSH, Kumar Gedela. Recycling of palm oil fuel ash and rice husk ash in the cleaner production of concrete. *Journal of Cleaner Production*. 2022, 354. [consultado el 08 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131736>

SIDDIKA Ayesha et al. Performance of sustainable green concrete incorporated with fly ash, rice husk ash, and stone dust. *Acta Polytechnica*. 2021, 61(1), 279-291. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.14311/AP.2021.61.0279>

VÉLEZ Gallardo, Gustavo Antonio. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto mediante el método de esclerometría. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2019. 114 p. Recuperado de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626340>

WANG, Junjie y LIU, Engui. Upcycling waste seashells with cement: Rheology and early-age properties of Portland cement paste. *Resources, Conservation and Recycling*. [en línea]. 2020, 155, 1-13. [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104680>

WANG, Lei et al. Pore structural and fractal analysis of the influence of fly ash and silica fume on the mechanical property and abrasion resistance of concrete. *Fractals*. [en línea]. 2021, 29 (2) [consultado el 11 de octubre de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1142/S0218348X2140003X>

YAZURI, Dianely y YELADAQUI, Alberto. Propiedades físico-mecánicas del concreto con sustitución parcial de ceniza de bagazo de caña de azúcar. *Revista AvaCient*, 7(2): 87-93, 2019. Recuperado de: <http://www.itchetumal.edu.mx/images/2019/12DICIEMBRE/AVACIENT/2/9.pdf>.

## ANEXOS

Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL					
¿De qué manera la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, Cusco 2022?	Determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, Cusco 2022.	La sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en forma positiva en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, Cusco 2022.	<b>VI:</b> CENIZA DE HUARANHUAY	Dosificación	Incorporación de ceniza de huaranhuay como sustituto del cemento en cantidades de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del peso del cemento de la mezcla.	Formato de ensayo de análisis granulométrico.	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo.  <b>Diseño de investigación:</b> Experimental  <b>Tipo de investigación:</b> Aplicada  <b>Nivel de Investigación:</b> Explicativo-correlacional  <b>Población:</b> 108 especímenes de concreto (54 probetas y 54 vigas)  <b>Técnica:</b> Observación  <b>Instrumento:</b> Ficha de observación
				Composición química	% sílice, % calcio	Formato de ensayo de fluorescencia de rayos x	
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	<b>VD:</b> PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	Resistencia a la compresión	f'c a los 7 días	Formato de laboratorio del ensayo de resistencia a la compresión	
PE1:	OE1:	HE1:			f'c a los 14 días	Formato de laboratorio del ensayo de resistencia a la compresión	
¿De qué manera la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en la resistencia a la compresión de pavimento rígido, Cusco 2022?	Determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en la resistencia a la compresión de pavimento rígido, Cusco 2022.	La sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye significativamente en la resistencia a la compresión de pavimento rígido, Cusco 2022.			f'c a los 28 días	Formato de laboratorio del ensayo de resistencia a la compresión	
PE2:	OE2:	HE2:		Resistencia a la flexión	MR a los 7 días	Formato de laboratorio del ensayo de resistencia a la flexión	
¿De qué manera la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye en la resistencia a la flexión de pavimento rígido, Cusco 2022?	Determinar la influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en la resistencia a la flexión de pavimento rígido, Cusco 2022	La sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay influye significativamente en la resistencia a la flexión de pavimento rígido, Cusco 2022.			MR a los 14 días	Formato de laboratorio del ensayo de resistencia a la flexión.	
					MR a los 28 días	Formato de laboratorio del ensayo de resistencia a la flexión.	

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**FICHA DE OBSERVACIÓN**

OBJETIVO:

Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022

PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	Edad (días)	Sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay				
		5%	10%	15%	20%	25%
<b>Propiedades Mecánicas</b>						
Resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup>	7 días					
	14 días					
	28 días					
Resistencia a la flexión kg/cm <sup>2</sup>	7 días					
	14 días					
	28 días					

Observaciones:

---



---



---



---



---

## Certificados de calibración:

### Certificado de calibración del horno.

	<b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001</b>	 DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro N° LC - 001									
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V-6736-2022</b>											
		Expediente N°: 96382									
Fecha de emisión	2022-10-15										
<b>1. Solicitante:</b>	<b>GEOINCO E.I.R.L.</b>	Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.									
<b>2. Dirección:</b>	Jr. Martín Pío Concha Mz. F Lt. 14, Santa Ana – La Convención – Cusco										
<b>3. Equipo:</b>	<b>HORNO</b>										
Marca:	GEMMY	METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.									
Modelo:	YC0-010										
N° Serie:	510847										
Tipo de Ventilación:	Turbulencia										
Procedencia:	Alemania										
Identificación:	No indica										
Instrumento de medición:	Termómetro digital										
Marca:	No indica										
Alcance:	1°C a 250° C										
Resolución:	1° C										
Tipo de controlador:	Digital	Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).									
Marca:	No indica										
Alcance:	1°C a 250°C	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.									
Resolución:	1°C										
Fecha de calibración:	2022-10-14										
Ubicación:	Laboratorio										
<b>4. Lugar de calibración:</b>	<b>Instalaciones de GEOINCO E.I.R.L.</b>										
<b>5. Método de calibración:</b>	La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC-018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isoterms con aire como medio termostático". Segundo Edición – Junio 2009. SNM – INDECOPI.										
<b>6. Condiciones ambientales:</b>											
	<table border="1"><thead><tr><th>Magnitud</th><th>Inicial</th><th>Final</th></tr></thead><tbody><tr><td>Temperatura</td><td>27.2 °C</td><td>27.5 °C</td></tr><tr><td>Humedad relativa</td><td>43.7 %</td><td>41.4 %</td></tr></tbody></table>	Magnitud	Inicial	Final	Temperatura	27.2 °C	27.5 °C	Humedad relativa	43.7 %	41.4 %	
Magnitud	Inicial	Final									
Temperatura	27.2 °C	27.5 °C									
Humedad relativa	43.7 %	41.4 %									
<b>METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.</b> Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú <b>Central Telefónica:</b> (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 <b>Atención al Cliente:</b> 975 193 739 <b>Consulta Técnica:</b> (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 <b>E-mail:</b> ventas@metroil.com.pe / <b>Web:</b> www.metroil.com.pe											

Fuente: METROIL S.A.C.

# Certificado de calibración de la balanza electrónica.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V-6737-2022



Expediente N°: 96383

Fecha de emisión 2022-10-16

1. **Solicitante:** GEOINCO E.I.R.L.  
2. **Dirección:** Jr. Martín Pío Concha Mz. F Lt. 14, Santa Ana – La Convención – Cusco

3. **Equipo:** BALANZA ELECTRÓNICA  
Marca: SARTORIUS  
Modelo: LC2201S  
N° Serie: 50310007  
Capacidad máxima: 2200 g  
Resolución: 0.01 g  
División de verificación: 0.1 g  
Clase de Exactitud: II  
Capacidad Mínima: 5 g  
Procedencia: Alemania  
Ubicación: Laboratorio  
Variación de  $\Delta T$  Local: 5 °C  
Fecha de calibración: 2022-10-15

4. **Lugar de calibración:** Instalaciones de GEOINCO E.I.R.L.

5. **Método de calibración:** La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición – Abril 2010, SNM -INDECOPI.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

Ing. GERARDO A. GOICOCHEA DE LA CRUZ  
Gerente Técnico (e)  
C.I.P.: 171505

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú **Central Telefónica:** (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 **Atención al Cliente:** 975 193 739  
**Consulta Técnica:** (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 **E-mail:** ventas@metroil.com.pe / **Web:** www.metroil.com.pe

Fuente: METROIL S.A.C.

Certificado de calibración de la prensa de concreto.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V-6738-2022**



Expediente N°: 96384

Fecha de emisión 2022-10-17

- 1. **Solicitante:** GEOINCO E.I.R.L.
- 2. **Dirección:** Jr. Martín Pío Concha Mz. F Lt. 14, Santa Ana – La Convención – Cusco
- 3. **Equipo:** **PRENSA DE CONCRETO**  
 Marca: HIWEIGH  
 Modelo: X5  
 N° Serie: 748  
 Intervalo de indicación: 0 kg a 30000 kg  
 División de Escala: 1 kg  
 Diámetro de Rosca: ¼" NPT  
 Posición de Trabajo: Vertical  
 Procedencia: PERÚ  
 Fecha de calibración: 2022-10-16
- 4. **Lugar de calibración:** Instalaciones de GEOINCO E.I.R.L.
- 5. **Método de calibración:** La calibración se efectuó por comparación indirecta utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".
- 6. **Condiciones ambientales**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	25.4 °C	25.8 °C
Humedad relativa	56.2%	56.3%
Presión	1 005.0 hPa	1 005.0 hPa

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

Ing. GERARDO A. GOICOCHEA DE LA CRUZ  
 Gerente Técnico (e)  
 C.I.P.: 171505

**METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.**

Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú **Central Telefónica:** (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 **Atención al Cliente:** 975 193 739  
**Consulta Técnica:** (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 **E-mail:** ventas@metroil.com.pe / **Web:** www.metroil.com.pe

Fuente: METROIL S.A.C.

## Ficha de observación



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

### FICHA DE OBSERVACIÓN

#### OBJETIVO:

Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022.

PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	Edad (días)	Sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay					
		5%	10%	15%	20%	25%	
Propiedades Mecánicas							
	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	7 días	282.29	301.74	334.25	299.33	275.16
		14 días	321.57	342.61	370.42	339.74	311.28
		28 días	356.93	384.78	418.36	376.91	349.25
Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )							
		7 días	40.43	43.58	48.21	41.87	37.25
		14 días	46.96	51.43	56.29	48.64	42.78
		28 días	51.23	59.78	63.34	53.25	46.39

Observaciones:

---

---

---

---

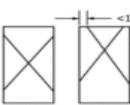
---

# Ensayos de laboratorio:

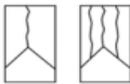
## Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días.

		GEOINCO E.I.R.L.				Código	TC-DM-32				
		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				Versión	01				
		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN				Fecha	04-11-2022				
		(ASTM C39)				Página	1 de 1				
DATOS DEL PROYECTO											
PROYECTO:	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"										
SOLICITA:	Bach. Chilque Viza, Sheyla Katherine				FECHA:	04/11/2022					
DISTRITO:	San Sebastián	PROVINCIA:	Cusco		DEPARTAMENTO:	Cusco					
DATOS DE LA MUESTRA											
Tipo de muestra	Concreto	F'c de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup> (27.44 MPa)		Presentación	Especímenes cilíndricos					
Mezcla	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Tipo de falla	Relación altura/diámetro	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (MPa)	Esfuerzo promedio, f'c (MPa)
MP	1	28/10/22	04/11/22	7	153.00	303.00	3	1.98	248.36	24.34	24.44
MP	2	28/10/22	04/11/22	7	153.00	303.37	2	1.98	252.47	24.74	
MP	3	28/10/22	04/11/22	7	152.00	305.00	3	2.01	247.31	24.24	
MH5	1	28/10/22	04/11/22	7	153.00	303.00	2	1.98	284.89	27.92	27.66
MH5	2	28/10/22	04/11/22	7	153.00	303.67	3	1.98	280.52	27.49	
MH5	3	28/10/22	04/11/22	7	153.25	305.00	2	1.99	281.47	27.58	
MH10	1	28/10/22	04/11/22	7	153.25	303.67	2	1.98	303.51	29.74	29.57
MH10	2	28/10/22	04/11/22	7	153.00	303.37	3	1.98	300.25	29.42	
MH10	3	28/10/22	04/11/22	7	153.50	303.67	2	1.98	301.46	29.54	
MH15	1	28/10/22	04/11/22	7	153.25	305.00	4	1.99	336.13	32.94	32.76
MH15	2	28/10/22	04/11/22	7	153.00	305.00	2	1.99	330.74	32.41	
MH15	3	28/10/22	04/11/22	7	153.25	305.00	2	1.99	335.88	32.92	
MH20	1	28/10/22	04/11/22	7	153.25	303.67	3	1.98	296.82	29.09	29.33
MH20	2	28/10/22	04/11/22	7	153.50	305.00	2	1.99	301.19	29.52	
MH20	3	28/10/22	04/11/22	7	152.50	303.00	2	1.99	299.98	29.40	
MH25	1	28/10/22	04/11/22	7	152.75	305.00	3	2.00	273.57	26.81	26.97
MH25	2	28/10/22	04/11/22	7	153.00	303.67	4	1.98	274.89	26.94	
MH25	3	28/10/22	04/11/22	7	152.75	305.00	2	2.00	277.02	27.15	



Tipo 1  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 pulg (25 mm)



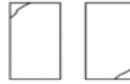
Tipo 2  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo



Tipo 3  
Fisuras verticales escurridadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



Tipo 4  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpear suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (Ocurre comúnmente con tapas no adheridas)



Tipo 6  
Similar al Tipo 5, pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 13:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

*Fuente: ASTM*

	Coefficient of Variation <sup>a</sup>	Acceptable Range <sup>a</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

*Fuente: ASTM*

**Observaciones:**



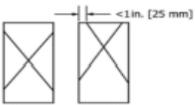
JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO  
 geoinco\_consultores.ing@gmail.com

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

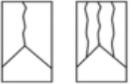
## Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días.

	<b>GEOINCO E.I.R.L.</b>				<b>Código</b>	<b>TC-DM-33</b>					
	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>				<b>Versión</b>	<b>01</b>					
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>				<b>Fecha</b>	<b>11-11-2022</b>					
	<b>(ASTM C39)</b>				<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>					
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>											
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"										
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Chilque Viza, Sheyla Katherine			<b>FECHA:</b>	11/11/2022						
<b>DISTRITO:</b>	San Sebastián	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b>	Cusco						
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>											
Tipo de muestra	Concreto	F'c de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup> (27.44 MPa)		Presentación	Especímenes cilíndricos					
<b>Mezcla</b>	<b>Muestra</b>	<b>Fecha de vaciado</b>	<b>Fecha de rotura</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Altura (mm)</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Relación altura/diámetro</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo (MPa)</b>	<b>Esfuerzo promedio, f'c (MPa)</b>
MP	1	28/10/22	11/11/22	14	152.75	303.67	2	1.99	270.15	26.47	26.64
MP	2	28/10/22	11/11/22	14	152.50	303.37	3	1.99	271.62	26.62	
MP	3	28/10/22	11/11/22	14	153.00	303.67	3	1.98	273.84	26.84	
MH5	1	28/10/22	11/11/22	14	153.00	303.00	4	1.98	324.89	31.84	31.51
MH5	2	28/10/22	11/11/22	14	153.00	303.67	3	1.98	320.85	31.44	
MH5	3	28/10/22	11/11/22	14	152.00	305.00	2	2.01	318.96	31.26	
MH10	1	28/10/22	11/11/22	14	153.25	303.00	2	1.98	344.52	33.76	33.58
MH10	2	28/10/22	11/11/22	14	153.00	305.00	3	1.99	340.78	33.40	
MH10	3	28/10/22	11/11/22	14	153.50	303.00	2	1.97	342.53	33.57	
MH15	1	28/10/22	11/11/22	14	153.00	305.00	3	1.99	373.26	36.58	36.30
MH15	2	28/10/22	11/11/22	14	153.00	305.00	2	1.99	367.83	36.05	
MH15	3	28/10/22	11/11/22	14	153.25	303.67	3	1.98	370.17	36.28	
MH20	1	28/10/22	11/11/22	14	153.25	303.67	4	1.98	338.48	33.17	33.29
MH20	2	28/10/22	11/11/22	14	153.50	305.00	2	1.99	341.95	33.51	
MH20	3	28/10/22	11/11/22	14	152.50	303.00	2	1.99	338.79	33.20	
MH25	1	28/10/22	11/11/22	14	152.75	305.00	3	2.00	310.59	30.44	30.51
MH25	2	28/10/22	11/11/22	14	153.00	303.67	4	1.98	309.74	30.35	
MH25	3	28/10/22	11/11/22	14	153.25	303.37	3	1.98	313.51	30.72	



Tipo 1  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 pulg (25 mm)



Tipo 2  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definidos en el otro extremo



Tipo 3  
Fisuras verticales empujadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



Tipo 4  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpear suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (Ocurre consistentemente con tapas no adheridas)



Tipo 6  
Similar al Tipo 5, pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 13:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

*Fuente: ASTM*

	Coefficient of Variation <sup>a</sup>	Acceptable Range <sup>a</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

*Fuente: ASTM*

**Observaciones:**



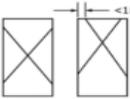
**JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO**  
 geoinco\_consultores.ing@gmail.com

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

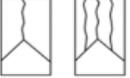
## Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.

 <p><b>GEOINCO E.I.R.L.</b> GEOTECNISTAS E INGENIEROS</p>	<b>GEOINCO E.I.R.L.</b>			<b>Código</b>	<b>TC-DM-34</b>						
	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			<b>Versión</b>	<b>01</b>						
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>			<b>Fecha</b>	<b>25-11-2022</b>						
	<b>(ASTM C39)</b>			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>						
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>											
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"										
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Chilque Viza, Sheyla Katherine			<b>FECHA:</b>	25/11/2022						
<b>DISTRITO:</b>	San Sebastián	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b>	Cusco						
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>											
<b>Tipo de muestra</b>	Concreto	<b>F'c de diseño</b>	280 kg/cm <sup>2</sup> (27.44 MPa)	<b>Presentación</b>	Especímenes cilíndricos						
<b>Mezcla</b>	<b>Muestra</b>	<b>Fecha de vaciado</b>	<b>Fecha de rotura</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Altura (mm)</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Relación altura/diámetro</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo (MPa)</b>	<b>Esfuerzo promedio, f'c (MPa)</b>
MP	1	28/10/22	25/11/22	28	152.50	305.00	2	2.00	297.18	29.12	29.24
MP	2	28/10/22	25/11/22	28	153.00	305.37	3	2.00	300.35	29.43	
MP	3	28/10/22	25/11/22	28	152.75	305.00	3	2.00	297.69	29.17	
MH5	1	28/10/22	25/11/22	28	152.50	305.00	4	2.00	359.27	35.21	34.98
MH5	2	28/10/22	25/11/22	28	153.00	303.37	3	1.98	354.62	34.75	
MH5	3	28/10/22	25/11/22	28	152.00	305.67	2	2.01	356.89	34.98	
MH10	1	28/10/22	25/11/22	28	152.25	303.00	2	1.99	385.23	37.75	37.71
MH10	2	28/10/22	25/11/22	28	152.75	305.00	3	2.00	386.65	37.89	
MH10	3	28/10/22	25/11/22	28	153.50	303.00	2	1.97	382.46	37.48	
MH15	1	28/10/22	25/11/22	28	153.00	303.67	3	1.98	416.17	40.78	41.00
MH15	2	28/10/22	25/11/22	28	153.00	305.00	2	1.99	419.38	41.10	
MH15	3	28/10/22	25/11/22	28	153.25	303.67	3	1.98	419.53	41.11	
MH20	1	28/10/22	25/11/22	28	153.25	303.67	4	1.98	376.69	36.92	36.94
MH20	2	28/10/22	25/11/22	28	153.50	305.00	2	1.99	379.93	37.23	
MH20	3	28/10/22	25/11/22	28	152.50	303.00	2	1.99	374.11	36.66	
MH25	1	28/10/22	25/11/22	28	153.00	303.67	3	1.98	345.92	33.90	34.23
MH25	2	28/10/22	25/11/22	28	152.75	303.00	4	1.98	350.45	34.34	
MH25	3	28/10/22	25/11/22	28	152.50	305.00	3	2.00	351.38	34.44	



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 pulg (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo



**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpe suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (Ocurre comúnmente con tapas no adheridas)



**Tipo 6**  
Similar al Tipo 3, pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 13:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

*Fuente: ASTM*

	Coefficient of Variation <sup>a</sup>	Acceptable Range <sup>a</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

*Fuente: ASTM*

**Observaciones:**



**GEOINCO E.I.R.L.**  
GEOTECNISTAS E INGENIEROS  
Ing. Jose H. Alvarez Nihua  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 164633

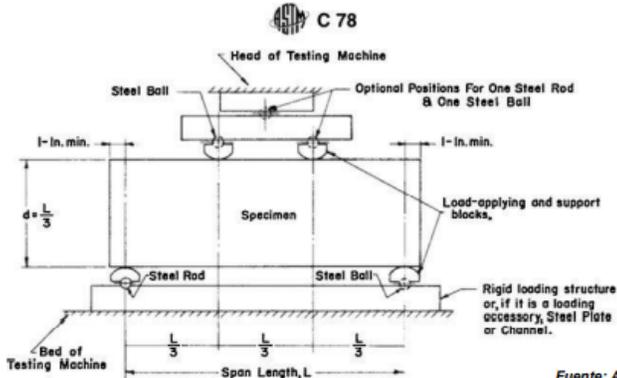
**JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO**  
geoinco\_consultores.ing@gmail.com

**Fuente: GEOINCO E.I.R.L.**

Ensayo de resistencia a la flexión a los 7 días.

	GEOINCO E.I.R.L.			Código	RF-GM-46					
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			Versión	01					
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO			Fecha	04-11-2022					
	(ASTM C78)			Página	1 de 1					
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>										
PROYECTO:	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"									
SOLICITA:	Bach. Chilque Viza, Sheyla Katherine			FECHA:	04/11/2022					
DISTRITO:	San Sebastián	PROVINCIA:	Cusco	DEPARTAMENTO:	Cusco					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>										
Tipo de muestra	Concreto	F'c de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup> (27.44 MPa)	Presentación:	Vigas de concreto endurecido					
Mezcla	Muestra	Fecha toma	Fecha de falla	Edad (días)	Dimensiones del espécimen			Ubicación de la falla	Módulo de rotura (kgcm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (MPa)
					Altura (mm)	Luz libre (mm)	Ancho (mm)			
MP	1	28/10/22	04/11/22	7	149.00	450.00	150.00	Tercio central	36.54	3.58
MP	2	28/10/22	04/11/22	7	151.00	450.00	149.00	Tercio central	32.12	3.15
MP	3	28/10/22	04/11/22	7	150.00	450.00	151.00	Tercio central	35.08	3.44
MH5	1	28/10/22	04/11/22	7	149.00	450.00	150.00	Tercio central	42.59	4.17
MH5	2	28/10/22	04/11/22	7	150.00	450.00	149.00	Tercio central	38.13	3.74
MH5	3	28/10/22	04/11/22	7	151.00	450.00	151.00	Tercio central	40.57	3.98
MH10	1	28/10/22	04/11/22	7	150.00	450.00	150.00	Tercio central	45.86	4.49
MH10	2	28/10/22	04/11/22	7	149.00	450.00	152.00	Tercio central	41.13	4.03
MH10	3	28/10/22	04/11/22	7	151.00	450.00	151.00	Tercio central	43.75	4.29
MH15	1	28/10/22	04/11/22	7	149.00	450.00	150.00	Tercio central	50.89	4.99
MH15	2	28/10/22	04/11/22	7	150.00	450.00	151.00	Tercio central	47.33	4.64
MH15	3	28/10/22	04/11/22	7	149.00	450.00	150.00	Tercio central	46.41	4.55
MH20	1	28/10/22	04/11/22	7	151.00	450.00	152.00	Tercio central	42.86	4.20
MH20	2	28/10/22	04/11/22	7	150.00	450.00	151.00	Tercio central	40.92	4.01
MH20	3	28/10/22	04/11/22	7	150.00	450.00	149.00	Tercio central	41.83	4.10
MH25	1	28/10/22	04/11/22	7	150.00	450.00	150.00	Tercio central	36.18	3.55
MH25	2	28/10/22	04/11/22	7	152.00	450.00	150.00	Tercio central	39.04	3.83
MH25	3	28/10/22	04/11/22	7	149.00	450.00	151.00	Tercio central	36.53	3.58



**ASTM C 78**

Head of Testing Machine

Steel Ball

Optional Positions For One Steel Rod & One Steel Ball

1-in. min.

$d = \frac{L}{3}$

Specimen

Load-applying and support blocks.

Steel Rod

Steel Ball

Rigid loading structure or, if it is a loading accessory, Steel Plate or Channel.

Bed of Testing Machine

$\frac{L}{3}$   $\frac{L}{3}$   $\frac{L}{3}$

Span Length, L

Fuente: ASTM

**Observaciones:**



GEOINCO E.I.R.L.  
GEOTECNISTAS E INGENIEROS  
Ing. Josue H. Alvarez Nihua  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 164633

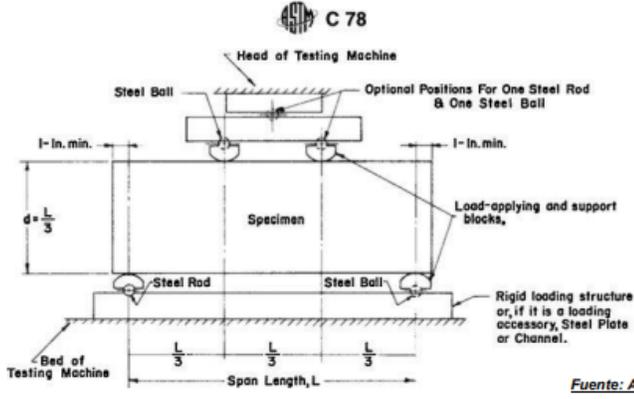
JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO  
geoinco\_consultores.ing@gmail.com

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

## Ensayo de resistencia a la flexión a los 14 días.

	<b>GEOINCO E.I.R.L.</b>			Código	RF-GM-47			
	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			Versión	01			
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO</b>			Fecha	11-11-2022			
	<b>(ASTM C78)</b>			Página	1 de 1			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>								
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"							
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Chilque Viza, Sheyla Katherine			<b>FECHA:</b>	11/11/2022			
<b>DISTRITO:</b>	San Sebastián	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b>	Cusco			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>								
Tipo de muestra	Concreto	F'c de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup> (27.44 MPa)	Presentación:	Vigas de concreto endurecido			
<b>Mezcla</b>	<b>Muestra</b>	<b>Fecha toma</b>	<b>Fecha de falla</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Dimensiones del espécimen</b>	<b>Ubicación de la falla</b>	<b>Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Módulo de rotura (MPa)</b>
					Altura (mm)   Luz libre (mm)   Ancho (mm)			
MP	1	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   149.00	Tercio central	40.23	3.94
MP	2	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   152.00	Tercio central	43.71	4.28
MP	3	28/10/22	11/11/22	14	151.00   450.00   151.00	Tercio central	40.14	3.93
MH5	1	28/10/22	11/11/22	14	149.00   450.00   152.00	Tercio central	48.72	4.77
MH5	2	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   149.00	Tercio central	44.60	4.37
MH5	3	28/10/22	11/11/22	14	151.00   450.00   151.00	Tercio central	47.56	4.66
MH10	1	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   150.00	Tercio central	52.51	5.15
MH10	2	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   152.00	Tercio central	51.93	5.09
MH10	3	28/10/22	11/11/22	14	151.00   450.00   151.00	Tercio central	49.85	4.89
MH15	1	28/10/22	11/11/22	14	149.00   450.00   150.00	Tercio central	58.41	5.72
MH15	2	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   151.00	Tercio central	56.09	5.50
MH15	3	28/10/22	11/11/22	14	149.00   450.00   152.00	Tercio central	54.37	5.33
MH20	1	28/10/22	11/11/22	14	151.00   450.00   153.00	Tercio central	47.06	4.61
MH20	2	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   151.00	Tercio central	51.24	5.02
MH20	3	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   152.00	Tercio central	47.62	4.67
MH25	1	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   150.00	Tercio central	45.36	4.45
MH25	2	28/10/22	11/11/22	14	152.00   450.00   151.00	Tercio central	41.08	4.03
MH25	3	28/10/22	11/11/22	14	150.00   450.00   152.00	Tercio central	41.90	4.11



**Fuente: ASTM**

**Observaciones:**



**GEOINCO E.I.R.L.**  
 GEOTECNISTAS E INGENIEROS  
 Ing. José H. Álvarez Nihua  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 164633

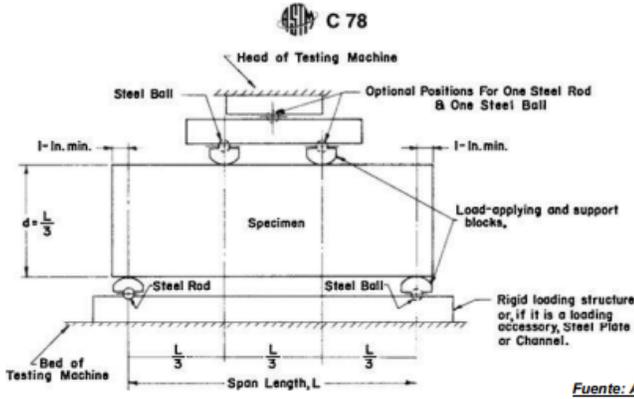
JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F. LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO  
 geoinco\_consultores.ing@gmail.com

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

## Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.

	<b>GEOINCO E.I.R.L.</b>			Código	RF-GM-48					
	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			Versión	01					
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO</b>			Fecha	25-11-2022					
	<b>(ASTM C78)</b>			Página	1 de 1					
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>										
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"									
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Chilique Viza, Sheyla Katherine			<b>FECHA:</b>	25/11/2022					
<b>DISTRITO:</b>	San Sebastián	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b>	Cusco					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>										
Tipo de muestra	Concreto	F'c de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup> (27.44 MPa)	Presentación:	Vigas de concreto endurecido					
<b>Mezcla</b>	<b>Muestra</b>	<b>Fecha toma</b>	<b>Fecha de falla</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Dimensiones del espécimen</b>		<b>Ubicación de la falla</b>	<b>Módulo de rotura (kgcm<sup>2</sup>)</b>	<b>Módulo de rotura (MPa)</b>	
					<b>Altura (mm)</b>	<b>Luz libre (mm)</b>				<b>Ancho (mm)</b>
MP	1	28/10/22	25/11/22	28	149.00	450.00	150.00	Tercio central	45.49	4.46
MP	2	28/10/22	25/11/22	28	150.00	450.00	149.00	Tercio central	46.75	4.58
MP	3	28/10/22	25/11/22	28	150.00	450.00	151.00	Tercio central	40.57	3.98
MH5	1	28/10/22	25/11/22	28	149.00	450.00	152.00	Tercio central	53.69	5.26
MH5	2	28/10/22	25/11/22	28	151.00	450.00	150.00	Tercio central	50.86	4.98
MH5	3	28/10/22	25/11/22	28	151.00	450.00	151.00	Tercio central	49.14	4.82
MH10	1	28/10/22	25/11/22	28	149.00	450.00	150.00	Tercio central	61.41	6.02
MH10	2	28/10/22	25/11/22	28	150.00	450.00	152.00	Tercio central	61.75	6.05
MH10	3	28/10/22	25/11/22	28	151.00	450.00	151.00	Tercio central	50.18	5.51
MH15	1	28/10/22	25/11/22	28	152.00	450.00	152.00	Tercio central	65.48	6.42
MH15	2	28/10/22	25/11/22	28	150.00	450.00	151.00	Tercio central	61.23	6.00
MH15	3	28/10/22	25/11/22	28	149.00	450.00	152.00	Tercio central	63.31	6.20
MH20	1	28/10/22	25/11/22	28	151.00	450.00	153.00	Tercio central	52.48	5.14
MH20	2	28/10/22	25/11/22	28	150.00	450.00	153.00	Tercio central	51.40	5.04
MH20	3	28/10/22	25/11/22	28	150.00	450.00	152.00	Tercio central	55.87	5.48
MH25	1	28/10/22	25/11/22	28	150.00	450.00	152.00	Tercio central	47.82	4.69
MH25	2	28/10/22	25/11/22	28	149.00	450.00	151.00	Tercio central	46.27	4.53
MH25	3	28/10/22	25/11/22	28	151.00	450.00	149.00	Tercio central	45.08	4.42



*Fuente: ASTM*

**Observaciones:**



**GEOINCO E.I.R.L.**  
 GEOTECNISTAS E INGENIEROS  
 Ing. José H. Álvarez Nihua  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 164633

JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO  
 geoinco\_consultores.ing@gmail.com

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

Ensayo de contenido de humedad de los agregados.

	<b>GEOINCO E.I.R.L.</b>			<b>Código</b>	<b>NT-MR-32</b>
	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			<b>Versión</b>	<b>01</b>
	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>			<b>Fecha</b>	<b>26-10-2022</b>
	<b>(ASTM C566-19)</b>			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>					
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"				
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Chilque Viza, Sheyla Katherine			<b>FECHA:</b>	26/10/2022
<b>DISTRITO:</b>	San Sebastián	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b>	Cusco
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>MATERIAL:</b>	Agregados	<b>PROCEDECENCIA:</b>	Cantera Racchi		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>	
1	Wrec + Whum	g	2832.40	Racchi	
2	Wrec + Wsec	g	2824.10		
3	Wrec	g	206.70		
4	Wagua	g	8.30		
5	Wscoc	g	2617.40		
6	<b>Contenido de humedad (%)</b>	<b>%</b>	0.32		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>	
1	Wrec + Whum	g	1927.10	Racchi	
2	Wrec + Wsec	g	1831.70		
3	Wrec	g	168.50		
4	Wagua	g	95.40		
5	Wsec	g	1663.20		
6	<b>Contenido de humedad (%)</b>	<b>%</b>	5.74		
<b>Observaciones:</b>					
					
JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO geoinco_consultores.ing@gmail.com					

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

Ensayo de peso unitario suelto y compactado – agregado grueso.

	<b>GEOINCO E.I.R.L.</b>			<b>Código</b>	<b>MT-CP-46</b>
	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			<b>Versión</b>	<b>01</b>
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS</b>			<b>Fecha</b>	<b>27-10-2022</b>
	<b>(ASTM C29 / C29M-17a)</b>			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>					
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"				
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Chilque Viza, Sheyla Katherine			<b>FECHA:</b>	27/10/2022
<b>DISTRITO:</b>	San Sebastián	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b>	Cusco
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>MATERIAL:</b>	Agregado grueso	<b>PROCEDENCIA:</b>	Cantera Racchi		
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>	
1	Peso molde	g	3899.00	Racchi	
2	Peso molde + grava (1)	g	16008.00		
3	Peso molde + grava (2)	g	16004.00		
4	Peso molde + grava (3)	g	16010.00		
5	Peso molde + grava promedio	g	16007.33		
6	Peso de la grava seca	g	12108.33		
7	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	9590.80		
8	Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1262.00		
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>	
1	Peso molde	g	3899.00	Racchi	
2	Peso molde + grava (1)	g	17885.00		
3	Peso molde + grava (2)	g	17813.00		
4	Peso molde + grava (3)	g	17647.00		
5	Peso molde + grava promedio	g	17781.67		
6	Peso de la grava seca	g	13882.67		
7	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	9590.80		
8	Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1447.00		
<b>Observaciones:</b>					
					
<b>JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO</b> geoinco_consultores.ing@gmail.com					

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

Ensayo de peso unitario suelto y compactado – agregado fino.

	<b>GEOINCO E.I.R.L.</b>			<b>Código</b>	<b>MT-CP-47</b>
	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			<b>Versión</b>	<b>01</b>
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS</b>			<b>Fecha</b>	<b>27-10-2022</b>
	<b>(ASTM C29 / C29M-17a)</b>			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>					
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"				
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Chilque Viza, Sheyla Katherine			<b>FECHA:</b>	27/10/2022
<b>DISTRITO:</b>	San Sebastián	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b>	Cusco
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>MATERIAL:</b>	Agregado fino	<b>PROCEDECENCIA:</b>	Cantera Racchi		
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>	
1	Peso molde	g	5168.00	Racchi	
2	Peso molde + arena (1)	g	9746.00		
3	Peso molde + arena (2)	g	9814.00		
4	Peso molde + arena (3)	g	9772.00		
5	Peso molde + arena promedio	g	9777.33		
6	Peso de la arena seca	g	4609.33		
7	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3122.00		
8	Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1476.00		
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>	
1	Peso molde	g	5168.00	Racchi	
2	Peso molde + arena (1)	g	10194.00		
3	Peso molde + arena (2)	g	10242.00		
4	Peso molde + arena (3)	g	10226.00		
5	Peso molde + arena promedio	g	10220.67		
6	Peso de la arena seca	g	5052.67		
7	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3122.00		
8	Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1618.00		
<b>Observaciones:</b>					
					
JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO geoinco_consultores.ing@gmail.com					

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

Ensayo de fluorescencia de rayos X para la ceniza de huaranhuay.

	GEOINCO E.I.R.L.		Código	EM-CP-12	
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		Versión	01	
	ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X		Fecha	27-10-2022	
			Página	1 de 1	
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>					
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022"				
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Chilque Viza, Sheyla Katherine	<b>FECHA:</b>	27/10/2022		
<b>DISTRITO:</b>	San Sebastián	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b>	Cusco
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Ceniza de huaranhuay	<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	Temperatura: 21.3°C, Humedad: 65%		
<b>CENIZA DE HUARANHUAY (CALCINADA A 500°C)</b>					
<b>Análisis de composición química elemental</b>			<b>Análisis de composición química expresado en óxidos</b>		
<b>Composición química</b>	<b>Resultados (%)</b>	<b>Método utilizado</b>	<b>Composición química</b>	<b>Resultados (%)</b>	<b>Método utilizado</b>
Magnesio, Mg	5.341	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva	Óxido de magnesio, MgO	7.639	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva
Calcio, Ca	15.269		Óxido de calcio, CaO	12.473	
Aluminio, Al	24.326		Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.963	
Silicio, Si	40.274		Óxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	38.784	
Azufre, S	1.122		Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0.326	
Hierro, Fe	11.215		Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.877	
Potasio, K	2.263		Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	1.825	
Estroncio, Sr	0.190		Óxido de estroncio, SrO	0.113	
<b>Validez de los resultados:</b> Los resultados son válidos solo para la muestra seleccionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas en este informe.					
<b>Observaciones:</b>					
					
JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO geoinco_consultores.ing@gmail.com					

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

## PANEL FOTOGRÁFICO

Visita de campo a la zona en estudio

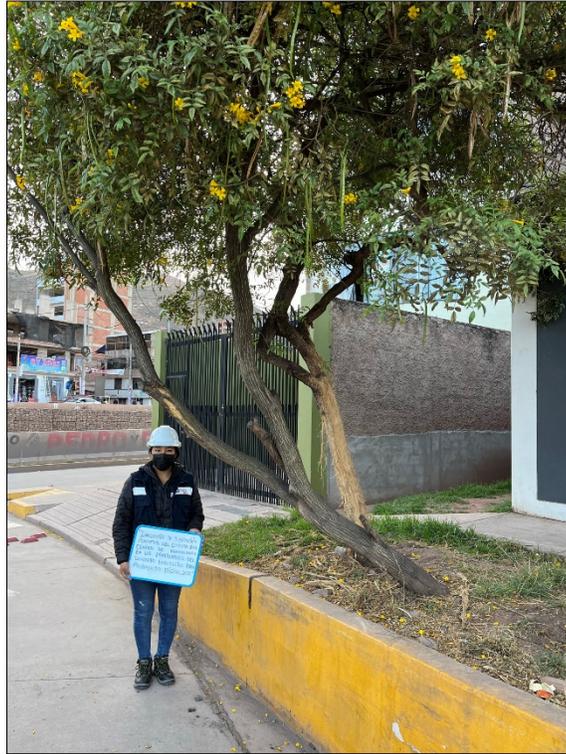


Fuente: Propia



Evidencia de deterioro en el pavimento rígido.

## Árbol de huaranhuay en la ciudad del cusco



Fuente: Propia



Ramas secas del árbol de huaranhuay

## Hornos artesanales del distrito de San Sebastián



Cenizas de huaranhuay



## Ensayos en laboratorio



Fuente: Propia





Fuente: Propia





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ASCOY FLORES KEVIN ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia de sustitución porcentual del cemento por ceniza de huaranhuay en las propiedades del concreto endurecido para pavimento rígido, 2022", cuyo autor es CHILQUE VIZA SHEYLA KATHERINE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 23 de Enero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ASCOY FLORES KEVIN ARTURO <b>DNI:</b> 46781063 <b>ORCID:</b> 0000-0003-2452-4805	Firmado electrónicamente por: KASCOY el 23-01- 2023 00:28:28

Código documento Trilce: TRI - 0526502