



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO
RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS
PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE
EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO
RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS
PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE
EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. LEONEL SUA SACA PELINCO


SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1593-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 26 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 12351 presentado por el (la) Bachiller **YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach **YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUÑO 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R y en mérito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**,

ARTICULO TERCERO - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUÑO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : martes 02 de diciembre del 2025
- **HORA** : 08:00 horas
- **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución

Regístrese, Comuníquese, Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. OSCAR Y VIAMONTE CALLA
BECANO (e)
CIP: 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Cesar G. Camargo Najjar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 841-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 1175 por el señor (a): **YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 657-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 076-2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 076-2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



cc:
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 611-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 7081, presentado por el señor (a) YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 444-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 031-2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE ha presentado su propuesta de investigación Titulada: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 031-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Dr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

Stamp of the Faculty of Engineering and Exact Sciences, UANCV, and signature of Dr. OSCAR V. VIANCHTE CALLA, Decano (e), CIP. 32730.

Stamp of the Office of Investigation, UANCV, and signature of the Director.

cc. Archivo 2025 Interesado (a)



18% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 16% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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


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



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73203809
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-0932-2644
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Latitud: S 15° 50' 36" Longitud: O 70° 01' 25"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/iA25QJdVg3jRdWfv7</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2025 – Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00



 Dr. Cesar G. Cordero Najjar
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE, identificado con DNI Nro. 73203809, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y

CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO

PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 10 de diciembre del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)





DEDICATORIA

Dedicado con amor y gratitud a mis padres, Reina Agramonte A y Alejandro Jhover C, el soporte de mi vida. Gracias por su dedicación, por sus sacrificios silenciosos, por mostrarme con su ejemplo a no rendirme. Todo lo que soy y todo lo que he logrado es gracias a su amor y a lo que me enseñaron.

A mis hermanos Max A y Karina, que hoy descansan en el cielo. Su ausencia dejó un vacío imposible de llenar, pero su recuerdo siempre vivirá en mi corazón. Son mi aliento invisible, mi impulso silencioso y la razón por la que persevero con fe y esperanza.

A mi querido hijo Hardy, mi mayor bendición, mi mayor Inspiración. Tú le das significado a todo sacrificio y eres la razón por la que lucha por un mejor futuro.

A mi amor, por su paciencia y apoyo incondicional. Gracias por caminar a mi lado, por creer en mí, por ser mi refugio en los momentos de cansancio y duda.

Este logro es mío, pero es de todos ustedes, que forman parte de mi presente, mi pasado y mi corazón



AGRADECIMIENTO

A la Universidad, por permitirme formarme como profesional y por los conocimientos, valores y herramientas académicas adquiridas durante mi formación, que contribuyeron en la elaboración y culminación de la presente tesis.

En especial, agradezco a mi asesor de tesis, Arnaldo Yana Torres, por la orientación, disponibilidad, paciencia y aportes académicos. También agradezco a los profesores de la universidad que me ayuden a reforzar mis conocimientos y habilidades profesionales con su enseñanza y dedicación. Su experiencia y dedicación fueron esenciales para dirigir este trabajo y lograr los objetivos establecidos.

A los docentes de la universidad que me ayudarán a reforzar mis conocimientos y habilidades profesionales con su enseñanza y dedicación.

Para cerrar, agradezco a todas aquellas personas que, de una manera u otra, me apoyaron y me motivaron para la culminación de esta meta académica.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática	13
1.2. Planteamiento del problema	14
1.2.1. Problema general	14
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. Objetivos de la investigación	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación de la investigación	16
1.4.1. Justificación técnica.....	16
1.4.2. Justificación económica.....	16
1.4.3. Justificación social	17
1.4.4. Justificación ambiental	17
1.5. Hipótesis de la investigación	18
1.5.1. Hipótesis general	18
1.5.2. Hipótesis específicas.....	18
1.6. Variables e indicadores	18
1.6.1. Variable independiente	18
1.6.2. Variable dependiente.....	18
1.7. Operacionalización de variables.....	19



CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.1.1. Antecedentes internacionales	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.1.3. Antecedentes locales.....	26
2.2. Bases teóricas.....	27
2.2.1. Influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades de un concreto permeable	27
2.2.2. Concreto permeable	28
2.2.3. Polvo de concreto reciclado	35
2.2.4. Ceniza de carbón.....	40
2.3. Marco conceptual.....	45

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación.....	47
3.2. Tipo de la investigación	47
3.3. Nivel de la investigación	48
3.4. Diseño de la investigación	48
3.5. Método de la investigación	49
3.6. Población y muestra	49
3.5.1. Población	49
3.5.2. Muestra	50
3.7. Técnicas.....	51
3.8. Instrumentos	52
3.9. Plan de recolección y procesamiento de datos.....	52
3.7.1. Ensayos realizados.....	55
3.7.2. Procesamiento y análisis de datos.....	57

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos	58
4.1.1. Trabajabilidad de concreto permeable.....	60



4.1.2. Roturas a compresión de concreto permeable	61
4.1.3. Permeabilidad de concreto permeable	71
4.2. Discusión de resultados	74
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	83



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	19
Tabla 2 Propiedades del polvo de concreto reciclado.....	36
Tabla 3 Propiedades de la ceniza de carbón	42
Tabla 4 Muestras Roturas a compresión PCR.....	51
Tabla 5 Muestras Roturas a compresión CC	51
Tabla 6 Diseño de mezclas de un concreto permeable $f'c$ 175 kg/cm ²	58
Tabla 7 Diseño de mezclas de un concreto permeable con el polvo de concreto	59
Tabla 8 Diseño de mezclas de un concreto permeable con el polvo de ceniza de carbón	59
Tabla 9 Trabajabilidad del concreto permeable + polvo de concreto reciclado	60
Tabla 10 Trabajabilidad del concreto permeable + ceniza de carbón	60
Tabla 11 Capacidades a compresión - Patrón – 7 días	61
Tabla 12 Capacidades a compresión - Patrón – 14 días	61
Tabla 13 Capacidades a compresión - Patrón – 28 días	61
Tabla 14 Roturas a compresión, muestra + 3% de polvo de concreto reciclado – 7 días 62	
Tabla 15 Roturas a compresión, muestra + 3% de polvo de concreto reciclado – 14 días 62	
Tabla 16 Roturas a compresión, muestra + 3% de polvo de concreto reciclado – 28 días 62	
Tabla 17 Roturas a compresión, muestra + 5% de polvo de concreto reciclado – 7 días 63	
Tabla 18 Roturas a compresión, muestra + 5% de polvo de concreto reciclado – 14 días 63	
Tabla 19 Roturas a compresión, muestra + 5% de polvo de concreto reciclado – 28 días 63	
Tabla 20 Roturas a compresión, muestra + 7% de polvo de concreto reciclado – 7 días 64	



Tabla 21 Roturas a compresión, muestra + 7% de polvo de concreto reciclado – 14 días	64
Tabla 22 Roturas a compresión, muestra + 7% de polvo de concreto reciclado – 28 días	64
Tabla 23 Roturas a compresión, muestra + 3% de ceniza de carbón – 7 días	65
Tabla 24 Roturas a compresión, muestra + 3% de ceniza de carbón – 14 días	65
Tabla 25 Roturas a compresión, muestra + 3% de ceniza de carbón – 28 días	65
Tabla 26 Roturas a compresión, muestra + 5% de ceniza de carbón – 7 días	66
Tabla 27 Roturas a compresión, muestra + 5% de ceniza de carbón – 14 días	66
Tabla 28 Roturas a compresión, muestra + 5% de ceniza de carbón – 28 días	66
Tabla 29 Roturas a compresión, muestra + 7% de ceniza de carbón – 7 días	67
Tabla 30 Roturas a compresión, muestra + 7% de ceniza de carbón – 14 días	67
Tabla 31 Roturas a compresión, muestra + 7% de ceniza de carbón – 28 días	67
Tabla 32 Comparativa de resistencias a compresión a los 7, 14 y 28 días	68
Tabla 33 Permeabilidad de muestra patrón	71
Tabla 34 Permeabilidad de muestra – polvo de concreto reciclado	71
Tabla 35 Permeabilidad de muestra – ceniza de carbón	72
Tabla 36 Permeabilidad de muestra – ceniza de carbón	73



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Polvo de concreto reciclado.....	53
Figura 2 Cenizas de carbón	54
Figura 3 Resistencias promedio a los 7 días	68
Figura 4 Resistencias promedio a los 14 días	69
Figura 5 Resistencias promedio a los 28 días	69
Figura 6 Resistencias promedios	70
Figura 7 Permeabilidad "k" muestra + 3%, 5%, 7% de PCR	72
Figura 8 Permeabilidad "k" muestra + 3%, 5%, 7% de CC	73
Figura 9 Permeabilidad "k"	74



RESUMEN

La presente investigación, titulada "Influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades de un concreto permeable en la provincia de Puno 2025", tiene como objetivo evaluar el impacto de la adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto permeable. La metodología empleada corresponde a un diseño experimental de tipo aplicado, basado en el método científico, con un enfoque explicativo. Los resultados mostraron que la adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones de 3%, 5% y 7% no alteró significativamente la trabajabilidad del concreto. Sin embargo, se observó una ligera disminución en el asentamiento conforme aumentaban las proporciones de los aditivos. En cuanto a la resistencia a la compresión, las muestras con 7% de polvo de concreto reciclado alcanzaron 188.89 kg/cm^2 y las de 7% de ceniza de carbón lograron 180.86 kg/cm^2 a los 28 días, frente a los 174.95 kg/cm^2 del concreto patrón. Respecto a la permeabilidad, las muestras con 7% de polvo de concreto reciclado presentaron 4.21 mm/seg y las con 7% de ceniza de carbón 4.38 mm/seg , mientras que la muestra control fue de 7.41 mm/seg . Se concluye que la incorporación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en las proporciones estudiadas (3%, 5%, 7%) mejora tanto la resistencia a la compresión como la impermeabilidad del concreto permeable, sin afectar significativamente su trabajabilidad. Estos materiales reciclados representan una alternativa sostenible y eficiente para mejorar las propiedades del concreto permeable, lo que podría ser beneficioso para su implementación en proyectos de construcción en la provincia de Puno.

Palabras Clave: Concreto permeable, polvo de concreto, ceniza de carbón, permeabilidad.



ABSTRACT

This research, entitled "Influence of the application of recycled concrete powder and coal ash on the properties of permeable concrete in the province of Puno 2025," aims to evaluate the impact of adding recycled concrete powder and coal ash on the physical and mechanical properties of permeable concrete. The methodology used corresponds to an applied experimental design, based on the scientific method, with an explanatory approach. The results showed that the addition of recycled concrete powder and coal ash in proportions of 3%, 5%, and 7% did not significantly alter the workability of the concrete. However, a slight decrease in settlement was observed as the proportions of the additives increased. In terms of compressive strength, the samples with 7% recycled concrete powder reached 188.89 kg/cm² and those with 7% coal ash reached 180.86 kg/cm² at 28 days, compared to 174.95 kg/cm² for the standard concrete. Regarding permeability, the samples with 7% recycled concrete powder had 4.21 mm/sec and those with 7% coal ash had 4.38 mm/sec, while the control sample had 7.41 mm/sec. It is concluded that the incorporation of recycled concrete powder and coal ash in the proportions studied (3%, 5%, 7%) improves both the compressive strength and impermeability of permeable concrete, without significantly affecting its workability. These recycled materials represent a sustainable and efficient alternative for improving the properties of permeable concrete, which could be beneficial for its implementation in construction projects in the province of Puno.

Keywords: Porous concrete, concrete dust, coal ash, Compressive strength, Permeability.



INTRODUCCIÓN

Hoy en día las ciudades crecen y se construyen infraestructuras urbanas y por lo tanto es necesario los materiales de construcción sostenibles y eficientes. Uno de los grandes problemas de la ingeniería civil es el manejo de aguas pluviales en zonas urbanas, donde el incremento de superficies impermeables ha generado inundaciones y deterioro en la calidad del agua. En este sentido, el concreto permeable se ha propuesto como una alternativa para favorecer el drenaje y disminuir los problemas de encharcamientos superficiales.

El concreto permeable permite que el agua fluya a través de él, por lo que es perfecto para pavimentos, estacionamientos y otras áreas donde la filtración de agua es necesaria. Pero uno de los mayores problemas es mejorar sus características sin afectar su rendimiento en resistencia y durabilidad.

Una de las técnicas más viables para mejorar el concreto permeable es la adición de materiales reciclados como polvo de concreto reciclado y cenizas de carbón. Estos materiales, obtenidos de desechos industriales, no solo ayudan a la sostenibilidad al disminuir los desechos, sino que también pueden alterar las cualidades del concreto, tales como la resistencia, trabajabilidad y permeabilidad.

El polvo de concreto reciclado, proveniente de restos de concreto triturado, y la ceniza de carbón, residuo de la combustión del carbón, son materiales que han demostrado mejorar las cualidades del concreto ordinario. Pero su efecto sobre el concreto permeable en cuanto a resistencia y permeabilidad no ha sido totalmente investigado.

La investigación tiene como objetivo determinar la influencia del uso de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en un concreto permeable en la ciudad de Puno en el año 2025. El propósito de esta investigación es establecer cómo influyen distintas proporciones de estos materiales en la trabajabilidad, resistencia y permeabilidad del



concreto permeable, para encontrar una mezcla óptima que sea eficiente para el drenaje y a la vez durable para aplicarse en proyectos de infraestructura.

Los resultados de esta investigación pueden mejorar las técnicas constructivas sostenibles en la zona, utilizando materiales reciclados y mejorando la eficiencia de los sistemas de gestión hídrica en entornos urbanos de la provincia de Puno.

En el Capítulo I se aborda el problema que da pie a la investigación, la necesidad de encontrar alternativas sustentables para mejorar las características del concreto permeable, utilizando materiales reciclados como polvo de concreto y ceniza. Se definen los objetivos y las preguntas de investigación, las que guían las acciones metodológicas de la investigación.

En el Capítulo II se hace una revisión de los antecedentes nacionales e internacionales del concreto permeable, sus propiedades, usos y ventajas. También se tratan investigaciones acerca de la utilización de materiales reciclados (polvo de concreto y ceniza de carbón) para mejorar las características del concreto.

En el Capítulo III se detalla la metodología experimental, los materiales y el diseño de mezcla, explicando la selección de los materiales. Se describen los procedimientos experimentales y pruebas para determinar la resistencia, permeabilidad y otras características.

En el Capítulo IV se muestran y discuten los resultados de las pruebas en las mezclas de concreto permeable con materiales reciclados, comparando sus propiedades y la permeabilidad con el concreto control. Se abordan las aplicaciones prácticas y los beneficios ambientales y económicos de su uso, para finalizar con una reflexión crítica de los resultados.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática

A nivel mundial, el crecimiento del urbanismo y las ciudades ha provocado problemas para el manejo sustentable del agua, sobre todo en zonas urbanas donde las superficies impermeables (calles, pavimento, etc.) impiden la infiltración del agua de lluvia. Las inundaciones, el colapso de alcantarillados y la contaminación de cuerpos de agua son situaciones frecuentes en muchas ciudades. En tales situaciones, el concreto permeable se ha propuesto como una alternativa para mejorar el drenaje urbano, ya que el agua puede atravesar su superficie y filtrarse al suelo. Pero todavía existen problemas con el concreto permeable en términos de costo, resistencia y durabilidad que impiden su uso generalizado (Ayala et al., 2022).

A nivel nacional, Perú también tiene estos mismos problemas, agravados por el crecimiento acelerado de las ciudades y la falta de infraestructuras capaces de manejar el agua de lluvia. Las fuertes lluvias e inundaciones han colapsado varias ciudades del país; la ausencia de pavimentos permeables favorece la acumulación de agua en las calles y el deterioro de los drenajes. En este sentido, el empleo de materiales reutilizados para la elaboración de concreto, como el polvo de concreto reciclado y la ceniza de carbón, podría ser una solución económica y ecológica para mejorar la calidad de los concretos



permeables y reducir los costos de producción y hacer más sustentable la construcción. Pero el uso de estos materiales reciclados en concreto permeable aún es incipiente y no hay suficiente evidencia de su efectividad en todo el país (Alejo y Quispe, 2024).

En Puno, la situación es aún más alarmante por el crecimiento urbano y la falta de alternativas innovadoras para el manejo de aguas pluviales. "El área tiene problemas de drenaje y se inundan sus calles cuando llueve". A pesar de las iniciativas para desarrollar la infraestructura urbana, la falta de tecnologías sostenibles y asequibles continúa siendo una limitante. La aplicación de materiales reciclados para elaborar concreto permeable en la provincia de Puno podría solucionar problemas de drenaje y disminuir la cantidad de desechos industriales (polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón) que son desechados sin ningún uso. Pero en el área todavía no existen suficientes investigaciones que analicen la factibilidad e influencia de estos materiales sobre el desempeño del concreto permeable.

Por lo cual, la utilización de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en el concreto permeable podría ser una solución sostenible y económica para los problemas de drenaje y gestión de agua en la provincia de Puno, reduciendo los residuos y protegiendo el medio ambiente. Esta investigación busca suplir la necesidad que existe y ofrecer una solución alternativa para mejorar las infraestructuras urbanas en la región y así poder realizar un manejo adecuado del agua pluvial y lograr la sostenibilidad en la construcción.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades de un concreto permeable en la provincia de Puno 2025?



1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno?
- b. ¿Cuál es la influencia de la adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno?
- c. ¿Cuál es la incidencia del empleo de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades de un concreto permeable en la provincia de Puno 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Analizar el efecto de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.
- b. Determinar la influencia de la adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.
- c. Determinar la incidencia del empleo de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.



1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

La investigación se justifica técnicamente en que se pretende analizar el rendimiento del concreto permeable al utilizar materiales reciclados como polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón. Estos materiales tienen la capacidad de mejorar ciertas características del concreto, como su resistencia y permeabilidad. Estas inclusiones podrían mejorar la mezcla de concreto permeable, dándole un mejor desempeño en aplicaciones urbanas donde el drenaje es esencial. Además, la medición de los efectos del polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en la resistencia, trabajabilidad y permeabilidad del concreto es una contribución técnica para la industria de la construcción, brindando nuevas alternativas para mejorar la calidad de los materiales y la durabilidad del concreto permeable en condiciones específicas como las de la provincia de Puno.

1.4.2. Justificación económica

El empleo de materiales reciclados como polvo de concreto reciclado y cenizas de carbón en el proceso de concreto permeable puede ser una alternativa de bajo costo para mejorar la calidad en la construcción. Estos materiales, que de otra manera serían desechos industriales, pueden hacer más barato el concreto al disminuir la demanda de materiales vírgenes costosos (agregados naturales y otros componentes del concreto). Además, el concreto permeable con estas adiciones se podría utilizar en zonas urbanas de alto tránsito o en proyectos de infraestructura pública, reduciendo así los costos asociados al mantenimiento y arreglo, ya que es capaz de controlar mejor el drenaje de aguas pluviales. De este modo, se podrían optimizar los recursos económicos en las obras, fomentando la economía circular y disminuyendo los costes asociados a la eliminación de residuos industriales.



1.4.3. Justificación social

La justificación es que el concreto permeable mejorado con polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón puede beneficiar a las comunidades urbanas, en especial en la provincia de Puno, donde existen problemas de drenaje e inundaciones. El concreto permeable puede transformar la infraestructura urbana y mejorar la vida de los ciudadanos, previniendo inundaciones y encharcamientos en calles y avenidas, disminuyendo los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua y mejorando la seguridad vial. Además, el uso de componentes reutilizables en la edificación promueve la inclusión de prácticas sostenibles en la construcción, permitiendo a las comunidades participar en la conservación del medio ambiente y reforzando la conciencia colectiva sobre el reciclaje y la gestión de recursos.

1.4.4. Justificación ambiental

Se basa en los beneficios ambientales que implica el uso de materiales reciclados para la elaboración de concreto permeable. La adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón disminuye la explotación de recursos naturales y ayuda a disminuir los residuos industriales, dando paso a la economía circular. Al emplear materiales reciclados, se disminuye la cantidad de residuos en vertederos y se evita la extracción de nuevos materiales, reduciendo el impacto ambiental de la minería y la producción de materiales de construcción convencionales. Además, el concreto permeable permite que el agua se filtre al subsuelo, lo que ayuda a reducir los problemas de escorrentía superficial e inundaciones y puede mejorar la calidad del agua y la salud del ecosistema local. Esta forma sostenible de construir no solo maximiza la eficiencia de los recursos, sino que también ayuda a preservar el medio ambiente para las generaciones venideras.



1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón será positiva debido a que mejorarán las propiedades de un concreto permeable en la provincia de Puno 2025.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. El efecto de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables mejorará la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.
- b. La influencia de la adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables incrementará la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.
- c. La incidencia del empleo de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables mantendrá la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. Variable independiente

Polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón

- Adición de polvo de concreto reciclado en 3%, 5% y 7% respecto al peso de cemento.
- Adición de ceniza de carbón en; 3%, 5% y 7% respecto al peso de cemento

1.6.2. Variable dependiente

Propiedades del concreto permeable

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definiciones	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Tipo
VI: - Polvo de concreto reciclado	Es un material obtenido a partir de la trituración y procesamiento de residuos de concreto, resultantes de la demolición de estructuras o sobrantes de obras. Este material se utiliza como un agregado fino en diversas aplicaciones de construcción y obras civiles.	Proporción de polvo de concreto reciclado en; 3%, 5% y 7%	Adición del polvo de concreto reciclado en; 3%, 5% y 7%, respecto al cemento.	Balanza.	Cuantitativo
- Ceniza de carbón	Es un subproducto sólido que se genera a partir de la combustión de carbón en procesos industriales, como en plantas de energía térmica. Este material se compone principalmente de partículas inorgánicas que no se queman durante la combustión.	Proporción de ceniza de carbón en; 3%, 5% y 7%.	Adición de ceniza de carbón en; 3%, 5% y 7%, respecto al cemento.	Balanza.	
VD: - Propiedades del concreto permeable	Las propiedades del concreto permeable lo convierten en una opción eficaz para la gestión sostenible del agua, ayudando a prevenir inundaciones y mejorar la calidad del agua subterránea.	<ul style="list-style-type: none"> •Trabajabilidad •Resistencia •Permeabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - (Slump) - Resistencia a la compresión - Coeficiente de permeabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Cono de Abrams (ASTM C143) - Prensa hidráulica para compresión (ASTM C39) - (ACI 522R-10) 	Cuantitativo



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Park et al. (2022) en su tesis "Propiedades de resistencia y permeabilidad del hormigón permeable que contiene agregados de cenizas de fondo de carbón", este estudio investiga las propiedades de resistencia y permeabilidad de agregados de ceniza de fondo de carbón(CBA) que contienen concreto permeable. Se fabricaron dos mezclas de concreto permeable con diferentes distribuciones de tamaño de agregado. Una mezcla contenía agregados de CBA con una distribución de tipo único y la otra mezcla contenía agregados de CBA con una distribución de tipo híbrido. Los parámetros de prueba del concreto permeable CBA incluyeron la relación(A/C) y el nivel de compactación para investigar sus efectos en las propiedades. Se consideraron relaciones A/C de 0,25, 0,30 y 0,35 para la mezcla, y se aplicaron niveles de compactación de 0,5, 1,5 y 3,0 MPa para fabricar la muestra permeable. El aumento en la relación A/C redujo la resistencia en aproximadamente un 20% a 30% del concreto permeable CBA. El aumento en el nivel de compactación redujo la permeabilidad aproximadamente cuatro a cinco veces, pero aumentó significativamente la resistencia del concreto permeable CBA. Los resultados de las pruebas indican que el uso de agregados de CBA de un solo tipo o agregados híbridos



de CBA con diferentes distribuciones de tamaño afectó las propiedades del hormigón permeable. La resistencia de las muestras, incluyendo agregados híbridos de CBA, fue entre un 30 % y un 45 % mayor que la de las muestras que contenían agregados de CBA de un solo tipo. Por otro lado, el uso de agregados híbridos de CBA redujo la permeabilidad del hormigón permeable de CBA entre un 20 % y un 35 % aproximadamente. Finalmente, se sugieren relaciones entre las propiedades de resistencia, las características de permeabilidad y la relación de vacíos totales de las muestras de hormigón permeable de CBA .

Además Al Biajawi et al. (2022) en su artículo “Cenizas de fondo de carbón recicladas como materiales sostenibles para la sustitución del cemento en compuestos cementicios”, en la producción de hormigón o mortero se presenta como una alternativa ecológica prometedora. Dado los beneficios económicos y ambientales de las CBA, este estudio tiene como objetivo realizar una revisión crítica de la investigación existente sobre el reciclaje de estas cenizas. Se revisaron un total de 166 estudios para proporcionar una visión completa y detallada de la bibliografía disponible. Se analizan las propiedades químicas y físicas de las CBA, las cuales pueden variar según las fuentes que intervienen en el proceso de producción. Además, se evaluaron otras propiedades importantes como la conductividad térmica y la retracción en seco. Un aspecto relevante de la investigación es el análisis del efecto de las CBA en el mecanismo de combustión del carbón. Las CBA, cuando se utilizan como sustituto del cemento en el ámbito urbano compuestos de cemento, pueden mejorar las propiedades frescas y mecánicas del hormigón o mortero hasta un cierto porcentaje de sustitución. Los resultados indican que la molienda de CBA a partir de carbón puede ser utilizada en hormigón o mortero como material de reemplazo, especialmente en entornos agresivos. Este estudio subraya la importancia de convertir los residuos industriales en recursos de valor, con el fin principal de reducir la dependencia de la producción cementera. Este enfoque busca contribuir a un entorno más verde y sostenible, alineado con los objetivos de prosperidad nacional y protección ambiental.



Asimismo Muda et al. (2023) en su tesis "Propiedades de resistencia, porosidad y permeabilidad del hormigón poroso elaborado a partir de áridos de hormigón reciclado", Debido a la expansión de la infraestructura y al mayor desarrollo de la urbanización en Etiopía, la mayoría de los lugares están cubiertos ya sea por hormigón de cemento impermeable o betún que bloquea la percolación del agua de lluvia. Un hormigón poroso hecho de cero agregados finos, creando un poro que permite que el hormigón sea permeable al agua, es altamente deseable. De manera similar, la demanda de agregados gruesos naturales sigue siendo alta, mientras que los recursos naturales se están agotando. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo investigar las propiedades del hormigón poroso utilizando agregado de hormigón reciclado como un reemplazo parcial para el agregado grueso natural. Se realizaron pruebas experimentales en el tiempo de fraguado del cemento, la trabajabilidad del hormigón, la compresión, la tracción dividida, la porosidad y la permeabilidad del hormigón poroso. Las propiedades del hormigón poroso en diferentes proporciones (0, 15, 30, 45 y 60 %) revelaron que el RCA es adecuado para su uso como agregado grueso. El % de reemplazo de agregado reciclado para hormigón poroso en términos de resistencia es del 30 %, con una resistencia de 17,37 MPa. Sin embargo, se observaron ligeros incrementos en la porosidad y el coeficiente de permeabilidad. Por lo tanto, el hormigón producido en este estudio es hormigón estructural, apto para pasarelas y otras obras planas de hormigón, donde no existen cargas de tráfico vehicular pesado.

Asimismo Wu et al. (2022) en su tesis "Efectos de diferentes factores en el desempeño del hormigón permeable para pavimentos con concretos reciclados", explora los factores que influyen en el rendimiento del hormigón de pavimento permeable utilizando áridos de concretos reciclados, mediante el diseño de diversas proporciones de aglutinante de agua, gradaciones de partículas de árido reciclado, tasas de sustitución de árido ordinario, y la inclusión de cenizas volantes y aditivos. Se evaluaron las propiedades del hormigón permeable, incluyendo la resistencia, el coeficiente de permeabilidad, la



resistencia a las heladas y la estructura porosa. Los resultados muestran que, cuando la tasa de sustitución de árido reciclado alcanza el 50%, el hormigón con una relación de aglutinante de agua de 0,25 puede alcanzar una resistencia a los 28 días de 28,9 MPa, mientras que el coeficiente de permeabilidad es de 13,26 mm/s. La adición de cenizas volantes reduce la resistencia, y el coeficiente de permeabilidad muestra una tendencia de aumento seguido de una disminución conforme aumenta el contenido de cenizas volantes. Cuando la fracción másica de cenizas volantes en lugar de cemento es del 12%, la resistencia a los 28 días alcanza el 94,8% de la resistencia del grupo control con cemento puro, y el coeficiente de permeabilidad llega a 14,03 mm/s. Además, el uso de un agente reductor de agua mejora significativamente la trabajabilidad del hormigón permeable. El contenido óptimo de este agente es del 0,2% en relación con la masa de cemento. Una combinación adecuada de cenizas volantes y agente reductor de agua puede optimizar la estructura porosa del hormigón, incrementando la resistencia a las heladas y mejorando la resistencia después de ciclos de congelación-descongelación. En particular, la resistencia a las heladas alcanza un nivel de F150. Este estudio proporciona una base teórica sólida y una garantía técnica para el uso de áridos reciclados en la fabricación de hormigón para pavimentos permeables, contribuyendo a la sostenibilidad de la construcción urbana.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Rivera (2023) en su tesis "Adoquines de concreto permeable con la adición de ceniza de carbón de shihuahuaco, proveniente de Coronel Portillo, Pucallpa", el objetivo fue elaborar adoquines de concreto permeable utilizando ceniza de carbón de shihuahuaco. Para ello, se siguió un método experimental, donde se elaboraron muestras de adoquines con distintas proporciones de ceniza de carbón (0%, 3%, 6% y 9%). Los ensayos se llevaron a cabo a los 7, 14, 21 y 28 días de curado. En cuanto a los resultados, el ensayo de absorción mostró que la capacidad de absorción de los adoquines aumentó a medida que se incrementó el porcentaje de ceniza de carbón de shihuahuaco, pasando de 2.18% a 6.18%. Esto demuestra que la absorción aumenta a medida que aumenta la



proporción de ceniza en la mezcla. En el ensayo de permeabilidad, siguiendo la norma ACI 522R-10, se obtuvieron valores entre 81 y 730 L/min/m², siendo el valor más alto de 329.7 L/min/m² en los adoquines sin ceniza de shihuahuaco. En cuanto a la resistencia, se encontró que a mayor contenido de ceniza se iba disminuyendo la resistencia. Los adoquines con 0% de ceniza lograron 118kg/cm², mientras que los adoquines con 3% de ceniza alcanzaron 66kg/cm², los de 6% 62kg/cm² y los de 9% 47 kg/cm². Estos resultados muestran que la ceniza de carbón de shihuahuaco sí influye en las características de los adoquines, aumentando su absorción y permeabilidad, pero disminuyendo su resistencia a medida que aumenta el porcentaje de ceniza.

Además, Vega y Pareja (2021) en su tesis "Ceniza volante de carbón para mejorar la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto", el objetivo de esta investigación es verificar cómo influyen ciertas adiciones de cenizas volantes de carbón al momento de diseñar la mezcla de concreto. Y así analizarla en los ensayos de resistencia a la compresión, flexión, permeabilidad y trabajabilidad. Se mejoraron las propiedades físico-mecánicas del concreto. La sustitución de cemento por ceniza volante mejoró la resistencia a la compresión axial, y se determinó que el intervalo en el que se aprecia esta mejora es del 2.5% al 15%. En este caso la permeabilidad se ve beneficiada, ya que todas las sustituciones reducen y se puede decir que es más resistente a los agentes externos. La trabajabilidad se ve favorecida, pues en la sustitución porcentual se indica que la trabajabilidad de la mezcla aumenta a medida que aumenta el porcentaje de sustitución. En los estudios revisados, se determina que el rango óptimo para evidenciar esta mejora de propiedad en términos de resistencia a la flexión es entre 2.5% y 10%. Finalmente, la ceniza sustituye al concreto, mejorando sus propiedades físico-mecánicas en el momento de la colada. Además, permite desarrollar elementos más resistentes ante agentes externos de la biodiversidad climática peruana y mejorar considerablemente la resistencia a la compresión, logrando así un nuevo material para el concreto.



Asimismo, Contreras y Peña (2019) en su tesis "Evaluación de la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto al incorporar cenizas volantes de carbón en diversas dosificaciones en la mezcla", con el objetivo de determinar cómo influyen las distintas dosificaciones de cenizas volantes de carbón (CFA) en el diseño de la mezcla de concreto, se realizó esta investigación. Luego, se evaluó el comportamiento de la mezcla de concreto en ensayos de resistencia, según la norma NTP339.034, y permeabilidad, según la norma europea 12390-8. Además, de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas, se analizaron las propiedades de los diversos materiales que se utilizaron en la investigación. En el diseño de la mezcla se usó una relación agua/cemento de 0,55, la cual se realizó según la norma ACI 211. Se definieron las proporciones de cenizas volantes según estudios previos. En consideración a ello, se seleccionaron dosis de 1.5%, 3%, 4.5% y 6% en relación al peso del cemento en la mezcla. Esta elección se realizó para verificar el efecto de estas dosis sobre las variables estudiadas en esta investigación. La resistencia a la compresión se midió por la carga máxima soportada: el hormigón patrón alcanzó 218kg/cm² a los 28 días; el hormigón con 1.5%FCA logró 220kg/cm²; el hormigón con 3 % FCA logró 227kg/cm²; el hormigón con 4.5%CVC alcanzó 232kg/cm²; y el hormigón con 6%CVC alcanzó 241kg/cm² a los 28 días, demostrando que la resistencia aumenta a medida que se incrementa la dosis de CVC. El que esto ocurra indica que hay un aumento de la resistencia a la compresión para dosis menores al 6 % de CVC. Para establecer la permeabilidad de las muestras, se midió la penetración del agua. El hormigón patrón penetró 137 mm en promedio, el hormigón con 1,5 % CVC 123,5 mm, el hormigón con 3 % CVC 101 mm, el hormigón con 4,5 % CVC 68 mm y el hormigón con 6 % CVC 52,5 mm. A medida que se incrementa el porcentaje de CVC que es absorbido por la mezcla, se observa una disminución gradual y significativa en la cantidad de agua que ingresa a la mezcla. Esto quiere decir que el hormigón se está volviendo más denso y duradero.



2.1.3. *Antecedentes locales*

Según, Alejo y Quispe (2024) en su tesis "Efecto del porcentaje de agregado reciclado en las propiedades físico-mecánicas del concreto permeable en Puno", el objetivo principal de este estudio era investigar las formas en que la proporción de áridos reciclados (AGR) afecta a las propiedades físico-mecánicas del hormigón permeable. Para lograr este objetivo, se construyeron ocho diseños de mezcla diferentes, cada uno de los cuales incluía porcentajes de agregado grueso reciclado que oscilaban entre el 100 %, el 75 %, el 50 % y el 25 % (n.º 8 y n.º 67), además de dos diseños convencionales. Para preparar las mezclas, se siguió el proceso descrito en la norma ACI 522R-10. Las muestras de investigación incluyeron treinta especímenes diferentes, cada uno de los cuales se sometió a una serie de pruebas, como la determinación de la resistencia a la compresión y el coeficiente de permeabilidad. Según los resultados obtenidos, el coeficiente de permeabilidad del agregado reciclado con un contenido de TMN de 8 fue, en promedio, de 1,084 cm/s, pero el coeficiente de permeabilidad del AGR con un contenido de TMN de 67 reveló un valor promedio de 2,458 cm/s. A partir de esta información, parece que el TMN n.º 67 AGR tiene un efecto beneficioso sobre la permeabilidad del hormigón, y que el aumento del porcentaje de AGR en la mezcla también da lugar a un aumento de la permeabilidad del hormigón.

Además, Céspedes y Leon (2024) en su tesis "Propiedades físicas y mecánicas de concreto permeable con ceniza industrial y cal para pavimentos rígidos, Puno, 2022", tiene como objetivo es evaluar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón permeable. Esto se logra sustituyendo parcialmente el cemento por cenizas industriales y cal en porcentajes específicos. El objetivo final es crear una estructura de pavimento rígido altamente permeable que sea capaz de facilitar el drenaje eficiente del agua de lluvia. Para lograr este objetivo, se cumplieron las normas establecidas en la norma ACI 522R-10. La evaluación de características importantes como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la absorción proporcionó una visión completa de las mejoras en



las propiedades físicas y mecánicas del hormigón permeable que se obtuvieron con los sustitutos propuestos. El objetivo principal era evaluar la influencia positiva que tendría la sustitución parcial del cemento por cenizas volantes industriales y cal en las propiedades físicas del hormigón permeable, incluidas las cualidades de absorción y fricción, así como las propiedades mecánicas de compresión y flexión. La técnica de la investigación se basó en el método científico y se diseñó para ser aplicable, explicativa y experimental. Para lograr este objetivo, se utilizaron cuatro dosis diferentes, cada una de las cuales contenía una mezcla de porcentajes de sustitución. A efectos de los experimentos, la población consistió en 120 tubos de ensayo, que proporcionaron datos típicos de los impactos de las sustituciones, ya que se utilizaron. En comparación con la muestra de control, los resultados obtenidos indicaron que la sustitución del 3 % de cenizas industriales y el 5 % de cal (en la dosis 02) produjo buenos resultados. Esto quedó demostrado por los resultados obtenidos. Esta combinación mejoró considerablemente las cualidades mecánicas y físicas del hormigón permeable, haciéndolo más adecuado para su uso en la construcción. Además, se diseñó una estructura adecuada para el pavimento permeable rígido y se calculó y diseñó una red de drenaje para el agua de lluvia. Ambas tareas se completaron simultáneamente. La importancia del estudio radica en el hecho de que propone una alternativa que mejora las cualidades físicas y mecánicas del hormigón permeable. Esta alternativa contribuye a un sistema eficaz de control y drenaje del agua de lluvia mediante la utilización de este material junto con un sistema de drenaje adecuado.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades de un concreto permeable*

La aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades de un concreto permeable consiste en incorporar estos materiales finos provenientes respectivamente de la trituración de restos de concreto y de la combustión



industrial del carbón dentro de la mezcla base del concreto permeable con el fin de evaluar cómo su presencia modifica su porosidad, permeabilidad, resistencia mecánica y estabilidad estructural; dado que el concreto permeable depende de una matriz con vacíos interconectados que permiten la infiltración del agua, la adición de estos residuos puede actuar como material de relleno, mejorar la cohesión de la pasta o alterar la distribución de poros, por lo que su análisis permite determinar si contribuyen a optimizar el desempeño hidráulico y mecánico del material o, por el contrario, generan obstrucción, disminución de permeabilidad o cambios en su comportamiento funcional, impulsando así el aprovechamiento sostenible de residuos en la tecnología del concreto.

El efecto de la adición de polvo de concreto reciclado (PCR) y ceniza de carbón sobre las cualidades de un concreto permeable se refiere a la incidencia de estos residuos industriales como aditivos puzolánicos en su estructura porosa, al balancear resistencia mecánica, permeabilidad hidráulica, durabilidad y sostenibilidad ambiental. El PCR (<75 μm de hormigón triturado) o la ceniza de carbón (volante o de fondo) sustituyen parcialmente al cemento o a la arena (5-40%), reaccionando con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para densificar la pasta, disminuir la porosidad excesiva y la emisión de CO_2 y conservar poros interconectados (15-30%) necesarios para la infiltración de agua (2-10 mm/s) (Ayala et al., 2022).

La adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón al concreto permeable es una forma de mejorar sus características sin afectar su desempeño. Ambos son desechos industriales que, al ser incorporados, mejoran propiedades como la resistencia, durabilidad, impermeabilidad y sostenibilidad del concreto.

2.2.2. Concreto permeable

A diferencia del concreto normal, el concreto permeable tiene muchos espacios vacíos interconectados que permiten que el agua se filtre hasta el suelo. Esta propiedad lo transforma en una herramienta para controlar escorrentías superficiales, reducir inundaciones urbanas y recargar acuíferos. Su porosidad se consigue eliminando o



disminuyendo la fracción fina (arena) de la mezcla, permitiendo la creación de canales de flujo en su interior. Este tipo de concreto es especialmente benéfico en áreas urbanas donde el crecimiento de superficies impermeables ha causado serios problemas en el manejo de aguas pluviales.

El concreto permeable es una nueva solución constructiva capaz de resolver desafíos hídricos en las ciudades. Mientras que el concreto normal es impermeable, el permeable está hecho para que el agua fluya a través de él. Esta propiedad filtrante se consigue con una mezcla de agregados gruesos, cemento, agua y aditivos, pero en menor proporción que el concreto normal. Al disminuir estos elementos se genera una estructura más porosa, con espacios vacíos interconectados que permiten el paso libre del agua a través del concreto, haciéndolo perfecto para lugares con control de escorrentía superficial (Perez, 2025).

El mayor beneficio del concreto permeable es que funciona como un sistema de drenaje natural. Al filtrarse el agua de lluvia en el suelo en vez de correr por las superficies impermeables, el concreto permeable contribuye a disminuir encharcamientos e inundaciones en las ciudades. Este tipo de drenaje es muy útil en zonas urbanas muy pobladas, donde las superficies impermeables (calles, aceras, estacionamientos, etc.) incrementan la escorrentía y sobrecargan el sistema de alcantarillado. El concreto permeable es una forma de manejar mejor el agua, protegiendo la infraestructura y disminuyendo el riesgo de inundaciones (Rojas & Cuicapuza, 2024).

Pero sobre todo, además de mejorar la gestión del agua, el hormigón permeable ayuda a recargar los acuíferos subterráneos y, por lo tanto, a conservar el agua. Al filtrarse el agua a través del concreto, se favorece la absorción de agua en el subsuelo, recargando los acuíferos y disminuyendo la presión sobre las fuentes superficiales de agua. Esta propiedad convierte al concreto permeable en una alternativa para el drenaje urbano y para mantener los niveles de agua subterránea.

Si bien el concreto permeable ofrece numerosos beneficios, su aplicación debe ser diseñada para garantizar que conserve su capacidad de drenaje a lo largo del tiempo. El



cuidado es necesario porque los poros en la superficie se pueden llenar de suciedad o materia orgánica con el tiempo. Pero si se utiliza correctamente, el concreto permeable puede convertirse en una herramienta fundamental para desarrollar ciudades más sostenibles y resilientes al cambio climático, ofreciendo una solución para gestionar el agua de lluvia, mejorar la calidad del agua y conservar los recursos naturales (Challco & Tuesta, 2024).

El uso de áridos reciclados en hormigón permeable está normalizado a nivel nacional e internacional, definiéndose unos requisitos mínimos de calidad. En Estados Unidos la ASTM C33 y la ACI 555R dan indicaciones para su uso; en Europa la EN 206 y la EN 12620 especifican características de composición, absorción, resistencia y contenido de impurezas. En Latinoamérica, algunas normas técnicas locales (por ejemplo, INACAL, ICONTEC) ya consideran especificaciones para agregados reciclados. Satisfacer estos criterios garantiza la durabilidad, seguridad estructural y rendimiento hidráulico del concreto permeable (Chipana & Yupari, 2025).

2.2.2.1. Características

El concreto permeable posee ciertas características que lo diferencian de otros concretos, principalmente por el hecho de que permite el flujo de agua a través de él. Estas son las principales características del concreto permeable:

- Alta porosidad: El concreto permeable tiene entre 15% y 25% de vacíos, los cuales generan canales continuos a través de la mezcla. Esta gran porosidad es la clave de su capacidad de drenaje.
- Alta permeabilidad: Gracias a su porosidad, el agua fluye a través del pavimento a la capa inferior, alcanzando coeficientes de infiltración superiores a 200-1000 L/min/m², en función de la dosificación y compactación.
- Falta o escasez de finos: La mezcla se prepara con poca o nada de arena para que no se llenen los espacios vacíos y se conserve la red de poros interconectados necesaria para la filtración de agua.



- Resistencia mecánica media: A diferencia del concreto normal, su resistencia a la compresión es menor por el elevado porcentaje de vacíos, pero suficiente para usos de tránsito ligero y peatonal.
- Baja densidad: Por no llevar finos y tener más huecos, es más ligero que el hormigón normal.
- Comportamiento respetuoso con el medio ambiente: Ayuda a disminuir la escorrentía, recarga acuíferos, reduce el riesgo de inundaciones y crea ciudades más sostenibles.
- Mejora del confort térmico: Su porosidad y color claro hacen que puedan reflejar más radiación solar y así disminuir el efecto isla de calor en las ciudades.
- Necesita mantenimiento regular: Para prevenir la obstrucción de los poros, se requiere limpieza periódica por barrido, soplado o lavado, preservando su capacidad de drenaje (Quispe, 2024).

2.2.2.2. Propiedades mecánicas del concreto permeable

a) Roturas a compresión.

El concreto permeable tiene resistencias a la compresión menores que los concretos convencionales debido a su alta porosidad; normalmente oscilan entre 2.8 MPa y 28 MPa, en dependencia del tipo de agregado, relación agua/cemento, nivel de compactación y porcentaje de vacíos. Esta característica es determinante para analizar cómo reaccionan ante cargas verticales en pavimentos peatonales o de tránsito ligero.

La resistencia del concreto permeable es la capacidad del material para resistir cargas verticales sin romperse o deformarse permanentemente. Si bien el concreto permeable es más poroso que el concreto normal, lo que permite que el agua se filtre, su resistencia a la compresión sigue siendo importante para asegurar su resistencia estructural. El concreto permeable, por ser poroso, generalmente es menos resistente a la compresión que el concreto convencional, ya que los espacios vacíos disminuyen el área que soporta la carga. Pero la resistencia a la compresión sigue siendo lo suficientemente



alta para usos no sometidos a cargas extremas, como pavimentos de estacionamientos, aceras o caminos peatonales (Vite, 2025).

b) Resistencia a tracción indirecta.

La resistencia a la tensión del concreto permeable es baja en comparación con el concreto normal, ya que la matriz cementante es discontinua y no contiene finos. Los valores generalmente oscilan entre el 10% y el 15% de la resistencia a la compresión. La resistencia a la tensión indirecta del concreto permeable es la capacidad del concreto para resistir fuerzas de tensión o tracción que intentan separarlo, pero indirectamente, sin tirar directamente de él. Esta resistencia se determina mediante una prueba llamada prueba de flexión o prueba de tracción indirecta (ASTM C496) (Vite, 2025).

c) Resistencia a la flexión.

El comportamiento a flexión del concreto permeable se ve afectado por su estructura porosa, siendo inferior a un concreto ordinario (1 MPa - 4 MPa). Esta característica es fundamental para estudiar cómo reaccionan ante cargas distribuidas y posibles fisuras en pavimentos (Vite, 2025).

d) Módulo de elasticidad.

El concreto permeable tiene un módulo de elasticidad menor que el concreto normal, ya que la cantidad de vacíos reduce su rigidez. Por lo tanto, se deforma más fácilmente bajo carga, por lo que se debe tener en cuenta el espesor del pavimento para prevenir fallas (Vite, 2025).

e) Comportamiento frente al desgaste.

La resistencia a la abrasión es inferior a la de un hormigón normal por su textura abierta y la exposición de los áridos. Esto la hace ideal para áreas de tráfico peatonal o vehicular de baja velocidad (Vite, 2025).



2.2.2.3. Propiedades físicas del concreto permeable

a) Porosidad.

El concreto permeable es altamente poroso (15%-25%) debido a un diseño en el que se omiten finos para crear vacíos interconectados. Esta porosidad es determinante para su uso, ya que define su capacidad de drenaje, densidad y en parte su comportamiento mecánico, resistencia y durabilidad (Herrera, 2024).

b) Densidad.

El peso unitario del concreto permeable es menor que el del concreto convencional, ya que contiene gran cantidad de vacíos internos y menor cantidad de pasta cementante. Sus pesos normalmente varían entre 1600 y 2000 kg/m³, lo que disminuye las cargas muertas sobre la estructura y facilita su manipulación en obra, una ventaja en las aplicaciones donde el peso es un factor importante (Chapoñan, 2024).

c) Absorción de agua.

Este tipo de concreto es muy permeable, ya que los vacíos permiten que el agua penetre libremente y se extienda por todo el material. Esta propiedad es determinante para su comportamiento hidráulico y su interacción con el entorno, pero requiere de un buen diseño para evitar saturaciones prolongadas que deterioren su vida útil (Herrera, 2024).

d) Permeabilidad.

Una de sus características físicas más notables es su alta permeabilidad, es decir, que el agua fluye fácilmente a través de la estructura del concreto (coeficientes mayores de 0.2 a 1 cm/s). Esta capacidad ayuda a manejar escorrentías, disminuir inundaciones superficiales y recargar acuíferos, convirtiéndose en un elemento esencial en proyectos de infraestructura sostenible (Herrera, 2024).



e) **Peso unitario.**

El peso unitario del concreto permeable normalmente oscila entre 1500 y 2000 kg/m³, como resultado de su porosidad y su bajo contenido de materiales densos. Este bajo peso lo hace ideal para estructuras en donde se desea disminuir cargas verticales o se necesita un material ligero sin tener que recurrir a concretos especiales (Herrera, 2024).

2.2.2.4. **Aplicaciones en infraestructura sostenible**

El concreto permeable se usa en infraestructura sostenible para manejar aguas pluviales, disminuir inundaciones urbanas y recargar acuíferos gracias a su capacidad de filtración. En áreas urbanas reduce la escorrentía superficial, alivia la carga sobre los sistemas convencionales de drenaje.

- **Pavimentos peatonales y ciclovías sostenibles:** El concreto permeable se aplica en veredas, caminos peatonales y ciclovías, ya que permite que el agua se filtre y así se evitan encharcamientos y se mejora la seguridad. Estas superficies crean espacios urbanos más limpios y agradables, reducen escorrentías y contribuyen a la movilidad sostenible.
- **Estacionamientos ecológicos:** Los aparcamientos son una de las aplicaciones más extendidas, ya que impermeabilizan grandes superficies urbanas. El concreto permeable previene el encharcamiento, favorece la recarga de acuíferos y disminuye la necesidad de sistemas de drenaje amplios. Además, ayuda a disminuir el efecto isla de calor urbano por su mayor reflectancia y porosidad.
- **Calles de bajo tránsito y accesos domiciliarios:** En lugares con poco tráfico, como calles de barrio, entradas de garajes o zonas comunes, el hormigón permeable puede resolver la gestión del agua de lluvia sin necesidad de drenajes convencionales, abaratando costes y favoreciendo la gestión sostenible del agua.
- **Espacios verdes urbanos y plazas públicas:** El material es perfecto para parques, plazas, atrios o jardines públicos porque permite que el agua se filtre al subsuelo,



ayuda a retener la humedad en el suelo y permite que la vegetación cercana se beneficie indirectamente. Su porosidad también disminuye encharcamientos y erosión superficial.

- **Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS):** El concreto permeable es una pieza fundamental de los SUDS, ya que funciona como un pavimento drenante que almacena temporalmente el agua en su interior para liberarla gradualmente hacia capas inferiores o hacia el suelo. Esto contribuye a reducir inundaciones, controlar caudales máximos y mejorar la gestión pluvial urbana.
- **Infraestructura vial en áreas ecológicas o protegidas:** En reservas naturales, ecoparques, zonas turísticas o áreas ambientalmente sensibles, el concreto permeable se aplica para reducir el impacto de la infraestructura en el medio ambiente. Su permeabilidad no interfiere con los patrones naturales de escurrimiento y permite un desarrollo compatible con el entorno.
- **Espacios deportivos y recreativos:** Se usa en campos deportivos, patios escolares y zonas de juego porque disminuye el riesgo de encharcamiento, mejora la seguridad del usuario y permite una recuperación más rápida tras la lluvia, evitando periodos largos de inactividad.
- **Bermas y áreas de amortiguación en carreteras:** Las bermas permeables dirigen la escorrentía hacia el subsuelo en lugar de hacia zanjas o alcantarillas, mejorando el drenaje vial. Estas aplicaciones son fundamentales para disminuir la erosión y mejorar la estabilidad del suelo adyacente a las vías (Simeon, 2024).

2.2.3. Polvo de concreto reciclado

Es el material fino que resulta de la trituración, molienda o desintegración de fragmentos de concreto de demolición, escombros de construcción, estructuras deterioradas o cortes de obra. Este polvo se compone principalmente de partículas muy finas (menores a 0.075 mm) de cemento hidratado, finos pulverizados y restos de aditivos

o impurezas del concreto original. Su granulometría fina y su naturaleza cementante lo distinguen de otros materiales reciclados.

El polvo reciclado en la elaboración de nuevos concretos puede llegar a mejorar algunas de sus propiedades, como la cohesión y la durabilidad. Su uso en mezclas de concreto reciclado mejora la resistencia estructural y la sostenibilidad, al disminuir la huella de carbono de las construcciones y fomentar la economía circular en el sector. Pero la cantidad de polvo reciclado que se puede mezclar tiene que ser controlada; en exceso puede alterar la trabajabilidad y la resistencia del concreto en que se aplica.

Técnicamente, el polvo reciclado tiene propiedades químicas y físicas que pueden afectar significativamente las mezclas de concreto fresco, ya que puede funcionar como relleno, sustituto parcial de agregados o incluso como material ligeramente puzolánico por las fases reactivas del cemento hidratado que contiene. Su adición puede mejorar la cohesión y la densidad de la matriz, pero también puede alterar su porosidad, resistencia mecánica y trabajabilidad, en función de la cantidad utilizada y las condiciones de procesamiento (Portillo, 2024).

El polvo de concreto presenta las siguientes propiedades:

Tabla 2

Propiedades del polvo de concreto reciclado

Tipo de propiedad	Propiedad	Descripción técnica ampliada
Física	Granulometría	Polvo fino procedente de la trituración de concreto; partículas < 75 μm .
	Densidad aparente	Entre 2.4 y 2.7 g/cm^3 , cercana a la del cemento.
	Absorción	Alta debido a la presencia de pasta de cemento hidratada adherida.
	Morfología	Partículas angulares e irregulares que incrementan la fricción interna.
	Color	Gris claro a gris oscuro, similar al cemento viejo triturado.
Química	Hidróxidos y carbonatos	Presencia de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y CaCO_3 por la hidratación y carbonatación del cemento original.
	Sílice (SiO_2)	Presente en áridos originales; contribuye parcialmente a reactividad.
	Alúmina y óxidos menores	Contenido reducido comparado con la ceniza de carbón; baja actividad puzolánica.
	Sulfatos	Pueden estar presentes por la composición del cemento original.
	Reactividad química	Limitada; actúa más como relleno que como puzolana.



Mecánica	Contribución a resistencia	Incremento moderado por efecto de relleno; menor que la de adiciones puzolánicas.
	Compactabilidad	Mejora la cohesión y reduce vacíos finos en la matriz cementicia.
	Trabajabilidad	Puede disminuir por textura rugosa y alta absorción.
	Durabilidad	Contribuye a reducir permeabilidad si se usa en porcentajes controlados.
	Efecto en resistencia a tracción y flexión	Aumento leve por mejora en la densificación de la mezcla.

Nota. Tomada de (Medina, 2025).

El concreto permeable con áridos reciclados puede conservar o incluso mejorar el comportamiento hidráulico en comparación con mezclas con áridos naturales. Esto se debe a la forma angular y la superficie rugosa de las partículas recicladas, las cuales crean canales interconectados por donde puede fluir el agua. Sin embargo, si el contenido de finos es alto, se puede reducir la infiltración con el tiempo por colmatación. Un buen lavado y clasificado de los agregados antes de ser utilizados es fundamental para asegurar un flujo continuo de agua.

2.2.3.1. Propiedades en mezclas cementicias

El PCR se comporta principalmente como un material microfiller, capaz de rellenar los espacios entre partículas más grandes y mejorar la compactación y disminuir la porosidad inicial de la mezcla. Debido a su alta superficie específica y a su rugosidad, se incrementa la demanda de agua, reduciéndose la trabajabilidad si no se modifica la relación agua/cemento o se utilizan aditivos reductores de agua. Cuando se emplea en porcentajes controlados (5 %-15 %), mejora la densificación de la pasta, pero en porcentajes elevados da lugar a pastas más secas, menos fluidas y con riesgo de segregación.

Químicamente, el PCR está compuesto por fases hidratadas como C-S-H, hidróxido de calcio y carbonatos producto de la carbonatación natural. Si bien su reactividad es inferior al cemento Portland, puede tener cierta reactividad puzolánica si contiene fracciones de sílice reactiva. Esta interacción apoya en la formación de nuevos productos secundarios de hidratación, reforzando la matriz con el tiempo. Además, los



carbonatos promueven la nucleación de cristales C-S-H, acelerando el endurecimiento temprano. Pero el menor grado de alcalinidad del PCR puede disminuir su capacidad de protección contra la corrosión del acero en estructuras (Medina, 2025).

El PCR puede ser beneficioso o perjudicial, dependiendo de la dosis. En pequeñas cantidades se comporta como un buen relleno, disminuyendo la porosidad y mejorando la resistencia a la compresión por una matriz más densa. También puede ayudar a la cohesión interna por la rugosidad de sus partículas. Sin embargo, por ser poco reactivo y no conferir resistencia por hidratación propia, altas sustituciones del cemento pueden provocar reducciones significativas de resistencia mecánica, sobre todo a edades tempranas. Además, su presencia puede disminuir ligeramente el módulo de elasticidad del concreto, ya que son partículas frágiles y poco rígidas.

La PCR puede mejorar algunas propiedades de durabilidad, al disminuir su permeabilidad cuando se usa como microfiller, en porcentajes moderados. Pero si se abusa, la estructura interna se vuelve más porosa, ya que absorbe más material y, por lo tanto, es más vulnerable a la penetración de cloruros, sulfatos y gases de carbonatación. Su variabilidad química también puede influir en la resistencia a ciclos hielo-deshielo o ambientes agresivos si no se controla su calidad y procedencia (Pastrana et al., 2019).

El PCR aumenta la viscosidad de la mezcla por su forma angular y alta absorción. Esto resulta en mezclas más cohesivas, pero menos fluidas, lo que puede dificultar su colocación y compactación, sobre todo en concretos de baja relación agua/cemento. Para compensar esto, se suele aumentar la dosificación de aditivos plastificantes o variar la proporción de áridos finos.

Como el PCR es menos reactivo que el cemento Portland, las mezclas que lo contienen generalmente reducen el calor de hidratación, lo cual es ventajoso en elementos masivos o en climas cálidos para evitar fisuraciones térmicas (Pastrana et al., 2019).



2.2.3.2. Ventajas y desventajas del polvo de concreto reciclado

Ventajas:

- Sostenibilidad ambiental: El PCR posibilita la reutilización de escombros de construcción y demolición, disminuyendo así la cantidad de residuos que se envían a vertederos y se evita la extracción de materias primas naturales. Aporta directamente a la economía circular en el sector de la construcción.
- Disminuir el uso de cemento Portland: Al ser utilizado como sustituto parcial del cemento o como filler mineral, se reduce la demanda de cemento y, por ende, las emisiones de CO₂ relacionadas con su producción.
- Aumenta la densificación de la matriz cementicia. Debido a su fineza, el PCR funciona como microfiller, llenando los espacios entre partículas mayores y mejorando la densidad del concreto. Esto puede mejorar la resistencia a la compresión y disminuir la porosidad cuando se incorpora en cantidades adecuadas (5 %-15 %).
- Ayuda a hacer un mejor uso de los recursos: Su implementación apoya la utilización eficiente de materiales ya existentes y disminuye los costos relacionados con la disposición final de residuos y la adquisición de materiales vírgenes.
- Compatible con mezclas cementicias: Por haber sido elaborado a partir de concreto endurecido, su química es similar a la del cemento Portland, por lo que se puede mezclar en concretos nuevos sin generar incompatibilidades químicas (Medina, 2025).

Desventajas:

- Material no siempre homogéneo: Elaborar un PCR implica conocer el tipo de concreto original, su grado de deterioro, exposición ambiental y presencia de impurezas. Esta variabilidad impacta en la dosificación, propiedades mecánicas y durabilidad del concreto final.



- Mayor necesidad de agua en la mezcla: Debido a su porosidad y gran superficie específica, el PCR aumenta la absorción de agua del concreto fresco, disminuyendo su trabajabilidad y obligando a modificar la relación agua/finos o a utilizar aditivos plastificantes.
- Reducción de resistencia en altos porcentajes de sustitución: Cuando se emplea en más del 20 % en sustitución del cemento, la resistencia a la compresión puede verse reducida por ser menos reactivo e hidratable que el cemento Portland.
- Posible presencia de contaminantes: Si la elección y manipulación del material no se supervisan, pueden aparecer cloruros, sulfatos, restos de acero oxidado o partículas no deseadas que comprometan la durabilidad del concreto.
- Disminución del módulo de elasticidad: El PCR se compone de finas partículas de mortero hidratado, lo que resulta en una pequeña reducción de la rigidez del concreto cuando se utiliza en altas proporciones.
- Efecto sobre la permeabilidad del concreto: Una dosificación incorrecta puede saturar la estructura de poros, en especial en concretos permeables o drenantes, disminuyendo su capacidad hidráulica y deteriorando su funcionamiento (Medina, 2025).

2.2.4. Ceniza de carbón

La ceniza de carbón es un residuo mineral que se produce cuando se quema carbón mineral para generar electricidad en centrales térmicas. En la combustión, los minerales del carbón (sílice, alúmina, óxidos de hierro y calcio) se funden parcialmente y se solidifican al enfriarse, generando partículas finas y ligeras que son arrastradas por los gases de combustión o se depositan en el fondo de las cámaras de combustión. Estas partículas son capturadas por filtros electrostáticos o mecánicos, y generalmente se clasifican en ceniza volante (fly ash), más fina y esférica, y ceniza de fondo (bottom ash), más gruesa e irregular (Espinoza, 2018).



La ceniza de carbón es una ceniza con propiedades físicas y químicas que la hacen susceptible de ser utilizada en la ingeniería civil. Físicamente, la ceniza volante se caracteriza por su finura, color gris y forma esférica de sus partículas, las cuales funcionan como microesferas que mejoran la fluidez y trabajabilidad de las mezclas cementicias. Su baja densidad, gran finura y suavidad al tacto la convierten en un excelente material cementante suplementario. Por el contrario, la ceniza de fondo es más gruesa, angular y menos reactiva, empleándose como árido o material de relleno.

Químicamente, la ceniza de carbón es rica en dióxido de silicio(SiO_2), óxido de aluminio(Al_2O_3) y óxidos de hierro(Fe_2O_3), que le otorgan propiedades puzolánicas (en especial a la ceniza volante clase F) y que permiten que reaccione utilizando el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento Portland para formar compuestos cementantes como los geles de silicato cálcico hidratado (C-S-H) y contribuyendo al desarrollo de resistencias mecánicas y a la mejora de la microestructura en mezclas cementicias (Flórez, 2022).

Pero además de su beneficio técnico, la ceniza de carbón es un material valioso ambientalmente, ya que su utilización reduce la disposición de residuos industriales en vertederos, disminuye el consumo de cemento Portland y ayuda a disminuir la huella de carbono en la construcción. Por ser tan fino, esférico y compatible químicamente, se emplea como material cementante suplementario (SCM) en concretos y morteros para mejorar la trabajabilidad, disminuir la permeabilidad y aumentar la durabilidad de las mezclas. Su adición es particularmente efectiva en hormigones permeables, en los que su forma permite mejorar la distribución de poros sin bloquearlos (Flórez, 2022).

2.2.4.1. Propiedades de la ceniza de carbón

- Principalmente de naturaleza óxida: La ceniza de carbón está formada principalmente por SiO_2 (sílice), Al_2O_3 (alúmina) y Fe_2O_3 (óxido férrico); la suma de estos tres óxidos

generalmente supera el 70%, lo que la define como puzolana tipo F o tipo C de acuerdo con la norma ASTM C618.

- Carbón no quemado: Es muy variable y repercute en la trabajabilidad, absorción y demanda de agua en las mezclas; valores altos deterioran la calidad de la ceniza.
- Alcalinidad: Presenta bajos contenidos de CaO, MgO, K₂O y Na₂O, que afectan la reactividad y compatibilidad con algunos aditivos químicos.
- Actividad puzolánica: Su alto contenido de sílice amorfa puede reaccionar con la cal liberada durante la hidratación del cemento, formando productos cementantes adicionales (C-S-H) y mejorando la resistencia y durabilidad.
- Estabilidad química: Es poco soluble y resistente a la corrosión química cuando se encuentra incorporada en matrices cementicias.

Tabla 3*Propiedades de la ceniza de carbón*

Tipo de propiedad	Propiedad	Descripción técnica ampliada
Física	Granulometría	Polvo fino; partículas entre 1–150 µm.
	Densidad aparente	Entre 2.1 y 2.6 g/cm ³ .
	Finura	Alta; la mayoría pasa tamiz N° 200.
	Forma de partículas	Generalmente esféricas; mejora la fluidez.
	Color	Gris claro a negro según contenido de carbono.
Química	Sílice (SiO ₂)	Componente principal; aporta actividad puzolánica.
	Alúmina (Al ₂ O ₃)	Junto con la sílice mejora la reactividad.
	Óxidos de hierro (Fe ₂ O ₃)	Contribuye a la clasificación ASTM (Tipo F o C).
	Cal (CaO)	Presente en menor proporción; influye en reactividad.
	Carbono no quemado	Variable; puede afectar demanda de agua y calidad
Mecánica	Alcalinidad (Na ₂ O, K ₂ O)	En pequeñas cantidades; influye en compatibilidad química.
	Resistencia inicial	Baja en primeras edades por hidratación lenta.
	Resistencia a largo plazo	Aumenta por reacción puzolánica (28–90 días).
	Durabilidad	Mejora densificando la matriz y reduciendo permeabilidad
	Trabajabilidad	Incrementa debido a partículas esféricas.
Resistencia a tracción y flexión	Leve mejora por refinamiento microestructural.	

Nota. Tomada de (Angaspilco et al., 2021).



2.2.4.2. Composición mineralógica y su influencia en el concreto permeable

La ceniza de carbón está formada mineralógicamente por fases cristalinas (cuarzo SiO_2 , mullita $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, hematita Fe_2O_3 , magnetita Fe_3O_4 , cal libre CaO , yeso CaSO_4) y una importante fracción amorfa rica en sílice y alúmina muy reactivas, que le confieren su actividad puzolánica. En el concreto permeable, estas etapas impactan directamente en su comportamiento: sílice y alúmina amorfas reaccionan con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento para formar geles C-S-H adicionales que densifican la matriz y mejoran la resistencia a la compresión y reducen su porosidad interna sin afectar significativamente su permeabilidad global. Los minerales cristalinos (cuarzo, mullita, etc.) le confieren estabilidad térmica y resistencia química, y pequeñas cantidades de hematita o magnetita pueden mejorar la microestructura sin modificar su carácter drenante.

La presencia controlada de cal libre favorece un fraguado más rápido, pero en exceso puede provocar expansiones indeseables; por su parte, el yeso asegura la estabilidad de hidratación, pero su proporción debe ser controlada para prevenir expansiones. En conjunto, la ceniza de carbón mejora la estructura y durabilidad del concreto permeable, extendiendo su vida útil y resistencia mecánica, siempre y cuando exista un balance en su compactación, porosidad y reactividad (Cueto, 2023).

2.2.4.3. Ventajas y desventajas del uso de la ceniza de carbon

Ventajas:

- Aprovechamiento de residuos industriales: Posibilita la reutilización de un residuo de centrales termoeléctricas, disminuyendo la necesidad de disposición final y atenuando el impacto ambiental.
- Disminuir el uso de cemento: Su propiedad puzolánica es capaz de reemplazar parcialmente al cemento Portland, reduciendo costos y la huella de carbono en la construcción.



- Mejora la trabajabilidad: Las partículas esféricas de la ceniza mejoran la trabajabilidad de las mezclas, haciéndolas más fáciles de colocar y compactar.
- Mayor durabilidad: Disminuye la permeabilidad, mejora la resistencia a ataques químicos y ayuda a formar microestructuras más densas.
- Aumento de resistencias a largo plazo: La reacción puzolánica crea más productos cementantes con el tiempo.
- Promover la economía circular: Promueve la sostenibilidad incorporando materiales reciclados en aplicaciones de ingeniería.
- Mejor comportamiento frente a ciclos térmicos: Su presencia refuerza la estabilidad del concreto ante variaciones térmicas y procesos de deterioro (Arapa, 2024).

Desventajas:

- Baja resistencia inicial: La reacción puzolánica es lenta; disminuye las resistencias en edades tempranas (1-7 días).
- Variabilidad en su composición: La composición de la ceniza varía según el tipo de carbón, sistema de combustión y método de captación, dando lugar a una ceniza no homogénea.
- Presencia de carbono no quemado: Altos niveles pueden alterar la trabajabilidad, demandar más agua y disminuir la efectividad de los aditivos químicos.
- Posibles riesgos de metales pesados: Si no se controlan, algunas cenizas pueden contener restos de metales que necesitan ser tratados o certificados de antemano.
- Mayor necesidad de agua en algunas mezclas: Según su finura, puede aumentar la absorción y alterar la relación agua/material cementante.
- Necesidad de control granulométrico: Para asegurar una buena pozolanidad, en ocasiones necesita molienda extra, aumentando los costos de procesamiento.



- Polvo que desprenden al manipularlos: Antes de ser mezclada, puede llegar a producir material particulado que debe ser controlado para prevenir problemas ambientales o de salud (Arapa, 2024).

2.3. Marco conceptual

- Concreto permeable.** - Es un tipo de material cementante con alta porosidad que permite el agua filtrarse a través de su estructura, favoreciendo el drenaje y disminuyendo la escorrentía superficial. Su formulación elimina o reduce la fracción fina para crear interconexión de poros, siendo idóneo para pavimentos sostenibles en áreas urbanas. Sus características están en función de la relación agua/cemento, el tamaño del agregado grueso y la estabilidad de la pasta ligante.
- Ceniza de carbón.** - Es un residuo de la combustión de carbón mineral en centrales termoeléctricas. Está compuesto principalmente por sílice y alúmina amorfa, que le dan propiedades puzolánicas, es decir, que reacciona con el hidróxido de calcio del cemento para formar compuestos que contribuyen a la resistencia y durabilidad del concreto. Su forma esférica y de tamaño muy pequeño mejora la trabajabilidad y su utilización disminuye el impacto ambiental por la disposición final.
- Infraestructura sostenible.** - La infraestructura sustentable hace uso eficiente de los recursos, minimiza los impactos ambientales y fortalece la resiliencia de las edificaciones. El concreto permeable con agregados reciclados apoya estos objetivos al mejorar el manejo del agua, usar materiales de bajo impacto y extender la vida útil del pavimento, haciéndolo parte de las ciudades verdes.
- Permeabilidad.** - La porosidad es el porcentaje de espacios vacíos interconectados en un material, y la permeabilidad es la capacidad del material de permitir el flujo de agua a través de sus poros. En permeable, ambos son determinantes en el comportamiento



hidráulico del pavimento. La adición de suplementos finos (PCR o ceniza) puede cambiar la microestructura de la pasta, afectando indirectamente la estabilidad de los poros macroscópicos.

- e. **Polvo de concreto reciclado.** - Es un material fino que se produce al moler y pulverizar los restos de concreto de demoliciones o de plantas de recuperación de materiales. Está formado por fragmentos de pasta de cemento hidratada, finos áridos y productos de carbonatación. Por su composición química y forma irregular, es utilizado principalmente como material de relleno y en menor medida como adición reactiva, densificando la matriz cementicia y contribuyendo a la sostenibilidad por medio de la reutilización de residuos.
- f. **Propiedades físicas del concreto.** - Densidad, absorción, trabajabilidad, estabilidad volumétrica. En hormigón permeable, estas características dependen en gran medida de la granulometría de los áridos y de la pasta cementante. La presencia de materiales finos (PCR o ceniza) influye en la retención de agua, cohesión y grado de compactación para sostener la estructura porosa.
- g. **Propiedades mecánicas del concreto.** - Las propiedades mecánicas informan sobre la capacidad del concreto para soportar cargas, deformarse y fallar, siendo la resistencia a la compresión, tensión y flexión las más importantes. En concreto permeable, estas características suelen ser inferiores al concreto ordinario por su alta porosidad. La ceniza de carbón o PCR puede aumentar la capacidad portante por mejorar el contacto entre agregados y la cohesión de la pasta.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

El estudio tiene un enfoque cuantitativo porque se centra en la medición y análisis de variables específicas, como las propiedades del concreto permeable al incorporar polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón.

El enfoque cuantitativo es un tipo de investigación que implica la recopilación y el análisis de datos numéricos para descubrir patrones, relaciones y tendencias en un fenómeno determinado. Su propósito es medir, cuantificar y generalizar los resultados a una muestra representativa de la población. Este método se basa en la objetividad, exactitud y replicabilidad de los resultados, usando estadísticas y matemáticas para analizarlos. Este tipo de diseño se usa más en investigaciones que pretenden una visión amplia y generalizable del fenómeno estudiado (Baena, 2020).

3.2. Tipo de la investigación

El estudio presenta un tipo aplicada, porque se buscó resolver un problema concreto relacionado con la sostenibilidad y la mejora de las propiedades del concreto permeable utilizando materiales reciclados, como el polvo de concreto reciclado y la ceniza de carbón.



La investigación aplicada busca resolver problemas prácticos y específicos utilizando el conocimiento teórico existente. Su propósito es resolver problemas prácticos inmediatos, en contraste con la investigación básica, que busca crear conocimiento sin una aplicación específica. La investigación aplicada se puede llevar a cabo en campos como la medicina, la ingeniería, la educación, las ciencias sociales, etc., y utiliza la experimentación, la observación y la recogida de datos para resolver problemas prácticos. Los estudios aplicados pueden ser cuantitativos o cualitativos, según el problema y la solución que se necesite (Baena, 2020).

3.3. Nivel de la investigación

El estudio es de nivel explicativo, porque se buscó no solo describir, sino también entender y explicar la relación entre la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en las propiedades del concreto permeable.

El nivel explicativo de la investigación busca conocer las causas y los factores que determinan un problema. Este nivel no solo pretende describir, sino también explicar las correlaciones de causa-efecto entre variables. Se sumerge en la comprensión de cómo y por qué sucede algo, lo que lleva a desarrollar teorías o modelos que expliquen los mecanismos en juego. Para ello, se aplican métodos analíticos y experimentales para verificar hipótesis y determinar relaciones entre las cosas. Aquí la investigación trasciende la mera observación o descripción para intentar establecer explicaciones generalizables y verificables (Baena, 2020).

3.4. Diseño de la investigación

Es diseño experimental, porque se basó en la manipulación y control de variables para observar los efectos específicos de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en las propiedades del concreto permeable.



El diseño experimental es un tipo de investigación en la que se manipulan variables para ver cómo influyen en otras. Su propósito es hacer asociaciones de causa y efecto entre las variables independientes (las que se manipulan) y las variables dependientes (las que se miden). Este diseño permite a los investigadores poner a prueba hipótesis de forma rigurosa, manipulando variables independientes y controlando variables extrañas que pudieran contaminar los resultados. Los grupos experimentales y de control, así como la asignación aleatoria de los participantes, son fundamentales para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados. Los diseños experimentales pueden ser simples, con una sola variable independiente, o más complejos, con múltiples variables (Baena, 2020).

3.5. Método de la investigación

La investigación es de un método científico, porque sigue un proceso riguroso para investigar cómo la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón afecta las propiedades del concreto permeable.

El método científico es un proceso sistemático para investigar fenómenos, adquirir nuevos conocimientos y verificar teorías a través de la observación, experimentación y análisis. Busca ofrecer una forma objetiva y reproducible de investigar preguntas y resolver problemas, evitando la interpretación subjetiva de los resultados. El método parte de una hipótesis, recoge datos a través de la observación o la experimentación y los analiza para extraer conclusiones verificables y generalizables. Este proceso implica: identificación del problema, revisión bibliográfica, formulación de hipótesis, diseño y ejecución de experimentos, análisis de datos y, finalmente, conclusiones y divulgación (Iglesias, 2021).

3.6. Población y muestra

3.5.1. Población

La población (en estadística) es el conjunto total de elementos o individuos que tienen una característica en común en un determinado contexto o estudio. Esta puede estar



integrada por individuos, animales, plantas o incluso objetos no vivos, según el campo de estudio. La población es un término fundamental en el muestreo, pues es el conjunto del cual se toman muestras para hacer generalizaciones. Demográficamente, la población también se refiere al número de personas que viven en un área geográfica específica (país, región, ciudad, etc.) en un momento dado (Iglesias, 2021).

La población está compuesta por todos los concretos permeables de la provincia de Puno, y también concretos permeables modificados con la aplicación de materiales reciclados.

3.5.2. *Muestra*

Un subconjunto de una población que se elige para ser estudiado o investigado. La razón de usar una muestra en vez de toda la población es para gastar menos tiempo, dinero y esfuerzo en la recolección y análisis de datos. Es crucial que la muestra sea representativa para que los resultados puedan ser extendidos a la población en su totalidad. Según el tipo de investigación, la muestra puede ser aleatoria, estratificada, por conveniencia, entre otros tipos de muestreo. El tamaño de la muestra es determinante: una muestra muy pequeña puede no ser representativa; una muestra muy grande puede ser costosa y compleja (Iglesias, 2021).

La muestra se compone de los grupos experimentales de especímenes de concreto permeable que fueron fabricados y ensayados para obtener los datos de la investigación.

- Muestra patrón.
- Muestras con 3%, 5% y 7% de polvo de concreto reciclado.
- Muestras con 3%, 5% y 7% de ceniza de carbón.



Tabla 4

Muestras Roturas a compresión PCR

Polvo de concreto reciclado				
	7 días	14 días	28 días	
Control	5	5	5	15
3%	5	5	5	15
PCR 5%	5	5	5	15
7%	5	5	5	15
Total				60

Tabla 5

Muestras Roturas a compresión CC

Ceniza de carbón				
	7 días	14 días	28 días	
Control	5	5	5	15
3%	5	5	5	15
CC 5%	5	5	5	15
7%	5	5	5	15
Total				60

3.7. Técnicas

Los procedimientos y métodos sistemáticos empleados para recopilar, examinar e interpretar información con la intención de adquirir conocimiento acerca de un proceso, problema o fenómeno específico se conocen como técnicas de investigación. Dependiendo del tipo de estudio, los objetivos y la perspectiva del investigador, estas técnicas pueden ser cualitativas o cuantitativas. Las técnicas más frecuentes abarcan, entre otras, las encuestas, la observación, el análisis de contenido, la experimentación, las entrevistas y el análisis estadístico. Cada una de ellas se ajusta a las cualidades del estudio y posibilita la obtención de resultados que contribuyan a contestar las preguntas planteadas en la investigación (Iglesias, 2021).

- Observación directa.
- Análisis documental.
- Ensayos de laboratorio.



3.8. Instrumentos

Herramientas diseñadas para recoger, medir y registrar datos en el proceso de investigación. Estas herramientas proporcionan información exacta y pertinente sobre las variables en estudio, lo que permite analizarlas e interpretarlas. Entre ellos se encuentran cuestionarios, encuestas, entrevistas, escalas, registros de observación, guías de discusión, tests estandarizados. La elección de un instrumento está determinada por el tipo de investigación y el diseño metodológico que se utilice (cuantitativo, cualitativo o mixto). Elaborar instrumentos de investigación con rigor para garantizar que las preguntas o tareas sean claras, pertinentes y en consonancia con los objetivos de la investigación (Iglesias, 2021).

- Cono de Abrams.
- Máquina de Ensayo de Compresión.
- Balanza de Precisión.
- Moldes.
- Vernier.
- Cronometro.
-

3.9. Plan de recolección y procesamiento de datos

❖ Obtención de los agregados

Los agregados usados en la presente investigación fueron extraídos de la cantera Cutimbo, ubicada aproximadamente en el km 23 de la carretera Puno-Laraqueri. Esta cantera se caracteriza por la calidad de sus materiales, los cuales son aptos para la elaboración de concreto permeable. Se eligió esta fuente por la accesibilidad y las propiedades del material, las cuales son apropiadas para los fines de la investigación.

❖ Obtención del polvo de concreto reciclado

El polvo de concreto reciclado se consiguió de los escombros de construcciones de la ciudad de Puno. Estos residuos se recogieron en sacos y se trituraron manualmente con

las herramientas de seguridad (guantes y mascarilla) para no inhalar el polvo. Para la molienda se utilizó un combo, con el cual se pudo obtener el material necesario en trozos más pequeños.

Figura 1

Polvo de concreto reciclado



Luego, el material triturado se tamizó por una malla N° 200, para separar las partículas más finas y conseguir el polvo de concreto reciclado. Este polvo, todo lo que pasa por la malla N° 200, fue el material final empleado en la investigación, asegurando que poseyera la granulometría apropiada para ser incorporado en las mezclas de concreto permeable.

Para la realización de este estudio, se utilizó un aproximado de **6 kilogramos** de polvo de concreto reciclado.

Según Pastrana et al., (2019) , los componentes de las cenizas de carbón son los siguientes:

- SiO_2 (dióxido de silicio)
- Al_2O_3 (óxido de aluminio)
- Fe_2O_3 (óxido de hierro)
- CaO (óxido de calcio)
- MgO (óxido de magnesio)
- Na_2O (óxido de sodio)

- K_2O (óxido de potasio)
- SO_3 (trióxido de azufre)
- PI (Índice de Puzolanidad)

❖ Obtención de la ceniza de carbón

El carbón utilizado en la investigación se compró en el mercado de la ciudad de Puno, donde se vende en sacos. Una vez adquirido el material, se transportó al lugar de la investigación. Para su elaboración se trituró manualmente con un combo para reducir el tamaño del carbón a partículas más pequeñas. Esta molienda fue esencial para garantizar la homogeneidad del material.

Una vez molido el carbón, se tamizó para separar las partículas por tamaños. Para este proceso se usó una malla #200, la cual filtró las partículas más pequeñas. El material que atravesó esta malla fue el que se eligió para este estudio, ya que tenía la granulometría ideal para las pruebas posteriores. Y así se logró la ceniza de carbón que se usará en la investigación para estudiar sus características y cómo se desempeñan en las pruebas de laboratorio.

Se empleó un aproximado de **6 kilogramos** de cenizas de carbón.

Figura 2

Cenizas de carbón





Según Simeon (2024), los componentes de las cenizas de carbón son los siguientes:

- SiO_2 (dióxido de silicio)
- FeO (óxido de hierro)
- Al_2O_3 (óxido de aluminio)
- SO_4 (sulfatos)
- CaO (óxido de calcio)
- MgO (óxido de magnesio)
- K_2O (óxido de potasio)
- Na_2O (óxido de sodio).

3.7.1. Ensayos realizados

- **Análisis Granulométrico (ASTM C-136 y NTP 400.012)**

El análisis granulométrico busca establecer la proporción de partículas gruesas y finas de un agregado. Esto es determinante para el concreto permeable, ya que la granulometría influye en la permeabilidad, es decir, en la cantidad de agua que puede atravesarlo. El análisis granulométrico es capaz de generar las curvas granulométricas de los agregados, optimizando la porosidad del concreto.

- **(Peso Específico) y Absorción -Agregado Grueso (ASTM C127 y NTP 400.021)**

Determinar la densidad relativa y el porcentaje de absorción del agregado grueso saturado durante 24 horas. Estos parámetros son determinantes para conocer la influencia del tamaño máximo del agregado grueso en el diseño de mezcla del concreto permeable, en especial en su capacidad de absorción de agua y su efecto en la durabilidad del concreto.

- **(Peso Específico) y Absorción -Agregado Fino (ASTM C128 y NTP 400.022)**

En este caso, el ensayo tiene como objetivo determinar la densidad relativa y la absorción del agregado fino. Estos datos sirven para ajustar la mezcla; el



comportamiento del agregado fino al absorber agua puede influir en la trabajabilidad y en las características finales del concreto permeable.

- **Contenido de Humedad del Agregado Grueso y Fino (ASTM C566 y NTP 399.185)**

Esta prueba se realiza para secar los agregados y luego determinar su contenido de humedad. Es determinante, ya que afecta la relación agua/cemento de la mezcla y, por lo tanto, las características del concreto. El control de la humedad en los agregados es fundamental para obtener un concreto con las propiedades deseadas.

- **Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino y Grueso (ASTM C-29 y NTP 400.017)**

El objetivo de este ensayo es calcular el peso unitario de los agregados finos y gruesos tanto en estado suelto como compactado. Este parámetro es crucial para el diseño de la mezcla, ya que afecta la proporción de los agregados en el concreto y, por lo tanto, su densidad y resistencia.

- **Diseño de Mezcla**

El diseño de mezcla de concreto permeable se basa en las recomendaciones de la ACI 522-10, que proporciona una técnica específica para obtener las proporciones adecuadas de los componentes del concreto, buscando optimizar la permeabilidad sin comprometer la resistencia.

- **Medición del Asentamiento del Concreto Fresco con Cono de Abrams (NTP 339.035 y ASTM C143)**

La elaboración y curado adecuados de los especímenes de concreto son esenciales para el desarrollo de las propiedades del concreto permeable. El curado ayuda a mantener la hidratación del cemento, lo que es crucial para lograr la resistencia y durabilidad necesarias sin afectar la permeabilidad del concreto. Este proceso debe realizarse de acuerdo con las normas establecidas para asegurar la calidad del concreto permeable.

- **Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto (NTP 339.033 y ASTM C31)**



Elaboración y curado adecuados de los especímenes de concreto son determinantes para el desarrollo del concreto permeable. El curado permite que el cemento se mantenga hidratado y así alcance la resistencia y durabilidad deseadas sin alterar la permeabilidad del concreto. Este procedimiento se debe llevar a cabo siguiendo las normas establecidas para garantizar la calidad del concreto permeable.

- **Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto (NTP 339.034 y ASTM C39)**

La resistencia a la compresión es el principal ensayo de control de calidad del concreto. Si bien en el concreto permeable no sólo interesa la resistencia, el concreto debe ser capaz de soportar cargas estructurales sin sacrificar su capacidad de drenaje. Esta prueba verifica que el concreto alcance la resistencia especificada y conserve su permeabilidad.

- **Determinación de la permeabilidad ACI 522R-10**

Para determinar la permeabilidad, se envolvió la probeta en una bolsa para evitar que el agua se filtrara por los costados. Luego, se aplicaron cargas de agua y se midió tanto la cantidad de agua como el tiempo que tardaba en infiltrarse completamente, de acuerdo con la norma ACI 522R-10.

3.7.2. Procesamiento y análisis de datos

Es el conjunto de operaciones que se aplican para recoger, organizar, limpiar, transformar y examinar los datos recogidos en la investigación, con el objetivo de extraer información que permita dar respuesta a las preguntas de la investigación. Esto implica el uso de métodos estadísticos y matemáticos para dar sentido a los datos y encontrar asociaciones entre ellos, en busca de patrones, tendencias o anomalías que ayuden a confirmar las hipótesis o llegar a conclusiones. En la tesis sobre concreto permeable, el tratamiento y análisis de datos determinará cómo influyen las variables (proporción de materiales: polvo de concreto reciclado, ceniza de carbón y agregados).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos

Se presentan los resultados del concreto permeable con la incorporación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón vegetal, en proporciones de 3%, 5% y 7%. Los resultados obtenidos permiten analizar cómo la variación en las proporciones de estos materiales afecta el comportamiento del concreto permeable, ofreciendo una visión más clara de su potencial uso en aplicaciones sostenibles.

Tabla 6

Diseño de mezclas de un concreto permeable $f'c$ 175 kg/cm²

Componentes	Dosificación		Proporción	Dosificación	
	Seco		Vol	Húmedo	
	(Kg/m ³)		SECO	(Kg/m ³)	
Cemento	306.64		1.00	306.64	
Agua	122.65		0.40	71.77	
Ag. Grueso	1303.34		4.25	1344.90	
Ag. Fino	144.82		0.47	151.88	
Aire	20.0	%		20.0	%

La tabla presenta el diseño de mezclas para un concreto permeable con resistencia de 175 kg/cm². En ella, se detallan los componentes del concreto, especificando la dosificación.

Tabla 7*Diseño de mezclas de un concreto permeable con el polvo de concreto*

Componentes	Diseño base (kg/m ³)	Diseño con 3% PCR (kg/m ³)	Diseño con 5% PCR (kg/m ³)	Diseño con 7% PCR (kg/m ³)
Cemento	306.64	306.64	306.64	306.64
Agua	71.77	71.77	71.77	71.77
Ag. Grueso	1344.9	1344.9	1344.9	1344.9
Ag. Fino	151.88	151.88	151.88	151.88
Polvo de concreto reciclado	0	9.20	15.33	21.46

Se presenta el diseño de mezclas con la inclusión de polvo de concreto reciclado (PCR) en diferentes proporciones: 3%, 5% y 7%, esta adición se realizó respecto al cemento. Se comparan los valores de dosificación para cada diseño, destacando que la cantidad de polvo de concreto reciclado aumenta conforme se incrementa su proporción, pasando de 9.20 kg/m³ en el diseño con 3% de PCR hasta 21.46 kg/m³ en el diseño con 7% de PCR.

Tabla 8*Diseño de mezclas de un concreto permeable con el polvo de ceniza de carbón*

Componentes	Diseño base (kg/m ³)	Diseño con 3% CC (kg/m ³)	Diseño con 5% CC (kg/m ³)	Diseño con 7% CC (kg/m ³)
Cemento	306.64	306.64	306.64	306.64
Agua	71.77	71.77	71.77	71.77
Agreg. Grueso	1344.9	1344.9	1344.9	1344.9
Agreg. Fino	151.88	151.88	151.88	151.88
Ceniza de carbón	0	9.20	15.33	21.46

La tabla muestra el diseño de mezclas para un concreto permeable con la incorporación de polvo de ceniza de carbón (CC) en proporciones del 3%, 5% y 7%. A medida que aumenta el porcentaje de ceniza de carbón, también lo hace su dosificación, comenzando con 9.20 kg/m³ en el diseño con 3% hasta 21.46 kg/m³ en el diseño con 7%.



4.1.1. Trabajabilidad de concreto permeable

Tabla 9

Trabajabilidad del concreto permeable + polvo de concreto reciclado

Concreto permeable + (PCR)			
Muestra	Asentamiento cm	Consistencia	Trabajabilidad
MP	1.2	Seca	Poco trabajable
MP + 3%PCR	1.1	Seca	Poco trabajable
MP + 5%PCR	1.0	Seca	Poco trabajable
MP + 7%PCR	0.8	Seca	Poco trabajable

Se muestra la trabajabilidad del concreto permeable con diferentes proporciones de polvo de concreto reciclado (PCR). Con el crecimiento del porcentaje de PCR, el asentamiento del concreto disminuye y su consistencia se mantiene "seca", resultando en una trabajabilidad "poco trabajable" en todas las muestras.

Tabla 10

Trabajabilidad del concreto permeable + ceniza de carbón

Concreto permeable + ceniza de carbón (CC)			
Muestra	Asentamiento cm	Consistencia	Trabajabilidad
MP	1.2	Seca	Poco trabajable
MP + 3%CC	1.0	Seca	Poco trabajable
MP + 5%CC	0.8	Seca	Poco trabajable
MP + 7%CC	0.5	Seca	Poco trabajable

La tabla muestra la trabajabilidad del concreto permeable con diferentes porcentajes de ceniza de carbón (CC). A medida que aumenta el porcentaje de CC, el asentamiento del concreto disminuye, y la consistencia se mantiene "seca", resultando en una trabajabilidad "poco trabajable" en todas las muestras.



4.1.2. Roturas a compresión de concreto permeable

❖ Roturas a compresión muestra patrón (MP)

Tabla 11

Capacidades a compresión - Patrón – 7 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Patrón 1	20784	117.61		175
Patrón 2	20956	118.59		175
Patrón 3	20658	116.90	117.52	175
Patrón 4	20874	118.12		175
Patrón 5	20565	116.37		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras patrón. La resistencia promedio a los 7 días fue de 117.52 kg/cm², evidenciando una ligera variabilidad entre las muestras.

Tabla 12

Capacidades a compresión - Patrón – 14 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Patrón 1	27845	157.57		175
Patrón 2	27465	155.42		175
Patrón 3	27451	155.34	156.22	175
Patrón 4	27641	156.42		175
Patrón 5	27632	156.37		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras patrón. La resistencia promedio a los 14 días fue de 156.22 kg/cm², mostrando una ligera variabilidad entre las muestras.

Tabla 13

Capacidades a compresión - Patrón – 28 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Patrón 1	31158	176.32		175
Patrón 2	30854	174.60		175
Patrón 3	30968	175.24	174.95	175
Patrón 4	30745	173.98		175
Patrón 5	30852	174.59		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras patrón. La resistencia promedio a los 28 días fue de 174.95 kg/cm², mostrando una ligera variabilidad entre las muestras.

❖ Resistencia con polvo de concreto reciclado (PCR)

Tabla 14

Roturas a compresión, muestra + 3% de polvo de concreto reciclado – 7 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +3% de PCR	21456	121.42		175
Muestra +3% de PCR	21211	120.03		175
Muestra +3% de PCR	21565	122.03	121.82	175
Muestra +3% de PCR	21652	122.53		175
Muestra +3% de PCR	21754	123.10		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 3% de polvo de concreto reciclado y resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia a los 7 días fue de 121.82 kg/cm².

Tabla 15

Roturas a compresión, muestra + 3% de polvo de concreto reciclado – 14 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +3% de PCR	28653	162.14		175
Muestra +3% de PCR	28548	161.55		175
Muestra +3% de PCR	28965	163.91	162.87	175
Muestra +3% de PCR	29000	164.11		175
Muestra +3% de PCR	28745	162.66		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 3% de PCR y resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia a los 14 días fue de 162.87 kg/cm².

Tabla 16

Roturas a compresión, muestra + 3% de polvo de concreto reciclado – 28 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +3% de PCR	31547	178.52		175
Muestra +3% de PCR	31652	179.11		175
Muestra +3% de PCR	31457	178.01	178.21	175
Muestra +3% de PCR	31165	176.36		175
Muestra +3% de PCR	31644	179.07		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 3% de PCR. La resistencia promedio a los 28 días fue de 178.21 kg/cm².



Tabla 17

Roturas a compresión, muestra + 5% de polvo de concreto reciclado – 7 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +5% de PCR	22085	124.98		175
Muestra +5% de PCR	22232	125.81		175
Muestra +5% de PCR	22012	124.56	125.47	175
Muestra +5% de PCR	22178	125.50		175
Muestra +5% de PCR	22351	126.48		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 5% de PCR. La resistencia promedio a los 7 días fue de 125.47 kg/cm².

Tabla 18

Roturas a compresión, muestra + 5% de polvo de concreto reciclado – 14 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +5% de PCR	29545	167.19		175
Muestra +5% de PCR	29654	167.81		175
Muestra +5% de PCR	29745	168.32	167.85	175
Muestra +5% de PCR	29514	167.02		175
Muestra +5% de PCR	29853	168.93		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 5% de PCR a los 14 días. La resistencia promedio a los 14 días fue de 167.85 kg/cm².

Tabla 19

Roturas a compresión, muestra + 5% de polvo de concreto reciclado – 28 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +5% de PCR	32856	185.93		175
Muestra +5% de PCR	32745	185.30		175
Muestra +5% de PCR	32578	184.35	184.73	175
Muestra +5% de PCR	32586	184.40		175
Muestra +5% de PCR	32454	183.65		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 5% de PCR a los 28 días, con resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia promedio a los 28 días fue de 184.73 kg/cm².

Tabla 20

Roturas a compresión, muestra + 7% de polvo de concreto reciclado – 7 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +7% de PCR	22947	129.85		175
Muestra +7% de PCR	22756	128.77		175
Muestra +7% de PCR	22759	128.79	128.91	175
Muestra +7% de PCR	22887	129.51		175
Muestra +7% de PCR	22548	127.60		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 7% de PCR a los 7 días, con resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia promedio a los 7 días fue de 128.91 kg/cm².

Tabla 21

Roturas a compresión, muestra + 7% de polvo de concreto reciclado – 14 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +7% de PCR	30247	171.16		175
Muestra +7% de PCR	30087	170.26		175
Muestra +7% de PCR	30052	170.06	170.79	175
Muestra +7% de PCR	30145	170.59		175
Muestra +7% de PCR	30377	171.90		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 7% de PCR a los 14 días. La resistencia promedio a los 14 días fue de 170.79 kg/cm².

Tabla 22

Roturas a compresión, muestra + 7% de polvo de concreto reciclado – 28 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +7% de PCR	33145	187.56		175
Muestra +7% de PCR	33562	189.92		175
Muestra +7% de PCR	33256	188.19	188.89	175
Muestra +7% de PCR	33512	189.64		175
Muestra +7% de PCR	33421	189.12		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 7% de PCR a los 28 días. La resistencia promedio a los 28 días fue de 188.89 kg/cm².



❖ Resistencia con ceniza de carbón (CC)

Tabla 23

Roturas a compresión, muestra + 3% de ceniza de carbón – 7 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +3% de CC	20985	118.75		175
Muestra +3% de CC	21056	119.15		175
Muestra +3% de CC	21141	119.63	119.21	175
Muestra +3% de CC	21023	118.97		175
Muestra +3% de CC	21125	119.54		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 3% de ceniza de carbón a los 7 días.

La resistencia a los 7 días fue de 119.21 kg/cm².

Tabla 24

Roturas a compresión, muestra + 3% de ceniza de carbón – 14 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +3% de CC	28011	158.51		175
Muestra +3% de CC	28145	159.27		175
Muestra +3% de CC	28265	159.95	159.60	175
Muestra +3% de CC	28245	159.83		175
Muestra +3% de CC	28356	160.46		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 3% de ceniza de carbón a los 7 días.

La resistencia a los 14 días fue de 159.60 kg/cm².

Tabla 25

Roturas a compresión, muestra + 3% de ceniza de carbón – 28 días

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +3% de CC	31174	176.41		175
Muestra +3% de CC	31354	177.43		175
Muestra +3% de CC	31158	176.32	176.81	175
Muestra +3% de CC	31325	177.26		175
Muestra +3% de CC	31212	176.62		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 3% de ceniza de carbón a los 7 días.

La resistencia a los 28 días fue de 176.81 kg/cm².

Tabla 26*Roturas a compresión, muestra + 5% de ceniza de carbón – 7 días*

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +5% de CC	21745	123.05		175
Muestra +5% de CC	21662	122.58		175
Muestra +5% de CC	21695	122.77	122.99	175
Muestra +5% de CC	21856	123.68		175
Muestra +5% de CC	21715	122.88		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 5% de ceniza de carbón a los 7 días, con resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia a los 7 días fue de 122.99 kg/cm²

Tabla 27*Roturas a compresión, muestra + 5% de ceniza de carbón – 14 días*

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +5% de CC	28914	163.62		175
Muestra +5% de CC	28745	162.66		175
Muestra +5% de CC	28956	163.86	163.67	175
Muestra +5% de CC	29045	164.36		175
Muestra +5% de CC	28954	163.85		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 5% de ceniza de carbón a los 7 días, con resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia a los 14 días fue de 163.67 kg/cm².

Tabla 28*Roturas a compresión, muestra + 5% de ceniza de carbón – 28 días*

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +5% de CC	31554	178.56		175
Muestra +5% de CC	31458	178.02		175
Muestra +5% de CC	31784	179.86	179.16	175
Muestra +5% de CC	31658	179.15		175
Muestra +5% de CC	31851	180.24		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 5% de ceniza de carbón a los 7 días, con resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia a los 28 días fue de 179.16 kg/cm².

Tabla 29*Roturas a compresión, muestra + 7% de ceniza de carbón – 7 días*

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +7% de CC	21915	124.01		175
Muestra +7% de CC	22023	124.62		175
Muestra +7% de CC	21863	123.72	124.00	175
Muestra +7% de CC	21952	124.22		175
Muestra +7% de CC	21812	123.43		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 7% de ceniza de carbón a los 7 días, con resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia a los 7 días fue de 124.00 kg/cm².

Tabla 30*Roturas a compresión, muestra + 7% de ceniza de carbón – 14 días*

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +7% de CC	29145	164.93		175
Muestra +7% de CC	29248	165.51		175
Muestra +7% de CC	29235	165.44	165.28	175
Muestra +7% de CC	29252	165.53		175
Muestra +7% de CC	29156	164.99		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 7% de ceniza de carbón a los 7 días, con resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia a los 14 días fue de 165.28 kg/cm².

Tabla 31*Roturas a compresión, muestra + 7% de ceniza de carbón – 28 días*

Descripciones	Cargas Kg	Roturas Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Diseño Kg/cm ²
Muestra +7% de CC	31975	180.94		175
Muestra +7% de CC	32069	181.47		175
Muestra +7% de CC	32154	181.95	180.86	175
Muestra +7% de CC	31756	179.70		175
Muestra +7% de CC	31853	180.25		175

Se realizó el ensayo a compresión en 5 muestras con 7% de ceniza de carbón a los 7 días, con resistencia de diseño de 175 kg/cm². La resistencia a los 28 días fue de 180.86 kg/cm².

❖ Comparativa de resistencias a compresión

Tabla 32

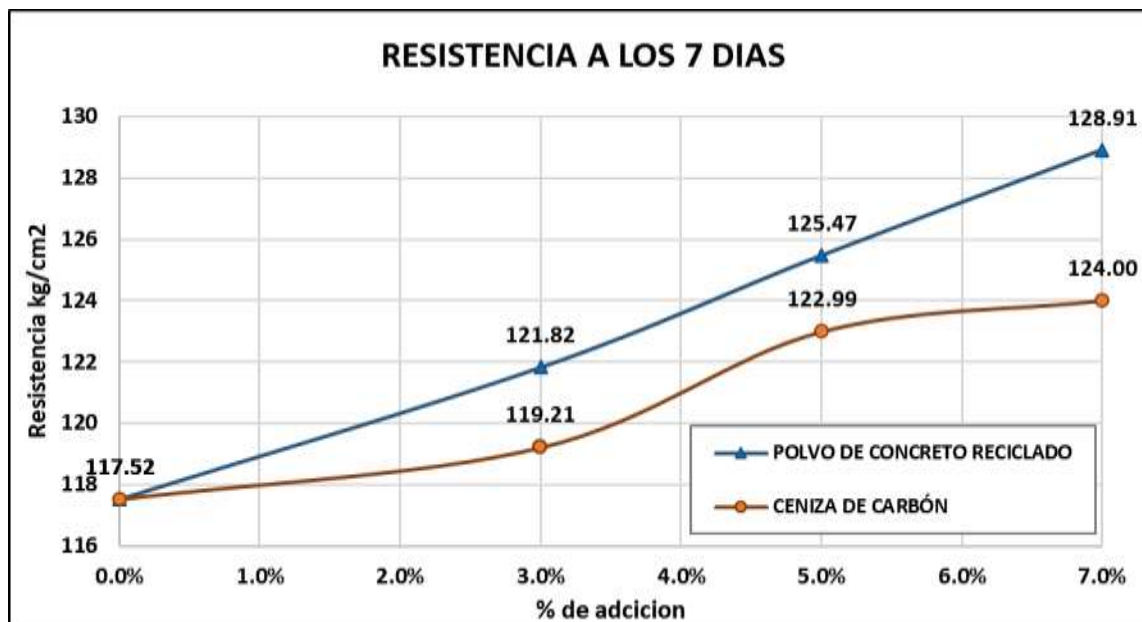
Comparativa de resistencias a compresión a los 7, 14 y 28 días

Muestra	Roturas a compresión kg/cm ²		
	7 días	14 días	28 días
MP	117.52	156.22	174.95
MP+3%PCR	121.82	162.87	178.21
MP+5%PCR	125.47	167.85	184.73
MP+7%PCR	128.91	170.79	188.89
MP+3%CC	119.21	159.60	176.81
MP+5%CC	122.99	163.67	179.16
MP+7%CC	124.00	165.28	180.86

Se observa que las muestras con polvo de concreto reciclado (PCR) y ceniza de carbón (CC) muestran un aumento progresivo en su resistencia a medida que pasan los días. La resistencia de las muestras con 7% de PCR y 7% de CC es superior en comparación con las demás.

Figura 3

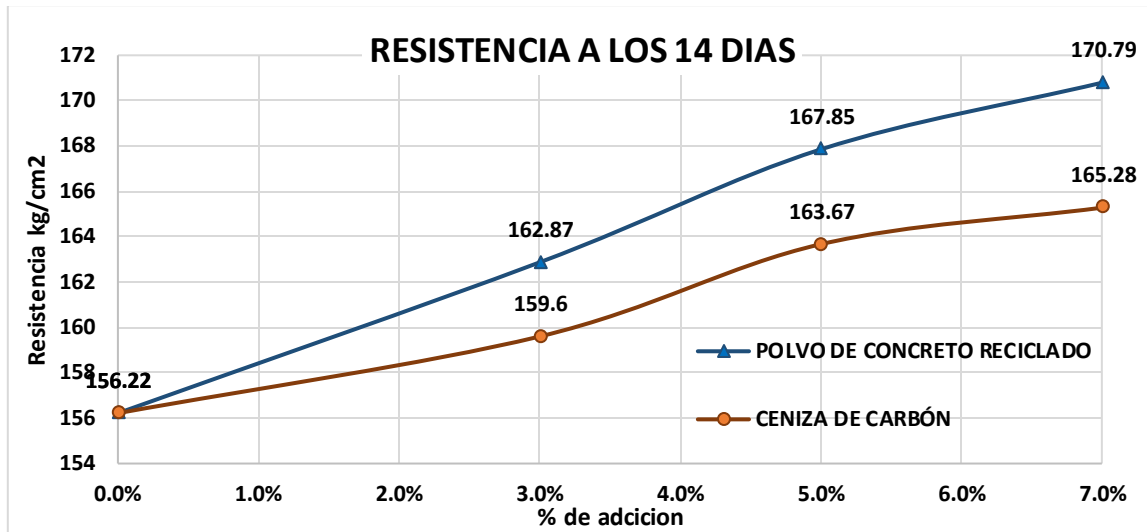
Resistencias promedio a los 7 días



La gráfica muestra que la resistencia más elevada a los 7 días corresponde a la muestra con 7% de polvo de concreto reciclado (128.91 kg/cm²), seguida de la muestra con 7% de ceniza de carbón (124.00 kg/cm²).

Figura 4

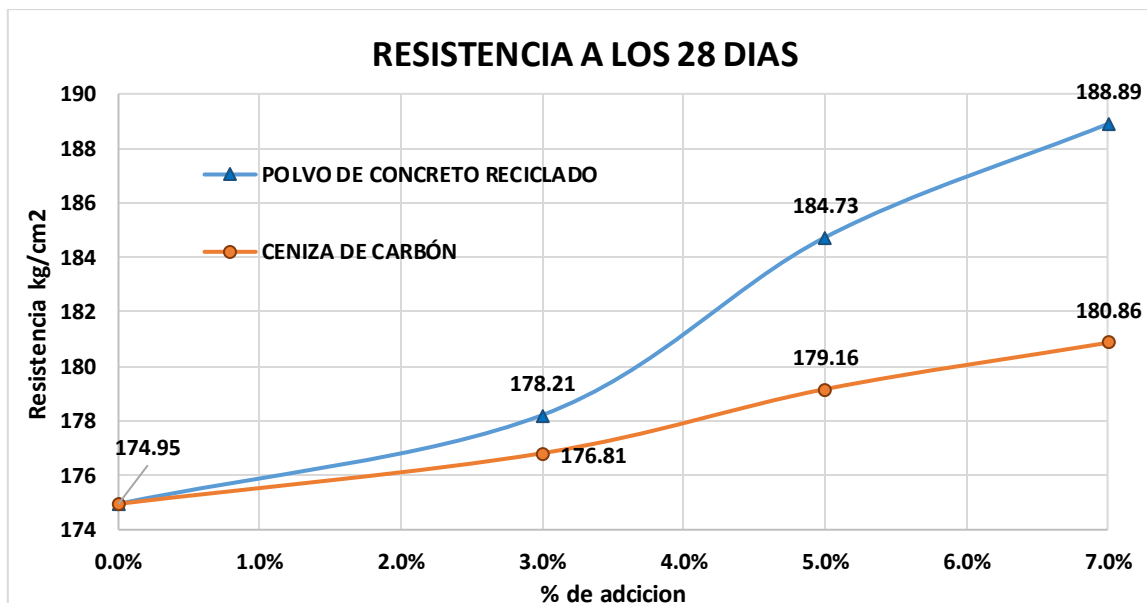
Resistencias promedio a los 14 días



La gráfica muestra que la resistencia más elevada a los 14 días corresponde a la muestra con 7% de polvo de concreto reciclado (170.79 kg/cm²), seguida de la muestra con 7% de ceniza de carbón (165.28 kg/cm²).

Figura 5

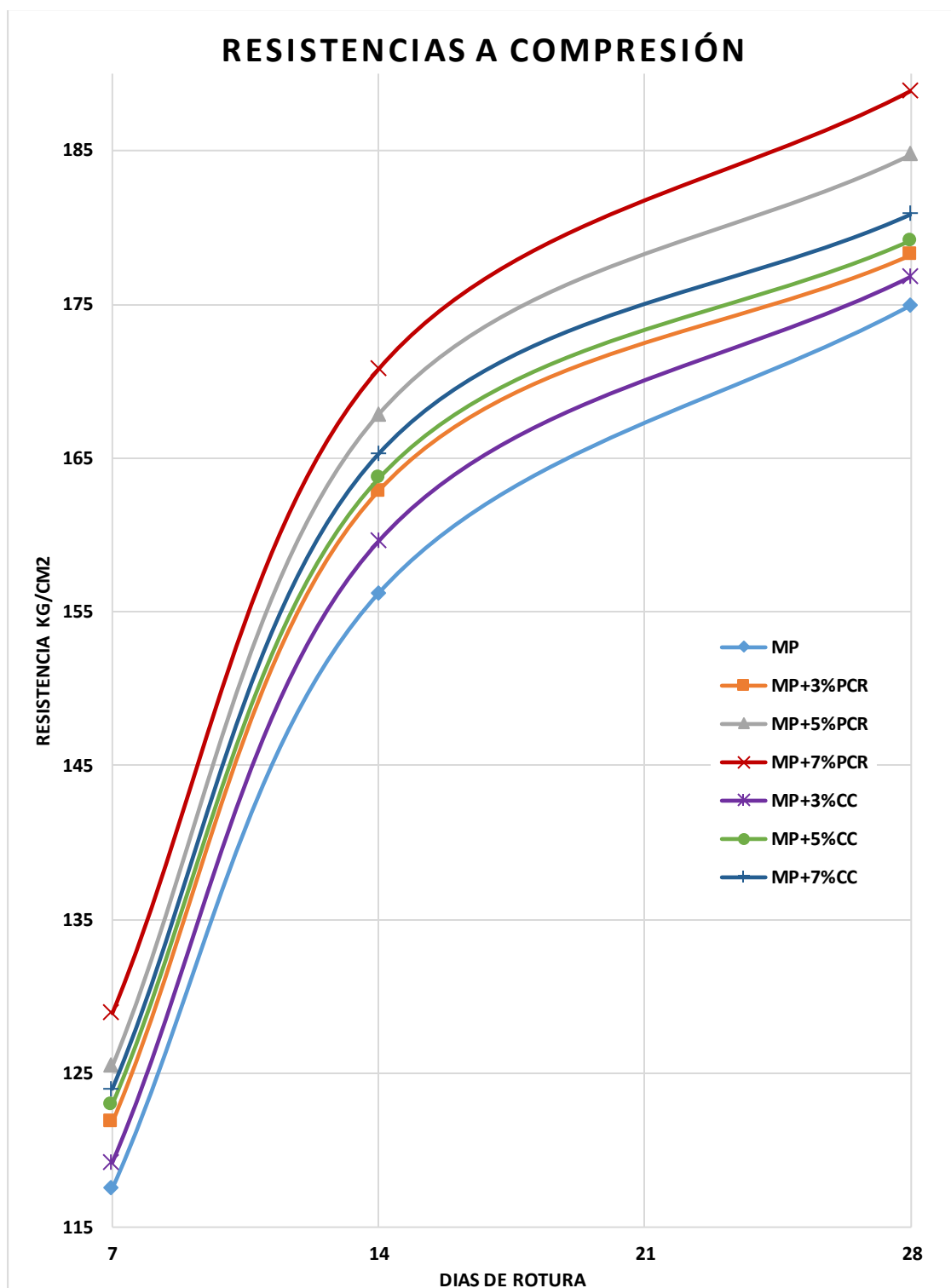
Resistencias promedio a los 28 días



La gráfica muestra que la resistencia más elevada a los 28 días corresponde a la muestra con 7% de polvo de concreto reciclado (188.89 kg/cm²), seguida de la muestra con 7% de ceniza de carbón (180.86 kg/cm²).

Figura 6

Resistencias promedios



Se presenta la comparativa de las resistencias a compresión de diferentes muestras de concreto (MP, MP + 3% PCR, MP + 5% PCR, MP + 7% PCR, MP + 3% CC, MP + 5% CC, MP + 7% CC) a los 7, 14 y 28 días.

4.1.3. Permeabilidad de concreto permeable

❖ Permeabilidad muestra patrón

Tabla 33

Permeabilidad de muestra patrón

Descripción de la muestra	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)	Promedio (mm/seg)
	Kg/cm ²	t	k	
Muestra 1 Muestra patrón permeable - MPP	175	14.00	7.66	7.41
Muestra 2 Muestra patrón permeable - MPP	175	15.00	7.15	

Se muestra para el ensayo de permeabilidad se realizaron ensayos en 2 muestras donde se ambos casos se considera la resistencia de diseño de 175kg/cm², de igual manera se consideraron los tiempos y los coeficientes de permeabilidad; para M1 = 14 segundos, k = 7.66mm/seg; M2 = 15 segundos, k = 7.15mm/seg, respectivamente.

❖ Permeabilidad con polvo de concreto reciclado

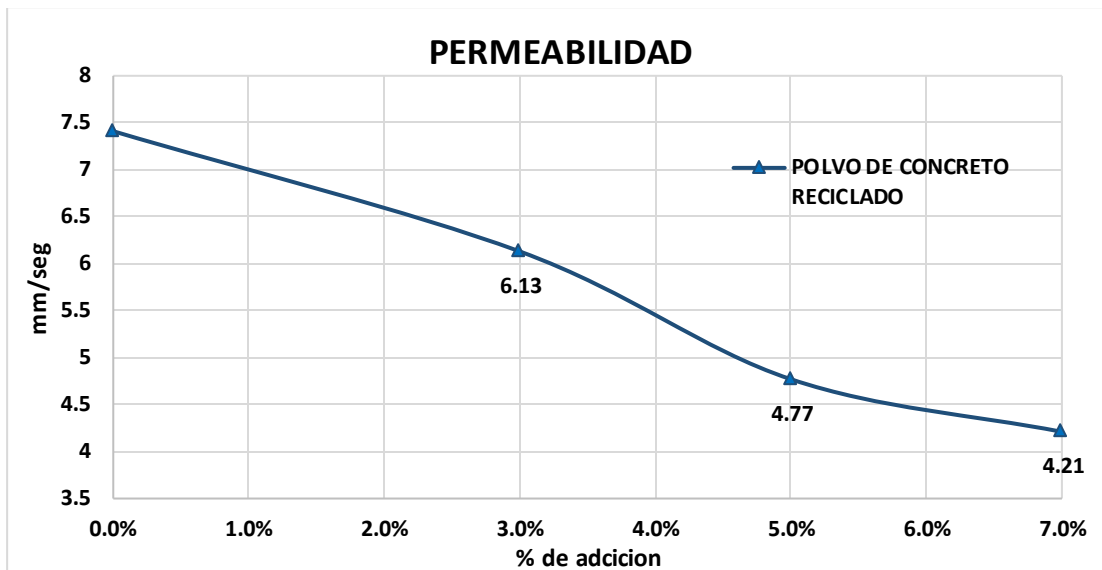
Tabla 34

Permeabilidad de muestra – polvo de concreto reciclado

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)	Promedio (mm/seg)
	Kg/cm ²	t	k	
MUESTRA 3 MPP + 3% PCR	175	17.00	6.31	6.13
MUESTRA 4 MPP + 3% PCR	175	18.00	5.96	
MUESTRA 5 MPP + 5% PCR	175	23.00	4.66	4.77
MUESTRA 6 MPP + 5% PCR	175	22.00	4.88	
MUESTRA 7 MPP + 7% PCR	175	26.00	4.13	4.21
MUESTRA 8 MPP + 7% PCR	175	25.00	4.29	

Figura 7

Permeabilidad "k" muestra + 3%, 5%, 7% de PCR



Se muestra la permeabilidad (en mm/seg) y el % de adición de (PCR) en muestras de concreto. Se observa una disminución en la permeabilidad conforme aumenta el porcentaje de adición de PCR, pasando de 6.13 mm/seg a 4.21 mm/seg.

❖ **Permeabilidad con ceniza de carbón**

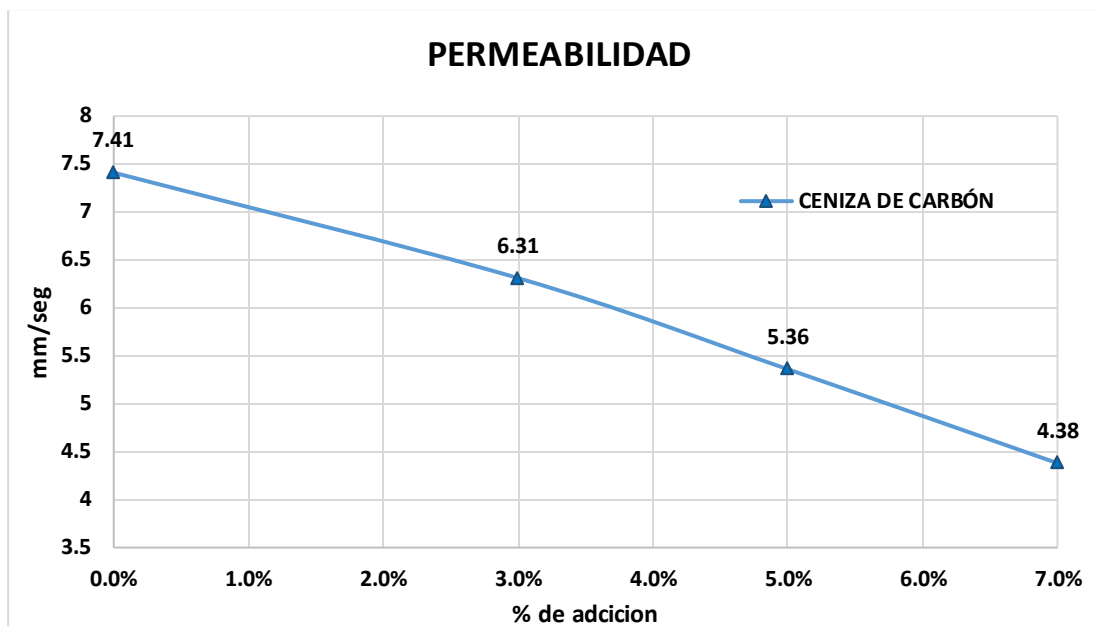
Tabla 35

Permeabilidad de muestra – ceniza de carbón

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	F'C	Tiempo (Seg)	Coficiente de permeabilidad (mm/seg)	Promedio (mm/seg)
	Kg/cm2	t	k	
MUESTRA 3 MPP + 3% CC	175	17.00	6.31	6.31
MUESTRA 4 MPP + 3% CC	175	17.00	6.31	
MUESTRA 5 MPP + 5% CC	175	20.00	5.36	5.36
MUESTRA 6 MPP + 5% CC	175	20.00	5.36	
MUESTRA 7 MPP + 7% CC	175	24.00	4.47	4.38
MUESTRA 8	175	25.00	4.29	
MPP + 7% CC	175	25.00	4.29	

Figura 8

Permeabilidad "k" muestra + 3%, 5%, 7% de CC



Se muestra la permeabilidad (en mm/seg) y el % de adición de ceniza de carbón (CC) en las muestras de concreto. A medida que aumenta el porcentaje de ceniza de carbón en la mezcla, la permeabilidad disminuye, pasando de 7.41 mm/seg a 4.38 mm/seg.

Tabla 36

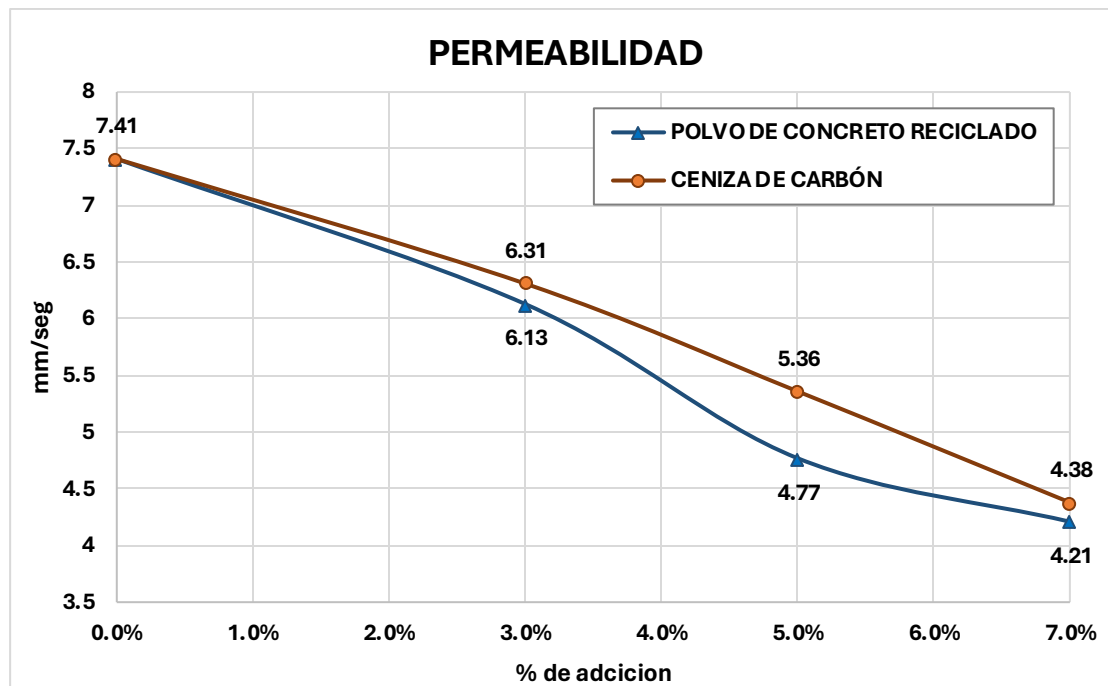
Permeabilidad de muestra – ceniza de carbón

Permeabilidad mm/seg	
MP	7.41
MP+3%PCR	6.13
MP+5%PCR	4.77
MP+7%PCR	4.21
MP+3%CC	6.31
MP+5%CC	5.36
MP+7%CC	4.38

La tabla muestra los resultados de permeabilidad (en mm/seg) para diferentes muestras de concreto con adiciones de polvo de concreto reciclado (PCR) y ceniza de carbón (CC).

Figura 9

Permeabilidad "k"



Se observa que la muestra control (MP) tiene una permeabilidad de 7.41 mm/seg. Al añadir 3%, 5%, y 7% de PCR, la permeabilidad disminuye progresivamente hasta llegar a 4.21 mm/seg. De manera similar, con la utilización de ceniza de carbón (CC), la permeabilidad también disminuye, alcanzando 4.38 mm/seg con un 7% de CC. Estos hallazgos evidencian que tanto el polvo de concreto reciclado como la ceniza de carbón reducen la permeabilidad del concreto, mejorando sus propiedades impermeables.

4.2. Discusión de resultados

La investigación sobre el concreto permeable y la influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre sus propiedades ha mostrado resultados consistentes con los estudios previos, tanto a nivel internacional como nacional. Los antecedentes internacionales y locales proporcionan un contexto valioso para comprender cómo diferentes aditivos reciclados afectan la permeabilidad, resistencia y otros aspectos físicos y mecánicos del concreto.



Según Park et al. (2022), en su investigación sobre el uso de cenizas de fondo de carbón en concreto permeable, se observó que el aumento en la relación agua/cemento (A/C) redujo la resistencia del concreto entre un 20% y un 30%, mientras que un mayor nivel de compactación aumentó la resistencia y redujo la permeabilidad de las muestras. Estos resultados se alinean con los hallazgos de nuestra investigación, en la que la incorporación de ceniza de carbón redujo la permeabilidad, alcanzando 4.38 mm/seg para el 7% de ceniza de carbón, en comparación con 7.41 mm/seg en la muestra control. Sin embargo, nuestro estudio no encontró una disminución en la resistencia a la compresión comparable con la observada por Park et al. (2022). En cambio, las muestras con ceniza de carbón en las proporciones más altas (7%) mostraron un aumento significativo en la resistencia, alcanzando 180.86 kg/cm² a los 28 días.

El estudio de Al Biajawi et al. (2022), que analiza la sustitución del cemento por ceniza de fondo de carbón en compuestos cementicios, también mostró mejoras en las propiedades mecánicas del concreto. Este hallazgo es consistente con los resultados de nuestra investigación, donde tanto el polvo de concreto reciclado como la ceniza de carbón mejoraron la resistencia a la compresión. Al aplicar estas cenizas como sustitutos parciales de cemento, se optimizó la resistencia sin comprometer la capacidad de permeabilidad, lo que confirma que estos materiales reciclados pueden ser eficaces en la mejora de las propiedades del concreto permeable.

A nivel nacional, varios estudios han explorado el impacto de los aditivos reciclados en el concreto permeable. En la investigación de Rivera (2023) sobre la adición de ceniza de carbón en adoquines de concreto permeable, se observó un aumento en la absorción y la permeabilidad a medida que aumentaba el porcentaje de ceniza de carbón, lo que está en línea con los resultados obtenidos en este estudio. Sin embargo, a diferencia del estudio de Rivera, nuestra investigación mostró que la resistencia a la compresión no disminuyó significativamente con la adición de ceniza de carbón, sino que aumentó. Las muestras con 7% de ceniza de carbón alcanzaron 180.86 kg/cm², mientras que las de Rivera



mostraron una caída notable en la resistencia a medida que aumentaba el porcentaje de ceniza, alcanzando solo 47 kg/cm^2 a los 28 días en la mezcla con 9% de ceniza.

En el estudio de Vega y Pareja (2021) sobre el uso de cenizas volantes de carbón, se encontró una mejora en la permeabilidad y la trabajabilidad del concreto al utilizar estas cenizas. Este hallazgo respalda nuestros resultados, en los que tanto el polvo de concreto reciclado como la ceniza de carbón redujeron la permeabilidad del concreto permeable, sin afectar significativamente la trabajabilidad. En nuestra investigación, la permeabilidad con 7% de ceniza de carbón fue de 4.38 mm/seg , mientras que Vega y Pareja (2021) observaron una reducción en la permeabilidad, similar a lo que se encuentra en nuestras muestras.

Los resultados obtenidos en esta investigación son altamente relevantes para el desarrollo de concretos permeables sostenibles en la región de Puno y otras áreas con condiciones similares. La reducción de la permeabilidad sin comprometer la resistencia, y la posibilidad de utilizar materiales reciclados como el polvo de concreto reciclado y la ceniza de carbón, representan un avance significativo en la construcción sostenible. Además, los resultados confirman que el uso de materiales reciclados en el concreto permeable puede contribuir a la reducción de residuos y promover una mayor eficiencia en el uso de recursos naturales, lo que está alineado con los objetivos de sostenibilidad a nivel global y local.

Este estudio aporta nuevos conocimientos sobre el comportamiento de concretos permeables con materiales reciclados en la región, brindando una base sólida para futuras investigaciones que podrían explorar otros aditivos reciclados o combinaciones de estos materiales para mejorar aún más las propiedades del concreto permeable.



CONCLUSIONES

General, se evaluó la influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades de un concreto permeable en la provincia de Puno donde se muestran que tanto el polvo de concreto reciclado como la ceniza de carbón, cuando se agregan en proporciones variables al concreto, mejoran significativamente sus propiedades, reduciendo la permeabilidad y mejorando la resistencia a la compresión sin comprometer tanto la trabajabilidad del concreto. Estos materiales reciclados representan una opción viable para mejorar el concreto permeable en la región, promoviendo la sostenibilidad.

Primera, la incorporación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en el concreto permeable, en proporciones de 3%, 5% y 7%, no afectó significativamente la trabajabilidad del concreto, ya que todas las muestras presentaron una consistencia "seca" y una trabajabilidad clasificada como "poco trabajable". Sin embargo, se observó una ligera disminución en el asentamiento del concreto a medida que aumentaba el porcentaje de adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón, lo que indica que, aunque la trabajabilidad se redujo, las proporciones estudiadas siguen siendo manejables para su uso práctico.

Segunda, la adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón aumentó la resistencia a la compresión del concreto permeable. En particular, las muestras con un 7% de polvo de concreto reciclado y un 7% de ceniza de carbón presentaron los mayores valores de resistencia, alcanzando una resistencia promedio de 188.89 kg/cm² y 180.86 kg/cm² a los 28 días, respectivamente. En comparación, el concreto permeable patrón logró una resistencia de 174.95 kg/cm². Estos resultados confirman que la incorporación de estos materiales reciclados mejora la resistencia del concreto.



Tercera, el uso de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en las proporciones estudiadas (3%, 5%, 7%) disminuyó progresivamente la permeabilidad del concreto. Las muestras con 7% de polvo de concreto reciclado presentaron una permeabilidad de 4.21 mm/seg, y las con 7% de ceniza de carbón alcanzaron una permeabilidad de 4.38 mm/seg, comparado con la muestra control de 7.41 mm/seg. Estos resultados indican que ambos materiales contribuyen a reducir la permeabilidad del concreto, lo que mejora su eficiencia como material permeable.



RECOMENDACIONES

General, desarrollar ensayos complementarios de durabilidad y comportamiento hidráulico a largo plazo, de manera que se validen estos materiales como alternativas sostenibles y económicamente viables para aplicaciones en pavimentos drenantes y obras de control pluvial en la provincia de Puno.

Primera, ajustar el diseño de mezcla incorporando aditivos plastificantes o modificando la relación agua/cemento, con el fin de mejorar la trabajabilidad en mezclas que incluyan ceniza de carbón sin comprometer su resistencia y permeabilidad. En el caso del polvo de concreto reciclado, se recomienda optimizar su dosificación para mantener asentamientos cercanos a 2", logrando así una consistencia que favorezca tanto la colocación como la compactación del concreto permeable.

Segunda, dado que este estudio se centró en proporciones de 3%, 5% y 7%, sería recomendable que futuros estudios examinen otros rangos de porcentaje, como 1%, 10% o incluso más, para determinar los efectos de estas variaciones en las propiedades del concreto permeable.

Tercera, complementar el estudio con pruebas de desempeño en campo para validar estos resultados en condiciones de carga y exposición reales, optimizando así el balance entre resistencia mecánica y capacidad drenante.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al Biajawi, M. I., Embong, R., Muthusamy, K., Ismail, N., & Obiany, I. I. (2022). Recycled coal bottom ash as sustainable materials for cement replacement in cementitious Composites: A review. *Construction and Building Materials*, 338, 127624.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127624>
- Alejo Calle, M., & Quispe Morocco, M. P. (2024). *Influencia del porcentaje de agregado reciclado en el comportamiento físico—Mecánico del concreto permeable en la ciudad de Puno*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21416>
- Angaspilco-Llamo, M., Bocanegra-Avellaneda, J. C., Muñoz-Pérez, S. P., Torres-Zavaleta, L. J., & Villanueva-Meza, C. D. (2021). Uso de cenizas de carbón para mejorar la resistencia a la compresión del concreto: Use of coal ash to improve the compressive strength of concrete. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 4(2), 47-60.
<https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v4n2p47>
- Arapa Vilca, A. R. (2024). *Evaluación de las propiedades del concreto convencional con la adición de ceniza de carbón mineral en el Distrito de San Miguel 2024*.
<https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3214>
- Baena, G. M. E. B. (2020). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Challco Estrada, B. F., & Tuesta Gonzales Zuñiga, L. R. (2024). Propuesta de diseño de concreto permeable con microsilíce reforzado con fibras de basalto para incrementar su resistencia, posibilitar su uso en el pavimento y mitigar las deficiencias del alcantarillado existente durante la época de lluvias en el distrito de Wanchaq—Cusco. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/675832>
- Chapoñan, Y. (2024). *Análisis físico mecánico del concreto permeable con adición al 3%,5% y 7% de aloe vera y al 4% y 8% de ceniza de bagazo de caña de azúcar*



- para pavimento rígido, Lima 2023.* <https://repositorio.upn.edu.pe/item/3680ebf6-9519-44d4-8b86-f55c4ed6eec3>
- Cueto, D. (2023). *Influencia de la adición de ceniza de carbón de madera reciclada en la resistencia a la compresión y tracción por compresión diametral del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2023.* <https://repositorio.upn.edu.pe/item/2ec45161-6d7a-4043-8e32-fb44d01800cb>
- Espinoza Eusebio, T. D. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación.*
- Flórez Salgado, A. M. (2022). *Evaluación de ceniza de carbón para su incorporación en la formulación de un concreto liviano y baldosas cerámicas.*
<https://hdl.handle.net/10784/31681>
- Herrera Fernández, L. J. (2024). *Evaluación de las bolsas de cemento recicladas como adición en la pasta para concreto permeable.*
- Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos.* Noveduc.
- Park, J.-H., Jeong, S.-T., Bui, Q.-T., & Yang, I.-H. (2022). Strength and Permeability Properties of Pervious Concrete Containing Coal Bottom Ash Aggregates. *Materials*, 15(21), 7847. <https://doi.org/10.3390/ma15217847>
- Pastrana Ayala, J., Silva Urrego, Y. F., Adrada Molano, J., & Delvasto Arjona, S. (2019). Propiedades físico-mecánicas de concretos autocompactantes producidos con polvo de residuo de concreto. *Informador técnico*, 83(2), 174-190.
- Perez Quinte, D. (2025). *Evaluación del comportamiento de los adoquines betone de concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito, Chilca 2024.*
- Portillo Calsina, J. (2024). *Influencia del polvo de concreto reciclado en dosificaciones variables sobre la resistencia a la compresión del concreto convencional en la Ciudad de Juliaca.* <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4060>
- Quispe Farfán, B. D. (2024). *Evaluación de parámetros característicos para el diseño y elaboración de concreto permeable.*



Rivera Alfaro, K. (2023). *Adoquines de concreto permeables con adición de ceniza de carbón de shihuahuaco Coronel Portillo, Pucallpa.*

Rojas Buitron, J. A., & Cuicapuza Nuñez, J. C. (2024). Propuesta de diseño de concreto permeable con agregados reciclados y adición de PET para su aplicación en un innovador sistema de drenaje de las ciclovías que presentan inundaciones en temporadas altas de lluvias en el Distrito de Piura—Provincia de Piura. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).*

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/676266>

Simeon Marcos, L. S. (2024). Incidencia de las cenizas de carbón como sustituto parcial del cemento en la durabilidad y resistencia del CCR en losas de pavimento en La Oroya, Junín-2024. *Universidad Continental.*

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/16620>

Vite Rodríguez, S. G. (2025). *Evaluación del desempeño de concreto permeable y retención de agua en suelos modificados con residuos de construcción y demolición.* <http://200.57.56.70:8080/xmlui/handle/231104/6118>

Wu, R., Shi, S., Shen, Y., Hu, C., Luo, M., Gan, Z., Xiao, B., & Wang, Z. (2022). Effects of Different Factors on the Performance of Recycled Aggregate Permeable Pavement Concrete. *Materials*, 15(13), 4566. <https://doi.org/10.3390/ma15134566>



ANEXOS



Anexo B. Matriz de consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades de un concreto permeable en la provincia de Puno 2025?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón sobre las propiedades de un concreto permeable en la provincia de Puno 2025.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La influencia de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón será positiva debido a que mejorarán las propiedades de un concreto permeable en la provincia de Puno 2025.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Polvo de concreto reciclado Dimensiones: <i>Proporciones en 3%, 5%, 7%</i></p> <p>Ceniza de carbón Dimensiones: <i>Proporciones en 3%, 5%, 7%</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Trabajabilidad.</i> <i>Resistencia.</i> <i>Permeabilidad</i> 	<p>Fichas de control de calidad de laboratorio</p> <p>Equipos y herramientas de laboratorio.</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
<p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno?</p> <p>¿Cuál es la incidencia del empleo de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno?</p>	<p>Analizar el efecto de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.</p> <p>Determinar la influencia de la adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.</p> <p>Determinar la incidencia del empleo de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables en la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.</p>	<p>El efecto de la aplicación de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables mejorará la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.</p> <p>La influencia de la adición de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables incrementará la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.</p> <p>La incidencia del empleo de polvo de concreto reciclado y ceniza de carbón en proporciones variables mantendrá la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la provincia de Puno.</p>		

Anexo A. Panel Fotográfico



Fotografía 1. *Presentación de recolección de concreto reciclado.*



Fotografía 2. *Trituración de concreto reciclado.*



Fotografía 3. Tamizado de concreto reciclado triturado.



Fotografía 4. Obtención de polvo de concreto reciclado.



Fotografía 5. *Presentación de ceniza de carbón.*



Fotografía 6. *Trituración de ceniza de carbón.*



Fotografía 7. Tamizado de ceniza de carbón triturado.



Fotografía 8. Obtención de ceniza de carbón.

Anexo 3. Fotografías



Fotografía 9. Trituración del Carbón



Fotografía 10. Tamizado del carbón



Fotografía 11. Trituración del concreto reciclado



Fotografía 12. Obtención del polvo de concreto



Anexo C. Certificados de Calidad de Laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y GENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

CANTERA : CUTIMBO

LUGAR : PUNO

FECHA : 3 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	508.25
P.T.M. SEC	486.62
P.TARRO	43.52
P AGUA	21.63
P.S.SECO	443.10
% HUMEDAD	4.88

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	643.27
P.T.M. SECA	624.74
P.TARRO	43.64
P AGUA	18.53
P.S.SECO	581.10
% HUMEDAD	3.19

PESOS UNITARIOS

AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
5945	1597	2722	1597
5953	1597	2722	1600
5948	1597	2722	1598
			1599

AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
7176	1860	3524	1509
7175	1860	3524	1508
7182	1860	3524	1510
			1509

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
6326	1597	2722	1737
6334	1597	2722	1740
6338	1597	2722	1742
			1740

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
7520	1860	3524	1606
7544	1860	3524	1613
7527	1860	3524	1608
			1609

OBSERVACIONES: LOS ENSAYOS FUERON REALIZADAS POR LOS TESISISTAS EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
SIP 183257

BIE- R018-00088446



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 175 \text{ Kg./cm.}^2$

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

CANTERA : CUTIMBO

UBICACIÓN : PUNO

FECHA : 3 DE JULIO DEL 2025

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI-R522r-10

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 175 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días entonces la resistencia promedio $F'cr = 219 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 0"

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI PORTLAND TIPO IP

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: $3/8''$ (9.53mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.46	2.60
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1609	1740
P.U. Suelto	1509	1599
% de Absorción	3.37	4.82
% de Humedad Natural	3.19	4.88
Modulo de Fineza	-	3.22

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1. La relación agua cemento se obtiene de las tablas proporcionadas por el ACI 522: **0.40**
2. Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un DMN: **$3/8''$ (9.53mm)**
3. Contenido de vacíos: **USO N° 8 $C_v = 20\%$**
4. Determinación de volumen de pasta: **$= 0.22 \text{ m}^3$ Ligeramente compactado**
5. Cálculo de volúmenes

Vol. A. Grueso (V_{ag}) = $1 - (V_p + C_v)$

Vol. A. Grueso (V_{ag}) = **0.580**

A. grueso = **1448.156 kg**



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



6. Cantidad de cemento

Cemento	=	306.64	kg
Volumen de cemento	=	0.097	m ³
Cont. de Agua	=	122.65	kg
Vol. de Agua	=	0.123	m ³
Volumen total de sólidos	=	0.80	m ³

7. Considerando un Porcentaje de Finos

Porcentaje de Finos:	10. %		
Vol. A. Grueso (Vag)	=	0.522	Vol. A. Fino (Vaf): = 0.058
A grueso	=	1303.340	kg
A fino	=	144.82	kg

Confirmar porcentajes de vacíos

20 % OK

8. Corrección por absorción, humedad y aportes

Aporte A. Grueso	1303	*	0.034	=	43.91
Aporte A. Fino	144.8	*	0.048	=	6.98
Total Aportes				=	50.887
Agua Efectiva					71.767 l/m ³

Valores de diseño corregidos por humedad:

A Grueso Húmedo	1303	*	1.032	=	1344.901	kg/m ³
A Grueso Fino	144.8	*	1.049	=	151.885	kg/cm ³

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)
Cemento	306.64	1.00	306.64
Agua	122.65	0.40	71.77
Agreg. Grueso	1303.34	4.25	1344.90
Agreg. Fino	144.82	0.47	151.88
Aire	20.0 %		20.0 %

7.21 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEPATILICA JULIACA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO REICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

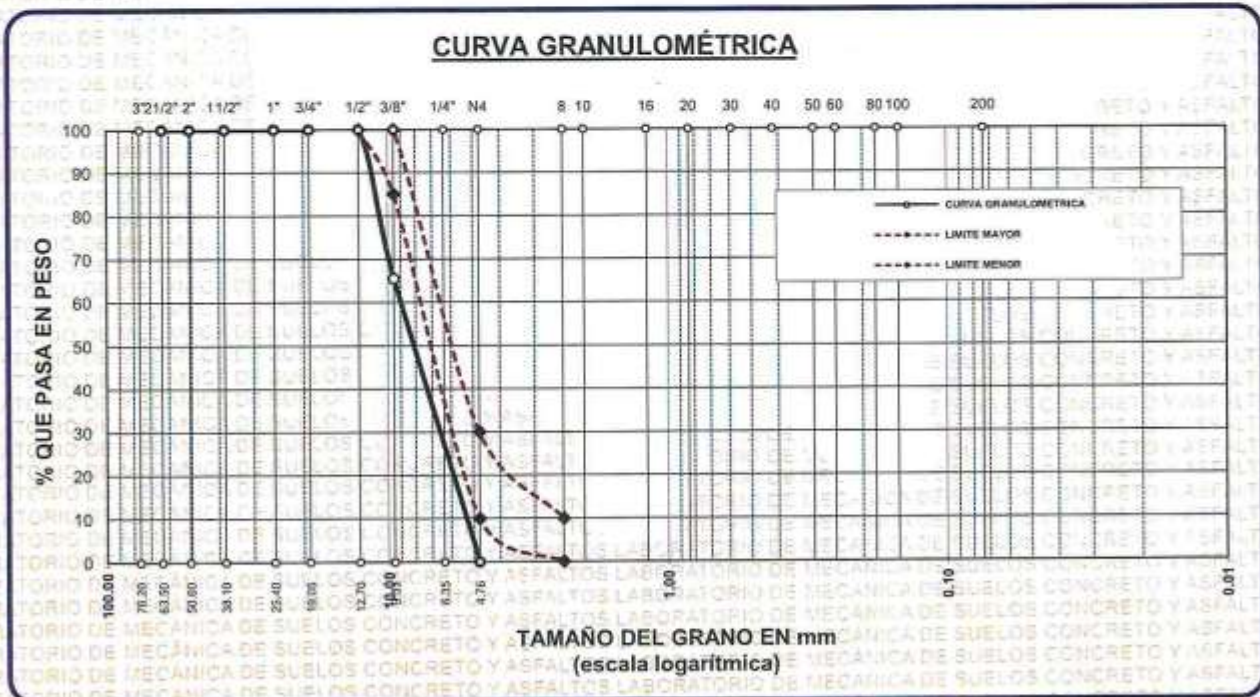
SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

CANTERA : CUTIMBO

LUGAR : PUNO

FECHA : 3 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASIM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/8" OBSERVACIONES:	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100%T		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00			
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00			
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00			
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00			
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00			
3/8"	9.525	1208.00	34.51	34.51	65.49			85 - 100 %
1/4"	6.350	1052.00	30.06	64.57	35.43			10 - 30 %
No4	4.760	940.00	26.86	91.43	8.57			
BASE		0.00	0.00	91.4	8.6			
TOTAL		3500.00	100.00					
% PERDIDA		0.00						



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAR INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

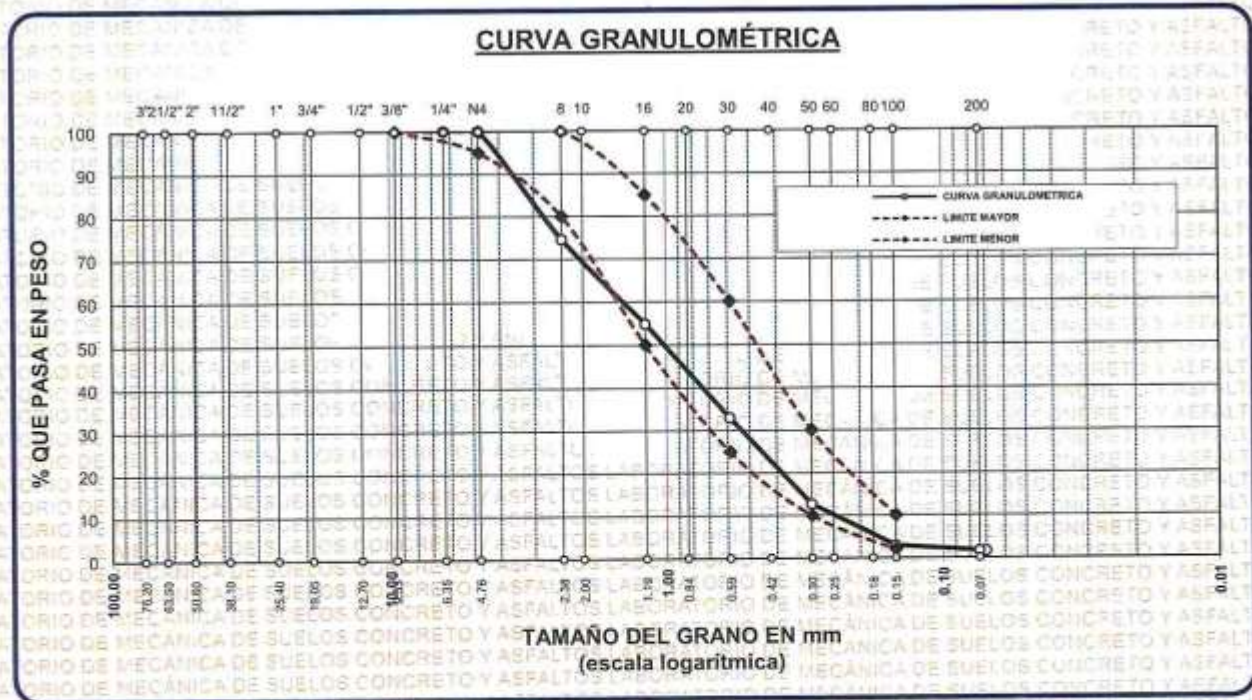
CANTERA : CUTIMBO

LUGAR : PUNO

FECHA : 3 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	80 - 100 %	Módulo de Fineza = 3.22
No8	2.380	127.12	25.42	25.42	74.58		
No10	2.000					50 - 85 %	
No16	1.190	98.75	19.75	45.17	54.83		
No20	0.840					25 - 60 %	
No30	0.590	109.65	21.93	67.10	32.90		
No40	0.420					10 - 30 %	
No 50	0.300	101.24	20.25	87.35	12.65		
No60	0.250					2-10%	
No80	0.180						
No100	0.149	48.79	9.76	97.11	2.89		
No200	0.074	6.34	1.27	98.38	1.62		
BASE		8.11	1.62	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		1.62					

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

CANTERA : CUTIMBO

LUGAR : PUNO

FECHA : 3 DE JULIO DEL 2025

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	1597 gr	1597 gr	1597 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2074 cm ³	2074 cm ³	2074 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	5945.00 gr	5953.00 gr	5948.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4348.00 gr	4356.00 gr	4351.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	2.097 gr/cm ³	2.100 gr/cm ³	2.098 gr/cm ³
PROMEDIO		2.098 gr/cm ³	

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	1597 gr	1597 gr	1597 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2074 cm ³	2074 cm ³	2074 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	6326.00 gr	6334.00 gr	6338.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	4729.00 gr	4737.00 gr	4741.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	2.280 gr/cm ³	2.284 gr/cm ³	2.286 gr/cm ³
PROMEDIO		2.284 gr/cm ³	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

BIE: B018-00088446



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

CANERA : CUTIMBO

LUGAR : PUNO

FECHA : 3 DE JULIO DEL 2025

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	1860 gr	1860 gr	1860 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3200 cm ³	3200 cm ³	3200 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	7176.00 gr	7175.00 gr	7182.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	5316.00 gr	5315.00 gr	5322.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.661 gr/cm ³	1.661 gr/cm ³	1.663 gr/cm ³
PROMEDIO		1.662 gr/cm ³	

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	1860 gr	1860 gr	1860 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3200 cm ³	3200 cm ³	3200 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	7520.00 gr	7544.00 gr	7527.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5660.00 gr	5684.00 gr	5667.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.769 gr/cm ³	1.776 gr/cm ³	1.771 gr/cm ³
PROMEDIO		1.772 gr/cm ³	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Dr. Arnaldo Yana Torres
 M.S.C.A. INGENIERÍA CIVIL
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

CANTERA : CUTIMBO

LUGAR : PUNO

FECHA : 3 DE JULIO DEL 2025

MUESTRA : AGREGADO FINO

N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	508.25
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	486.62
PESO DEL TARRO (gr.)	43.52
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	464.73
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	443.10
PESO DEL AGUA (gr.)	21.63
% HUMEDAD	4.88

MUESTRA : AGREGADO GRUESO

N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	643.27
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	624.74
PESO DEL TARRO (gr.)	43.64
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	599.63
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	581.10
PESO DEL AGUA (gr.)	18.53
% HUMEDAD	3.19

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : 11 DE DE AGOSTO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA MUESTRA PATRÓN

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	20784	15.00	176.71	117.61	175	03/07/2025	11/07/2025	7	67.21
2	MST-02	20956	15.00	176.71	118.59	175	03/07/2025	11/07/2025	7	67.76
3	MST-03	20658	15.00	176.71	116.90	175	03/07/2025	11/07/2025	7	66.80
4	MST-04	20874	15.00	176.71	118.12	175	03/07/2025	11/07/2025	7	67.50
5	MST-05	20565	15.00	176.71	116.37	175	03/07/2025	11/07/2025	7	66.50
Promedio De Esf. Rotura					117.52					67.15

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	27845	15.00	176.71	157.57	175	03/07/2025	18/07/2025	14	90.04
2	MST-07	27465	15.00	176.71	155.42	175	03/07/2025	18/07/2025	14	88.81
3	MST-08	27451	15.00	176.71	155.34	175	03/07/2025	18/07/2025	14	88.77
4	MST-09	27641	15.00	176.71	156.42	175	03/07/2025	18/07/2025	14	89.38
5	MST-10	27632	15.00	176.71	156.37	175	03/07/2025	18/07/2025	14	89.35
Promedio De Esf. Rotura					156.22					89.27

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	31158	15.00	176.71	176.32	175	03/07/2025	04/08/2025	28	100.75
2	MST-12	30854	15.00	176.71	174.60	175	03/07/2025	04/08/2025	28	99.77
3	MST-13	30968	15.00	176.71	175.24	175	03/07/2025	04/08/2025	28	100.14
4	MST-14	30745	15.00	176.71	173.98	175	03/07/2025	04/08/2025	28	99.42
5	MST-15	30852	15.00	176.71	174.59	175	03/07/2025	04/08/2025	28	99.76
Promedio De Esf. Rotura					174.95					99.97

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Aníbal Yano Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025
SOLICITANTE: BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 11 DE DE AGOSTO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 3% DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	21456	15.00	176.71	121.42	175	03/07/2025	11/07/2025	7	69.38
2	MST-02	21211	15.00	176.71	120.03	175	03/07/2025	11/07/2025	7	68.59
3	MST-03	21565	15.00	176.71	122.03	175	03/07/2025	11/07/2025	7	69.73
4	MST-04	21652	15.00	176.71	122.53	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.01
5	MST-05	21754	15.00	176.71	123.10	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.34
Promedio De Esf. Rotura					121.82					69.61

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	28653	15.00	176.71	162.14	175	03/07/2025	18/07/2025	14	92.65
2	MST-07	28548	15.00	176.71	161.55	175	03/07/2025	18/07/2025	14	92.31
3	MST-08	28965	15.00	176.71	163.91	175	03/07/2025	18/07/2025	14	93.66
4	MST-09	29000	15.00	176.71	164.11	175	03/07/2025	18/07/2025	14	93.78
5	MST-10	28745	15.00	176.71	162.66	175	03/07/2025	18/07/2025	14	92.95
Promedio De Esf. Rotura					162.87					93.07

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	31547	15.00	176.71	178.52	175	03/07/2025	04/08/2025	28	102.01
2	MST-12	31652	15.00	176.71	179.11	175	03/07/2025	04/08/2025	28	102.35
3	MST-13	31457	15.00	176.71	178.01	175	03/07/2025	04/08/2025	28	101.72
4	MST-14	31165	15.00	176.71	176.36	175	03/07/2025	04/08/2025	28	100.78
5	MST-15	31644	15.00	176.71	179.07	175	03/07/2025	04/08/2025	28	102.32
Promedio De Esf. Rotura					178.21					101.84

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
C.I.P. 103257

M.S.C. JEFATURA



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025
SOLICITANTE: BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 11 DE DE AGOSTO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 5% DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	22085	15.00	176.71	124.98	175	03/07/2025	11/07/2025	7	71.41
2	MST-02	22232	15.00	176.71	125.81	175	03/07/2025	11/07/2025	7	71.89
3	MST-03	22012	15.00	176.71	124.56	175	03/07/2025	11/07/2025	7	71.18
4	MST-04	22178	15.00	176.71	125.50	175	03/07/2025	11/07/2025	7	71.72
5	MST-05	22351	15.00	176.71	126.48	175	03/07/2025	11/07/2025	7	72.27
Promedio De Esf. Rotura					125.47					71.69

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	29545	15.00	176.71	167.19	175	03/07/2025	18/07/2025	14	95.54
2	MST-07	29654	15.00	176.71	167.81	175	03/07/2025	18/07/2025	14	95.89
3	MST-08	29745	15.00	176.71	168.32	175	03/07/2025	18/07/2025	14	96.18
4	MST-09	29514	15.00	176.71	167.02	175	03/07/2025	18/07/2025	14	95.44
5	MST-10	29853	15.00	176.71	168.93	175	03/07/2025	18/07/2025	14	96.53
Promedio De Esf. Rotura					167.85					95.92

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	32856	15.00	176.71	185.93	175	03/07/2025	04/08/2025	28	106.24
2	MST-12	32745	15.00	176.71	185.30	175	03/07/2025	04/08/2025	28	105.89
3	MST-13	32578	15.00	176.71	184.35	175	03/07/2025	04/08/2025	28	105.35
4	MST-14	32586	15.00	176.71	184.40	175	03/07/2025	04/08/2025	28	105.37
5	MST-15	32454	15.00	176.71	183.65	175	03/07/2025	04/08/2025	28	104.94
					184.73					105.56

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAS INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIF 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025
SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : 11 DE DE AGOSTO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 7% DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	22947	15.00	176.71	129.85	175	03/07/2025	11/07/2025	7	74.20
2	MST-02	22756	15.00	176.71	128.77	175	03/07/2025	11/07/2025	7	73.58
3	MST-03	22759	15.00	176.71	128.79	175	03/07/2025	11/07/2025	7	73.59
4	MST-04	22887	15.00	176.71	129.51	175	03/07/2025	11/07/2025	7	74.01
5	MST-05	22546	15.00	176.71	127.60	175	03/07/2025	11/07/2025	7	72.91
Promedio De Esf. Rotura					128.91					73.66

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	30247	15.00	176.71	171.16	175	03/07/2025	18/07/2025	14	97.81
2	MST-07	30087	15.00	176.71	170.26	175	03/07/2025	18/07/2025	14	97.29
3	MST-08	30052	15.00	176.71	170.06	175	03/07/2025	18/07/2025	14	97.18
4	MST-09	30145	15.00	176.71	170.59	175	03/07/2025	18/07/2025	14	97.48
5	MST-10	30377	15.00	176.71	171.90	175	03/07/2025	18/07/2025	14	98.23
Promedio De Esf. Rotura					170.79					97.60

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	33145	15.00	176.71	187.56	175	03/07/2025	04/08/2025	28	107.18
2	MST-12	33562	15.00	176.71	189.92	175	03/07/2025	04/08/2025	28	108.53
3	MST-13	33256	15.00	176.71	188.19	175	03/07/2025	04/08/2025	28	107.54
4	MST-14	33512	15.00	176.71	189.64	175	03/07/2025	04/08/2025	28	108.37
5	MST-15	33421	15.00	176.71	189.12	175	03/07/2025	04/08/2025	28	108.07
					188.89					107.94

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER


 UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CARR. INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JEFATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

DIF: 0010-00088446



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : 11 DE DE AGOSTO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 3% DE CENIZA DE CARBON

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	20985	15.00	176.71	118.75	175	03/07/2025	11/07/2025	7	87.86
2	MST-02	21056	15.00	176.71	119.15	175	03/07/2025	11/07/2025	7	68.09
3	MST-03	21141	15.00	176.71	119.63	175	03/07/2025	11/07/2025	7	68.36
4	MST-04	21023	15.00	176.71	118.97	175	03/07/2025	11/07/2025	7	67.98
5	MST-05	21125	15.00	176.71	119.54	175	03/07/2025	11/07/2025	7	68.31
Promedio De Esf. Rotura					119.21					68.12

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	28011	15.00	176.71	158.51	175	03/07/2025	18/07/2025	14	90.58
2	MST-07	28145	15.00	176.71	159.27	175	03/07/2025	18/07/2025	14	91.01
3	MST-08	28265	15.00	176.71	159.95	175	03/07/2025	18/07/2025	14	91.40
4	MST-09	28245	15.00	176.71	159.83	175	03/07/2025	18/07/2025	14	91.33
5	MST-10	28356	15.00	176.71	160.46	175	03/07/2025	18/07/2025	14	91.69
Promedio De Esf. Rotura					159.60					91.20

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	31174	15.00	176.71	176.41	175	03/07/2025	04/08/2025	28	100.81
2	MST-12	31354	15.00	176.71	177.43	175	03/07/2025	04/08/2025	28	101.39
3	MST-13	31158	15.00	176.71	176.32	175	03/07/2025	04/08/2025	28	100.75
4	MST-14	31325	15.00	176.71	177.26	175	03/07/2025	04/08/2025	28	101.29
5	MST-15	31212	15.00	176.71	176.62	175	03/07/2025	04/08/2025	28	100.93
Promedio De Esf. Rotura					176.81					101.03

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnoldo Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025
SOLICITANTE : BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : 11 DE DE AGOSTO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 5% DE CENIZA DE CARBON

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F°C	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	MST-01	21745	15.00	176.71	123.05	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.32	
2	MST-02	21662	15.00	176.71	122.58	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.05	
3	MST-03	21695	15.00	176.71	122.77	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.15	
4	MST-04	21856	15.00	176.71	123.68	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.67	
5	MST-05	21715	15.00	176.71	122.88	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.22	
Promedio De Esf. Rotura					122.99						70.26

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F°C	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	MST-06	28814	15.00	176.71	163.62	175	03/07/2025	18/07/2025	14	93.50	
2	MST-07	28745	15.00	176.71	162.66	175	03/07/2025	18/07/2025	14	92.95	
3	MST-08	28956	15.00	176.71	163.86	175	03/07/2025	18/07/2025	14	93.63	
4	MST-09	29045	15.00	176.71	164.36	175	03/07/2025	18/07/2025	14	93.92	
5	MST-10	28954	15.00	176.71	163.85	175	03/07/2025	18/07/2025	14	93.63	
Promedio De Esf. Rotura					163.67						93.53

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F°C	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	MST-11	31554	15.00	176.71	178.56	175	03/07/2025	04/08/2025	28	102.03	
2	MST-12	31458	15.00	176.71	178.02	175	03/07/2025	04/08/2025	28	101.72	
3	MST-13	31784	15.00	176.71	179.86	175	03/07/2025	04/08/2025	28	102.78	
4	MST-14	31658	15.00	176.71	179.15	175	03/07/2025	04/08/2025	28	102.37	
5	MST-15	31851	15.00	176.71	180.24	175	03/07/2025	04/08/2025	28	102.99	
Promedio De Esf. Rotura					179.16						102.38

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE: BACHILLER YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 11 DE DE AGOSTO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 7% DE CENIZA DE CARBON

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	21915	15.00	176.71	124.01	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.86
2	MST-02	22023	15.00	176.71	124.62	175	03/07/2025	11/07/2025	7	71.21
3	MST-03	21863	15.00	176.71	123.72	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.70
4	MST-04	21952	15.00	176.71	124.22	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.98
5	MST-05	21812	15.00	176.71	123.43	175	03/07/2025	11/07/2025	7	70.53
Promedio De Esf. Rotura					124.00					70.86

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	29145	15.00	176.71	164.93	175	03/07/2025	18/07/2025	14	94.24
2	MST-07	29248	15.00	176.71	165.51	175	03/07/2025	18/07/2025	14	94.58
3	MST-08	29235	15.00	176.71	165.44	175	03/07/2025	18/07/2025	14	94.54
4	MST-09	29252	15.00	176.71	165.53	175	03/07/2025	18/07/2025	14	94.59
5	MST-10	29156	15.00	176.71	164.99	175	03/07/2025	18/07/2025	14	94.28
Promedio De Esf. Rotura					165.28					94.45

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	31975	15.00	176.71	180.94	175	03/07/2025	04/08/2025	28	103.40
2	MST-12	32069	15.00	176.71	181.47	175	03/07/2025	04/08/2025	28	103.70
3	MST-13	32154	15.00	176.71	181.95	175	03/07/2025	04/08/2025	28	103.97
4	MST-14	31756	15.00	176.71	179.70	175	03/07/2025	04/08/2025	28	102.69
5	MST-15	31853	15.00	176.71	180.25	175	03/07/2025	04/08/2025	28	103.00
Promedio De Esf. Rotura					180.86					103.35

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 10-12-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: YHEFER YONATHAN JHOVER AGRAMONTE

Dirección: Jr. SANTA BARBARA 421

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73203809

Teléfono: 953 448 842 email: Yheferjhover1234@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [] Trabajo Académico []

Título: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE POLVO DE CONCRETO RECICLADO Y

CENIZA DE CARBÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO

PERMEABLE EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONCRETO PERMEABLE, POLVO DE CONCRETO, CENIZA DE CARBÓN,

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV 1, 2? PERMEABILIDAD

1

1 Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

2 Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
 Título
 2da Especialidad
 Maestría
 Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____

 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo

 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES - P17

Firma de Autor



huella digital

10-12-2025

Fecha