



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULARAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE
UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE
GENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO
EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE
UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE
GENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO
EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 _____ Dr. RONALD MADERA TERÁN
PRIMER MIEMBRO	:	 _____ Dr. LEONEL SUASACA PELÍNCO
SEGUNDO MIEMBRO	:	 _____ Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
ASESOR DE TESIS	:	 _____ Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1751-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 15135 presentado por el (la) Bachiller: **CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA** 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. **CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024**, 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 merito 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. RONALD MADERA TERÁN
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miércoles 18 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 10:00 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.



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Intermedio



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1371-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 15376 por el señor (a): **CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1249- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 226- 2024 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): **CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024**, 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° 226- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024**, 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): **CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024** 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), Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. **Efraín Parillo Sosa**
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 422-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-06800, presentado el o (la) Bachiller CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 464 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 143-2024 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 o (la) Bachiller: CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024, 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 Mgtr. 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° 143-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024.

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 mérito 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 o (la) Bachiller: CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024 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.

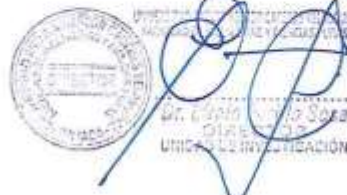
ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
ASESOR DE INVESTIGACIÓN
CIP. 47790



Dr. Carlos Edwin Hullca Chuctaya
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	11%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	Submitted to University of Zululand Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	48399770
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-8921-0625
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	RONALD MADERA TERÁN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02429150
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	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02416058
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: Melgar Distrito: Ayaviri Latitud: S 14° 52' 55" Longitud: O 70° 35' 24"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/JWRJcMnUsoOmXiWP7</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 - Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE	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
- Librería	



DIRECTOR
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA, identificado con DNI
Nro. 48399770, 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:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE

CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO

EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 12 de MARZO del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres que siempre confiaron en mí que nunca me abandonaron, a mis amistades más leales, que también estuvieron en las buenas y en las malas.



AGRADECIMIENTO

En estas líneas expreso mis más sinceros agradecimientos a todas esas personas que contribuyeron en la realización de este proyecto de investigación.

Primeramente, a nuestro creador, de igual manera a los docentes de la universidad que siempre tuvieron paciencia para poder enseñar.

Agradecer la ayuda y motivación constante por parte del Ing. José Wilfredo Huillca Chuctaya y Tec. Superior Teófilo Huillca Chuctaya mis hermanos más entrañables y toda mi familia que contribuyeron en mi formación profesional.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática.....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	2
1.2.1	Problema general	2
1.2.2	Problemas específicos.....	2
1.3	Objetivos de la investigación	3
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
1.4	Justificación de la investigación	3
1.4.1	Justificación técnica.....	3
1.4.2	Justificación económica.....	4
1.4.3	Justificación social	4
1.4.4	Justificación ambiental.....	4
1.5	Hipótesis de la investigación	5
1.5.1	Hipótesis general	5
1.5.2	Hipótesis específicas.....	5
1.6	Variables e indicadores.....	5
1.6.1	Variable independiente	5
1.6.2	Variable dependiente.....	5
1.7	Operacionalización de variables.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación	7
-----	--	---



2.1.1	Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2	Antecedente nacional	9
2.1.3	Antecedente de ámbito local.	12
2.2	Bases teóricas	13
2.2.1	Concreto Permeable.....	13
2.2.1.1	<i>Definición y Características</i>	15
2.2.1.2	<i>Beneficios y Limitaciones</i>	19
2.2.2	Materiales Aditivos.....	22
2.2.2.1	<i>Ceniza volcánica</i>	24
2.2.2.2	<i>Polvo de caucho</i>	27
2.2.3	Interacción entre aditivos y concreto permeable	29
2.2.3.1	<i>Efectos de la Ceniza Volcánica en el Concreto Permeable</i>	29
2.2.3.2	<i>Efectos del Polvo de Caucho en el Concreto Permeable</i>	31
2.2.3.3	<i>Investigaciones sobre Polvo de Caucho en Concreto</i>	33
2.2.3.4	<i>Métodos de Prueba de Permeabilidad</i>	35
2.2.3.5	<i>Sostenibilidad y Uso de Materiales Locales</i>	37
2.3	Marco conceptual.....	40
2.3.1.	Agregados	40
2.3.2.	Asentamiento.....	40
2.3.3.	Concreto	40
2.3.4.	Curado	41
2.3.5.	Ceniza volcánica	41
2.3.6.	Diseño de mezclas	41
2.3.7.	Capacidad compresiva del material	41
2.3.8.	Polvo de caucho	42
2.3.9.	Permeable	42

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación.....	43
3.2	Método de la investigación.....	43
3.3	Nivel y tipo de la investigación	44
3.3.1	Nivel de la investigación	44
3.3.2	Tipo de la investigación	44
3.4	Población y porción de la investigación.....	45
3.4.1	Población.....	45
3.4.2	Muestra.....	46



3.5	Técnicas e instrumentos	48
3.5.1	Técnicas	48
3.5.2	Instrumentos de recolección de datos investigación	49
3.6	Validación y confiabilidad del instrumento	51
3.6.1	Validación de los instrumentos	51
3.6.2	Confiabilidad de instrumentos	52
3.7	Plan de recolección y procesamiento de datos	52
3.7.1	Procedimiento del desarrollo de plan de investigación.....	52
3.7.2	Etapa de campo.....	56
3.7.3	Etapa de laboratorio	56
3.7.4	Etapa de gabinete.....	64

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados alcanzados a través de los estudios	65
4.1.1	Comportamiento en cuanto al asentamiento de las porciones realizadas	72
4.1.2	Capacidad compresiva del material de las porciones evaluadas CP, CV y PC	74
4.1.3	Determinamos la permeabilidad del concreto permeable con CV y PC.....	92
4.1.4	Discusión de Resultados	109
CONCLUSIONES		111
RECOMENDACIONES.....		112
REFERENCIAS		113
ANEXOS.....		117



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2 Probetas requeridas para el ensayo de resistencia a compresión	47
Tabla 3 Cantidad de porciones para ensayos de coeficiente de permeabilidad.....	47
Tabla 4 Tabla de datos con respecto a los agregados finos y gruesos.....	66
Tabla 5 Reporte breve sobre los valores de peso específico y absorción obtenidos.....	66
Tabla 6 Pesos unitarios de los agregados utilizados en el estudio (suelto)	67
Tabla 7 Pesos unitarios de los agregados utilizados en el estudio (compactado)	67
Tabla 8 Resumen de las características de los agregados.....	69
Tabla 9 Dosis de materiales para la creación del concreto	70
Tabla 10 Distribución de los valores de asentamiento en las porciones.....	72
Tabla 11 Síntesis en cuanto a el desempeño compresivo de los especímenes a los 7 días.....	74
Tabla 12 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 4% a los 7 días....	75
Tabla 13 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 8% a los 7 días....	76
Tabla 14 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 3% a los 7 días	77
Tabla 15 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 6% a los 7 días	78
Tabla 16 Comparativa de las distintas resistencias registradas – día 7.....	79
Tabla 17 Síntesis en cuanto a el desempeño compresivo de los especímenes a los 14 días.....	80
Tabla 18 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 4% a los 14 días..	81
Tabla 19 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 8% a los 14 días..	82
Tabla 20 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 3% a los 14 días..	83
Tabla 21 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 6% a los 14 días..	84
Tabla 22 Comparativa de las distintas resistencias registradas – día 14.....	85
Tabla 23 Síntesis en cuanto a el desempeño compresivo de los especímenes patrón a los 28 días.....	86
Tabla 24 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 4% a los 28 días..	87
Tabla 25 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 8% a los 28 días..	88
Tabla 26 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 3% a los 28 días..	89
Tabla 27 Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 6% a los 28 días..	90
Tabla 28 Comparativa de las distintas resistencias registradas – día 28.....	91
Tabla 29 Resumen de la permeabilidad, porción patrón 7 días	92



Tabla 30	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 4% - a los 7 días</i>	93
Tabla 31	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 8% - a los 7 días</i>	94
Tabla 32	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 3% - a los 7 días</i>	95
Tabla 33	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 6% - a los 7 días</i>	96
Tabla 34	<i>Resumen de la permeabilidad, porción patrón 14 días</i>	97
Tabla 35	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 4% - a los 14 días</i>	98
Tabla 36	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 8% - a los 14 días</i>	99
Tabla 37	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 3% - a los 14 días</i>	100
Tabla 38	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 6% - a los 14 días</i>	101
Tabla 39	<i>Resumen de la permeabilidad, porción patrón 28 días</i>	102
Tabla 40	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 4% - a los 28 días</i>	103
Tabla 41	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 8% - a los 28 días</i>	104
Tabla 42	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 3% - a los 28 días</i>	105
Tabla 43	<i>Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 6% - a los 28 días</i>	106
Tabla 44	<i>Resumen de la permeabilidad promedio a los 28 días</i>	107
Tabla 45	<i>Resistencias a la flexión alcanzadas en comparación con su diseño en %</i>	108



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa ubicación del distrito de Ayaviri.....46

Figura 2 Ceniza volcánica54

Figura 3 Polvo de caucho.....54

Figura 4 Caracterización granulométrica del agregado grueso.68

Figura 5 Caracterización granulométrica del agregado fino.....68

Figura 6 Proporciones del diseño de mezcla71

Figura 7 Comparativa de los asentamientos alcanzados.....73

Figura 8 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción patrón día 7.....74

Figura 9 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 4% día 7.....75

Figura 10 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 8% día 7.....76

Figura 11 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 3% día 7.....77

Figura 12 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 6% día 7.....78

Figura 13 Resistencias registradas de las porciones comparativa - 7 días79

Figura 14 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción patrón día 14.....80

Figura 15 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 4% día 14.....81

Figura 16 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 8% día 14.....82

Figura 17 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 3% día 14.....83

Figura 18 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 6% día 14.....84

Figura 19 Resistencias registradas de las porciones comparativa - 14 días85

Figura 20 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción patrón día 28.....86



Figura 21 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 4%
 día 28.....87

Figura 22 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 8%
 día 28.....88

Figura 23 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 3%
 día 28.....89

Figura 24 Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 6%
 día 28.....90

Figura 25 Resistencias registradas de las porciones comparativa - 28 días91

Figura 26 Permeabilidad de las porciones elaboradas del concreto permeable en el día 7.....92

Figura 27 Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 4% en el día 7.....93

Figura 28 Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 8% en el día 7.....94

Figura 29 Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 3% en el día 7.....95

Figura 30 Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 6% en el día 7.....96

Figura 31 Permeabilidad de las porciones elaboradas del concreto permeable patrón en el día 14.....97

Figura 32 Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 4% en el día 14.....98

Figura 33 Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 8% en el día 14.....99

Figura 34 Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 3% en el día 14.....100

Figura 35 Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 6% en el día 14.....101

Figura 36 Permeabilidad de las porciones elaboradas del concreto permeable patrón en el día 28...102

Figura 37 Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 4% en el día 28.....103

Figura 38 Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 8% en el día 28.....104

Figura 39 Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 3% en el día 28.....105

Figura 40 Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 6% en el día 28.....106

Figura 41 Comparación de ensayos de permeabilidad de las porciones - 28 días.....107

Figura 42 Comparativa de la permeabilidad de las porciones108



RESUMEN

La investigación titulada "Estudio Comparativo de las Propiedades del Concreto Permeable con Adición de Ceniza Volcánica y Polvo de Caucho en el Distrito de Ayaviri 2024" busca evaluar las propiedades del concreto permeable incorporando ladrillo reciclado de cloruro de polivinilo en el distrito de Huancané. El método utiliza un enfoque cuantitativo aplicado, un marco explicativo, un diseño experimental y una metodología científica. Además, la configuración de las porciones generadas para nuestro estudio dio como resultado los resultados posteriores: el concreto permeable patrón alcanzo una media de 3.80" pulgadas, posteriormente se analizaron las porciones con adición de ceniza volcánica y polvo de caucho, en la cual se obtuvo una trabajabilidad de 3.70" y 3.64" para las porciones con ceniza volcánica en 4% y 8%, seguidamente se obtuvo 3.64" y 3.68" con la incorporación de polvo de caucho en 3% y 6%, Lo concerniente a la Capacidad compresiva del material del concreto permeable patrón a los 28 días de curado alcanzo Un nivel promedio compresivo de 176.26kg/cm², la porción elaborada con la incorporación de ceniza volcánica en 4% alcanzo una resistencia de 186.06kg/cm² y con 8% de ceniza volcánica logro un 192.59kg/cm² seguidamente el polvo de caucho en 3% mejoro la porción alcanzando una resistencia de 187.83kg/cm² y con 6% de polvo de caucho concreto una resistencia de 196.65kg/cm² siendo este la dosificación con mejor comportamiento, Al realizar el ensayo de permeabilidad de las porciones elaboradas en el estudio se llegó a los siguientes resultados: el concreto permeable patrón tuvo un índice de permeabilidad de 1.33cm/seg, mientras que las porciones con ceniza volcánica en 4% y 8% alcanzaron Un nivel promedio compresivo de 1.17cm/seg y 1.15cm/seg respectivamente.

Palabras Clave: Cenizas volcánicas, Polvo de caucho, Permeable, Concreto.



ABSTRACT

The research entitled "Comparative Study of the Properties of Permeable Concrete with the Addition of Volcanic Ash and Rubber Dust in the Ayaviri 2024 District" seeks to evaluate the properties of permeable concrete incorporating recycled polyvinyl chloride brick in the Huancané district. The method utilizes an applied quantitative approach, explanatory framework, experimental design, and scientific methodology. Furthermore, the configuration of the samples generated for our study resulted in the subsequent results: the permeable concrete pattern reached an average of 3.80" inches, subsequently the samples were analyzed with the addition of volcanic ash and rubber powder, in which a workability of 3.70" and 3.64" was obtained for the samples with volcanic ash at 4% and 8%, then 3.64" and 3.68" were obtained. with the incorporation of rubber powder in 3% and 6%, Concerning the compressive strength of the standard permeable concrete after 28 days of curing, it reached an average resistance of 176.26kg/cm², the sample prepared with the incorporation of ash volcanic in 4% reached a resistance of 186.06kg/cm² and with 8% of volcanic ash it achieved 192.59kg/cm², then the rubber powder in 3% improved the sample reaching a resistance of 187.83kg/cm² and with 6% of powder of concrete rubber a resistance of 196.65kg/cm², this being the dosage with the best performance. When carrying out the permeability test of the samples prepared in the study, the following results were reached: the standard permeable concrete had a permeability index of 1.33cm /sec, while the samples with 4% and 8% volcanic ash reached an average resistance of 1.17cm/sec and 1.15cm/sec respectively.

Keywords: Volcanic ash, Rubber dust, Permeable, Concrete.



INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial y la urbanización de las ciudades modernas presentan desafíos importantes para gestionar eficientemente el agua de lluvia y mantener la longevidad de los materiales de construcción. El hormigón permeable ha demostrado eficacia para mitigar problemas de inundaciones y permitir la recarga de acuíferos. Ofrece un sustituto pragmático y ambientalmente sostenible de los pavimentos convencionales. Este tipo específico de hormigón de porción permeabilidad, lo que permite que el agua se mueva a través de su estructura. En consecuencia, reduce la cantidad de agua que fluye sobre la superficie y mejora la calidad del agua al eliminar completamente los contaminantes.

Uno de los objetivos de este estudio es evaluar y contrastar las propiedades de un concreto permeable que ha sido mejorado mediante el uso de ceniza volcánica y polvo de caucho en el distrito de Ayaviri en el año 2024. La elección deliberada de estos elementos suplementarios abarca la ceniza volcánica, que abunda en la región y exhibe propiedades puzolánicas que podrían mejorar las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto. Además, la utilización de polvo de caucho derivado del reciclaje de neumáticos ofrece un método ambientalmente beneficioso para gestionar los residuos sólidos y tiene el potencial de mejorar la flexibilidad y durabilidad del hormigón.

Entre otros objetivos de este estudio tenemos evaluar la influencia de la adición de ceniza volcánica y polvo de caucho sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto permeable. Esto implica evaluar alteraciones en la Capacidad compresiva del material, la permeabilidad y la durabilidad. Los resultados esperados ofrecerían una base científica sólida para integrar estos materiales en proyectos de infraestructura en Ayaviri y lugares similares, mejorando así la sostenibilidad y resiliencia de los procesos de construcción.

En primer lugar, realizaremos experimentos de laboratorio para evaluar la Capacidad compresiva del material y la permeabilidad de mezclas de hormigón que



contienen diferentes proporciones de ceniza volcánica y polvo de caucho. Posteriormente, se realizará un examen exhaustivo para evaluar las ventajas y desventajas de cada mezcla en cuanto a sus características mecánicas y viabilidad económica, así como sus impactos ambientales y sociales. La técnica implica generar porciones de prueba, que posteriormente se someten a condiciones de curado meticulosamente controladas. Se realizan pruebas estandarizadas para obtener datos confiables y comparables.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

La industria de la construcción enfrenta importantes desafíos globales con respecto a la sostenibilidad y su huella ecológica. La fabricación de hormigón convencional contribuye alrededor del 8% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂). Dadas las circunstancias actuales, es crucial priorizar los esfuerzos de investigación y desarrollo centrados en investigar tipos alternativos de concreto que podrían reducir sustancialmente las emisiones de carbono y mejorar la sostenibilidad. El hormigón permeable mejora sus propiedades mecánicas y su longevidad mediante el uso de componentes reciclables como polvo de caucho y ceniza volcánica. Además, esta estrategia mejora los esfuerzos de gestión de residuos y ayuda a reducir la contaminación ambiental. (Freire Paredes, 2024)

La creciente urbanización y el desarrollo de infraestructura del Perú requieren soluciones de construcción que sean económicamente viables y ambientalmente sostenibles. El país, que sufre frecuentes terremotos y erupciones volcánicas, necesita materiales de construcción que ofrezcan resiliencia duradera y compatibilidad ambiental. La abundante cantidad de ceniza volcánica producida por las frecuentes erupciones volcánicas ofrece una oportunidad única para explorar su uso potencial en hormigón permeable. Además, la utilización de neumáticos abandonados para la producción de



partículas de caucho y su integración en materiales de construcción podría abordar eficientemente el problema de los vertederos congestionados y la gestión de residuos sólidos. (Guevara Coronel, 2020)

Ayaviri, un distrito situado en la región de Puno, enfrenta duras condiciones climáticas y una disponibilidad impredecible de recursos hídricos, lo que subraya la necesidad imperativa de desarrollar una infraestructura sólida y flexible. El hormigón permeable tiene la capacidad de mejorar la gestión de las aguas pluviales y reducir la aparición de charcos e inundaciones en zonas urbanas. Al integrar ceniza volcánica y polvo de caucho en el hormigón, se impulsa la utilización de recursos autóctonos, se reducen los costos y las construcciones se vuelven más resilientes y respetuosas con el medio ambiente. Este diseño está diseñado para cumplir específicamente con los requisitos únicos de Ayaviri. (Quispe Mamani, 2023)

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles es la variación de las propiedades de un concreto permeable con la adición de ceniza volcánica y polvo de caucho en el distrito de Ayaviri 2024?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es la incidencia del empleo de ceniza volcánica y polvo de caucho en la consistencia de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024?
2. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza volcánica y polvo de caucho en la Capacidad compresiva del material del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024?



3. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de ceniza volcánica y polvo de caucho en el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Comparar la variación de las propiedades de un concreto permeable con la adición de ceniza volcánica y polvo de caucho en el distrito de Ayaviri 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la incidencia del empleo de ceniza volcánica y polvo de caucho en la consistencia de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.
2. Determinar el efecto de la aplicación de ceniza volcánica y polvo de caucho en la Capacidad compresiva del material del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.
3. Determinar la influencia de la incorporación de ceniza volcánica y polvo de caucho en el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

El objetivo de realizar un estudio comparativo entre concreto convencional y concreto con ceniza volcánica y polvo de caucho en el distrito de Ayaviri es evaluar la influencia de estos componentes reciclados en las propiedades mecánicas, físicas y ambientales del concreto. El objetivo de este estudio es mejorar la sostenibilidad y eficiencia de las operaciones de construcción en la región. El objetivo es evaluar el impacto



de la incorporación de fibra de arena de acero reciclada y perdigones de plomo sobre las propiedades de Capacidad compresiva del material y tracción, densidad y absorción de agua del hormigón.

1.4.2 Justificación económica

La utilización de elementos como la ceniza volcánica y el polvo de caucho ofrece una alternativa más rentable al hormigón tradicional. Reducción de costos: al emplear estos materiales, podemos disminuir los costos de producción al disminuir nuestra dependencia de recursos finitos y utilizar recursos que de otro modo se descartarían. Al integrar estos elementos rescatados en el proceso de fabricación del hormigón, es posible ahorrar gastos relacionados con la eliminación de ciertos desechos.

1.4.3 Justificación social

El uso de estos materiales, como ceniza volcánica y polvo de caucho, puede promover el desarrollo de empleo al apoyar la economía circular y generar posibilidades de empleo en la industria del reciclaje local. El aumento de las oportunidades de empleo mejorará las condiciones socioeconómicas del vecindario. Mejora ambiental: la incorporación de estos materiales al proceso de producción de concreto puede reducir el volumen de algunos desechos eliminados en los vertederos y disminuir la extracción de recursos naturales.

1.4.4 Justificación ambiental

La utilización de materiales reciclados, como la ceniza volcánica y el polvo de caucho generados a partir de la combustión de algunos materiales, ayuda a minimizar la cantidad de residuos que se eliminan o se encuentran dispersos como basura. Este método facilita enormemente la reducción de la contaminación y la conservación de los recursos naturales. Minimizar la extracción de recursos naturales: Al incorporar materiales reciclados en la fabricación del hormigón, se reduce la necesidad de extraer recursos



naturales frescos, salvaguardando así los ecosistemas y mitigando el deterioro ambiental vinculado a la extracción de materias primas.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La variación de las propiedades de un concreto permeable será positivamente significativa con la adición de ceniza volcánica y polvo de caucho en el distrito de Ayaviri 2024.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. La incidencia del empleo de ceniza volcánica y polvo de caucho será positiva manteniendo la consistencia de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.
2. El efecto de la aplicación de ceniza volcánica y polvo de caucho será positiva incrementando la Capacidad compresiva del material del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.
3. La influencia de la incorporación de ceniza volcánica y polvo de caucho será positiva optimizando el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.

1.6 Variables e indicadores.

1.6.1 Variable independiente

- Ceniza volcánica y polvo de caucho

1.6.2 Variable dependiente

- Propiedades del concreto permeable de $F'c = 175$ kg/cm²

Indicadores:

- Consistencia
- Capacidad compresiva del material
- Coeficiente de permeabilidad

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
CENIZA VOLCANICA Y POLVO DE CAUCHO	La ceniza volcánica se compone de diminutas partículas de roca, minerales y vidrio volcánico que son expulsadas a la atmósfera cuando un volcán entra en erupción.	Propiedades de la ceniza volcánica.	Dosificación de la ceniza volcánica en 4% y 8%.	Fichas de control de calidad de laboratorio
	El polvo de caucho es una sustancia fragmentada o pulverizada que se obtiene del proceso de trituración y reutilización de neumáticos desechados y otros artículos de caucho.	Propiedades del polvo de caucho.	Dosificación del polvo de caucho 3% y 6%.	
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE	El hormigón permeable, también denominado hormigón poroso, es un tipo especializado de hormigón destinado específicamente a facilitar el paso activo del agua a través de su estructura.	Diseño de mezclas.	Asentamiento de las porciones.	Equipos y herramientas brindadas por el laboratorio de suelos.
		Resistencia la compresión.	Capacidad compresiva del material de los testigos.	
		Coefficiente de permeabilidad.	Coefficiente de permeabilidad de los testigos.	



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Para, Alqarni, (2022) en su trabajo titulado "Una revisión exhaustiva de las propiedades del hormigón sostenible utilizando ceniza de polvo de piedra pómez volcánica como material cementoso complementario", Los recursos que antes no eran renovables ahora son parcialmente renovables gracias a los recientes avances en las técnicas de reciclaje. Para reducir la cantidad de exceso de desechos que se eliminan en los vertederos, el concreto debe contener materiales cementosos suplementarios (SCM). Para fabricar hormigón respetuoso con el medio ambiente es necesario fabricar una gran variedad de componentes y residuos. Esto puede incluir cenizas, polvo, minerales naturales y productos de desecho de la agricultura, la acuicultura y la industria. La literatura sobre el uso de dichos desechos ha resaltado el enorme potencial del uso de cenizas de polvo de piedra pómez volcánica (VPPA) como aditivos para cemento o como reemplazo parcial en la creación de concreto verde. Reducir las emisiones de dióxido de carbono es el principal objetivo de la implementación de SCM porque el dióxido de carbono tiene una asociación positiva con otros tipos de contaminantes ambientales y el cambio climático. Reciclar desechos y subproductos es otra forma de disminuir los problemas relacionados con la eliminación de basura. El propósito de este artículo es presentar un resumen



exhaustivo de la investigación sobre cómo el tratamiento con VPPA afecta la trabajabilidad, la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión, la Capacidad compresiva del material y la durabilidad del concreto. Este trabajo también analiza la microestructura del hormigón mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM) para observar cómo el VPPA afecta a la sostenibilidad. Los resultados mostraron que la sustitución parcial con VPPA mejora las propiedades de resistencia a la tracción dividida, resistencia a la flexión y durabilidad, pero reduce la trabajabilidad y la Capacidad compresiva del material. Este ensayo también enfatiza lo crucial que es que este campo de estudio siga desarrollándose.

Seguidamente, Waqar et al., (2023) En este trabajo se investiga "Efecto de la ceniza de polvo de piedra pómez volcánica sobre las propiedades del hormigón de cemento utilizando la metodología de superficie de respuesta" El cemento, un material sintético, emite 0,9 libras de dióxido de carbono por cada libra fabricada. El hormigón, un material de construcción de uso frecuente, generalmente tiene un 15% de cemento. El cemento sirve como el principal agente adhesivo en el concreto y su administración se vuelve un desafío debido a la creciente demanda global. Las investigaciones indican que el método más eficaz para reducir la cantidad de cemento en el hormigón es incluir elementos cementosos suplementarios. La ceniza de polvo de piedra pómez volcánica (VPPA) es un material que se produce de forma natural. Posee características distintivas que lo hacen muy adecuado para su utilización como material cementoso suplementario. El material se ha utilizado en pruebas anteriores, lo que ha dado resultados contradictorios, lo que dificulta la evaluación fiable de su impacto en las propiedades mecánicas. El objetivo de este trabajo es utilizar la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) en concreto modificado con VPPA, ya que esta técnica no se ha utilizado previamente en este contexto específico. El estudio buscó evaluar el impacto del VPPA en la Capacidad compresiva del material (CS), la resistencia a la flexión (FS), la resistencia a la tracción (STS) y el módulo de elasticidad (MOE) del hormigón de cemento. Para lograr este objetivo, se mejoró la resistencia de la mezcla de concreto mediante el uso de un aditivo de porcentaje de



potencia variable (VPPA) en cantidades variables, que van del 3% al 18%. Posteriormente, cada porción individual se sometió a pruebas a intervalos de 7, 14 y 28 días. La investigación experimental arrojó resultados positivos para todas las cualidades mecánicas, incluida la Capacidad compresiva del material (CS), la resistencia a la flexión (FS), la resistencia a la tracción (STS) y el módulo de elasticidad (MOE). Las investigaciones han demostrado que el método VPPA logra mejorar las propiedades mecánicas del concreto, lo que resulta en una mejora sustancial de hasta un 12%. Al cruzar el umbral, se detectó un efecto perjudicial en todas las propiedades mecánicas. Posteriormente, se empleó la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para construir un modelo que incorpora Arco de Plasma de Polaridad Variable (VPPA) en concreto. El estudio estadístico produjo resultados significativos para los valores de precisión de R-Square y Adeq, lo que permitió el desarrollo de cuatro ecuaciones para predecir CS, FS, STS y MOE. Además, los datos de RSM se analizaron más a fondo para evaluar la eficacia del modelo. Se realizaron pruebas adicionales para evaluar la viabilidad del modelo mejorado, utilizando los resultados adquiridos mediante el procedimiento de optimización. Se observó una discrepancia de menos del 5% entre los valores teóricamente óptimos y los valores experimentales de CS, FS, STS y MOE.

2.1.2 Antecedente nacional

Para, Barrientos-Monsalve, (2020), su investigación titulada "Comportamiento del concreto ante la fibra y ceniza volcánica" Considerando la amplia utilización y la influencia sustancial del hormigón en el progreso mundial, es imperativo analizar a fondo las contribuciones de esta sustancia. De ahí que el objetivo de este estudio fue evaluar y contrastar los diferentes exámenes y análisis realizados al hormigón. Se llevó a cabo un estudio para examinar la utilización de hormigón y muchos otros materiales, como fibras de vidrio, fibras metálicas y cenizas volcánicas. El estudio utilizó una metodología descriptiva-interpretativa y se basó en investigación documental obtenida de bases de



datos como Scopus. Los resultados de esta investigación se obtuvieron de los efectos favorables de la incorporación de fibras a la mezcla de concreto. Esta mezcla mejoró la capacidad de los materiales para soportar fuerzas de estiramiento y redujo la aparición de roturas, aumentando así el valor de las diferentes construcciones. Como resultado, estos componentes estructurales han sido objeto de validación científica para su aplicación en diversos proyectos de ingeniería civil, lo que ha dado lugar a una mayor longevidad y utilidad.

Para, Carrera & Lino, (2021) en su investigación titulada "Efectos de la ceniza volcánica en la Capacidad compresiva del material y en el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable $f'c$ 210 kg/cm², Lima 2021" El objetivo principal de este estudio es evaluar las alteraciones en las características mecánicas del hormigón permeable tradicional provocadas por la sustitución del cemento Portland Tipo I por diferentes cantidades de ceniza volcánica. El estudio emplea una metodología cuantitativa y correlacional y tiene una importancia social significativa con consecuencias económicas notables. Para cumplir con este objetivo, la medida inicial consistió en la obtención de ceniza volcánica de la cantera Yura en la región Arequipa, la cual se ubica en la zona geológica impactada por el volcán Chachani. Las cantidades utilizadas para la mezcla son las siguientes: Las cantidades utilizadas son las que se indican a continuación: Las cantidades requeridas son 321.97 kilogramos de cemento, 1623.07 kilogramos de TMN ½" agregado grueso y 128,79 litros de agua. El cemento se mezcló con diferentes proporciones de ceniza volcánica, concretamente 2,5%, 5%, 7,5%, 10% y 12,5%. Se lograron los siguientes hallazgos utilizando las dosis sugeridas mencionadas anteriormente: Los valores de Capacidad compresiva del material para diferentes coeficientes de variación (CV) son los siguientes: Los valores de resistencia asociados con diferentes niveles de coeficiente de variación (CV) son los siguientes: Los valores de CV y sus respectivas resistencias se proporcionan a continuación: Un coeficiente de variación (CV) de 0,00% corresponde a una resistencia de 20,88 MPa, un CV de 2,5% corresponde



a una resistencia de 21,28 MPa, un CV de 5,0% corresponde a una resistencia de 21,08 MPa, un CV del 7,5% corresponde a una resistencia de 20,10 MPa, un CV del 10% corresponde a una resistencia de 18,53 MPa y un CV del 12,5% corresponde a una resistencia de 18,44 MPa. Los valores del coeficiente de permeabilidad para cada dosis son: 0,208 cm/s, 0,230 cm/s, 0,248 cm/s, 0,258 cm/s, 0,28 cm/s y 0,293 cm/s. Los resultados indican una conexión entre la Capacidad compresiva del material de la ceniza volcánica y la capacidad de los fluidos para atravesarla. Así, se puede inferir que la ceniza volcánica tiene la capacidad de alterar las características mecánicas del hormigón permeable tradicional.

Finalmente, Castro Montoya, (2019) nos dice que el presente estudio "Comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: polvo de caucho y vidrio sódico cálcico" El hormigón es un material notablemente adaptable que se emplea frecuentemente en el sector de la construcción. Sin embargo, el material puede presentar desafíos cuando se expone a altas temperaturas, lo que podría afectar su rendimiento tanto interna como externamente. El objetivo de este estudio es formular una mezcla precisa de ingredientes para hormigón que incorpore componentes reciclados, a saber, caucho procedente de neumáticos desechados y vidrio sodocálcico derivado de botellas normales. Estos componentes funcionarán como un reemplazo parcial del agregado fino en el concreto. El objetivo es recopilar datos empíricos que faciliten el análisis de la respuesta del hormigón ante el fuego. Este proyecto empleó un método innovador y experimental para producir dos conjuntos de núcleos de hormigón. La primera serie demostró una Capacidad compresiva del material ($f'c$) de 210 kg/cm², mientras que la serie posterior reveló una Capacidad compresiva del material mayor de 280 kg/cm². Ambos conjuntos de porciones implicaron la sustitución del agregado fino por 10%, 20% y 30% de un material alternativo. Se eligió una cohorte específica para realizar pruebas esenciales para determinar las características físicas y mecánicas durante un lapso de 7, 14, 21 y 28 días durante el proceso de solidificación. Además, el estudio implica evaluar el



rendimiento de los materiales bajo temperaturas elevadas durante duraciones de 15, 30 y 60 minutos. La evaluación se realiza después de un período de envejecimiento de 28 días utilizando un horno especializado equipado con un controlador de temperatura y un termopar tipo K. El termopar funciona como termostato y como sensor de temperatura. El enfoque, que implicó sustituir el 30% del vidrio de sodio y calcio, produjo los resultados más beneficiosos para ambas resistencias.

2.1.3 Antecedente de ámbito local.

Para, Ryder Wadner, (2021) su investigación titulada "Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho para el diseño del pavimento rígido $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ en llave, Puno", Últimamente se ha observado una notoria falta de infraestructura vial y una acumulación descontrolada de residuos sólidos, lo que tiene consecuencias nocivas para nuestro ecosistema. El programa de investigación se inició con el objetivo principal de diseñar una estrategia para el avance del hormigón ambientalmente sostenible. Para lograr esto, el enfoque implica incorporar caucho a una estructura de pavimento resistente que posee una Capacidad compresiva del material de 175 kg/cm^2 en la región de llave. Este proyecto se llevó a cabo como una iniciativa de investigación aplicada, empleando una metodología experimental. Los hallazgos indican que el hormigón ecosostenible que contiene un 5% de caucho presenta una Capacidad compresiva del material promedio de $197,34 \text{ kg/cm}^2$, mientras que el hormigón ecosostenible que contiene un 10% de caucho tiene una Capacidad compresiva del material promedio de $194,85 \text{ kg/cm}^2$. El hormigón convencional, por el contrario, presenta una resistencia de $180,38 \text{ kg/cm}^2$. Durante la prueba de flexión, las porciones ecológicas exhibieron un módulo de ruptura de $33,83 \text{ kg/m}^2$ y $32,22 \text{ kg/cm}^2$, mientras que la porción de referencia tuvo un módulo de ruptura de $29,78 \text{ kg/cm}^2$. Después de un análisis exhaustivo, se concluyó que la porción con un contenido de caucho reciclado del 5 % demostró la proporción más favorable, lo que indica una mejora significativa.

Para, Beltran & Gutierrez, (2023) su investigación titulada "Mejoramiento de las propiedades del concreto en condiciones climáticas frías mediante la adición de ceniza volcánica - Puno,2023", Este estudio tuvo como objetivo mejorar las características del hormigón en regiones extremadamente frías mediante la utilización de ceniza volcánica. Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva para determinar la eficacia y viabilidad del uso de ceniza volcánica como alternativa sostenible en circunstancias difíciles. Se empleó un diseño cuasiexperimental con un objetivo pragmático. La población estuvo compuesta por 1 metro cúbico de hormigón, mientras que para los ensayos y la creación de probetas se utilizó una porción de 0,7 metros cúbicos. Después de un período de 28 días, los resultados demostraron mejoras significativas al incluir ceniza en proporciones del 5%, 10% y 15%. La Capacidad compresiva del material experimentó aumentos del 5,54%, 11,75% y 17,72% respectivamente, mientras que la resistencia a la flexión exhibió mejoras del 5,70%, 11,88% y 17,25% respectivamente. El tiempo de configuración se redujo en un 15,74%, 25,46% y 31,02% para la primera configuración, y en un 10,51%, 19,32% y 20,17% para la configuración final. La prueba de "Slump" reveló una disminución en la viscosidad del concreto de 17,65%, 33,61% y 40,34%. Cuando se incorpora al hormigón, la ceniza volcánica mejora su resistencia, acelera el proceso de curado e influye en su textura. Esto valida su eficacia como complemento en condiciones gélidas y subraya su potencial en la industria de la construcción.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Concreto Permeable

Este producto químico ha sido desarrollado para mejorar la gestión de las precipitaciones y reducir la cantidad de agua que fluye por la superficie, ayudando así a recargar las fuentes de agua subterránea y minimizar las inundaciones urbanas. El hormigón permeable se caracteriza por su estructura altamente porosa, con espacios interconectados que permiten el flujo suave del agua. El hormigón permeable se diferencia

del hormigón ordinario por la existencia de huecos resultantes de la ausencia de áridos finos en la mezcla. El hormigón permeable normalmente consta de agregados gruesos, cemento Portland, agua y, a veces, aditivos particulares para mejorar la trabajabilidad y las propiedades mecánicas. Para preservar la permeabilidad necesaria, es imprescindible verificar la ausencia de arena o cualquier otra partícula minúscula que pueda perjudicar la porosidad (Llanos et al., 2023).

El hormigón permeable se caracteriza principalmente por su notable permeabilidad, permitiendo que el agua penetre a velocidades que oscilan entre 200 y 1000 litros por minuto por metro cuadrado. La tasa de infiltración precisa depende de la composición y compactación de la mezcla de hormigón. Sin embargo, la naturaleza permeable del hormigón permeable a veces puede dar lugar a una Capacidad compresiva del material inferior a la del hormigón normal, que suele oscilar entre 17 y 28 MPa (aproximadamente 173,4 a 285,6 kg/cm²). La menor resistencia es consecuencia de su mayor porosidad. Sin embargo, si el hormigón permeable se construye hábilmente y se sostiene periódicamente para evitar la acumulación de sedimentos en sus huecos, su durabilidad puede ser comparable a la del hormigón tradicional.

El hormigón permeable se emplea con frecuencia en los sistemas de gestión de aguas pluviales para aliviar la escorrentía superficial, aumentar la infiltración de agua en el suelo y reponer los acuíferos. Los pavimentos permeables son ideales para zonas como aparcamientos, aceras, patios y lugares con mínimo tráfico. Además, se emplea en proyectos de infraestructura verde, como la incorporación de pavimentos permeables en parques, jardines y áreas recreativas. Esto no sólo fomenta la conservación sostenible de los recursos, sino que también mejora la gestión consciente del medio ambiente. El hormigón permeable se emplea en entornos urbanos para aliviar las inundaciones, mejorar la calidad del agua y disminuir la presión sobre los sistemas de gestión de aguas pluviales.

El hormigón permeable ofrece numerosas ventajas, incluida su capacidad para aliviar las inundaciones al permitir que la precipitación se infiltre directamente en el suelo. Además, ayuda a paliar el fenómeno de la isla de calor urbana debido a su importante

permeabilidad, que favorece la evaporación del agua y el posterior enfriamiento de la superficie. Este material aboga por prácticas de construcción sostenibles al reducir la necesidad de complejos y costosos sistemas de gestión de aguas pluviales.

Sin embargo, el hormigón permeable presenta desafíos y preocupaciones específicas que requieren una cuidadosa consideración. El mantenimiento periódico es fundamental para evitar la acumulación de sedimentos en espacios vacíos y preservar la permeabilidad. La inadecuada Capacidad compresiva del material del material lo hace inadecuado para aplicaciones que requieren una capacidad de carga significativa, como calles muy transitadas. Además, en áreas extremadamente frías, el concreto permeable puede ser susceptible a daños por congelación y deshielo si no se construye y mantiene adecuadamente.

En resumen, el hormigón permeable es un material innovador que ofrece numerosas ventajas para la gestión sostenible del agua y las iniciativas de construcción ecológicas. Dadas sus características únicas, este material es muy adecuado para una amplia gama de usos urbanos y medioambientales. Sin embargo, es importante elaborar estrategias y supervisar meticulosamente el desarrollo y mantenimiento del sistema para capitalizar completamente sus beneficios y garantizar su durabilidad.

2.2.1.1 Definición y Características

El hormigón permeable, también conocido como hormigón poroso o hormigón drenante, es un tipo especializado de hormigón diseñado para permitir que el agua fluya a través de su estructura. Este material se utiliza principalmente para mejorar la gestión del agua de lluvia y reducir la escorrentía superficial, facilitando así la reposición de fuentes de agua subterránea y disminuyendo las inundaciones urbanas. El hormigón permeable se caracteriza por su importante permeabilidad, lo que lo diferencia del hormigón convencional. Esto se logra eliminando selectivamente partículas diminutas de la mezcla, lo que da lugar a una estructura con huecos interconectados que facilitan la infiltración de agua. (Sucasaca Ramos & Tamayo Arana, 2022)

Características:

El hormigón permeable exhibe una amplia gama de características únicas que están diseñadas con precisión para cumplir la función prevista. Una característica fundamental de este es su composición porosa. Para lograr el nivel necesario de porosidad, se utiliza una mezcla de agregados gruesos, cemento Portland, agua y, en ocasiones, aditivos especializados para mejorar la trabajabilidad y las propiedades mecánicas del hormigón. La existencia de arena o cualquier otra partícula diminuta es perjudicial para mantener la porosidad necesaria para la permeabilidad. Esta disposición permite que los índices de infiltración de agua varíen entre 200 y 1000 litros por minuto por metro cuadrado, dependiendo de la composición y compresión. (Sucasaca Ramos & Tamayo Arana, 2022)

Otra característica destacable es su reducida Capacidad compresiva del material en comparación con el hormigón convencional. El hormigón permeable generalmente tiene una Capacidad compresiva del material que oscila entre 17 y 28 MPa (equivalente a aproximadamente 173,4 a 285,6 kg/cm²) debido a su notable porosidad. El hormigón permeable es adecuado para circunstancias con una carga estructural modesta y una necesidad crucial de gestión eficiente del agua, a pesar de su resistencia disminuida. Además, si el hormigón permeable se construye y mantiene adecuadamente para evitar la acumulación de sedimentos en los huecos, su longevidad puede ser comparable a la del hormigón convencional.

El hormigón permeable se caracteriza por su capacidad para mejorar la calidad del agua y aliviar los impactos del fenómeno de la isla de calor urbana. Al permitir la entrada de precipitaciones, elimina eficazmente contaminantes y partículas, mejorando así la calidad del agua que rellena los acuíferos subterráneos. Además, su notable permeabilidad mejora el proceso de evaporación del agua, ayudando así al enfriamiento de las superficies y la reducción de las temperaturas en las regiones urbanas.

El hormigón permeable se emplea comúnmente en sistemas de gestión de aguas pluviales, así como en pavimentos permeables en estacionamientos, pasillos, patios y



áreas con tráfico automovilístico reducido. Además, se utiliza en proyectos de infraestructura verde, como la incorporación de pavimentos permeables en parques, jardines y espacios recreativos. El objetivo de este esfuerzo es mejorar la sostenibilidad y la gobernanza ambiental en las áreas metropolitanas.

Sin embargo, el hormigón permeable presenta desafíos específicos, como la necesidad de un mantenimiento regular para evitar la acumulación de sedimentos que puedan bloquear los espacios abiertos, así como su menor Capacidad compresiva del material, lo que limita su idoneidad para tareas que requieren una capacidad de carga significativa. Además, en zonas muy frías, existe una alta probabilidad de sufrir daños por congelación y descongelación si la construcción y el mantenimiento no se llevan a cabo de forma eficaz.

En resumen, el hormigón permeable es un material innovador que ofrece numerosas ventajas para la gestión sostenible del agua y la construcción ecológica. Este material posee atributos distintivos, que incluyen una permeabilidad excepcional, la capacidad de mejorar la calidad del agua y el potencial de aliviar el efecto de isla de calor urbana, lo que lo hace extremadamente apropiado para muchas aplicaciones urbanas y ambientales. Sin embargo, es esencial considerar cuidadosamente el diseño y mantenimiento del sistema para maximizar sus beneficios y garantizar su durabilidad.

Aplicaciones:

Su característica única lo hace muy adecuado para una amplia gama de aplicaciones centradas en la gestión del agua y la sostenibilidad ambiental. Este artículo proporciona un análisis exhaustivo de las principales aplicaciones del hormigón permeable, destacando sus beneficios y consideraciones importantes para cada uso específico. (Apaza Chayña, 2022)

El hormigón permeable se emplea comúnmente en los sistemas de gestión de aguas pluviales. En regiones densamente pobladas, el rápido flujo de precipitaciones puede dominar la infraestructura de alcantarillado y provocar inundaciones. El hormigón



permeable permite que el agua de lluvia penetre fácilmente en el suelo, lo que reduce la escorrentía superficial y ayuda a reponer las reservas de agua subterránea. Esto no sólo disminuye la probabilidad de inundaciones, sino que también mejora la calidad del agua al filtrar contaminantes y sedimentos.

Los pavimentos permeables emplean concreto poroso en estacionamientos, pasillos, patios y áreas con movimiento vehicular restringido. Estas superficies favorecen la permeación del agua de lluvia al pavimento, reduciendo así las posibilidades de acumulación de agua y formación de charcos. Esto mejora la seguridad tanto para las personas como para los vehículos. Los pavimentos permeables ayudan a reducir la escorrentía, lo que disminuye la presión sobre los sistemas de drenaje pluvial y mejora la eficacia de la gestión de las aguas pluviales.

El hormigón permeable se emplea comúnmente en iniciativas de infraestructura verde, como parques, jardines y áreas recreativas. El hormigón permeable se utiliza en áreas específicas para aumentar la sostenibilidad optimizando la gestión del agua y reduciendo el impacto ambiental. Los parques y jardines con pavimentos permeables son muy eficientes para regular las precipitaciones, reducir la erosión del suelo y proporcionar un clima propicio para el florecimiento de plantas y fauna.

El hormigón permeable se emplea para la construcción de carreteras y caminos tanto en entornos residenciales como comerciales. En estas circunstancias específicas, resulta ventajoso paliar los fenómenos de isla de calor urbana favoreciendo la evaporación del agua. Este procedimiento reduce eficazmente la temperatura de la superficie y mejora el microclima de la zona cercana. Esto es especialmente beneficioso en zonas urbanas densamente pobladas, donde las temperaturas pueden ser significativamente más altas que en las zonas rurales circundantes.

El hormigón permeable ofrece remedios eficaces para rehabilitar zonas deterioradas y mitigar la erosión. La infiltración de agua y la consolidación del suelo son aspectos cruciales que lo convierten en una alternativa ideal para proyectos de restauración ambiental. El hormigón permeable tiene mucho éxito a la hora de mantener



la estabilidad del suelo y promover el desarrollo de la vegetación en zonas propensas a la erosión, como las pendientes.

Además, el hormigón permeable se utiliza cada vez más en la construcción de instalaciones deportivas, como pistas de atletismo y campos de golf. El hormigón permeable es una opción muy eficaz para circunstancias que requieren un excelente drenaje del agua, lo que permite reducir las interrupciones y mejorar la usabilidad después de la lluvia. Además, ayuda a mantener las condiciones del suelo al disminuir la acumulación de agua y limitar cualquier daño causado por la saturación del suelo.

El mantenimiento regular es crucial para preservar el desempeño a largo plazo del concreto permeable, a pesar de sus numerosas aplicaciones y beneficios. Es fundamental prevenir la acumulación de limo y escombros en los huecos vacíos, ya que podría reducir su capacidad para absorber y retener agua. Además, es fundamental utilizar metodologías de diseño adecuadas y elegir meticulosamente los materiales para garantizar que el hormigón permeable cumpla con los requisitos precisos de capacidad de carga y durabilidad del proyecto.

En resumen, el hormigón permeable es un material versátil y eficiente que ofrece soluciones sostenibles para diversas aplicaciones en la gestión del agua y el desarrollo urbano. Sus atributos únicos lo hacen muy adecuado para pavimentos permeables, infraestructura verde, restauración de regiones degradadas y otras aplicaciones donde la gestión del agua y la sostenibilidad son cruciales. El concreto permeable, cuando se construye y mantiene adecuadamente, puede brindar beneficios significativos.

2.2.1.2 Beneficios y Limitaciones

El hormigón permeable, también conocido como hormigón poroso u hormigón drenante, es un material innovador que permite que el agua fluya a través de su estructura, ofreciendo una solución respetuosa con el medio ambiente para gestionar el agua de lluvia y reducir la escorrentía superficial. Sin embargo, como cualquier otro material de



construcción, tiene ventajas y limitaciones. Este documento ofrece un examen exhaustivo de los beneficios y limitaciones del hormigón permeable. (Apaza Chayña, 2022)

Beneficios del hormigón permeable para una gestión eficiente del agua de lluvia: El hormigón permeable facilita la penetración sin obstáculos del agua de lluvia en el suelo, lo que lleva a una reducción significativa de la escorrentía superficial. Esto reduce la presión sobre los sistemas de alcantarillado pluvial y disminuye las posibilidades de inundaciones urbanas. Al facilitar la recarga de los acuíferos subterráneos, mejora la sostenibilidad a largo plazo de los recursos hídricos adyacentes.

El concreto permeable mejora la calidad del agua al promover la infiltración del agua, actuando como un filtro natural que captura y retiene eficientemente contaminantes y sedimentos. Esta técnica mejora la calidad del agua que se filtra en los acuíferos subterráneos, preservando así el equilibrio ecológico y asegurando la disponibilidad de agua potable.

El hormigón poroso, debido a su alta permeabilidad, puede paliar sustancialmente el Efecto Isla de Calor urbano favoreciendo la evaporación del agua atrapada en el interior de su estructura. La evaporación ayuda a enfriar la superficie y reducir las temperaturas excesivas en zonas urbanas muy pobladas. Esto mitiga los efectos del fenómeno de isla de calor urbana, mejorando el confort térmico en las áreas metropolitanas.

Además, su capacidad para gestionar eficientemente el agua ayuda a reducir el consumo de energía asociado al bombeo y purificación del agua.

El hormigón permeable se utiliza en diversas aplicaciones, incluidos pavimentos de estacionamientos, caminos, patios, senderos y proyectos de infraestructura verde como parques y jardines. Su excepcional capacidad para regular eficientemente el agua lo hace ideal tanto para actividades domésticas como comerciales.

Limitaciones del hormigón permeable: la permeabilidad del hormigón permeable da como resultado una menor capacidad para soportar la compresión en comparación con el hormigón convencional, lo que lleva a una menor Capacidad compresiva del material. Esta



limitación restringe su uso en aplicaciones que requieren una capacidad de carga significativa, como áreas con mucho tráfico peatonal o estructuras fuertes.

Un mantenimiento meticuloso es esencial para que el concreto permeable preserve su eficacia a largo plazo y evite la acumulación de sedimentos, escombros y materia orgánica que puedan obstruir los huecos dentro del mismo. Un mantenimiento inadecuado podría reducir la capacidad de retención de agua del sistema y disminuir su eficiencia.

El concreto permeable en áreas frías es susceptible al deterioro resultante del congelamiento y deshielo cíclico del agua, consecuencia de las duras condiciones climáticas. Cuando el agua queda atrapada en los huecos y posteriormente se congela, tiene el potencial de expandirse y generar fracturas dentro de la estructura de concreto. Para minimizar el riesgo de daños, es fundamental planificar y mantener cuidadosamente el concreto permeable en estas situaciones.

El desembolso de capital inicial para el concreto permeable puede exceder al del concreto tradicional debido a la necesidad de materiales y técnicas de instalación específicos. Sin embargo, a largo plazo, los gastos relacionados con el mantenimiento de los sistemas de drenaje y el control del agua pueden verse compensados por los costos incurridos.

El hormigón permeable no es adecuado para muchas aplicaciones de pavimentación, especialmente aquellas con tráfico intenso y constante, porque tiene una Capacidad compresiva del material menor. Es apropiado para ubicaciones con un nivel de tráfico relativamente modesto.

En resumen, el hormigón permeable ofrece numerosos beneficios en términos de gestión del agua, sostenibilidad y mitigación del efecto isla de calor urbano. Esta característica lo convierte en una opción atractiva para una amplia gama de aplicaciones urbanas y medioambientales. Sin embargo, es crucial reconocer que existen limitaciones relacionadas con esto, que requieren una deliberación cuidadosa al crear.



2.2.2 **Materiales Aditivos**

Químicas, mecánicas o de durabilidad. Estos aditivos, categorizados como naturales, sintéticos o reciclados, se emplean para cumplir ciertos requisitos en las actividades de construcción. Los aditivos son vitales para mejorar la trabajabilidad, resistencia, longevidad, resistencia al agua y otras propiedades cruciales del concreto. (Corimanya Beltran, 2023)

- Los superplastificantes son adiciones que disminuyen el contenido de agua requerido en una mezcla. Esto da como resultado la creación de una mezcla de hormigón que tiene un nivel sustancial de fluidez y trabajabilidad, sin requerir un aumento en la cantidad de agua. Son particularmente ventajosos para concreto de alta resistencia y aplicaciones que requieren un nivel significativo de fluidez.
- Los retardadores de fraguado son aditivos para concreto que extienden el tiempo de fraguado, ofreciendo ventajas en circunstancias de alta temperatura o cuando se necesita una mayor duración del trabajo. Esto permite prevenir la solidificación temprana durante el proceso de mezcla y transporte.
- Los aceleradores de fraguado son agentes químicos empleados para acelerar el período de fraguado del concreto y acelerar el logro de su resistencia inicial. Ofrecen importantes beneficios en regiones gélidas y en actividades que requieren un avance rápido.
- Congelación y descongelación y disminuyendo su permeabilidad. Son esenciales para hormigones sometidos a condiciones climáticas extremas.
- Los aditivos minerales son partículas finas que se incorporan al hormigón para mejorar sus características. Estos compuestos pueden provenir de actividades industriales o de fuentes naturales.



- Mejora la trabajabilidad, durabilidad y permeabilidad del hormigón. Además, contribuyen a la reducción del uso de cemento, minimizando así las emisiones de CO₂ generadas en el proceso de fabricación del cemento.
- La escoria de alto horno es un subproducto producido durante el proceso de fabricación del hierro. La sustancia se pulveriza hasta obtener un polvo fino y se utiliza para mejorar la resistencia, eficacia y durabilidad química del hormigón. Mejora la impermeabilidad de las sustancias y aumenta su resistencia a los efectos nocivos de los sulfatos.
- El humo de sílice es una sustancia finamente pulverizada que se produce como subproducto durante la fabricación de silicio metálico. Se utiliza comúnmente para mejorar la resistencia y la longevidad del hormigón de alta resistencia. Mejora la consistencia de la mezcla y disminuye su susceptibilidad a la infiltración.
- La ceniza volcánica se utiliza por sus características puzolánicas, que mejoran la robustez y longevidad del hormigón al reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio generado durante la hidratación del cemento.
- Estas adiciones se derivan de recursos naturales o reciclados.
- El polvo de caucho reciclado se utiliza para mejorar la flexibilidad y la resistencia al impacto del hormigón aumentando su flexibilidad y resistencia. Además, fomenta la sostenibilidad mediante la reutilización de residuos industriales.
- La utilización de ceniza de tallo de plátano como sustancia orgánica mejora la robustez y longevidad del hormigón, al tiempo que ayuda en la eliminación de residuos agrícolas.
- Estos aditivos están formulados para otorgar características especiales al concreto de acuerdo con las especificaciones del proyecto.
- Los colorantes son aditivos que realzan el atractivo visual de las construcciones al impartir un color específico al concreto.
- Los repelentes de agua son agentes que mejoran la impermeabilidad del hormigón.

- Inhibir el acto de retirada Los aditivos son sustancias químicas que se utilizan para evitar la reducción de volumen del hormigón mientras éste sufre el proceso de solidificación y endurecimiento. Al realizar esta acción, disminuyen efectivamente la probabilidad de agrietamiento.

Los arquitectos y constructores pueden mejorar el rendimiento y la durabilidad del hormigón mediante el uso de aditivos, lo que les permite personalizar las propiedades del material para adaptarlo a los requisitos particulares de un proyecto. Además, una amplia variedad de aditivos contribuye a la sostenibilidad al disminuir la cantidad de cemento utilizado, reutilizar restos industriales y mejorar la eficiencia energética. Sin embargo, es fundamental elegir y medir cuidadosamente los aditivos para obtener las ventajas requeridas manteniendo la calidad del hormigón.

Los aditivos son fundamentales en la industria de la construcción ya que potencian y modifican las características del hormigón, haciéndolo más adaptable y apropiado para diversos usos y entornos.

2.2.2.1 Ceniza volcánica

Origen y producción:

La ceniza volcánica es una sustancia finamente granulada que se forma como resultado de explosiones volcánicas. Estas cenizas son el resultado de la fuerte expulsión de magma del volcán, que se solidifica rápidamente al entrar en contacto con la atmósfera. Este método produce pequeños fragmentos de obsidiana y minerales finamente molidos. La dispersión de ceniza volcánica puede extenderse a lo largo de una extensión significativa que rodea el volcán, dependiendo de la intensidad de la erupción y de las circunstancias atmosféricas predominantes. La ceniza volcánica se genera como consecuencia directa de la actividad volcánica en un área particular y se acumula después de las erupciones. La recolección se puede realizar manualmente o utilizando equipos de captura en las proximidades de volcanes activos. (Cabana & Yupanqui, 2023)



Las propiedades de la materia son atributos que están ligados a sus características físicas y químicas:

La ceniza volcánica posee distintas características físicas como la disposición de sus partículas en diferentes tamaños, su color, textura y su capacidad para permitir el flujo de fluidos. La ceniza volcánica está formada por pequeñas partículas que varían en tamaño, desde menos de 0,1 mm hasta muchos milímetros. El tono de una erupción volcánica puede variar desde tonos acromáticos como el blanco y el gris claro hasta un tono más oscuro como el negro, dependiendo de los minerales específicos que están presentes en la erupción. La ceniza volcánica tiene una textura rugosa y es liviana porque tiene muchos agujeros pequeños, lo que le permite absorber agua fácilmente (Cabana & Yupanqui, 2023).

La ceniza volcánica está compuesta principalmente químicamente de sílice (SiO_2), y representa entre el 45% y el 80% de su composición total. Además de la sílice, también comprende varios óxidos, incluidos. La composición de estos componentes cambia según el origen volcánico específico y las propiedades químicas del magma. La ceniza volcánica posee características puzolánicas. Esta reacción da como resultado la formación de más compuestos similares al cemento.

Aplicaciones en el sector de la construcción:

La ceniza volcánica posee características físicas y químicas distintivas que la hacen altamente beneficiosa para diversas aplicaciones dentro del sector de la construcción. Una aplicación importante de esta sustancia es su uso como puzolana en la fabricación de hormigón. La ceniza volcánica, cuando se utiliza con cemento Portland, mejora la robustez, la longevidad y la capacidad de resistir daños químicos del hormigón. Mejora la impermeabilidad del hormigón, aumentando así su capacidad para resistir la penetración de cloruros y sulfatos, y aumenta su rendimiento en situaciones corrosivas. (Cabana & Yupanqui, 2023)

Además, la ceniza volcánica puede utilizarse en la producción de morteros y ladrillos, mejorando sus características mecánicas y térmicas. La ceniza volcánica mejora



la longevidad y la capacidad de resistir la fuerza de los pavimentos y la infraestructura hidráulica. La ceniza volcánica se puede utilizar en proyectos de infraestructura sostenibles y ecológicos para mitigar las emisiones de carbono. La ceniza volcánica reduce las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de cemento al sustituir una parte del cemento utilizado en las mezclas.

Consecuencias ambientales:

La utilización de cenizas volcánicas en la construcción tiene numerosas ventajas medioambientales. Al utilizar un subproducto de la actividad volcánica, se reduce la necesidad de extraer y procesar materiales alternativos, lo que ayuda a la preservación de los recursos naturales y la reducción de las emisiones de carbono asociadas con los proyectos de construcción. La utilización de ceniza volcánica en el hormigón mejora su sostenibilidad al reducir la cantidad de cemento utilizado, que contribuye en gran medida a las emisiones de CO₂. (Cabana & Yupanqui, 2023)

Sin embargo, la tarea de recolectar cantidades sustanciales de ceniza volcánica puede presentar obstáculos ambientales, particularmente cuando se lleva a cabo en regiones ambientalmente vulnerables. Es fundamental realizar la recolección de manera sostenible y tener en cuenta las posibles repercusiones ecológicas. Además, la manipulación y tratamiento de las cenizas volcánicas puede producir partículas diminutas que pueden representar un riesgo si no se implementan métodos adecuados para controlar el polvo.

La ceniza volcánica posee características distintivas que la hacen muy útil para una amplia gama de propósitos de construcción, lo que la convierte en un recurso versátil y valioso. La durabilidad y resistencia del hormigón, junto con sus ventajas ecológicas, lo convierten en un gran activo para la ingeniería civil y otros sectores, siempre que se gestione de forma sostenible y adecuada.

2.2.2.2 Polvo de caucho

Origen y producción:

El polvo de caucho es una sustancia finamente granulada que se obtiene del reciclaje de neumáticos desechados y otros productos de caucho. Este procedimiento consiste en romper y triturar los neumáticos hasta obtener partículas diminutas. La producción de polvo de caucho comienza con la recolección de neumáticos desechados, que luego se procesan para eliminar contaminantes como metales y fibras textiles. Los neumáticos se someten a un proceso de varias etapas que utiliza equipos de molienda y cribado para obtener el tamaño de partícula adecuado. En ocasiones, se utiliza nitrógeno líquido para congelar el caucho antes de molerlo, lo que facilita la obtención de partículas más pequeñas y uniformes. (S. P. M. Pérez et al., 2021)

Características relativas a las propiedades físicas y químicas:

Los atributos físicos del polvo de caucho incluyen el tamaño, la densidad, el color y la textura de las partículas. El polvo de caucho puede tener un tamaño de partícula que varía desde menos de 0,5 mm hasta varios milímetros, dependiendo del procedimiento de molienda utilizado. El objeto posee un color limitado al negro o al gris oscuro y su superficie se caracteriza por una textura tosca y flexible. El aspecto ligero del polvo de caucho se atribuye a su baja densidad, que permite un manejo sin esfuerzo. (Choquenaira Castro, 2022)

El polvo de caucho está compuesto predominantemente de polímeros de caucho, que pueden derivarse de caucho natural o sintético, dependiendo del origen de los neumáticos reciclados, desde un punto de vista químico. Además de los polímeros de caucho, el proceso de fabricación de neumáticos implica la inclusión de varios aditivos como negro de humo, óxido de zinc, azufre y otros productos químicos vulcanizantes. La resistencia y resistencia del polvo de caucho se pueden atribuir a sus componentes inherentes.

Aplicaciones dentro del ámbito de la construcción:

El polvo de caucho posee características distintivas que lo hacen excepcionalmente adaptable para diversas aplicaciones dentro del sector de la construcción. Un caso de uso común es incluirlo como elemento adicional en mezclas de concreto. La introducción de polvo de caucho en el hormigón mejora su flexibilidad, su capacidad para resistir impactos y su capacidad para absorber energía. Esto es especialmente beneficioso en circunstancias en las que se requiere una mayor resistencia a las fracturas y un mejor rendimiento bajo cargas dinámicas. (Choquenaira Castro, 2022)

El polvo de caucho se utiliza en el procedimiento de pavimentación para aumentar las propiedades de las mezclas asfálticas. El asfalto modificado con caucho deporción una mayor resistencia a la deformación plástica, un mayor rendimiento en temperaturas severas y una mayor durabilidad en comparación con el asfalto convencional. Esta característica lo hace muy adecuado para su uso en carreteras, pistas de carreras y áreas de estacionamiento.

Además, el polvo de caucho se emplea en la fabricación de productos de construcción como tejas, materiales de aislamiento acústico y térmico y membranas impermeabilizantes. Debido a sus excelentes características de absorción de calor y sonido, es muy adecuado para su uso en edificios y estructuras que necesitan un control eficiente del ruido y la temperatura.

Repercusiones ecológicas:

La incorporación de polvo de caucho en la construcción tiene importantes beneficios medioambientales. Al transformar neumáticos usados en polvo de caucho, se reduce significativamente la cantidad de desechos de caucho que se desechan en los vertederos, abordando así de manera eficiente los problemas relacionados con la gestión de desechos y la contaminación del suelo. Además, el reciclaje de neumáticos disminuye la necesidad de extraer y refinar materias primas frescas, disminuyendo así las



consecuencias ambientales asociadas con la producción de caucho nuevo. (Mego Vásquez, 2023)

Sin embargo, la producción y el uso de polvo de caucho también plantean desafíos medioambientales. Para mitigar la contaminación del aire resultante de la generación de partículas finas y polvo, es crucial implementar medidas mientras se desintegran los materiales. Además, es imperativo garantizar que el proceso de reciclaje se lleve a cabo de forma segura y eficiente para minimizar los riesgos ambientales.

En resumen, el polvo de caucho es una sustancia valiosa y reciclable que tiene una amplia gama de aplicaciones en la industria de la construcción. Sus propiedades físicas y químicas intrínsecas lo hacen ideal para mejorar la durabilidad, flexibilidad y resistencia de diferentes materiales de construcción. Al mismo tiempo, su uso contribuye a la promoción de la sostenibilidad y la gestión eficiente de los residuos, siempre y cuando se manejen adecuadamente para reducir los impactos ambientales negativos.

2.2.3 Interacción entre aditivos y concreto permeable

La interacción entre los aditivos y el concreto permeable se refiere a los efectos combinados y sinérgicos que tienen aditivos específicos, como la ceniza volcánica y el polvo de caucho, cuando se incorporan a la mezcla de concreto permeable. Esta interacción tiene el potencial de influir significativamente en las características físicas, mecánicas y químicas del concreto, lo que resulta en mejoras en su permeabilidad, Capacidad compresiva del material, durabilidad y otros atributos importantes. Los aditivos pueden funcionar como agentes puzolánicos, reactivos químicos o modificadores físicos, mejorando el desempeño del concreto permeable en aplicaciones específicas y extendiendo su vida útil. (Cruz Díaz & Arana Pari, 2021)

2.2.3.1 Efectos de la Ceniza Volcánica en el Concreto Permeable

Mejoras en las propiedades mecánicas:

La adición de ceniza volcánica al hormigón permeable mejora significativamente sus propiedades mecánicas. Esta reacción química mejora la adherencia y densidad del hormigón, lo que resulta en un aumento de su capacidad para resistir tanto la compresión como la tensión. Además, la inclusión de ceniza volcánica en el hormigón disminuye la incidencia de microfisuras, mejorando así su durabilidad y resistencia a las fracturas. Estas modificaciones mecánicas son necesarias para garantizar que el hormigón permeable pueda soportar cargas estructurales y de tráfico sin comprometer su integridad. (González-de-la-Fuente et al., 2024)

Efecto sobre la permeabilidad:

La adición de ceniza volcánica al hormigón permeable puede tener efectos tanto beneficiosos como perjudiciales sobre su permeabilidad. La ceniza volcánica aumenta la densidad de la matriz de hormigón al llenar los espacios entre partículas más grandes debido a su textura fina y cualidades puzolánicas. Esto puede provocar una ligera reducción de la permeabilidad inicial del hormigón, ya que los poros más pequeños se llenan y la conexión entre los espacios vacíos se vuelve menos fuerte. Sin embargo, la reducción de la permeabilidad suele ser insignificante y no afecta significativamente la capacidad del hormigón para permitir el paso del agua manteniendo al mismo tiempo propiedades de drenaje adecuadas. Además, la incorporación de ceniza volcánica al hormigón mejora su composición interna, mejorando así su durabilidad y su capacidad a largo plazo para resistir el bloqueo de los poros. (Monserrate Alejandro & Arévalo Quispe, 2022)

Reacciones químicas:

Los procesos químicos que se producen cuando se añaden cenizas volcánicas al hormigón permeable son fundamentales para mejorar sus propiedades. La ceniza volcánica contiene sílice que reacciona con el hidróxido de calcio, un subproducto del proceso de hidratación del cemento Portland. Esta reacción química conduce a la creación



de sustancias químicas cementosas adicionales, en particular silicatos de calcio hidratados (C-S-H). Las reacciones puzolánicas mejoran las características cementosas y aumentan la densidad y cohesividad de la matriz del hormigón. Además, la combinación de ceniza volcánica e hidróxido de calcio conduce a una reducción en la cantidad de cal no ligada en el hormigón, disminuyendo así su susceptibilidad a reacciones perjudiciales como la reacción álcali-sílice (RAS). Reducir la cantidad de cal sin reaccionar en el hormigón mejora su durabilidad química, haciéndolo más resistente al daño causado por ácidos y otras sustancias corrosivas.

En resumen, la inclusión de ceniza volcánica en hormigón permeable tiene múltiples beneficios. Estas consideraciones incluyen mejorar las propiedades físicas, mantener la permeabilidad del material y promover reacciones químicas beneficiosas que mejoren la durabilidad y resistencia del material. La ceniza volcánica posee numerosas propiedades ventajosas, lo que la hace muy adecuada para su incorporación en construcciones de hormigón permeables, especialmente en situaciones donde la sostenibilidad y la eficiencia del material son de suma importancia.

2.2.3.2 Efectos del Polvo de Caucho en el Concreto Permeable

Mejoras en las propiedades mecánicas:

La adición de polvo de caucho al hormigón permeable mejora sus características mecánicas únicas, incluida su flexibilidad y resistencia al impacto. Al incorporar polvo de caucho, derivado del reciclaje de neumáticos, se mejora la flexibilidad de la estructura de hormigón. La mayor elasticidad del material permite una mejor absorción de energía cuando se expone a tensiones dinámicas, como las inducidas por los automóviles, reduciendo así la probabilidad de agrietamiento. La adición de caucho al hormigón mejora su resistencia a la fricción y al deterioro, lo que lo hace muy beneficioso para lugares con mucho tránsito peatonal. Sin embargo, es importante reconocer que agregar polvo de caucho al nivel deseado de resistencia mecánica. (Antón Juárez, 2019)

Efecto sobre la permeabilidad:

La permeabilidad del hormigón permeable se reduce significativamente por la presencia de polvo de caucho. La incorporación de caucho al concreto tiene el potencial de alterar su composición porosa debido a la flexibilidad inherente del caucho y su naturaleza no porosa. Las partículas de caucho tienen la capacidad de impedir el paso del agua en el hormigón, lo que resulta en una reducción de la permeabilidad. Sin embargo, esta caída no es necesariamente perjudicial, ya que puede mejorar la durabilidad del hormigón al reducir la penetración de agua y los consiguientes daños internos. Garantizar la proporción adecuada de polvo de caucho en la mezcla es vital para mantener una relación equilibrada entre la permeabilidad y otras propiedades esenciales del hormigón. Esto garantiza que el material mantenga su excepcional capacidad para drenar fluidos y al mismo tiempo aprovecha las mejoras proporcionadas por el caucho. (Quispe Aguilar & Sánchez García, 2021)

Reacciones físicas y químicas:

Las interacciones entre el polvo de caucho y el hormigón permeable implican principalmente procesos físicos, aunque también se debe tener en cuenta la influencia de diversos ingredientes químicos. Las partículas de caucho sirven como un agregado flexible que se integra a la matriz del hormigón, mejorando así sus propiedades físicas. Estas partículas poseen la capacidad de distribuir cargas uniformemente y reducir la aparición de fracturas menores cuando se exponen a tensiones de tracción o impacto. La incorporación de polvo de caucho al hormigón puede mejorar su cohesividad interna, lo que aumenta la resistencia contra la descomposición y separación de los componentes de la mezcla. (Quispe Aguilar & Sánchez García, 2021)

El caucho de porción una reactividad química limitada con los numerosos componentes del hormigón. Sin embargo, pueden ser necesarios algunos aditivos o tratamientos para mejorar la adhesión entre las partículas de caucho y la matriz cementosa.

Por ejemplo, el uso de silanos o siloxanos puede mejorar la compatibilidad entre el caucho y el cemento, asegurando una mejor integración y distribución uniforme del caucho en toda la mezcla. Además, el polvo de caucho tiene la capacidad de provocar una reacción química con sustancias alcalinas que se encuentran en el cemento. Si no se maneja adecuadamente, esto podría comprometer la resistencia a largo plazo del material.

En resumen, la inclusión de caucho en polvo en el hormigón permeable proporciona importantes beneficios en términos de flexibilidad, resistencia al impacto y durabilidad. Sin embargo, también plantea preocupaciones sobre la Capacidad compresiva del material y la permeabilidad. La absorción de energía y la cohesión interna del hormigón se ven afectadas principalmente por interacciones físicas, mientras que las preocupaciones químicas se centran en mejorar la compatibilidad y estabilidad del material. Para obtener los mejores resultados y minimizar los inconvenientes del hormigón permeable modificado con caucho, es necesario optimizar la proporción de polvo de caucho y la composición de la mezcla.

2.2.3.3 Investigaciones sobre Polvo de Caucho en Concreto

Resultados y descubrimientos:

Un estudio que investiga la utilización de polvo de caucho ha arrojado resultados y descubrimientos sustanciales que enfatizan las ventajas y dificultades asociadas con este enfoque. Se ha hecho un descubrimiento digno de mención que indica que la adición de polvo de caucho al hormigón mejora su flexibilidad y su capacidad para soportar golpes. Las propiedades elásticas del caucho le permiten absorber y dispersar eficientemente la energía del impacto, disminuyendo así la probabilidad de desarrollo de grietas y mejorando la resiliencia del hormigón cuando se somete a tensiones dinámicas. (Lopez Lopez, 2022)

Además, las investigaciones han demostrado que la incorporación de polvo de caucho al hormigón puede disminuir considerablemente su densidad. Esto puede resultar ventajoso en situaciones en las que se da prioridad a la reducción de peso. Sin embargo,

la caída de densidad del hormigón se correlaciona con una disminución de su Capacidad compresiva del material, lo que requiere una regulación cuidadosa para garantizar que el material cumpla con criterios estructurales precisos.

Mejorar su capacidad para resistir la abrasión y el desgaste, haciéndolo apropiado para áreas de mucho tráfico o circunstancias ambientales desafiantes. Sin embargo, la inclusión de caucho en la mezcla de concreto puede afectar su trabajabilidad, necesitando modificaciones en el contenido de agua y la incorporación de aditivos para mejorar la consistencia y trabajabilidad de la sustancia.

Usos en el mundo real:

La excepcional resistencia del material a la abrasión y su flexibilidad lo hacen muy adecuado para estas aplicaciones, donde la durabilidad y el rendimiento bajo cargas dinámicas son de suma importancia. (Lopez Lopez, 2022)

El hormigón en polvo de caucho se emplea en la construcción estructural para mejorar la resistencia al impacto y la absorción de energía de componentes como pavimentos, muros de contención y barreras de seguridad. Estas propiedades son especialmente ventajosas en lugares propensos a accidentes frecuentes o donde es necesaria una mayor capacidad de absorción de energía.

Otra aplicación práctica destacable reside en el desarrollo de infraestructuras sostenibles y duraderas que tengan un impacto mínimo en el medio ambiente. La utilización de polvo de caucho reciclado mejora las características del hormigón y, al mismo tiempo, ayuda en la gestión de residuos mediante la reutilización de neumáticos usados. Este método ayuda a disminuir la acumulación de neumáticos en los vertederos y alivia los problemas ambientales relacionados con la eliminación de residuos de caucho.

El polvo de caucho se utiliza en ingeniería civil para producir pavimentos permeables, que están diseñados para gestionar el agua de lluvia y minimizar la escorrentía superficial. La permeabilidad y flexibilidad mejoradas del concreto cauchutado



lo hacen ideal para aplicaciones que priorizan la gestión del agua y el rendimiento duradero.

Además, se han realizado investigaciones sobre la utilización de software en la producción de elementos prefabricados de hormigón, incluidos tejas, bloques y componentes ornamentales. La adición de polvo de caucho a estos elementos puede aumentar su durabilidad y capacidad para resistir impactos, lo que resulta en una vida útil más larga y un mejor rendimiento en diferentes situaciones climáticas.

En resumen, los estudios sobre la integración de polvo de caucho en el hormigón han demostrado varias ventajas notables, como una mayor flexibilidad, resistencia al impacto y durabilidad del material. Estas mejoras tienen impactos mensurables en diversas áreas, incluida la construcción de carreteras, el crecimiento de la infraestructura, la producción de productos prefabricados y la implementación de soluciones ecológicas. Es crucial controlar meticulosamente la proporción de caucho en la mezcla y ajustar las formulaciones para obtener una combinación equilibrada de características deseables y el cumplimiento de ciertos criterios estructurales.

2.2.3.4 Métodos de Prueba de Permeabilidad

Descripción de la prueba:

Para evaluar este atributo, se emplean varios métodos de prueba para cuantificar la velocidad a la que el agua fluye a través de una sustancia y su capacidad para resistir la penetración de líquidos. A continuación, se presentan tres métodos de prueba frecuentemente empleados para evaluar la permeabilidad del concreto permeable. (Antón Juárez, 2019)

La prueba de permeabilidad de laboratorio implica aplicar presión de agua a una superficie específica de una porción de concreto utilizando un instrumento especializado. La medición de la cantidad de agua que fluye a través de la porción dentro de un período de tiempo específico se utiliza para determinar la tasa de permeabilidad. El experimento se puede realizar utilizando varios instrumentos, como el permeámetro.

La prueba de infiltración in situ se realiza en la obra para evaluar la permeabilidad del hormigón colocado. Se coloca un dispositivo invasivo que consta de una herramienta cilíndrica con dos anillos sobre la superficie exterior del hormigón permeable. Se llena el cilindro con agua (H₂O) y se determina la tasa de infiltración, que cuantifica la velocidad a la que el agua penetra el hormigón. Esta prueba es extremadamente ventajosa para evaluar la permeabilidad en circunstancias ambientales reales y puede personalizarse para varias profundidades y ubicaciones de prueba.

La prueba de permeabilidad con moldes permeables utiliza moldes que permiten que el agua pase a través de una porción de concreto mientras la somete a una carga de agua constante. Los moldes permeables se construyen específicamente para imitar el flujo natural del agua y son valiosos para evaluar la permeabilidad en circunstancias controladas.

Especificaciones y directrices:

Para garantizar la precisión y consistencia de las pruebas de permeabilidad, es crucial cumplir con leyes y regulaciones específicas que delinean las técnicas y criterios de evaluación. Los elementos indispensables y circunstancias requeridas comprenden:

Estándares de evaluación:

La tasa de infiltración se cuantifica en términos de litros por minuto por metro cuadrado (L/min/m²) o milímetros por hora (mm/h). Esta métrica mide la velocidad a la que el agua se infiltra en el hormigón durante un período de tiempo determinado.

La profundidad de penetración del agua es un indicador cuantitativo de la permeabilidad del hormigón al agua. Esta prueba proporciona información valiosa sobre la distribución geográfica de la permeabilidad dentro de la porción.

Regulaciones y estándares:

- ASTM C1701/C1701M es un método de prueba estandarizado desarrollado por ASTM International. El documento ofrece una metodología integral para determinar la tasa de infiltración de concreto permeable en el lugar designado. Ofrece



directrices completas sobre los métodos para preparar porciones, aplicar agua y medir las tasas de infiltración.

- ASTM C642 es un método estandarizado que se utiliza para medir la densidad, la absorción y los huecos en el concreto endurecido. Además de la permeabilidad, esta norma también abarca metodologías para cuantificar la absorción de agua y los huecos en el concreto, los cuales sirven como indicadores importantes de la permeabilidad.
- EN 12390-8 es una norma europea que define un procedimiento para medir la permeabilidad del hormigón solidificado bajo presión evaluando su capacidad para permitir el paso del agua. Este método permite evaluar la impermeabilidad del material.
- La investigación ACI 522R, escrita por el American Concrete Institute, ofrece reglas y consejos integrales para la planificación, mezcla, colocación y prueba de concreto permeable. Además, incluye métodos para evaluar la permeabilidad.

Los protocolos de prueba de permeabilidad son necesarios para evaluar la capacidad del concreto permeable para manejar el agua y confirmar su efectividad en escenarios del mundo real. Cumplir con ciertas leyes y regulaciones permite a las personas obtener resultados precisos y consistentes que mejoran las propiedades del concreto y garantizan su eficacia en proyectos de construcción sustentables.

2.2.3.5 Sostenibilidad y Uso de Materiales Locales

Maximizar la utilización de los recursos locales y promover el uso de técnicas ecológicas:

La sostenibilidad en la construcción abarca el uso de técnicas y enfoques destinados a mitigar los efectos perjudiciales sobre el medio ambiente, la sociedad y la economía causados por los proyectos de construcción. Aboga por la utilización responsable y eficiente de los recursos. La utilización de materiales autóctonos en la



construcción es un enfoque vital para lograr la sostenibilidad, ya que implica emplear recursos que están fácilmente disponibles en el área particular donde se ejecuta el proyecto. Esto no solo reduce la necesidad de enviar productos básicos a largas distancias, disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de energía, sino que también promueve las economías locales y mejora la resiliencia de las comunidades. (Melgarejo Illescas, 2019)

Ventajas de utilizar recursos locales:

La utilización de recursos locales proporciona una multitud de ventajas en términos de carbono relacionadas con el transporte de materiales. Minimizar la distancia entre el sitio de extracción o producción y el sitio de construcción resulta en una reducción de dióxido de carbono (CO₂) y otras emisiones contaminantes de los vehículos de transporte. Además, el uso de recursos locales ayuda a reducir los efectos ambientales negativos relacionados con la extracción de recursos, ya que los métodos locales de cosecha y producción suelen estar regidos por normas más estrictas y son más sostenibles. (Llanos et al., 2023)

Desde un punto de vista económico, la utilización de recursos locales puede reducir sustancialmente los gastos del proyecto. Los recursos autóctonos suelen ser más rentables que los importados debido a la ausencia de gastos adicionales, como costos de transporte y derechos de aduana. Esto permite una distribución más efectiva de los recursos financieros del proyecto, liberando así efectivo que puede asignarse a otros componentes cruciales de la construcción, como la incorporación de tecnología sostenible y mejoras en la calidad del diseño.

El uso de recursos provenientes del área local mejora el crecimiento de las economías locales al ofrecer beneficios sociales. La utilización de recursos y proveedores locales crea posibilidades de empleo y ofrece apoyo a las pequeñas y medianas empresas de la comunidad. Esto fomenta el avance económico de la ciudad y tiene el potencial de mejorar el nivel de vida de los habitantes locales. Además, incluir recursos locales en la



construcción puede mejorar el carácter cultural y arquitectónico de un lugar al combinar hábilmente materiales tradicionales e indígenas en el entorno construido, salvaguardando así el legado cultural y arquitectónico.

Implicaciones para la economía y la sociedad:

La utilización de materiales autóctonos en la construcción ejerce un impacto económico sustancial. Al minimizar los gastos relacionados con el transporte y la importación de materiales, los proyectos pueden gastar recursos adicionales. Además, reducir los costos puede mejorar la viabilidad financiera de los proyectos, permitiendo así que una mayor población obtenga viviendas e infraestructura de alta calidad. (Monserrate Alejandro & Arévalo Quispe, 2022)

El impacto social tiene la misma importancia. El empleo local no sólo proporciona recursos financieros a las familias de los alrededores, sino que también fomenta el cultivo de conocimientos y competencias entre los trabajadores locales. Mejorar el nivel de conocimiento y profesionalismo entre los trabajadores puede resultar en una mayor competitividad y sostenibilidad a largo plazo de la industria de la construcción local. Además, cuando las empresas locales brindan ayuda, se mejora la economía de la zona, lo que conduce a un ciclo positivo de crecimiento y progreso sostenible.

Al aprovechar los recursos locales, se puede optimizar la construcción de infraestructura para satisfacer mejor las circunstancias ambientales y climáticas únicas del lugar, mejorando así la resiliencia de la comunidad. Los materiales autóctonos frecuentemente exhiben una notable adaptabilidad a las condiciones locales, lo que lleva a una mayor durabilidad y resiliencia frente a los elementos climáticos específicos de la región. La adopción de este método podría mejorar la capacidad de las estructuras para resistir desastres naturales, como terremotos, inundaciones y tormentas, salvaguardando así a las comunidades y minimizando los gastos relacionados con las reparaciones y la reconstrucción.

Al utilizar estas estrategias, los proyectos de construcción no sólo mejoran la productividad y la rentabilidad, sino que también hacen una contribución sustancial al desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida de las poblaciones locales.

2.3 Marco conceptual

2.3.1. Agregados

Los agregados son sustancias pequeñas y granulares como grava, arena y piedra triturada. Se utilizan comúnmente en la construcción para formar un constituyente de mezclas de hormigón, mortero y asfalto. Estos componentes se combinan con cemento, agua y sustancias adicionales para crear estructuras resistentes y duraderas, garantizando la estabilidad y confiabilidad de los proyectos de construcción. (Aparicio & Andrés, 2020)

2.3.2. Asentamiento

El asentamiento es el proceso por el cual un terreno o estructura se hunde o asienta gradualmente, generalmente causado por causas como el peso del edificio, la consolidación del suelo o las condiciones ambientales. Este fenómeno tiene el potencial de afectar la estabilidad y solidez estructural de edificios, carreteras y otras infraestructuras. Es un aspecto crucial a tener en cuenta en el campo del diseño y la ingeniería civil. (Cruzado de la Cruz & Rivera Chuñe, 2019)

2.3.3. Concreto

El hormigón es un material compuesto principalmente de cemento, agua, agregados (como arena y grava) y aditivos. Debido a su durabilidad, vida útil prolongada y versatilidad, se emplea con frecuencia en la construcción de edificios. Una vez que el concreto se ha mezclado completamente, se puede verter en moldes o formas para crear una variedad de elementos arquitectónicos, incluidas columnas, losas, paredes y pavimentos. Una vez que el concreto ha pasado por completo el proceso de fraguado y

endurecimiento, adquiere una resistencia sustancial y se transforma en una base robusta que es muy adecuada para muchas aplicaciones de construcción. (Estupiñán & Caballero, 2020)

2.3.4. Curado

Uno de los pasos más importantes en la construcción de estructuras de hormigón es el proceso de curado. El hormigón debe mantener la humedad, la temperatura y el tiempo de curado correctos. Un curado adecuado maximiza el rendimiento a largo plazo del material y conduce al mejor crecimiento potencial de resistencia, durabilidad y densidad. (G. Pérez & Fernando, 2016)

2.3.5. Ceniza volcánica

La ceniza volcánica es una mezcla finamente molida de roca fragmentada, estructuras cristalinas y vidrio que se forma después de una erupción volcánica. Estas partículas están ampliamente dispersas por la atmósfera y poseen la capacidad de viajar distancias significativas desde el volcán. Los efectos de la ceniza volcánica sobre el medio ambiente y la salud humana dependen de la cantidad de ceniza liberada y de lo cerca que esté del lugar de la erupción. Además, tiene el potencial de tener consecuencias para los sectores de la aviación, la agricultura y otros. (Shimokawa & Antonio, 2020)

2.3.6. Diseño de mezclas

Este diseño considera la relación agua-cemento, el tipo de agregado y las condiciones de exposición, asegurando que el concreto cumpla exitosamente con los parámetros del proyecto. (Amorós Morote & Bendezú Ulloa, 2019)

2.3.7. Capacidad compresiva del material

La Capacidad compresiva del material es una propiedad mecánica del hormigón que evalúa su capacidad para soportar presiones de aplastamiento sin fallar. La evaluación



se realiza en porciones estandarizadas, como cilindros o cubos, y es un factor crucial en el diseño estructural, ya que define la capacidad del concreto para cumplir con los estándares de carga y durabilidad en muchas aplicaciones. (Barboza et al., 2021)

2.3.8. Polvo de caucho

El polvo de caucho es un material finamente pulverizado que se genera durante el proceso de trituración o trituración de neumáticos de caucho usados. Tiene diversas aplicaciones, como su uso como relleno en la producción de productos de caucho, en la construcción de campos deportivos o en combinación con asfalto para la construcción de carreteras. Al reutilizar los neumáticos de esta manera, se ayuda a reducir la acumulación de residuos y se fomenta la adopción de prácticas sostenibles. (Vilca Apaza, 2022)

2.3.9. Permeable

El hormigón permeable es una forma única de hormigón que se fabrica intencionalmente con porosidad regulada, lo que permite que el agua lo atraviese. Esta característica lo hace muy apropiado para aplicaciones que requieren drenaje de agua, como aceras, pasarelas y estacionamientos. El hormigón permeable mitiga la escorrentía superficial y la acumulación de agua, facilitando así la gestión sostenible del agua y la prevención de inundaciones. (Chinguel Delgado, 2020)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es el esquema que organiza cómo se recopilan y analizan los datos necesarios para responder las preguntas del estudio. Este trabajo utiliza un diseño experimental, ya que implica la manipulación controlada de variables (proporciones de ceniza volcánica y polvo de caucho) para evaluar su impacto en las propiedades del concreto permeable. Este tipo de diseño es ideal para establecer relaciones causa-efecto en un entorno controlado. (Amorós Morote & Bendezú Ulloa, 2019)

La investigación utilizará un enfoque experimental, incluida la manipulación controlada de variables independientes (ceniza volcánica y polvo de caucho) para evaluar su impacto en las propiedades del hormigón permeable. Este diseño permite evaluar las características mecánicas, físicas y de permeabilidad del concreto en mezclas con y sin la inclusión de estos constituyentes, evaluando sus diferencias en condiciones controladas y exactas.

3.2 Método de la investigación

El método de investigación se define como el enfoque sistemático que guía la recopilación y análisis de los datos. En esta investigación, se adopta el método cuantitativo,

caracterizado por la recolección de datos numéricos y su análisis mediante herramientas estadísticas, para evaluar las propiedades del concreto bajo condiciones específicas.(Reyes, 2022)

La técnica de investigación será cuantitativa e incluirá la recopilación de datos numéricos mediante pruebas de laboratorio para evaluar características como la permeabilidad, la Capacidad compresiva del material y la durabilidad del concreto. Este enfoque permite una evaluación objetiva de los efectos de las cenizas volcánicas y el polvo de caucho en las mezclas, produciendo resultados estadísticamente significativos.

3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la investigación

El nivel de investigación describe la profundidad con la que se aborda el fenómeno en estudio. Este trabajo es de nivel explicativo, ya que busca no solo identificar los cambios en las propiedades del concreto al incorporar ceniza volcánica y polvo de caucho, sino también comprender las causas de dichos cambios mediante un análisis detallado de los datos obtenidos.(Reyes, 2022)

La investigación será explicativa y buscará delinear las características del concreto permeable, incluidas las cenizas volcánicas y el polvo de caucho, y al mismo tiempo examinará las razones fundamentales detrás de los cambios observados. Este enfoque permite identificar relaciones causales entre las variables modificadas y los atributos específicos evaluados.

3.3.2 Tipo de la investigación

El tipo de investigación se refiere al objetivo principal del estudio. En este caso, se trata de una investigación aplicada, cuyo propósito es generar soluciones prácticas que



optimicen las propiedades del concreto permeable mediante el uso de materiales alternativos, como la ceniza volcánica y el polvo de caucho, adaptándolos a las condiciones del distrito de Ayaviri.(Gomez Rojas, 2020)

La investigación es de carácter aplicado, ya que pretende aportar conocimientos prácticos para mejorar las propiedades del hormigón permeable mediante el uso de materiales alternativos como ceniza volcánica y polvo de caucho. Los resultados se concentrarán en mejorar la sostenibilidad y utilidad de esta variante concreta para aplicaciones específicas en el área de Ayaviri.

3.4 Población y porción de la investigación

3.4.1 Población

La población incluye todos los elementos que comparten características comunes relevantes para el estudio. En esta investigación, la población está compuesta por todas las mezclas posibles de concreto permeable que podrían elaborarse utilizando agregados locales, ceniza volcánica y polvo de caucho en diferentes proporciones.(Ojeda, 2020)

La población de estudio incluye todas las mezclas de hormigón permeables viables que se pueden producir utilizando agregados y aditivos locales, a saber, ceniza volcánica y polvo de caucho, en las proporciones necesarias. Este universo explora combinaciones especulativas relevantes para el entorno de Ayaviri.

Figura 1

Mapa ubicación del distrito de Ayaviri



3.4.2 Muestra

La porción se define como un subconjunto representativo de la población, seleccionado para realizar mediciones y análisis. Este estudio utilizará porciones de concreto permeable específicas, compuestas por proporciones seleccionadas de ceniza volcánica y polvo de caucho, sometiéndolas a ensayos de laboratorio para evaluar propiedades como permeabilidad y resistencia mecánica.

La porción para este estudio se obtendrá de:

- Porción patrón
- Porción con ceniza volcánica 4%
- Porción con ceniza volcánica 8%
- Porción con polvo de caucho 3%
- Porción con polvo de caucho 6%

MP = Porción patrón

CV = Ceniza volcánica

PC = Polvo de caucho

Tabla 2*Probetas requeridas para el ensayo de resistencia a compresión*

Porción integrada al diseño	Capacidad compresiva del material			Cantidad de briquetas
	Curado (Días)			
	7 días	14 días	28 días	
Concreto de diseño base	5	5	5	15
CP + 4% CV	5	5	5	15
CP + 8% CV	5	5	5	15
CP + 3% PC	5	5	5	15
CP + 6% PC	5	5	5	15
Total	25	25	25	75

Podemos apreciar la cantidad de porciones que se realizaron de ensayo de Capacidad compresiva del material con adición ceniza volcánica y polvo de caucho en porcentajes diferentes.

Tabla 3*Cantidad de porciones para ensayos de coeficiente de permeabilidad*

Porción integrada al diseño	Porciones sometidas a permeabilidad			Cantidad de briquetas
	Curado (Días)			
	7 días	14 días	28 días	
Concreto de diseño base	3	3	3	9
CP + 4% CV	3	3	3	9
CP + 8% CV	3	3	3	9
CP + 3% PC	3	3	3	9
CP + 6% PC	3	3	3	9
Total	15	15	15	45

La tabla detalla el número de porciones utilizadas para pruebas de coeficiente de permeabilidad, clasificadas según el diseño del concreto y el tiempo de curado. Se analizaron cinco tipos de mezclas: un concreto base y cuatro variantes, incorporando 4% y 8% de cenizas volantes (CV), así como 3% y 8% de polvo de caucho (PC). Las pruebas se realizaron a los 7, 14 y 28 días de curado, con tres briquetas para cada combinación, sumando un total de 45 porciones. Este diseño experimental permite evaluar cómo las



modificaciones en la composición y el tiempo de curado influyen en la permeabilidad del concreto.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Las técnicas son un conjunto sistemático de procedimientos, métodos o estrategias que se utilizan para realizar determinadas tareas, abordar problemas o lograr un objetivo particular con eficiencia y eficacia. Estos pueden variar considerablemente en complejidad y aplicabilidad, incluyendo tareas manuales y táctiles, así como procedimientos altamente metódicos y técnicos. Las técnicas se basan en conocimientos teóricos y prácticos que facilitan la optimización de recursos, minimizan errores y mejoran los resultados en varios campos, incluidos la ciencia, la ingeniería, el arte y la educación.

Las técnicas son herramientas conceptuales o prácticas que guían la implementación de actividades, ya sea mediante reglas explícitas o habilidades adquiridas a través de la experiencia. Estas pueden clasificarse según su amplitud de aplicación, incluidos métodos de investigación (recopilación de datos, análisis), técnicas artísticas (pintura, escultura), técnicas industriales (fabricación, diseño) o técnicas sociales (negociación, comunicación). Una característica esencial de las metodologías es su flexibilidad, lo que les permite evolucionar con mejoras en el conocimiento y la tecnología. (Medina et al., 2023)

Las técnicas a utilizarse fueron las siguientes:

- El experimento utilizó cemento Portland tipo I, agregados finos y gruesos, ceniza volcánica (CV), polvo de caucho (PC) y agua potable. Los agregados fueron evaluados mediante análisis granulométrico, absorción, densidad y limpieza, mientras que CV y PC fueron sometidos a evaluación química para determinar su reactividad, finura y compatibilidad con el cemento. Los contenidos fueron cuidadosamente seleccionados para cumplir con los estándares regulatorios,



asegurando composiciones de concreto consistentes con características óptimas para la evaluación.

- Experimentos de laboratorio Se realizaron estudios de laboratorio para determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales y sus combinaciones. Esto incluyó pruebas de caracterización de agregados, análisis químicos de cenizas volcánicas y polvo de caucho y evaluación de trabajabilidad con el cono de Abrams. Se evaluó el coeficiente de permeabilidad de las mezclas para investigar el impacto de los aditivos en el desempeño del concreto en diferentes etapas de curado.
- Fabricación de unidades de mampostería: Las unidades de prueba o briquetas se fabricaron mediante un procedimiento estandarizado, integrando los materiales en proporciones establecidas, moldeándolos a dimensiones definidas y compactándolos para reducir la porosidad. Posteriormente, las porciones se sometieron a curado en cámaras húmedas durante 7, 14 y 28 días para facilitar el desarrollo necesario de las propiedades mecánicas para el análisis comparativo.
- Pruebas de fractura de la porción: Las evaluaciones de resistencia a la compresión se realizaron con un sistema de prueba que aplicó cargas axiales incrementales hasta que ocurrió la falla de la porción. Los ensayos permitieron registrar la resistencia máxima alcanzada por cada porción y evaluar la influencia de la ceniza volcánica y el polvo de caucho en las propiedades mecánicas del hormigón, en comparación con el diseño base, a diferentes edades de curado.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Por otra parte, Carrasco (2018) En la investigación, los instrumentos de recolección de datos son herramientas diseñadas para obtener información específica, relevante y sistemática de acuerdo con los objetivos del estudio. Estos instrumentos permiten la captura de datos tanto cualitativos como cuantitativos, dependiendo del tipo de



investigación, asegurando así que la información recopilada sea precisa, confiable y adecuada para responder las preguntas del proyecto.

Las herramientas utilizadas pueden variar según la naturaleza del estudio y el enfoque metodológico seleccionado. La investigación cuantitativa suele utilizar encuestas, cuestionarios estructurados, escalas de medición, hojas de observación y herramientas tecnológicas para evaluar variables específicas. Por el contrario, la investigación cualitativa emplea instrumentos que incluyen entrevistas abiertas o semiestructuradas, protocolos de observación participativa, análisis de documentos y diarios de campo. En ambos casos, los instrumentos deben someterse a una validación previa para determinar su confiabilidad y validez, asegurando que midan de manera confiable y consistente los constructos objetivo.

Además, el diseño del instrumento debe considerar el tipo de datos que se recopilarán (incluidas respuestas textuales, numéricas, gráficas o categóricas), las características de la población o porción que se estudia y los recursos disponibles. La selección y el uso apropiados de instrumentos garantizan que los datos recopilados sean representativos, lo que facilita un análisis integral y produce resultados de investigación precisos.

Los instrumentos para este estudio son:

- **Publicaciones y literatura:** Los artículos y libros son recursos vitales en el desarrollo de la investigación, ya que proporcionan el marco teórico, los antecedentes y las referencias importantes para apoyar la investigación. Las publicaciones académicas suelen incluir información actual y detallada sobre temas relacionados con la investigación, así como incorporar datos de estudios previos que facilitan la comparación, el contraste y la contextualización de los resultados presentados. Los volúmenes proporcionan una base sólida para comprender ideas teóricas, técnicas y puntos de vista generales. Ambos materiales fueron elegidos meticulosamente, enfatizando aquellos con clara pertinencia para el tema de estudio y escritos por escritores estimados de revistas de renombre. El análisis exhaustivo nos permitió

establecer un marco de referencia sólido, que respalda eficazmente las interpretaciones y los resultados del estudio.

- **Imágenes:** Las fotografías son una herramienta visual esencial para documentar y fundamentar observaciones en contextos de investigación. En este caso, se utilizaron para documentar las fases del procedimiento experimental, incluida la producción de materiales, la preparación de porciones y la ejecución de pruebas de laboratorio. Las fotografías no sólo proporcionan evidencia pictórica, sino que también permiten identificar características que pueden ser imperceptibles durante el trabajo de campo o de laboratorio, facilitando así estudios posteriores. Las fotografías se obtuvieron en entornos controlados para garantizar su claridad y relevancia, sirviendo como un instrumento crucial para representar los resultados y mejorar la comprensión de las técnicas y conclusiones esbozadas en la investigación.

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

La validación comprende muchos procesos. Primero se realiza la validación de contenido para evaluar si el instrumento incluye todas las características relevantes del fenómeno bajo investigación. Esto suele lograrse mediante evaluaciones realizadas por expertos en la materia, quienes verifican que las preguntas o indicadores sean claros, representativos y pertinentes. Posteriormente se realiza una prueba piloto con una pequeña porción representativa del público objetivo para identificar posibles preocupaciones en su ejecución, como ambigüedades, dificultades de comprensión o fallas técnicas.

Posteriormente, la confiabilidad del instrumento se evalúa analizando su capacidad para proporcionar resultados consistentes en condiciones similares. Esto se puede lograr mediante métodos como el coeficiente de consistencia interna (p. ej., alfa de Cronbach) o

metodologías test-retest. Además, se podrá realizar una validación estadística para confirmar que las variables y escalas del instrumento están adecuadamente diseñadas y alineadas con los objetivos de la investigación.

En conclusión, la validación del instrumento es un paso crucial que garantiza la integridad de los datos recopilados y al mismo tiempo aumenta la credibilidad y la importancia de los resultados de la investigación. (Suárez P. et al., 2022)

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

Para evaluar la confiabilidad de un instrumento se utilizan métodos estadísticos, como el coeficiente de consistencia interna, siendo el alfa de Cronbach una de las métricas más comunes para evaluar la interrelación de sus componentes. Se pueden utilizar procedimientos de repetición de pruebas o prueba-reprueba, incluida la aplicación del mismo instrumento a la misma porción en muchos períodos y la comparación de los resultados para evaluar la estabilidad temporal. Un método común es la confiabilidad dividida por mitades, donde el instrumento se divide en dos mitades equivalentes y se evalúa la correlación entre ellas.

La confiabilidad es fundamental para la validez, ya que un instrumento no puede exhibir validez sin confiabilidad. Por lo tanto, evaluar la confiabilidad mejora el refinamiento de los instrumentos e informa al investigador sobre la exactitud de los datos recopilados, mejorando así la calidad del estudio y reforzando la confianza en sus resultados.

3.7 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.7.1 Procedimiento del desarrollo de plan de investigación

✿ Búsqueda de información.

La búsqueda de información es un esfuerzo metódico y planificado centrado en identificar, elegir y recopilar datos pertinentes para un estudio o investigación. Este proceso implica identificar fuentes acreditadas y relevantes que apoyen el desarrollo del marco

teórico, la metodología y el análisis de resultados. La búsqueda puede realizarse en varios recursos, incluidas bases de datos académicas, artículos científicos, libros, archivos digitales, registros gubernamentales, tesis y sitios web especializados.

El proceso comienza con la identificación de palabras clave y terminología relevantes para el tema del estudio, que se combinan con operadores booleanos para mejorar la eficiencia de la búsqueda. Posteriormente, se utilizan criterios como fecha de publicación, idioma, tipo de documento y disciplina para asegurar la relevancia y actualidad de la información. Es fundamental priorizar fuentes confiables y verificadas, como revistas indexadas o instituciones académicas, para garantizar la validez de los datos obtenidos.

Además, la recuperación de información implica algo más que una simple recopilación pasiva; requiere una evaluación exhaustiva para determinar la relevancia, confiabilidad y aplicabilidad de cada fuente en relación con los objetivos del estudio. Esta estrategia garantiza que los datos recopilados respalden adecuadamente el proyecto y contribuyan a un examen exhaustivo y riguroso del tema.

❁ **Materiales empleados para la investigación**

- ✓ **Ceniza volcánica:** La ceniza volcánica es una sustancia pulverizada formada por rocas, cristales y vidrio destrozados que se produce como resultado de erupciones volcánicas. Estas partículas se dispersan en la atmósfera y tienen la capacidad de viajar distancias importantes desde el volcán. Las cenizas volcánicas pueden ejercer un impacto tanto en el medio ambiente como en la salud humana, dependiendo de la cantidad descargada y de la proximidad al lugar de la erupción. Además, posee la capacidad de influir en gran medida en las industrias de la aviación, la agricultura y otras industrias.

Figura 2

Ceniza volcánica



- ✓ **Polvo de caucho:** El polvo de caucho es una sustancia de textura fina que se crea al triturar o moler neumáticos de caucho usados. Se emplea para diversos fines, como servir como relleno en la producción de artículos de caucho, construir campos deportivos o mezclarlo con asfalto para la construcción de carreteras. Al reciclar neumáticos de esta manera, se fomenta la sostenibilidad al disminuir la acumulación de basura y promover comportamientos ambientalmente responsables.

Figura 3

Polvo de caucho



Nota. Fuente Google



✿ Extracción de los agregados

- La adquisición de áridos para la tesis sobre las propiedades del hormigón permeable a partir de ceniza volcánica y polvo de caucho en Ayaviri 2024 incluiría una secuencia de procedimientos encaminados a garantizar la calidad y representatividad de los materiales. Esta técnica incluirá las siguientes fases:
- Identificación y selección de la fuente: Se identificará una cantera o proveedor local en la zona de Ayaviri que suministre agregados finos y gruesos para la producción de concreto. Se priorizarán fuentes con un historial confirmado de excelencia y cumplimiento de especificaciones técnicas.
- Extracción de materiales: Los áridos se extraerán metódicamente, adquiriendo porciones representativas directamente de la cantera o proveedor. Se utilizarán herramientas adecuadas para garantizar que la porción recolectada permanezca sin contaminar ni modificar durante todo el proceso.
- Transporte y almacenamiento: Los áridos serán transportados en condiciones que eviten la contaminación por suelo, arcilla u otros materiales indeseables. En el laboratorio se mantendrán en condiciones adecuadas para protegerlos de la humedad y otras influencias externas que puedan afectar a sus propiedades.
- Preparación y pretratamiento: Al llegar al laboratorio, los áridos serán sometidos a operaciones de limpieza para eliminar polvo, arcilla u otros contaminantes que puedan influir en las propiedades mecánicas y físicas del hormigón. Además, serán sometidos a secado al aire o al horno para asegurar la uniformidad en su estado.
- Caracterización de los agregados: Antes de su uso, se realizarán evaluaciones para determinar las propiedades físicas de los agregados, incluyendo granulometría, densidad, absorción, contenido de humedad y morfología, de acuerdo con las especificaciones técnicas aplicables. Esto evaluará su idoneidad para la composición de mezclas de hormigón permeables.

- Esta técnica garantizará que los agregados utilizados sean consistentes y de alta calidad, lo cual es esencial para evaluar con precisión el impacto de las cenizas volcánicas y el polvo de caucho en las propiedades del concreto.

3.7.2 Etapa de campo

a. Recolección de porciones de agregados naturales.

La adquisición de porciones de agregados naturales implica la obtención de un volumen representativo de materiales, incluida arena, grava u otros agregados de fuentes naturales, para evaluar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas en un entorno de laboratorio. Este enfoque es crucial para confirmar que los materiales cumplen con los estándares técnicos necesarios para su uso en determinados proyectos, como la producción de hormigón en investigación o construcción.

El proceso implica identificar sitios significativos en canteras, ríos o depósitos naturales, donde los agregados sean consistentes y libres de contaminación. Durante la recolección se utilizan herramientas y técnicas apropiadas para preservar las propiedades inherentes del material. Las porciones deben conservarse y transportarse en condiciones que conserven su integridad original, incluidas características como el contenido de humedad, la distribución del tamaño de grano y la pureza. Tras su recolección, estas porciones se someten a pruebas de laboratorio estandarizadas, que incluyen distribución del tamaño de grano, densidad, absorción y resistencia, para determinar su idoneidad para el diseño de mezclas o la creación de estudios experimentales. (Ojeda, 2020)

3.7.3 Etapa de laboratorio

La fase de laboratorio es fundamental en el desarrollo de la investigación, permitiendo la evaluación, análisis y verificación de las propiedades de los materiales y mezclas utilizados en la investigación. Esta parte de la tesis implica la preparación, caracterización y evaluación de materiales, así como la creación y evaluación de

porciones, siguiendo procedimientos establecidos para garantizar la calidad y precisión de los resultados.

Los materiales recolectados (áridos, cenizas volcánicas y polvo de caucho) se someterán a análisis mediante pruebas de granulometría, densidad, absorción, contenido de humedad y composición química para verificar su idoneidad para la producción de concreto permeable. Posteriormente se prepararán las mezclas de hormigón, incluyendo los aditivos en proporciones exactas, y se iniciará la elaboración de briquetas o probetas mediante moldeo y compactación controlada.

Después de curar las porciones durante períodos específicos (7, 14 y 28 días), se realizarán pruebas de compresión y permeabilidad utilizando equipos calibrados de acuerdo con normas técnicas reconocidas. Los resultados obtenidos en esta fase proporcionarán los datos necesarios para evaluar la influencia de las adiciones sobre las propiedades mecánicas e hidráulicas del hormigón, ayudando así a la consecución de los objetivos de la investigación. (Reyes, 2022)

i. Ensayo de contenido de humedad

La prueba de contenido de humedad cuantifica el agua presente en los áridos naturales antes de su uso en la fabricación de mezclas de hormigón. Este procedimiento es fundamental ya que el exceso o falta de humedad en los áridos puede alterar las proporciones de la mezcla, afectando directamente la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del hormigón.

El procedimiento comienza con la selección de una porción agregada representativa, la cual se pesa en su estado natural para determinar su peso inicial. Posteriormente, la porción se coloca en un horno de secado a una temperatura estable, a menudo alrededor de 110 °C, hasta que se elimina toda la humedad. La operación puede necesitar varias horas y se considera completa cuando el peso de la porción se estabiliza, lo que indica la ausencia de agua. Se registra el peso final de la porción después del secado, indicando su estado deshidratado.

Los datos obtenidos de esta prueba permiten calcular el contenido de humedad del agregado, que se utiliza para ajustar la cantidad de agua necesaria en el diseño de la mezcla de concreto. Este método garantiza proporciones precisas de materiales, eliminando diferencias en las propiedades mecánicas y la permeabilidad del hormigón terminado. (Gómez-Gómez et al., 2018)

Cálculo:

$$W(\%) = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

ii. Ensayo de análisis granulométrico.

La prueba de análisis granulométrico es un procedimiento de laboratorio destinado a determinar la distribución granulométrica en agregados finos y gruesos. Esta investigación es fundamental para determinar si los componentes cumplen con los criterios normativos y son aptos para su integración en mezclas de hormigón, ya que influye directamente en la trabajabilidad, densidad y resistencia del producto final.

El procedimiento comienza con la selección de una porción de agregado representativa, que se seca previamente en un horno para eliminar el contenido de humedad. Luego, el material seco se tamiza a través de una secuencia de mallas de tamiz predeterminadas dispuestas en orden decreciente de tamaño. Los tamices se agitan mecánica o manualmente durante un período determinado, lo que permite que las partículas más pequeñas pasen a través de las mallas y retengan las más grandes.

Después del tamizado, se cuantifica y registra la cantidad de material retenido en cada tamiz. Estos datos se utilizan para calcular el porcentaje acumulado de material que pasa por cada tamiz, lo que ayuda en la construcción de una curva granulométrica. Esta curva se evalúa frente a las restricciones regulatorias para ver si el agregado tiene una distribución de partículas adecuada para el diseño de la mezcla de concreto. Esta prueba es crucial en la investigación del hormigón permeable, ya que la granulometría afecta

significativamente las propiedades de permeabilidad y resistencia del material.(Jannat et al., 2020)

➤ **Procedimiento:**

- El análisis granulométrico comienza tomando en cuenta el material a tamizar, asignando una mayor cantidad para suelos gruesos y un menor peso para suelos finos.
- Primero determinamos la masa de la porción de material y luego la colocamos en la superficie superior de los tamices.
- Durante el proceso de tamizado manual, los tamices se mueven horizontalmente y se rotan para garantizar una distribución consistente de la porción a través de la malla.
- Posteriormente se determina la masa de sustancia que aún está presente en cada filtro.

iii. **Ensayo de Capacidad compresiva del material del concreto.**

El ensayo de resistencia a la compresión es fundamental para evaluar la resistencia mecánica del hormigón. Esta prueba evalúa la capacidad del material para soportar presiones de compresión axial sin fallar, actuando como un indicador vital de su calidad y durabilidad. Los resultados de esta prueba son cruciales para confirmar el cumplimiento de las normas estructurales y regulatorias, además de permitir comparar el desempeño de diferentes combinaciones, incluido el concreto permeable mejorado con ceniza volcánica y polvo de caucho.

El procedimiento comienza con la producción de porciones cilíndricas o prismáticas, creadas en condiciones controladas y sometidas a curado durante períodos específicos (a menudo 7, 14 y 28 días). Las porciones curadas se colocan en un

instrumento de prueba de compresión, asegurando una alineación adecuada para evitar tensiones desiguales. A partir de entonces se aplica una fuerza axial de forma continua y uniforme hasta que la porción alcanza su umbral de falla.

Se registra la carga máxima de la porción durante el ensayo, que se utiliza para calcular su resistencia a la compresión. Este resultado se compara con los valores esperados o estándar para evaluar el desempeño del concreto. Este ensayo de investigación experimental, especialmente con hormigón permeable, evalúa la influencia de las adiciones de ceniza volcánica y polvo de caucho sobre la resistencia del material en comparación con las mezclas convencionales. (*Tecnología Del Hormigón - Unidad 6, 2022*)

➤ **Procedimiento:**

- Antes del inicio, se registran las medidas de altura y diámetro de las porciones moldeadas. Las porciones (tubos de ensayo) se colocan en el equipo de medición (Prensa), asegurándose de que estén centradas y alineadas con precisión.
- La cámara de carga está sellada y la carga comienza a una velocidad de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s.
- Al ver que la carga ya no aumenta y la porción se fractura, detener la aplicación de la carga y documentar la medición.
- La evaluación se realiza a los 3, 7, 14 y 28 días de edad.

iv. Ensayo de asentamiento

La prueba de asentamiento, o prueba del cono de Abrams, es un método utilizado para evaluar la trabajabilidad y consistencia de una nueva mezcla de concreto. Esta prueba evalúa la capacidad del hormigón para deformarse bajo su propio peso, una medida crucial de su fluidez y trabajabilidad durante la instalación y compactación.

El proceso comienza con la formulación de la nueva mezcla de hormigón, asegurando una medición precisa y una mezcla uniforme de los componentes. Se coloca

un molde de cono truncado convencional (cono de Abrams) sobre una superficie estable y uniforme. El molde se llena con la mezcla en tres etapas, compactando cada capa uniformemente con una varilla metálica para eliminar posibles huecos.

El molde se retira verticalmente y con delicadeza después del llenado, permitiendo que el hormigón se asiente sin obstáculos. Posteriormente se evalúa la disparidad de elevación entre el vértice del molde y la cima del hormigón compactado. El valor de asentamiento, medido en milímetros, se utiliza para categorizar la consistencia de la combinación.

La prueba de asentamiento es crucial para calibrar las proporciones de agua en diseños de mezclas de concreto y garantizar que el material cumpla con ciertos criterios de trabajabilidad sin socavar otros atributos como la resistencia o la durabilidad. Esta prueba facilita la evaluación de la eficacia de mezclas modificadas, como aquellas con ceniza volcánica o polvo de caucho, a diseños tradicionales en investigación experimental.

(Quispe Castillo, 2022)

➤ **Procedimiento:**

- Preparación de la base y posicionamiento del molde: Se procedió a la localización y adecuación de una superficie rígida, nivelada y no absorbente para garantizar estabilidad y uniformidad durante el ensayo. Posteriormente, el molde troncocónico (cono de Abrams) fue colocado en la base con la orientación especificada, formando un cono invertido, conforme a las normativas técnicas aplicables.
- Llenado del molde en capas y compactación: La mezcla de concreto fresco fue introducida en el molde en tres estratos uniformes. Cada capa fue compactada mediante la aplicación de 25 golpes controlados, distribuidos uniformemente con una varilla metálica calibrada. En el caso del tercer estrato, se añadió el material sobrante de la mezcla antes de proceder con la compactación final, asegurando que el molde quedara completamente lleno.

- Nivelación de la superficie: Una vez compactada la tercera capa, se utilizó una varilla metálica de compactación o una regla rígida para rasar la superficie del concreto, garantizando que quedara nivelada y libre de irregularidades. Este paso es esencial para estandarizar la altura del material en el molde.
- Extracción del molde: El molde fue levantado verticalmente de manera continua y uniforme, asegurando que el proceso se realizara en un tiempo controlado de 5 ± 2 segundos, sin generar inclinaciones ni movimientos laterales. Este procedimiento permitió que el concreto se deformara libremente bajo su propio peso, facilitando la medición del asentamiento.

Esta metodología asegura precisión y reproducibilidad en el ensayo de asentamiento, cumpliendo con los estándares establecidos en las normativas técnicas internacionales.

v. **Ensayo de permeabilidad**

Las geociencias ya que nos permite comprender y definir las características de permeabilidad de suelos, rocas, concreto u otros materiales porosos.

El enfoque para realizar una prueba de permeabilidad varía según la composición del material y el objetivo específico de la investigación. Sin embargo, en general, la técnica consta de los siguientes pasos:

La preparación de porciones implica la selección meticulosa de una porción representativa del objeto que se someterá a análisis. Esta porción se somete a un tratamiento riguroso y exhaustivo para eliminar cualquier contaminante o anomalía que pueda afectar la precisión de los resultados de la prueba.

Montaje del equipo: El equipo de prueba se ensambla y los componentes específicos pueden variar dependiendo del tipo de permeabilidad que se investiga.

Para evaluar la permeabilidad del agua en los suelos, se utiliza una colección de



instrumentos, que incluyen un cilindro de permeabilidad, un sistema de carga de agua y dispositivos de monitoreo de presión.

El acondicionamiento de la porción se refiere al proceso de preparación de la porción antes de realizar las pruebas. En este procedimiento se requiere potencialmente un acondicionamiento previo, y su requisito está dictado por las características del material que se está probando y el objetivo particular de la prueba. Esto puede implicar emplear métodos como saturar el material con agua, deshidratarlo con aire, comprimirlo o emplear cualquier otro procedimiento adecuado para simular las condiciones reales que experimentaría el material.

Aplicar carga: El material se expone a una carga controlada, que podría implicar la aplicación de presión hidrostática, presión de aire o fuerza mecánica, según la prueba particular y la sustancia que se esté investigando.

El registro de datos es la recopilación metódica de datos relacionados con varias características, como la intensidad de la presión aplicada, la velocidad del flujo de fluido a través de un material y cualquier otro elemento relevante. Estos datos se emplean para calcular la permeabilidad del material utilizando la ley de Darcy u otros enfoques apropiados.

Análisis de resultados: Una vez finalizada la prueba, los datos recopilados se revisan cuidadosamente para determinar la permeabilidad del material y cualquier otra información relevante. Estos datos se pueden emplear en la construcción de edificios, evaluación de la fertilidad del suelo o predicción del comportamiento de los fluidos debajo de la superficie, entre otras aplicaciones.

Las pruebas de permeabilidad son una técnica esencial para comprender las propiedades de flujo de fluidos de materiales porosos. El método implica seguir una serie de pasos cuidadosamente regulados, que abarcan la preparación de la porción, la disposición del equipo, la aplicación de la carga, la documentación de los datos y el análisis de los resultados.



3.7.4 Etapa de gabinete

La etapa de escritorio es una fase del proceso de investigación que se realiza en un entorno controlado, a menudo en oficinas o laboratorios, donde los datos recopilados de etapas anteriores, como el trabajo de campo o los ensayos experimentales, se organizan, analizan y evalúan metódicamente. Esta fase es crucial para estructurar los datos recopilados, analizar los resultados y desarrollar conclusiones informadas que respalden el logro de los objetivos del estudio.

En esta etapa, la clasificación y organización de los datos recopilados se realiza mediante herramientas como hojas de cálculo, software estadístico o aplicaciones especializadas de análisis de datos. Además, se realizan cálculos críticos, se generan gráficos y tablas comparativas y los resultados se organizan sistemáticamente para mejorar la comprensión. Este paso incluye una evaluación bibliográfica y documental para sintetizar y comparar los hallazgos experimentales con hipótesis existentes e investigaciones previas.

En la investigación experimental, especialmente con hormigón permeable, la etapa documental implica la agregación de informes técnicos, la síntesis de datos y la formulación de recomendaciones. Este trabajo es esencial para reforzar el marco teórico, validar hipótesis y redactar el artículo final, asegurando así que los resultados se articulen de manera lógica, clara y sustantiva. La etapa de escritorio es la finalización del proceso de investigación, en el que los datos adquieren relevancia a partir de los objetivos del estudio.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados alcanzados a través de los estudios

Los resultados adquiridos de los estudios son las conclusiones a las que se llega al concluir el proceso de investigación, resultantes del análisis e interpretación de los datos recopilados mediante enfoques experimentales, teóricos o documentales. Los hallazgos indican en qué medida se han cumplido los objetivos planteados, ofreciendo respuestas definitivas a las preguntas del estudio. Proporcionan una síntesis coherente de la investigación realizada, incluidos patrones observados, tendencias reconocidas, métricas cuantitativas y cualitativas pertinentes, con su comparación con estudios anteriores. Además, los hallazgos son esenciales para verificar o refutar hipótesis, sacar conclusiones y desarrollar sugerencias relevantes para el entorno examinado, garantizando así que la investigación produzca conocimientos valiosos y significativos.

a. Contenido de humedad**Tabla 4**

Tabla de datos con respecto a los agregados finos y gruesos

Agregado Fino		
	Agregado fino	Agregado grueso
P. del muestreo en húmedo+ Tarro	446.25	436.49
P. de muestreo seco+ Tarro	430.94	426.55
P. Tarro	52.62	52.62
P. de muestreo húmedo	393.63	383.87
P. de muestreo seco	378.32	373.93
P. - Agua	15.31	9.94
% Humedad	4.05	2.66

Nota. Resultados de laboratorio

La grafica a continuación nos enseñara los valores respecto a los contenidos de humedad de las porciones, tanto para el agregado grueso como para los agregados finos, teniendo los siguientes valores 4.05% para el agregado fino y 2.66% para los agregados gruesos.

a) Peso específico y absorción

$$Abs = \frac{(K - J) * 100}{J} = X \%$$

Tabla 5

Reporte breve sobre los valores de peso específico y absorción obtenidos.

Peso específico y absorción		
	Pe. específico (gr/cm3)	Absorción (%)
Fino	2.96	4.10
Grueso	2.55	2.70

La tabla numero 5 nos detallara los pesos específicos y como también la absorción de los agregados finos y de los agregados gruesos, el peso específico de los agregados finos fue de 2.96gr/cm3 y 2.55gr/cm3 para los agregados gruesos, en cuanto a la absorción, los agregados finos obtuvieron un 4.10% y 2.70% para los agregados gruesos.

b) Pesos unitarios sueltos

❖ Agregado fino y grueso

Tabla 6

Pesos unitarios de los agregados utilizados en el estudio (suelto)

	peso unitario (suelto)					
	Agregado fino			Agregado grueso		
Peso del molde	6132 gr	6132 gr	6132 gr	6132 gr	6132 gr	6132 gr
Volumen del molde	2085 cm ³	2085 cm ³	2085 cm ³	3198cm ³	3198cm ³	3198cm ³
Colocación de porción a molde	caída libre					
Peso del molde + porción suelta	10465 gr	10213 gr	10594 gr	10115 gr	10364 gr	10356 gr
Peso de la porción suelta	4333 gr	4081 gr	4462 gr	3983 gr	4232 gr	4224 gr
Densidad mínima de la porción seca	2.078 gr/cm ³	1.958 gr/cm ³	2.140 gr/cm ³	1.246 gr/cm ³	1.323 gr/cm ³	1.321 gr/cm ³
Promedio	2.059 gr/cm³			1.297 gr/cm³		

La tabla numero 6 contiene los datos específicos en cuanto a los pesos unitarios de los agregados finos, como gruesos, estos datos serán de los pesos unitarios sueltos, el agregado fino alcanzo un 2.056gr/cm³ y el agregado grueso un 1.297gr/cm³.

c) Pesos unitarios compactados

Tabla 7

Pesos unitarios de los agregados utilizados en el estudio (compactado)

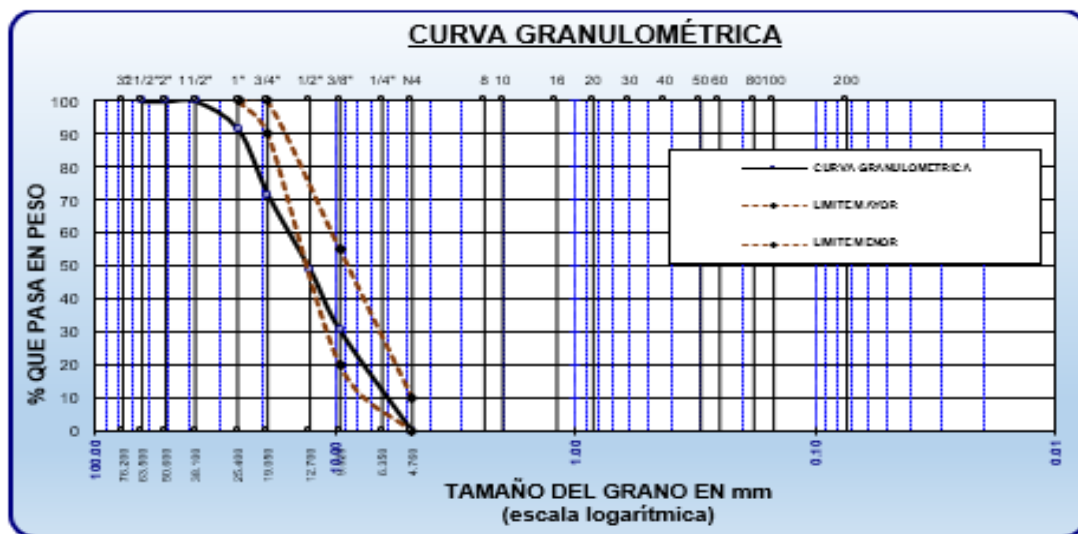
	Peso unitario (VARILLADO)					
	Agregado fino			Agregado grueso		
Peso del molde.	6132 gr	6132 gr	6132 gr	6132 gr	6132 gr	6132 gr
Volumen del molde.	2085 cm ³	2085 cm ³	2085 cm ³	3198cm ³	3198cm ³	3198cm ³
Nº de capas.				3		
Nº de golpes por capa.				25		
Peso del molde + porción compactada.	10490gr	9984gr	10236gr	10654gr	10213gr	10110gr
Peso de la porción compactada.	4358gr	3852gr	4104gr	4522gr	4081gr	3978gr
Densidad máxima de la porción seca.	2.090 gr/cm ³	1.848 gr/cm ³	1.969 gr/cm ³	1.414 gr/cm ³	1.276 gr/cm ³	1.244 gr/cm ³
Promedio	1.969 gr/cm³			1.311 gr/cm³		

La tabla numero 7 contiene los datos específicos en cuanto a los pesos unitarios de los agregados finos, como gruesos, estos datos serán de los pesos unitarios compactados, el agregado fino alcanzo un 1.969gr/cm³ y el agregado grueso un 1.311gr/cm³.

d) Análisis granulométrico.

Figura 4

Caracterización granulométrica del agregado grueso.



Nota. Resultados de laboratorio

Figura 5

Caracterización granulométrica del agregado fino.

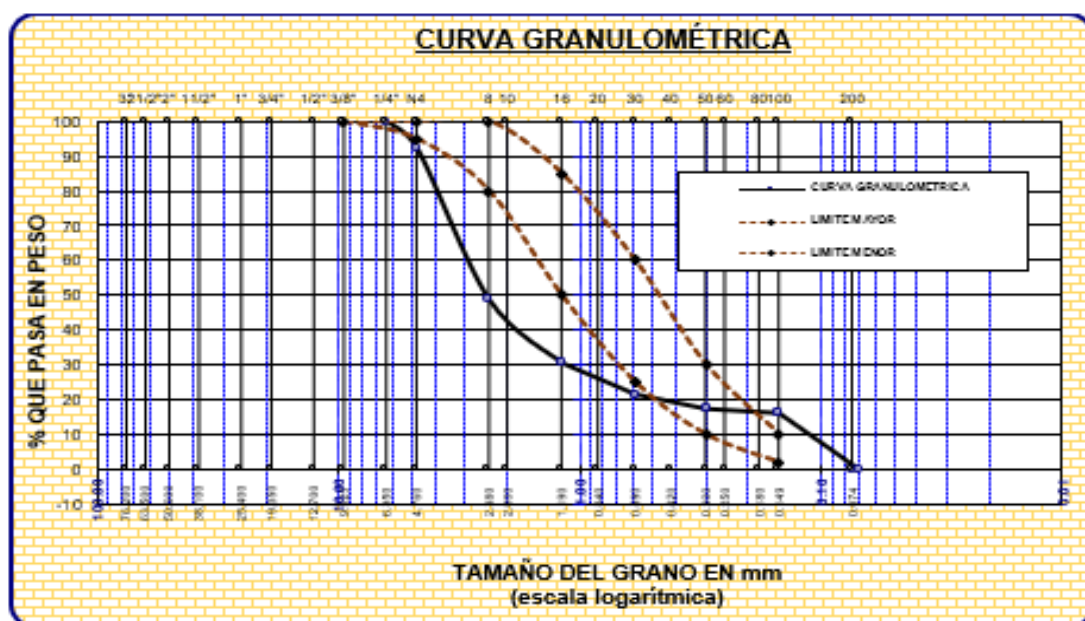


Tabla 8

Resumen de las características de los agregados.

Características Físicas	Agregado grueso	Agregado fino
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.67	2.50
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1989	1947
P.U. Suelto	1967	2036
% de Absorción	2.18	4.73
% de Humedad Natural	2.66	4.05
Módulo de Fineza	-	3.69

Diseño de mezcla $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

- a) Determinación para un concreto permeable de la resistencia promedio.

$$F'_{cr} = 175 + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2$$

Se tiene un asentamiento de:

$$\text{Slump: } 76.20\text{mm. A } 101.60\text{mm. (3"- 4").}$$

- b) La selección del Tamaño Máximo Nominal (TMN) según la Caracterización granulométrica del agregado grueso obtenido de la cantera de isla:

$$\text{TMN} = 1''$$

- c) Cantidad de agua

$$\text{Agua} = 228.00 \text{ lts}$$

- d) Porcentaje de aire de:

$$\text{Aire} = 19.00 \%$$

- e) Relación agua cemento

$$200.00\text{-----}0.61$$

$$245.00\text{-----}a/ c$$

$$250.00\text{-----}0.53$$



Uso de interpolación para establecer el valor de: a/c.

$$\text{Relación Agua/Cemento (a/c)} = 0.538$$

f) Determinación factor cemento

$$228 / c = 0.538$$

$$c = 423.79$$

$$\text{Contenido de cemento} = 423.79 \text{ kg/m}^3$$

g) Evaluación del agregado grueso, en función del tamaño máximo nominal (TMN):

$$P_{AG} = 1057 \text{ kg/m}^3$$

h) Cálculo de volumen del agregado fino (V_{AF})

$$V_{AF} = 1 - 0.963$$

$$V_{AF} = 0.037 \text{ m}^3$$

i) Determinación del peso del agregado fino (P_{AF})

$$P_{AF} = 0.037 * \text{peso específico}$$

$$P_{AF} = 0.037 * (2.50 * 1000)$$

$$P_{AF} = 93 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 9

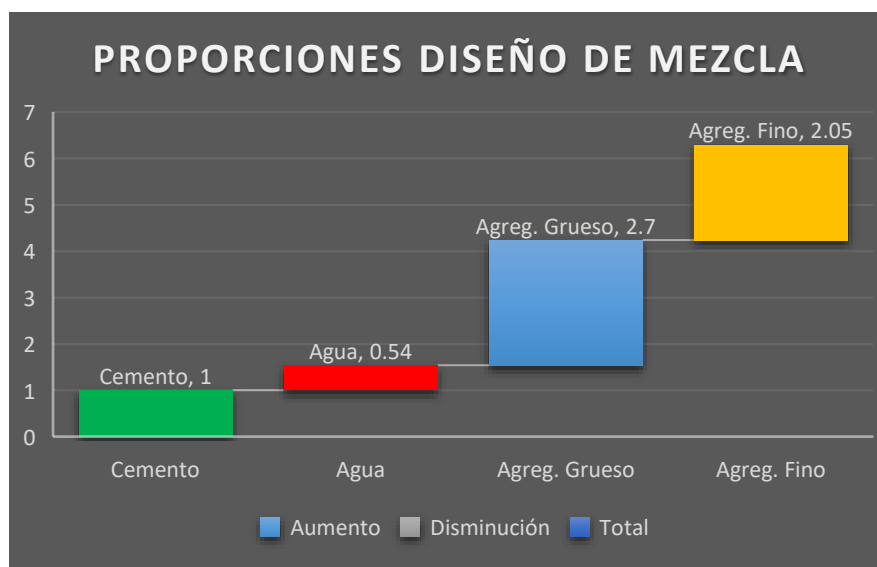
Dosis de materiales para la creación del concreto

Agregado	Dosif.	Propor.	Dosif.	Propor.
	Peso Seco	Volumen	Peso Húmedo	Volumen
	(Kg/m ³)	PESO SECO	(Kg/m ³)	PESO HÚMEDO
Cemento	424	1.00	424	1.00
Agua	228	0.538	224	0.53
Ag. Grueso	1057	2.49	1085	2.56
Ag. Fino	93	0.22	97	0.23
Aire	19.00 %		19.00 %	

La dosificación será la siguiente 424kg/m³ de cemento, 228kg/m³ de agua, 1057kg/m³ de agregado grueso, 93kg/m³ de agregado fino y finalmente un 19% de contenido de humedad al ser un concreto permeable.

Figura 6

Proporciones del diseño de mezcla



La gráfica porción las proporciones utilizadas en el diseño de mezcla de concreto, detallando la relación entre los componentes principales: cemento, agua, agregado grueso y agregado fino. Cada barra representa la cantidad relativa de cada material en la mezcla. El cemento tiene un valor base de 1, mientras que el agua se presenta con una proporción de 0.54, indicando una cantidad menor en comparación al cemento. El agregado grueso tiene una proporción significativamente mayor, con un valor de 2.7, y el agregado fino alcanza una proporción de 2.05. Además, se destacan los colores para identificar variaciones en las proporciones: aumento (en azul), disminución (en rojo) y total (en diferentes colores). Esta representación visual permite identificar las relaciones entre los materiales y su importancia en el diseño de la mezcla.

4.1.1 Comportamiento en cuanto al asentamiento de las porciones realizadas

a. Asentamiento de las porciones patrón y sus distintas dosificaciones

Tabla 10

Distribución de los valores de asentamiento en las porciones.

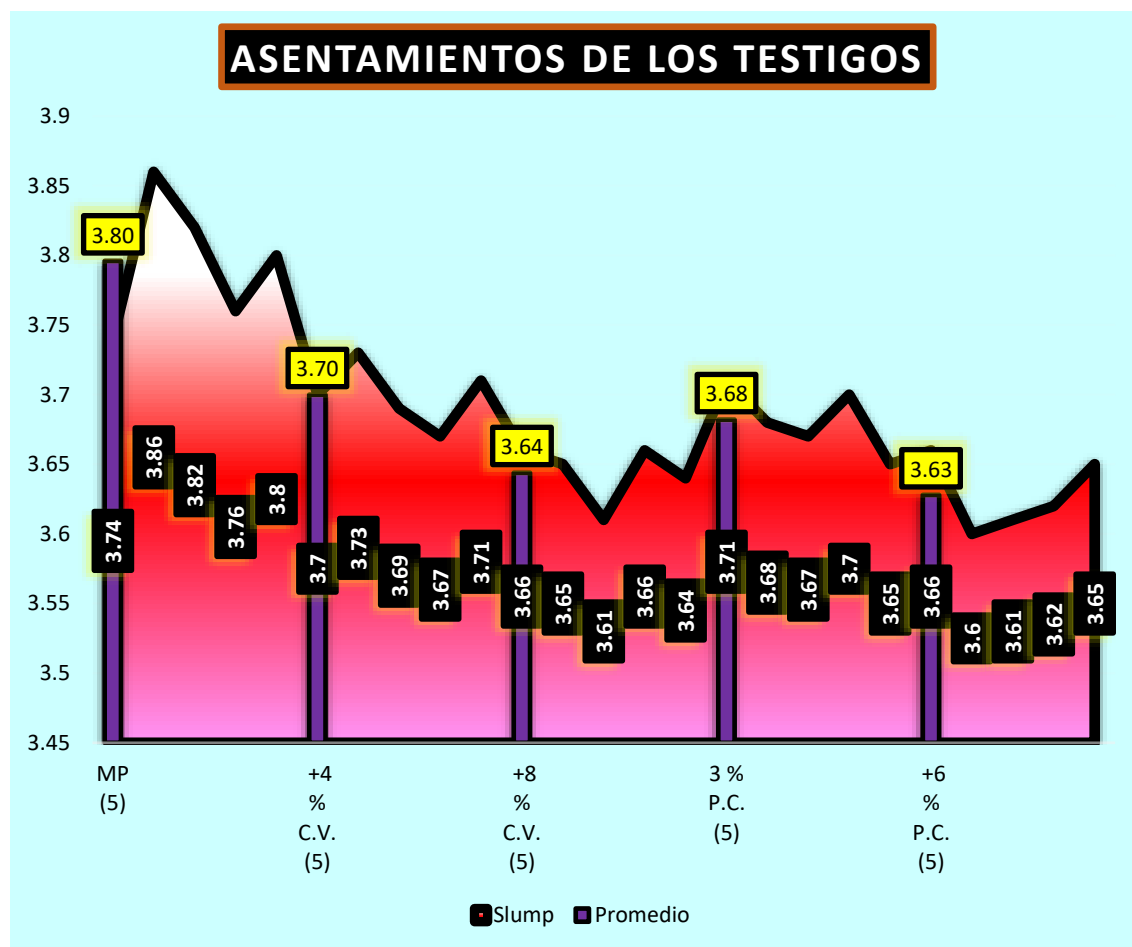
Nº	Descripción	Slump	Promedio	Unidad de medición
1	MP (5 UNDS)	3.74	3.80"	
		3.86		
		3.82		
		3.76		
		3.80		
2	+4 % C.V. (5 UNDS)	3.70	3.70"	
		3.73		
		3.69		
		3.67		
		3.71		
3	+8 % C.V. (5 UNDS)	3.66	3.64" (SLUMP)	
		3.65		
		3.61		
		3.66		
		3.64		
4	+3 % P.C. (5 UNDS)	3.71	3.68"	
		3.68		
		3.67		
		3.70		
		3.65		
5	+6 % P.C. (5 UNDS)	3.66	3.63"	
		3.60		
		3.61		
		3.62		
		3.65		

La tabla presenta los resultados del ensayo de asentamiento (slump) en diferentes diseños de mezcla de concreto, detallando los valores obtenidos para cinco especímenes por cada variación. La mezcla patrón (MP) obtuvo un valor promedio de asentamiento de 3.80, considerado como referencia. Las mezclas con incorporación de ceniza volcánica (C.V.) registraron promedios de 3.70 y 3.64 para los contenidos de 4% y 8%, respectivamente, evidenciando una ligera disminución en la trabajabilidad con el incremento del aditivo. Por su parte, las mezclas con adición de polvo de caucho (P.C.) mostraron valores promedio

de asentamiento de 3.68 y 3.63 para contenidos de 3% y 6%, respectivamente, indicando una tendencia similar. Estos valores, expresados en unidades de slump, reflejan la influencia de los materiales suplementarios en la consistencia y comportamiento plástico de las mezclas bajo condiciones controladas.

Figura 7

Comparativa de los asentamientos alcanzados



Nota: CV (ceniza volcánica) PC (polvo de caucho)

La gráfica presenta los resultados del ensayo de asentamiento (slump) de los diferentes diseños de mezcla de concreto, destacando tanto los valores individuales de las porciones como los promedios calculados. En el eje vertical se representan los valores de asentamiento en una escala de 3.45 a 3.90 unidades, mientras que en el eje horizontal se agrupan las diferentes composiciones de mezcla: la mezcla patrón (MP), las mezclas con 4% y 8% de ceniza volcánica (C.V.), y las mezclas con 3% y 6% de polvo de caucho (P.C.).

4.1.2 Capacidad compresiva del material de las porciones evaluadas CP, CV y PC

La Capacidad compresiva del material es la capacidad de un material para soportar fuerzas de compresión y se mide por la carga máxima que puede soportar sin romperse. Se evalúan las capacidades estructurales y el uso potencial de cenizas volcánicas y polvo de caucho como adicionantes a la mezcla del concreto para fines de construcción.

A.1. Esfuerzos de rotura de testigos elaborados en el día 7

Tabla 11

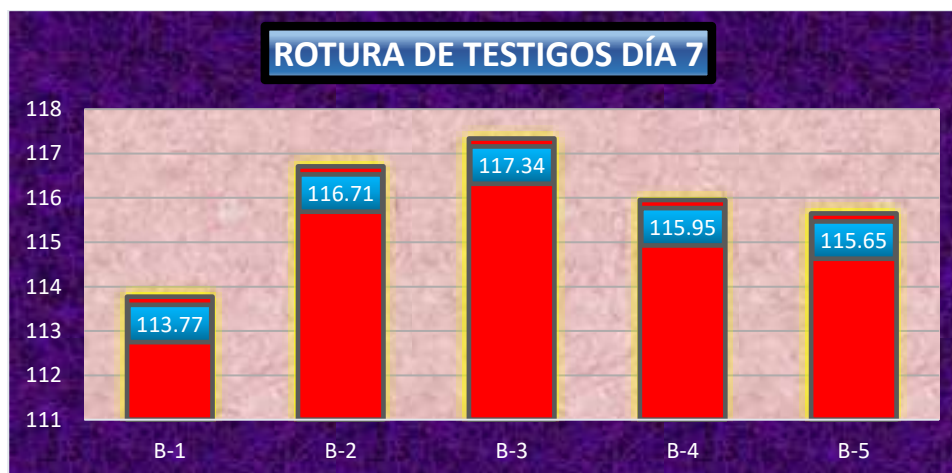
Síntesis en cuanto a el desempeño compresivo de los especímenes a los 7 días

Nº	PORCIÓN	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'c Kg/cm ²	EDAD DIAS
1	EB - 1	20132	15.01	176.95	113.77		
2	EB - 2	20569	14.98	176.24	116.71		
3	EB - 3	20764	15.01	176.95	117.34	175	7
4	EB - 4	20435	14.98	176.24	115.95		
5	EB - 5	20465	15.01	176.95	115.65		
Promedio					115.89		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 115.89kg/cm².

Figura 8

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción patrón día 7



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 117.34kg/cm² y como valor más bajo 113.77kg/cm².

Tabla 12

Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 4% a los 7 días

Nº	PORCIÓN	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'c Kg/cm ²	EDAD DIAS
1	EB - 1	22232	15.01	176.95	125.64		
2	EB - 2	22465	15.01	176.95	126.96		
3	EB - 3	22798	14.98	176.24	129.36	175	7
4	EB - 4	22563	14.98	176.24	128.02		
5	EB - 5	22560	15.01	176.95	127.49		
Promedio					127.49		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 127.49kg/cm².

Figura 9

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 4% día 7



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 129.36kg/cm² y como valor más bajo 125.64kg/cm².

Tabla 13

Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 8% a los 7 días

Nº	PORCIÓN	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS
1	EB - 1	23465	15.01	176.95	132.61		
2	EB - 2	23162	15.01	176.95	130.90		
3	EB - 3	23798	15.01	176.95	134.49	175	7
4	EB - 4	23021	15.01	176.95	130.10		
5	EB - 5	23197	15.01	176.95	131.09		
Promedio					131.84		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 131.84g/cm².

Figura 10

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 8% día 7



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 129.36kg/cm² y como valor más bajo 125.64kg/cm².

Tabla 14

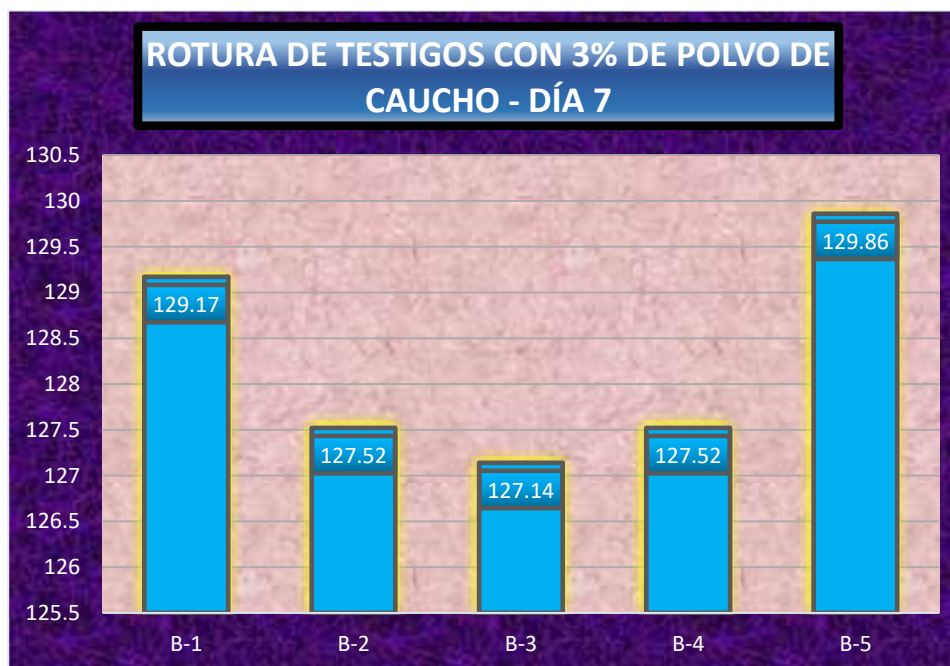
Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 3% a los 7 días

Nº	PORCIÓN	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS
1	EB - 1	22856	15.01	176.95	129.17		
2	EB - 2	22564	15.01	176.95	127.52		
3	EB - 3	22497	15.01	176.95	127.14	175	7
4	EB - 4	22564	15.01	176.95	127.52		
5	EB - 5	22978	15.01	176.95	129.86		
Promedio					128.24		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 128.24g/cm².

Figura 11

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 3% día 7



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 129.86kg/cm² y como valor más bajo 127.14kg/cm².

Tabla 15

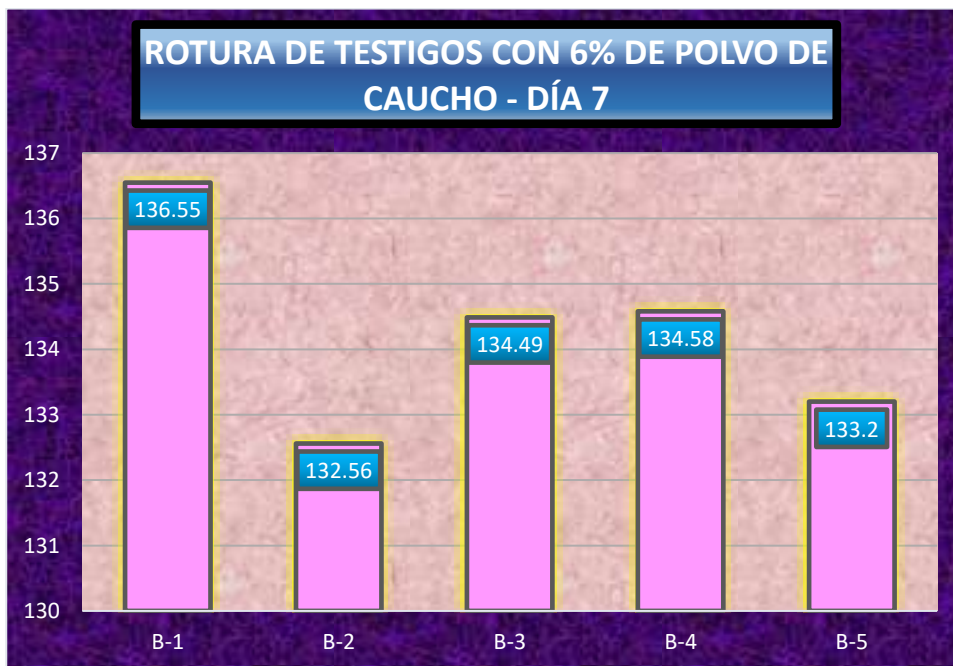
Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 6% a los 7 días

Nº	PORCIÓN	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F°C	EDAD
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS
1	EB - 1	24162	15.01	176.95	136.55		
2	EB - 2	23456	15.01	176.95	132.56		
3	EB - 3	23798	15.01	176.95	134.49	175	7
4	EB - 4	23814	15.01	176.95	134.58		
5	EB - 5	23569	15.01	176.95	133.20		
Promedio					134.27		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 134.27g/cm².

Figura 12

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 6% día 7



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 136.55kg/cm² y como valor más bajo 132.56kg/cm².

Tabla 16

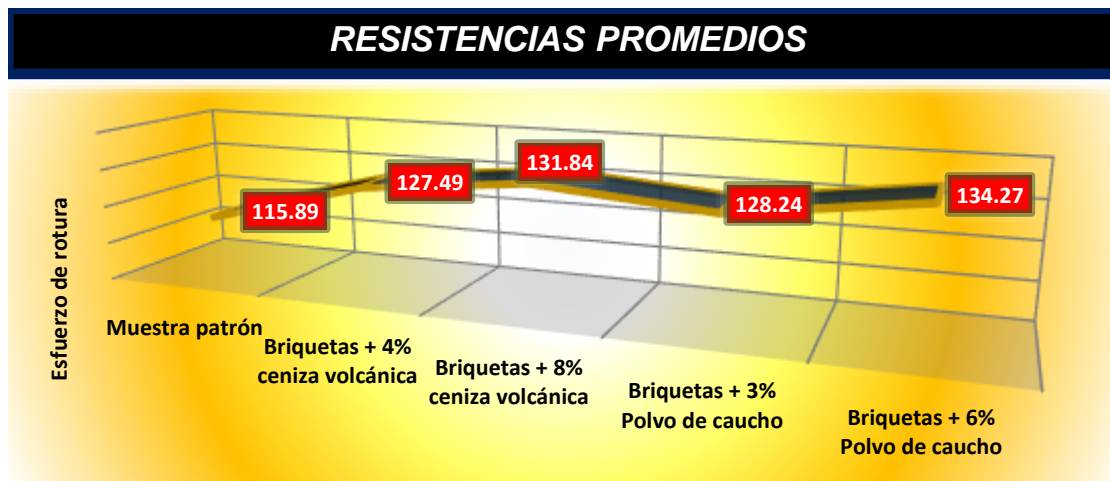
Comparativa de las distintas resistencias registradas – día 7

Promedio de Resistencias		
Descripción	Resistencias	Edad (días)
Porción patrón	115.89	7
Briquetas + 4% ceniza volcánica	127.49	
Briquetas + 8% ceniza volcánica	131.84	
Briquetas + 3% Polvo de caucho	128.24	
Briquetas + 6% Polvo de caucho	134.27	

La tabla nos enseña las variaciones que presenta el concreto con diferentes porcentajes de adiciones de ceniza volcánica y polvo de caucho.

Figura 13

Resistencias registradas de las porciones comparativa - 7 días



La gráfica porción las resistencias promedio a la compresión obtenidas para distintas mezclas de concreto. En el eje vertical se representa el esfuerzo de rotura en unidades específicas, mientras que en el eje horizontal se diferencian las mezclas evaluadas: porción patrón, briquetas con 4% y 8% de ceniza volcánica, y briquetas con 3% y 6% de polvo de caucho. La porción patrón presenta la resistencia más baja con un valor de 115.89, mientras que las mezclas con adiciones presentan incrementos significativos. Las briquetas con 8% de ceniza volcánica alcanzan el valor más alto de 131.84, seguidas de las briquetas con 6% de polvo de caucho con 134.27. Estos resultados indican que la adición de ceniza volcánica y polvo de caucho mejora las propiedades mecánicas del concreto en comparación con la mezcla patrón.

A.2. Esfuerzos de rotura de testigos elaborados en el día 14

Tabla 17

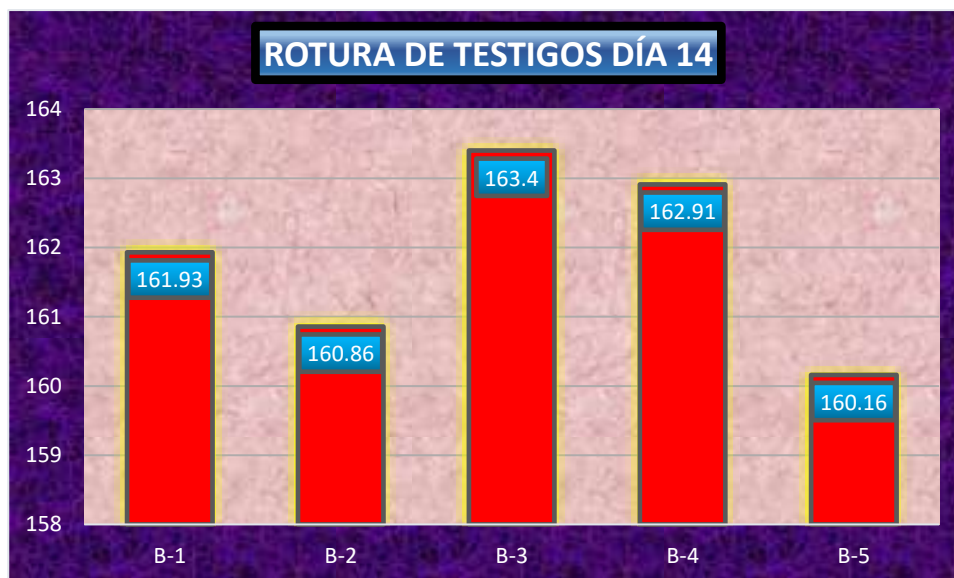
Síntesis en cuanto a el desempeño compresivo de los especímenes a los 14 días

Nº	PORCIÓN	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'c Kg/cm ²	EDAD DIAS
1	EB - 1	28653	15.01	176.95	161.93		
2	EB - 2	28465	15.01	176.95	160.86		
3	EB - 3	28798	14.98	176.24	163.40	175	14
4	EB - 4	28712	14.98	176.24	162.91		
5	EB - 5	28341	15.01	176.95	160.16		
Promedio					161.85		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 161.85kg/cm².

Figura 14

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción patrón día 14



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 163.40kg/cm² y como valor más bajo 160.16kg/cm².

Tabla 18

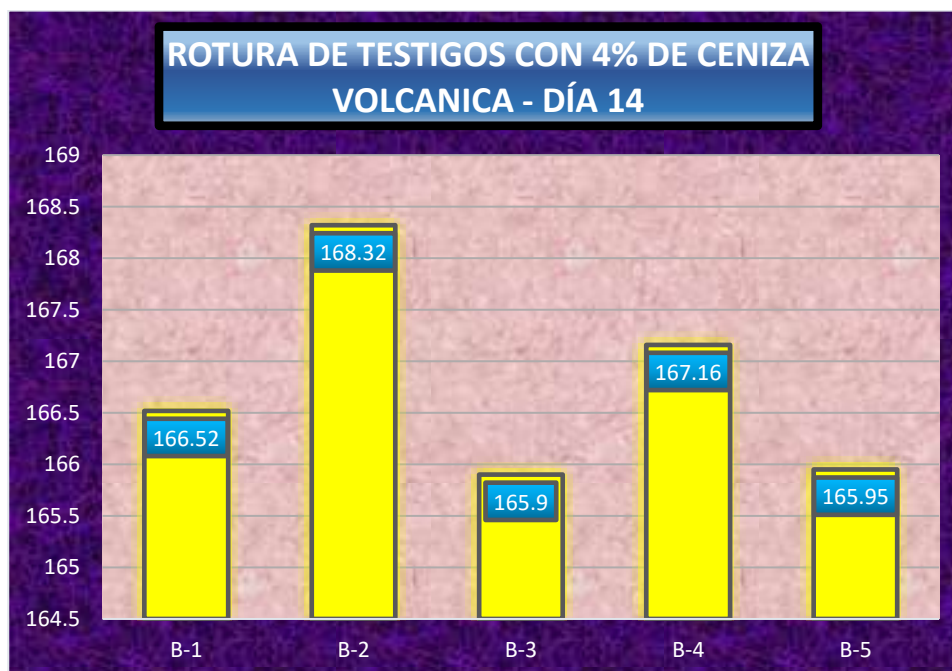
Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 4% a los 14 días

Nº	PORCIÓN	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'c Kg/cm ²	EDAD DIAS
1	EB - 1	29465	15.01	176.95	166.52		
2	EB - 2	29784	15.01	176.95	168.32		
3	EB - 3	29356	15.01	176.95	165.90	175	14
4	EB - 4	29579	15.01	176.95	167.16		
5	EB - 5	29364	15.01	176.95	165.95		
Promedio					166.77		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 166.77kg/cm².

Figura 15

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 4% día 14



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 168.32kg/cm² y como valor más bajo 165.90kg/cm².

Tabla 19

Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 8% a los 14 días

Nº	PORCIÓN	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'c Kg/cm2	EDAD DIAS
1	EB - 1	30985	15.01	176.95	175.11		
2	EB - 2	31421	15.01	176.95	177.57		
3	EB - 3	31012	15.01	176.95	175.26	175	14
4	EB - 4	31079	15.01	176.95	175.64		
5	EB - 5	31154	15.01	176.95	176.06		
Promedio					175.93		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm2, durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 175.93g/cm2.

Figura 16

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 8% día 14



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 177.57kg/cm2 y como valor más bajo 175.11kg/cm2.

Tabla 20

Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 3% a los 14 días

Nº	PORCIÓN	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS
1	EB - 1	29764	15.01	176.95	168.21		
2	EB - 2	29456	15.01	176.95	166.46		
3	EB - 3	29634	15.01	176.95	167.47	175	7
4	EB - 4	29784	14.98	176.24	168.99		
5	EB - 5	29659	15.01	176.95	167.61		
Promedio					167.75		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 167.75g/cm².

Figura 17

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 3% día 14



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 168.99kg/cm² y como valor más bajo 166.46kg/cm².

Tabla 21

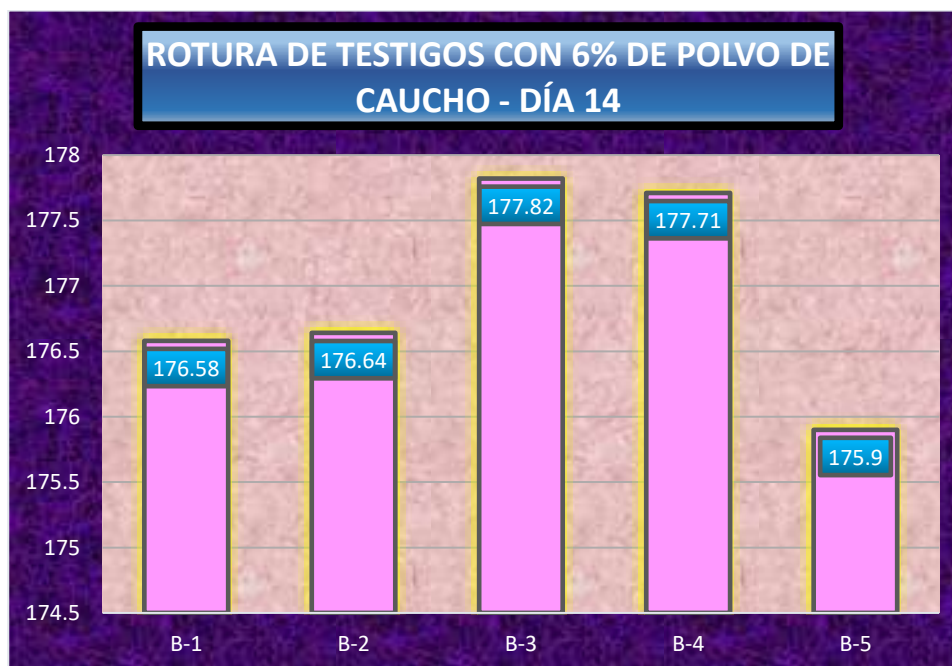
Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 6% a los 14 días

Nº	PORCIÓN	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS
1	EB - 1	31245	15.01	176.95	176.58		
2	EB - 2	31256	15.01	176.95	176.64		
3	EB - 3	31465	15.01	176.95	177.82	175	14
4	EB - 4	31321	14.98	176.24	177.71		
5	EB - 5	31125	15.01	176.95	175.90		
Promedio					176.93		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 176.93g/cm².

Figura 18

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 6% día 14



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 177.82kg/cm² y como valor más bajo 175.90kg/cm².

Tabla 22

Comparativa de las distintas resistencias registradas – día 14

Promedio de Resistencias		
Descripción	Resistencias	Edad (días)
Porción patrón	161.85	
Briquetas + 4% ceniza volcánica	166.77	
Briquetas + 8% ceniza volcánica	175.93	14
Briquetas + 3% Polvo de caucho	167.75	
Briquetas + 6% Polvo de caucho	176.93	

La tabla nos enseña las variaciones que presenta el concreto con diferentes porcentajes de adiciones de ceniza volcánica y polvo de caucho.

Figura 19

Resistencias registradas de las porciones comparativa - 14 días



En la gráfica apreciamos los comportamientos relacionados a la Capacidad compresiva del material promedio de las distintas porciones de concreto permeable con distintas dosificaciones de ceniza volcánica y polvo de caucho.

A.3. Esfuerzos de rotura de testigos elaborados en el día 28

Tabla 23

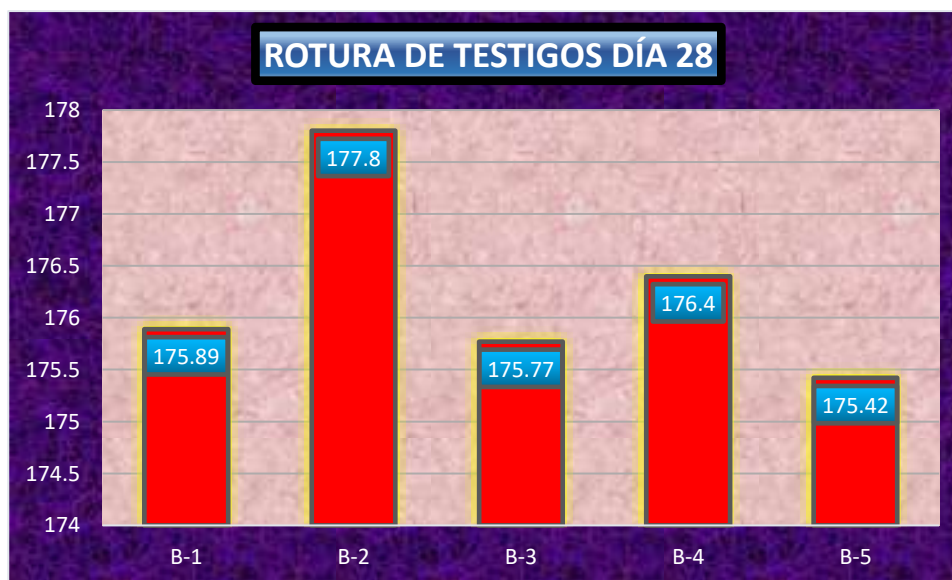
Síntesis en cuanto a el desempeño compresivo de los especímenes patrón a los 28 días

Nº	PORCIÓN	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F' C Kg/cm ²	EDAD DIAS
1	EB - 1	31124	15.01	176.95	175.89		
2	EB - 2	31462	15.01	176.95	177.80		
3	EB - 3	31102	15.01	176.95	175.77	175	28
4	EB - 4	31090	14.98	176.24	176.40		
5	EB - 5	31040	15.01	176.95	175.42		
Promedio					176.26		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 176.26kg/cm².

Figura 20

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción patrón día 28



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 177.80kg/cm² y como valor más bajo 175.45kg/cm².

Tabla 24

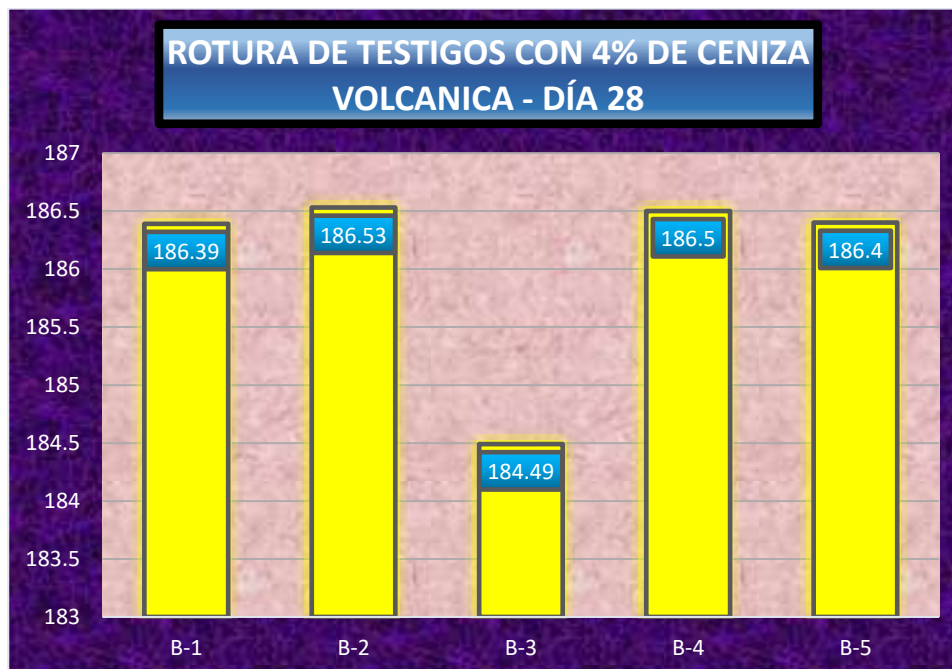
Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 4% a los 28 días

Nº	PORCIÓN	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'c Kg/cm ²	EDAD DIAS
1	EB - 1	32981	15.01	176.95	186.39		
2	EB - 2	32874	14.98	176.24	186.53		
3	EB - 3	32645	15.01	176.95	184.49	175	28
4	EB - 4	33001	15.01	176.95	186.50		
5	EB - 5	32984	15.01	176.95	186.40		
Promedio					186.06		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 186.06kg/cm².

Figura 21

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 4% día 28



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 186.53kg/cm² y como valor más bajo 184.49kg/cm².

Tabla 25

Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con ceniza volcánica 8% a los 28 días

Nº	PORCIÓN	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS
1	EB - 1	34150	15.01	176.95	192.99		
2	EB - 2	33984	15.01	176.95	192.05		
3	EB - 3	34120	15.01	176.95	192.82	175	28
4	EB - 4	34025	14.98	176.24	193.06		
5	EB - 5	33975	15.01	176.95	192.00		
Promedio					192.59		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 192.59g/cm².

Figura 22

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con ceniza volcánica 8% día 28



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 193.06kg/cm² y como valor más bajo 192.00kg/cm².

Tabla 26

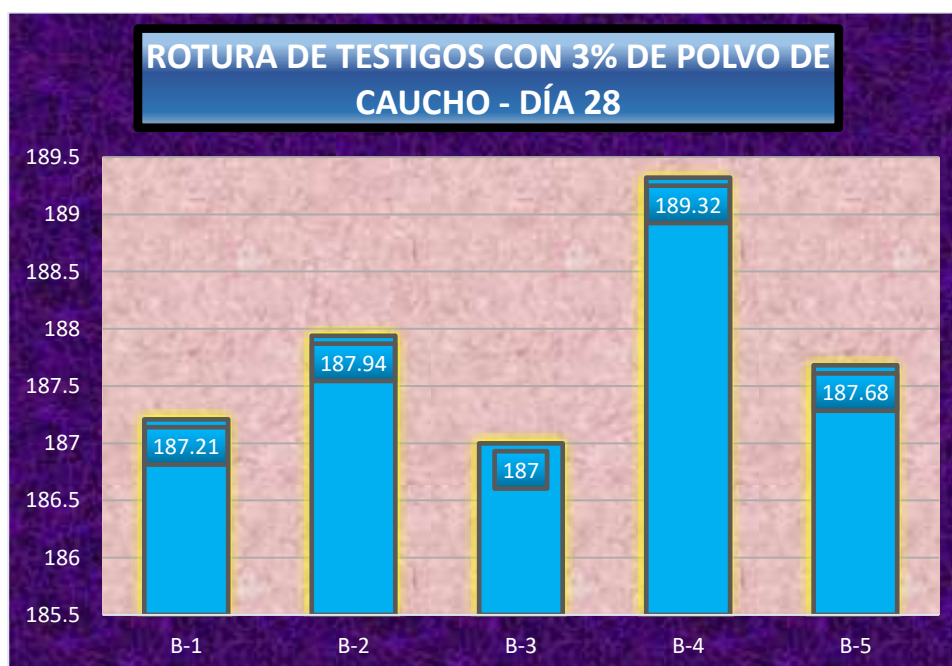
Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 3% a los 28 días

Nº	PORCIÓN	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS
1	EB - 1	33126	15.01	176.95	187.21		
2	EB - 2	33256	15.01	176.95	187.94		
3	EB - 3	33089	15.01	176.95	187.00	175	28
4	EB - 4	33367	14.98	176.24	189.32		
5	EB - 5	33210	15.01	176.95	187.68		
Promedio					187.83		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 183.83g/cm².

Figura 23

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 3% día 28



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 189.32kg/cm² y como valor más bajo 187.00kg/cm².

Tabla 27

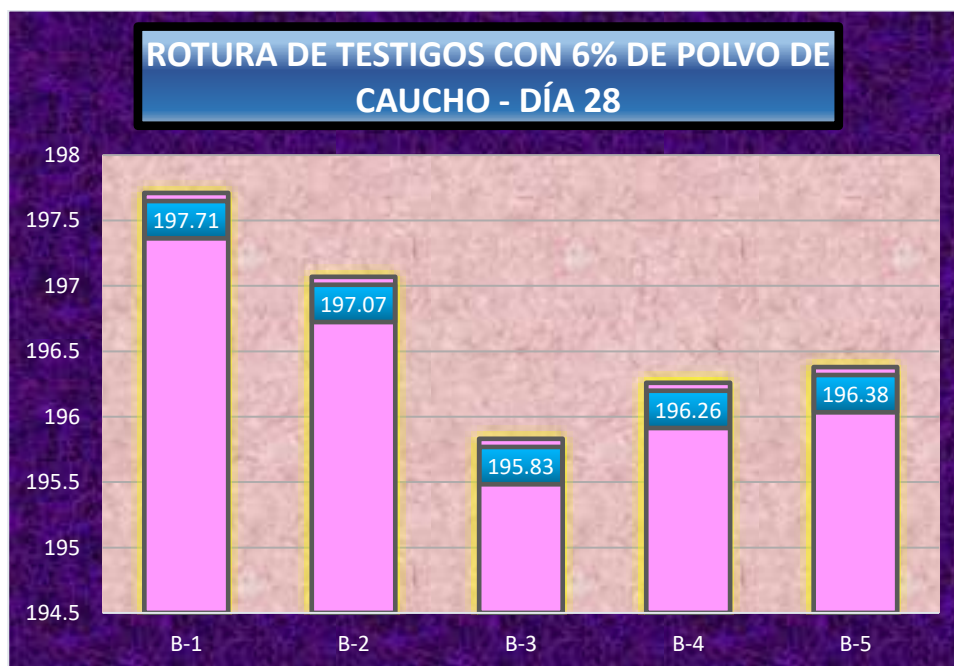
Síntesis en cuanto a las resistencias de los testigos con polvo de caucho 6% a los 28 días

Nº	PORCIÓN	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS
1	EB - 1	34985	15.01	176.95	197.71		
2	EB - 2	34871	15.01	176.95	197.07		
3	EB - 3	34652	15.01	176.95	195.83	175	28
4	EB - 4	34589	14.98	176.24	196.26		
5	EB - 5	34749	15.01	176.95	196.38		
Promedio					196.65		

En el esquema tabular observamos el desempeño compresivo de los especímenes elaborados con concreto permeable, diseñados para aguantar Un nivel promedio compresivo de 175kg/cm², durante los primeros días alcanzo Un nivel promedio compresivo de 196.65g/cm².

Figura 24

Comparación grafica de las resistencias a la compresión porción con polvo de caucho 6% día 28



La grafica nos enseña la variación del desempeño compresivo de los especímenes teniendo como valor más alto 197.71kg/cm² y como valor más bajo 195.83kg/cm².

Tabla 28

Comparativa de las distintas resistencias registradas – día 28

Promedio de Resistencias		
Descripción	Resistencias	Edad (días)
Porción patrón	176.26	
Briquetas + 4% ceniza volcánica	186.06	
Briquetas + 8% ceniza volcánica	192.59	28
Briquetas + 3% Polvo de caucho	187.83	
Briquetas + 6% Polvo de caucho	196.65	

La tabla nos enseña las variaciones que presenta el concreto con diferentes porcentajes de adiciones de ceniza volcánica y polvo de caucho.

Figura 25

Resistencias registradas de las porciones comparativa - 28 días



En la gráfica apreciamos los comportamientos relacionados a la Capacidad compresiva del material promedio de las distintas porciones de concreto permeable con distintas dosificaciones de ceniza volcánica y polvo de caucho.

4.1.3 Determinamos la permeabilidad del concreto permeable con CV y PC

a) Permeabilidad de las porciones elaboradas 7 días

Tabla 29

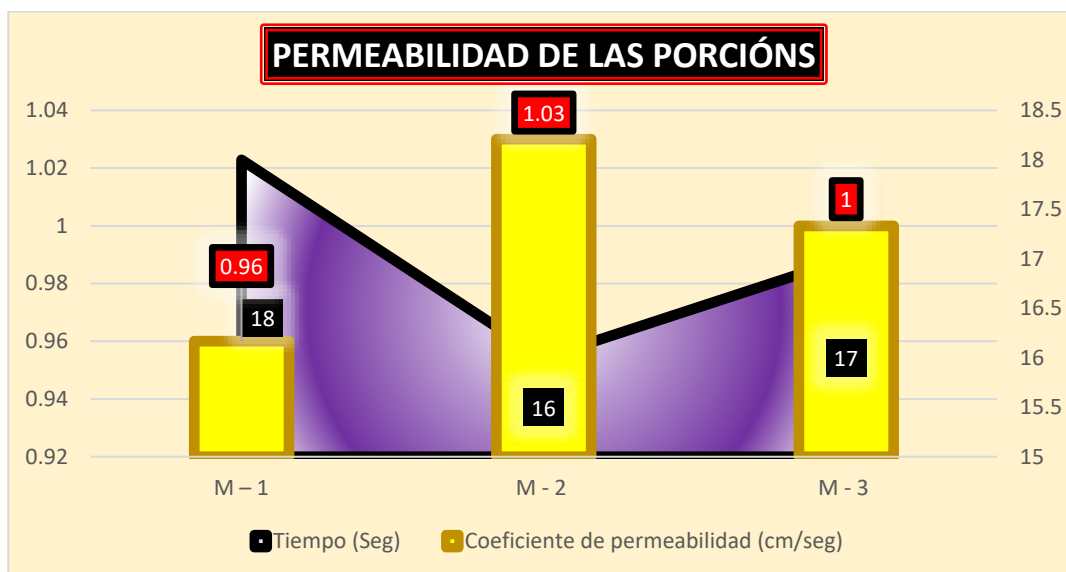
Resumen de la permeabilidad, porción patrón 7 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			18	0.96	
M - 2	7	175	16	1.03	1.00
M - 3			17	1.00	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.00 cm/seg.

Figura 26

Permeabilidad de las porciones elaboradas del concreto permeable en el día 7



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 7 días de elaboración teniendo un promedio de 1.00cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más óptimo la porción 2.

Tabla 30

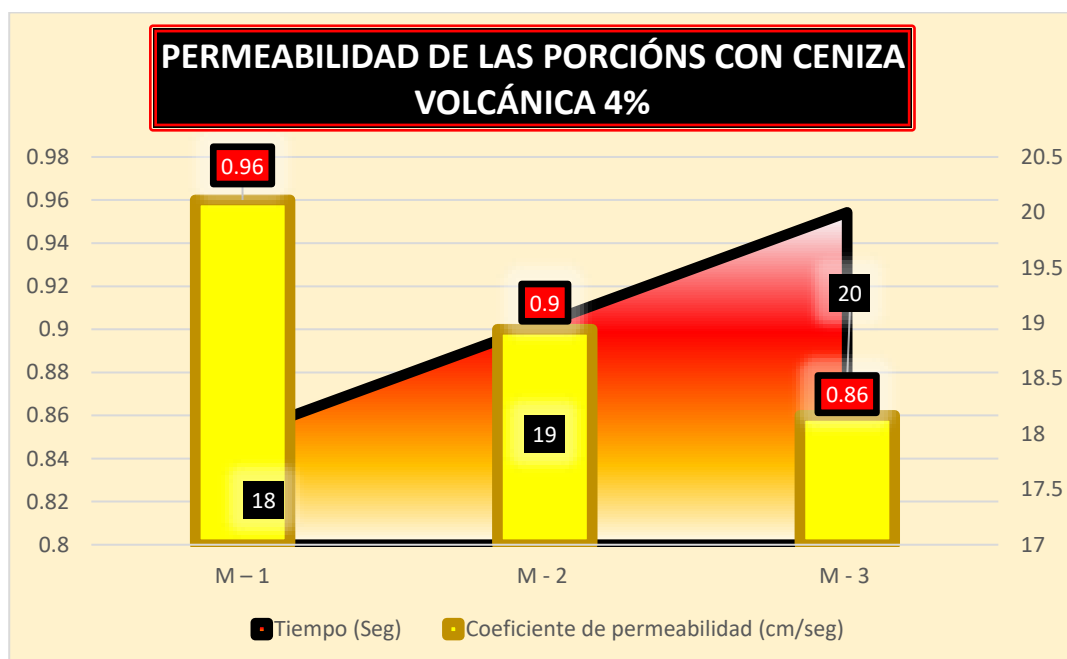
Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 4% - a los 7 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			18	0.96	
M - 2	7	175	19	0.90	0.91
M - 3			20	0.86	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 0.91 cm/seg.

Figura 27

Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 4% en el día 7



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 7 días de elaboración teniendo un promedio de 0.91 cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más óptimo la porción 1.

Tabla 31

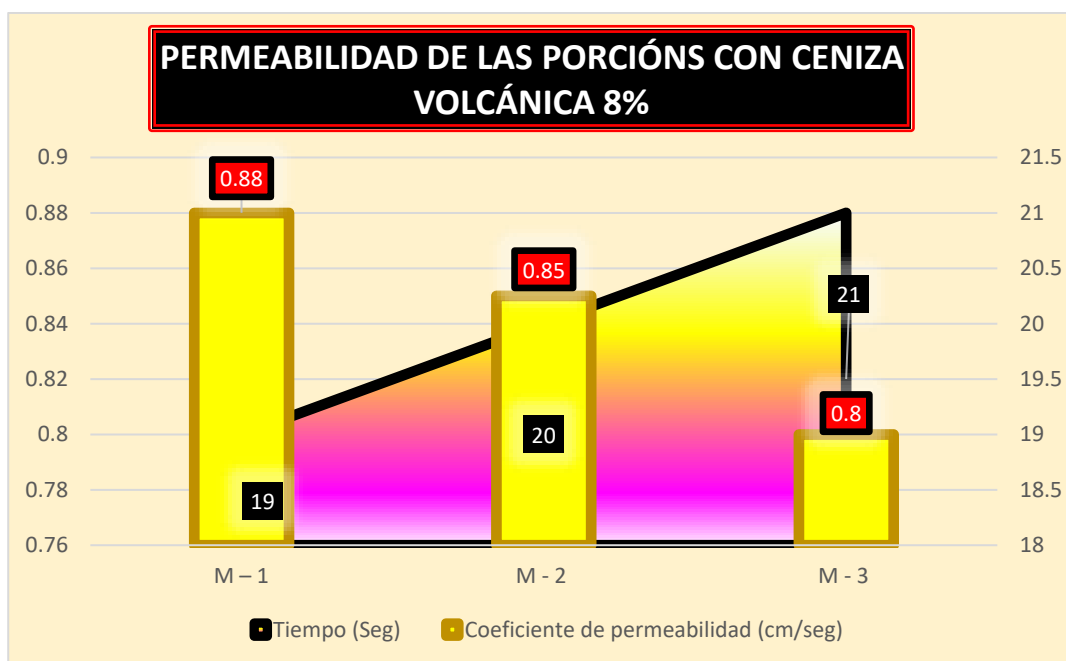
Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 8% - a los 7 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			19	0.88	
M - 2	7	175	20	0.85	0.84
M - 3			21	0.80	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 0.84 cm/seg.

Figura 28

Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 8% en el día 7



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 7 días de elaboración teniendo un promedio de 0.84cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 1.

Tabla 32

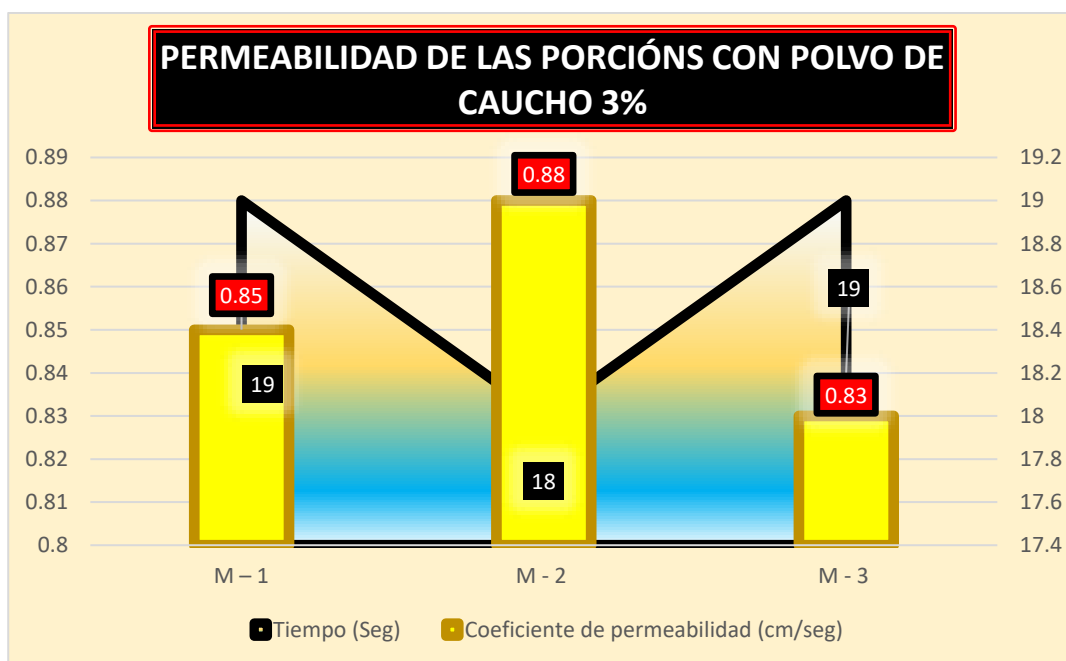
Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 3% - a los 7 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			19	0.85	
M - 2	7	175	18	0.88	0.86
M - 3			19	0.83	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 0.86 cm/seg.

Figura 29

Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 3% en el día 7



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 7 días de elaboración teniendo un promedio de 0.86cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 2.

Tabla 33

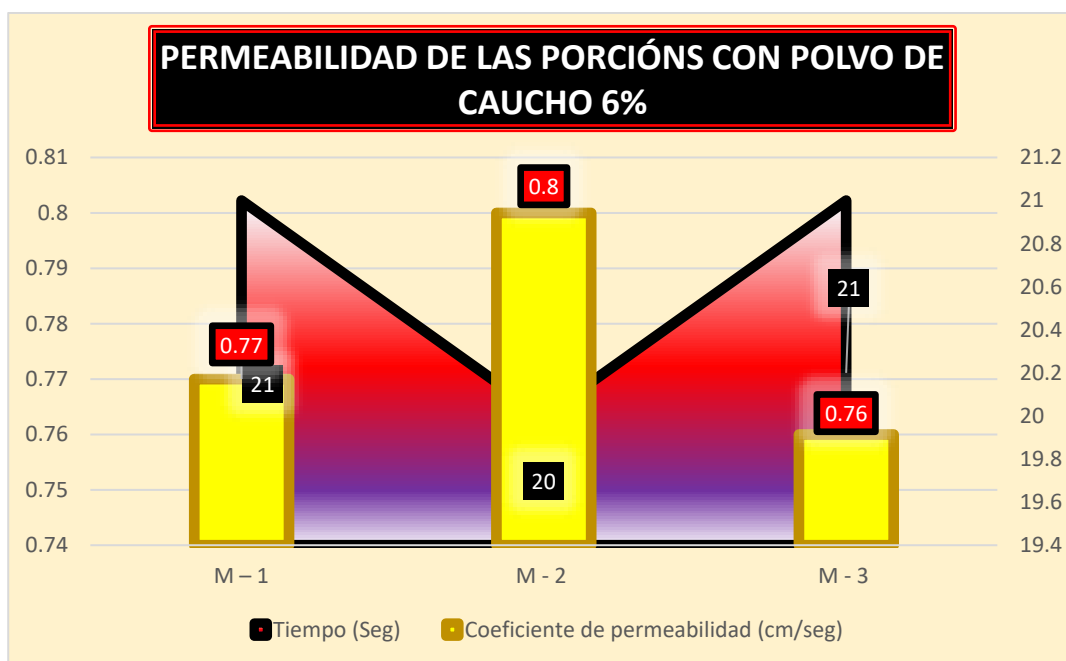
Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 6% - a los 7 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			21	0.77	0.78
M - 2	7	175	20	0.80	
M - 3			21	0.76	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 0.78 cm/seg.

Figura 30

Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 6% en el día 7



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 7 días de elaboración teniendo un promedio de 0.78cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 2.

b) Permeabilidad de las porciones elaboradas 14 días

Tabla 34

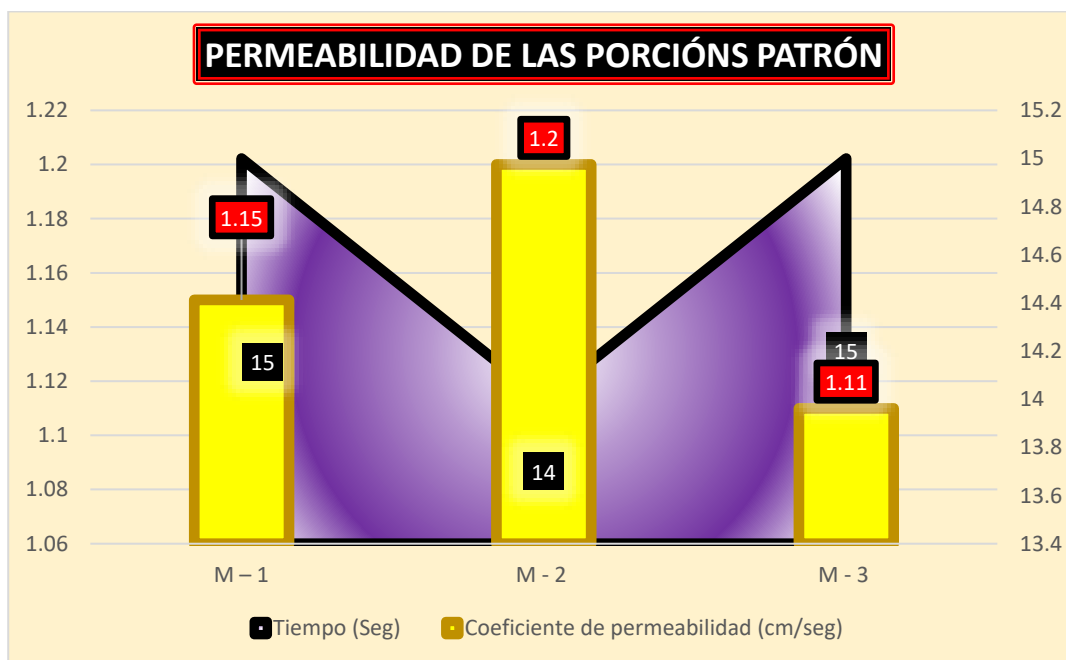
Resumen de la permeabilidad, porción patrón 14 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			15	1.15	
M - 2	14	175	14	1.20	1.15
M - 3			15	1.11	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.15 cm/seg.

Figura 31

Permeabilidad de las porciones elaboradas del concreto permeable patrón en el día 14



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 14 días de elaboración teniendo un promedio de 1.15cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 2.

Tabla 35

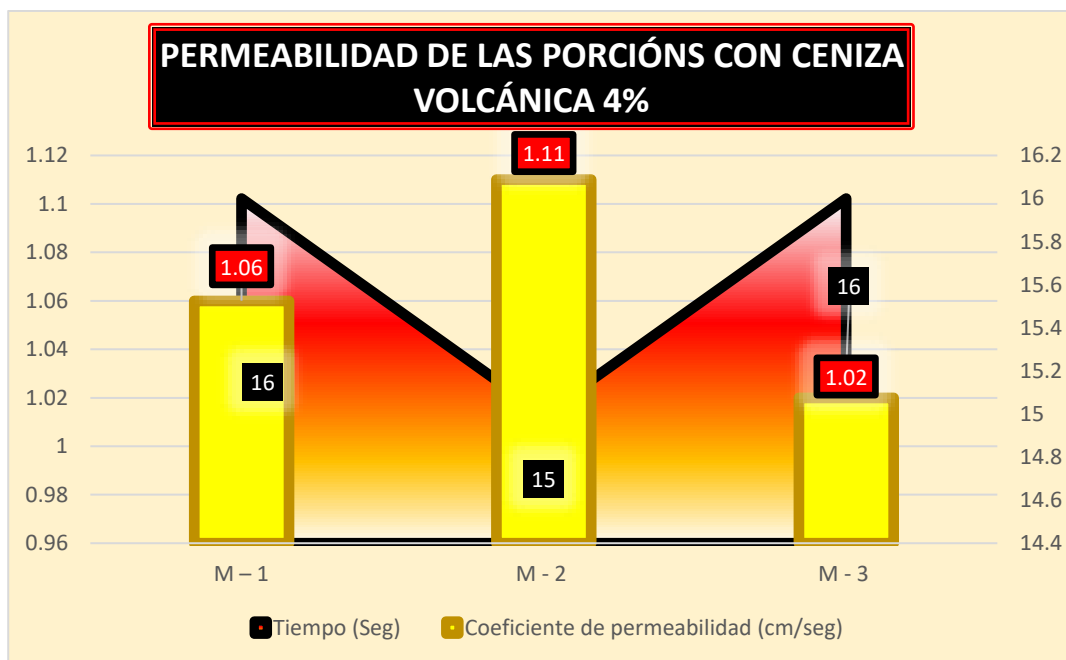
Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 4% - a los 14 días

PORCIÓN	Días	F' C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			16	1.06	
M - 2	14	175	15	1.11	1.06
M - 3			16	1.02	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.06 cm/seg.

Figura 32

Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 4% en el día 14



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 14 días de elaboración teniendo un promedio de 1.06cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 2.

Tabla 36

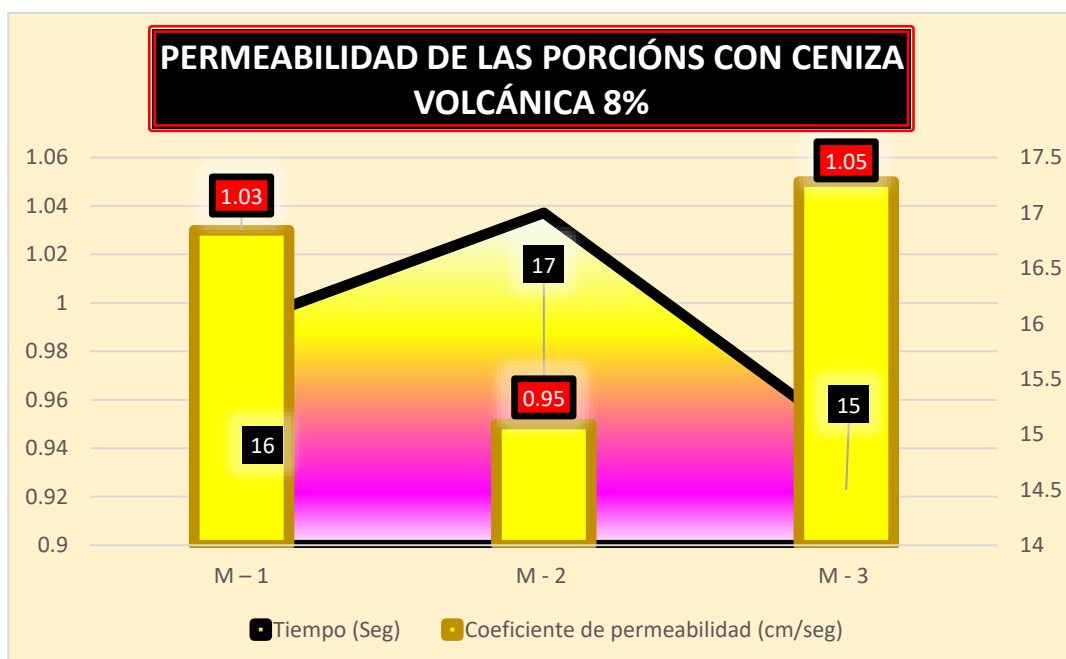
Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 8% - a los 14 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			16	1.03	
M - 2	14	175	17	0.95	1.01
M - 3			15	1.05	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.01 cm/seg.

Figura 33

Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 8% en el día 14



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 14 días de elaboración teniendo un promedio de 1.01cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 3.

Tabla 37

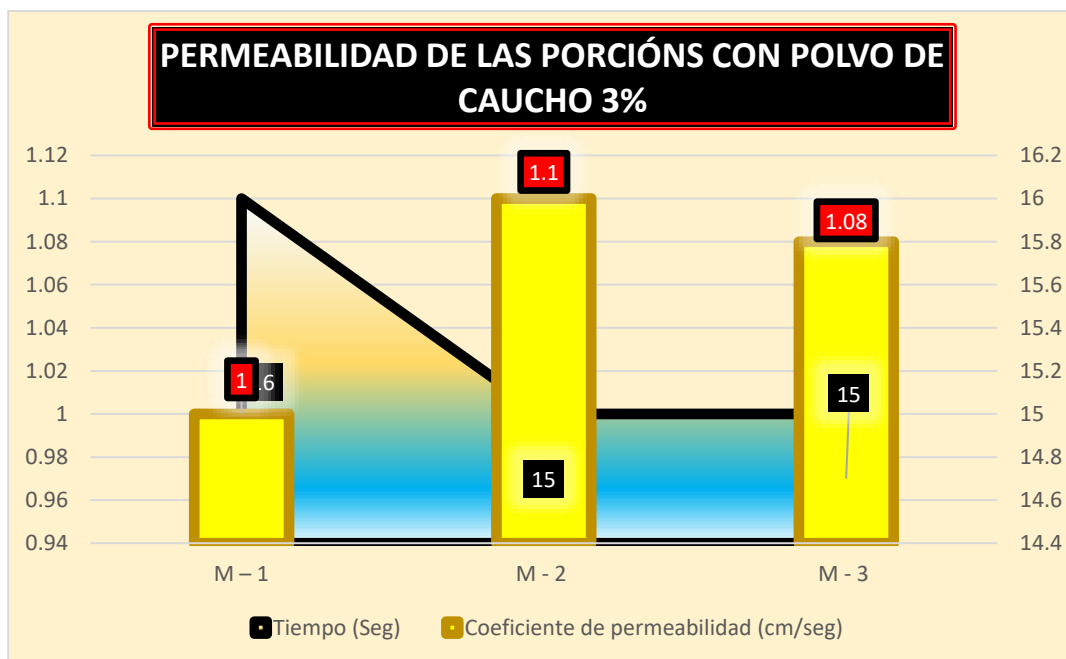
Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 3% - a los 14 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			16	1.00	
M - 2	14	175	15	1.10	1.06
M - 3			15	1.08	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.06 cm/seg.

Figura 34

Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 3% en el día 14



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 14 días de elaboración teniendo un promedio de 1.06cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 2 y 3.

Tabla 38

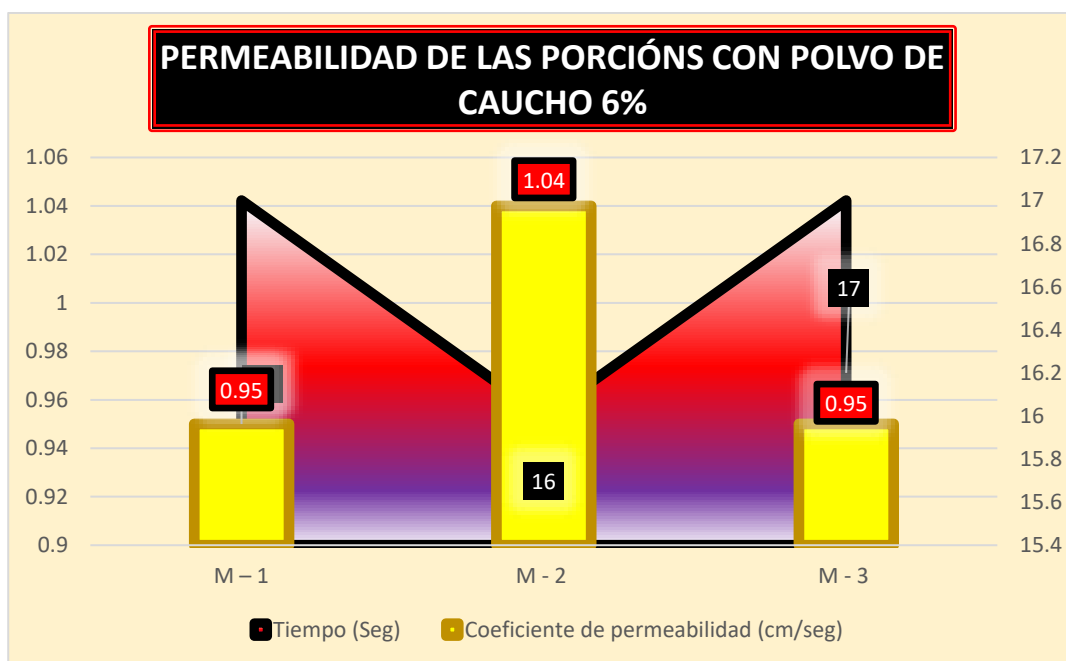
Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 6% - a los 14 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			17	0.95	
M - 2	14	175	16	1.04	0.98
M - 3			17	0.95	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 0.95 cm/seg.

Figura 35

Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 6% en el día 14



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 14 días de elaboración teniendo un promedio de 0.95cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 2.

c) Permeabilidad de las porciones elaboradas 28 días

Tabla 39

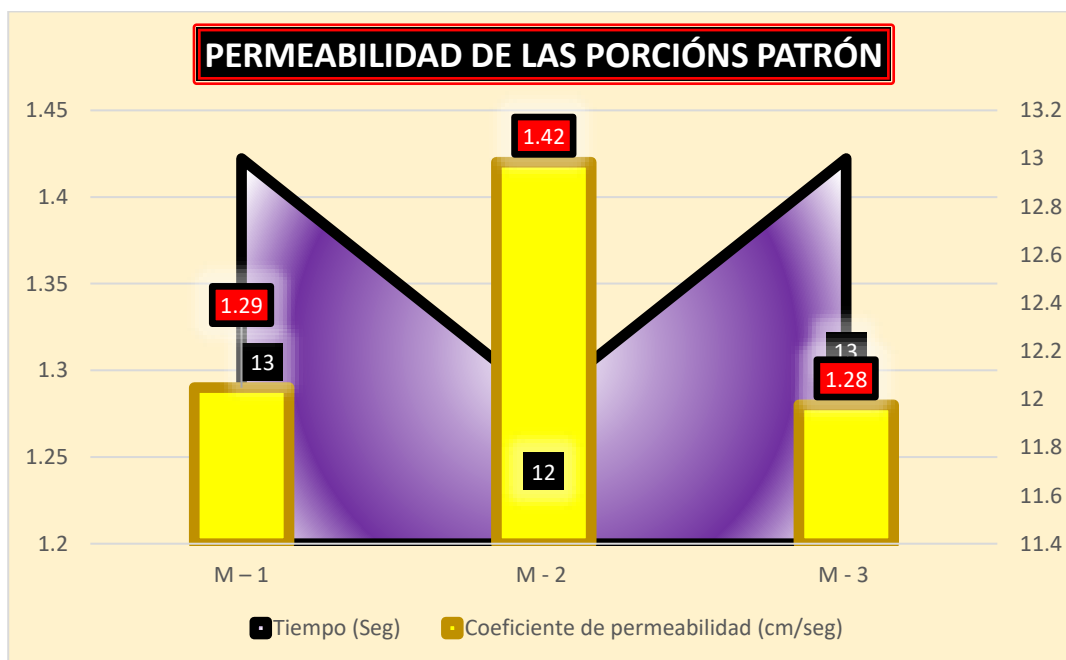
Resumen de la permeabilidad, porción patrón 28 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			13	1.29	
M - 2	28	175	12	1.42	1.33
M - 3			13	1.28	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.33 cm/seg.

Figura 36

Permeabilidad de las porciones elaboradas del concreto permeable patrón en el día 28



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 28 días de elaboración teniendo un promedio de 1.33cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 2.

Tabla 40

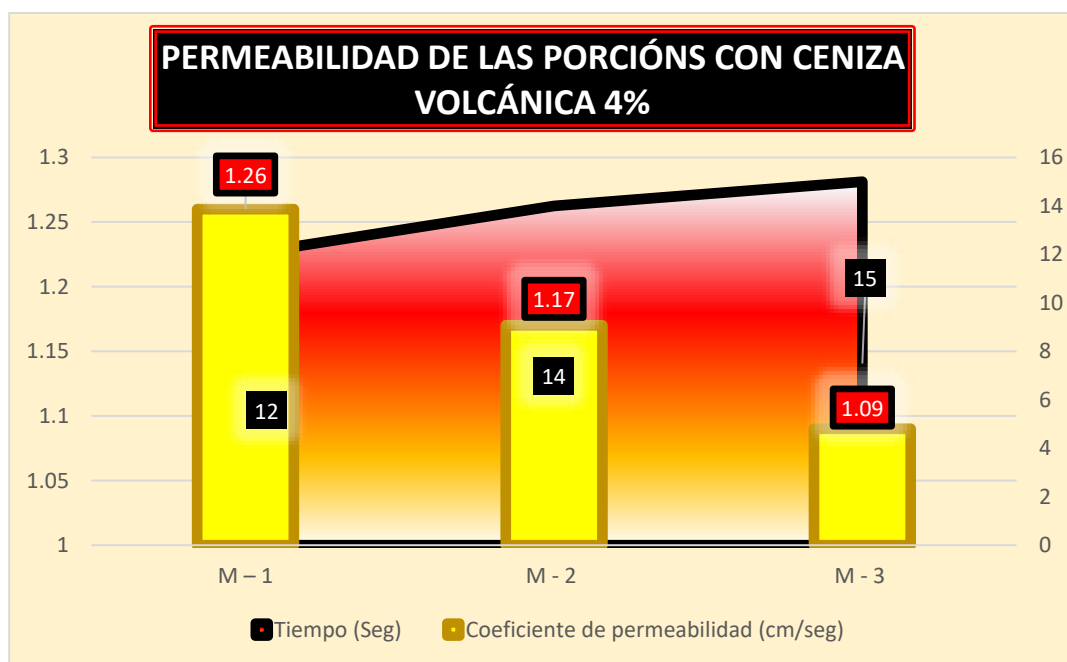
Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 4% - a los 28 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			12	1.26	
M - 2	28	175	14	1.17	1.17
M - 3			15	1.09	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.17 cm/seg.

Figura 37

Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 4% en el día 28



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 28 días de elaboración teniendo un promedio de 1.17cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 1.

Tabla 41

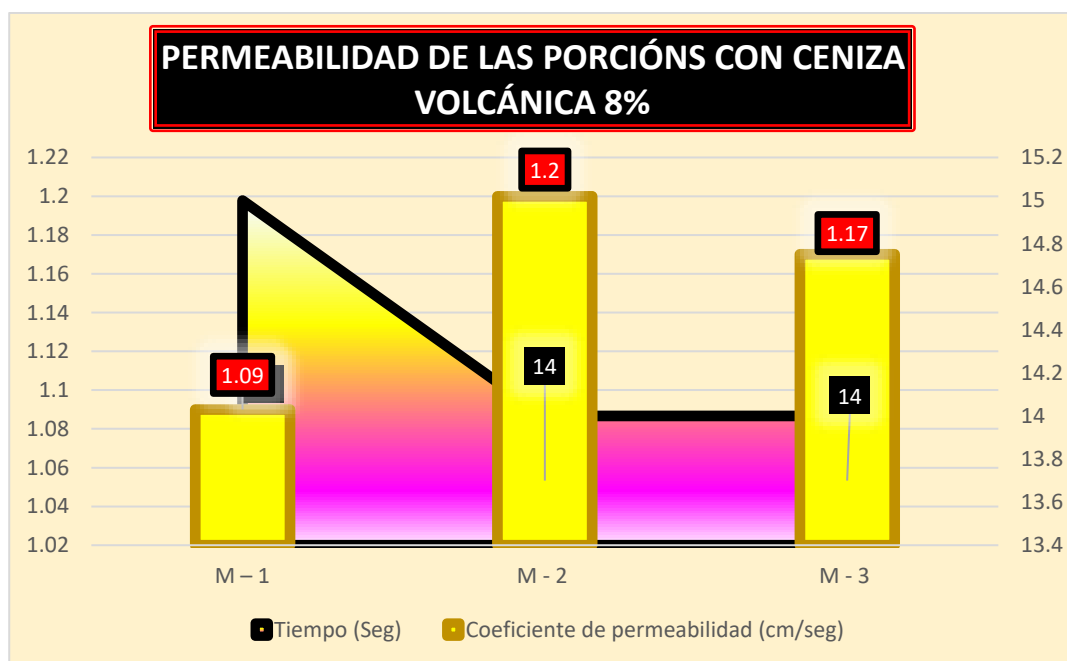
Resumen de la permeabilidad, porción con ceniza volcánica 8% - a los 28 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			15	1.09	
M - 2	28	175	14	1.20	1.15
M - 3			14	1.17	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.15 cm/seg.

Figura 38

Permeabilidad de las porciones elaboradas con ceniza volcánica 8% en el día 28



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 28 días de elaboración teniendo un promedio de 1.15cm/seg, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 2 y 3.

Tabla 42

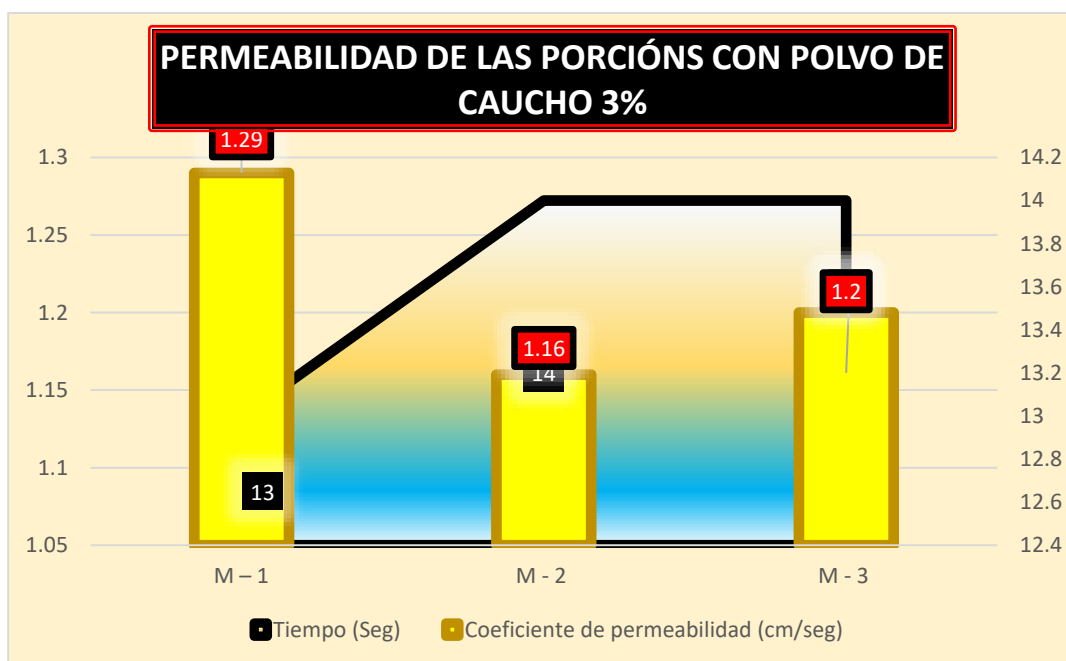
Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 3% - a los 28 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			13	1.29	
M - 2	28	175	14	1.16	1.22
M - 3			14	1.20	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.22 cm/seg.

Figura 39

Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 3% en el día 28



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 28 días de elaboración teniendo un promedio de 1.22cm/seg, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 1.

Tabla 43

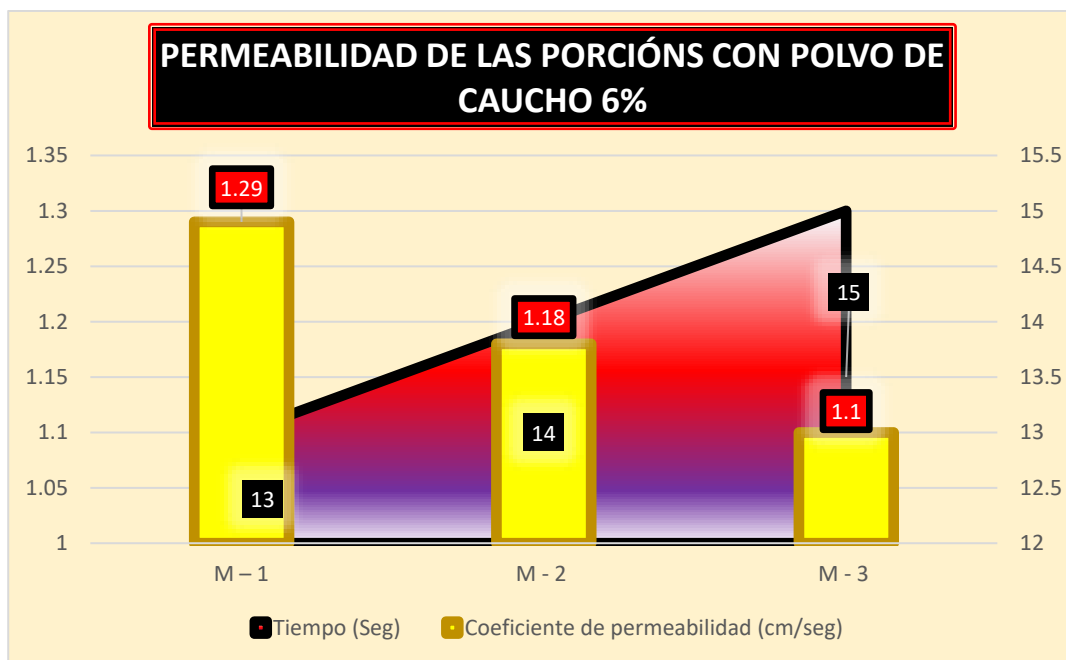
Resumen de la permeabilidad, porción con polvo de caucho 6% - a los 28 días

PORCIÓN	Días	F'C	Tiempo (Seg)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Media del coeficiente de filtración (cm/seg)
M - 1			13	1.29	
M - 2	28	175	14	1.18	1.19
M - 3			15	1.10	

La tabla nos enseñara los valores relacionados a la permeabilidad del concreto permeable elaborado en nuestro estudio teniendo como promedio un 1.19 cm/seg.

Figura 40

Permeabilidad de las porciones elaboradas con polvo de caucho 6% en el día 28



La grafica nos mostrara los valores resultantes concernientes a la permeabilidad del concreto a los 28 días de elaboración teniendo un promedio de 1.19cm/segm, como también nos porción los valores concernientes al tiempo en que el concreto en segundos teniendo como valor más optimo la porción 1.

Tabla 44

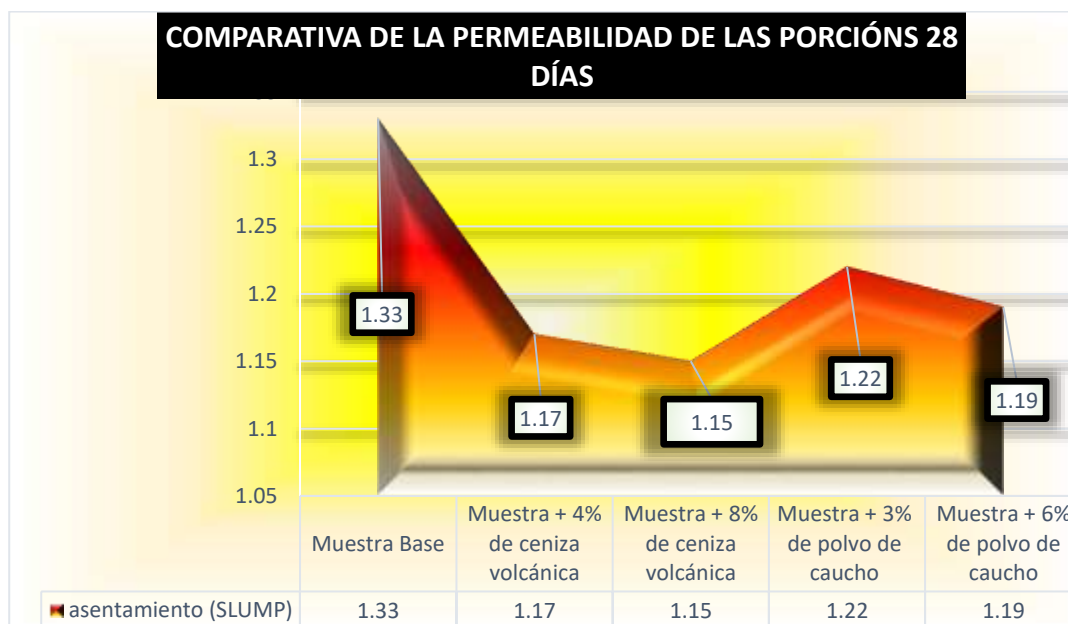
Resumen de la permeabilidad promedio a los 28 días

PERMEABILIDAD DE LAS PORCIONES	
descripción	PERMEABILIDAD (CM/SEG)
Porción Base	1.33
Porción + 4% de ceniza volcánica	1.17
Porción + 8% de ceniza volcánica	1.15
Porción + 3% de polvo de caucho	1.22
Porción + 6% de polvo de caucho	1.19

Tenemos En el esquema tabular que nos enseña las distintas variaciones respecto a la permeabilidad del concreto, teniendo como conclusión después de observar los datos que el concreto con incorporación de ceniza volcánica y polvo de caucho respectivamente se ve afectada significativamente en cuanto a la propiedad de permeabilidad del mismo, teniendo una reducción de hasta 0.18cm/seg.

Figura 41

Comparación de ensayos de permeabilidad de las porciones - 28 días



Se aprecia En el esquema tabular de evolución descendente respecto a la permeabilidad de los concretos con la elaboración de distintos aditivos.

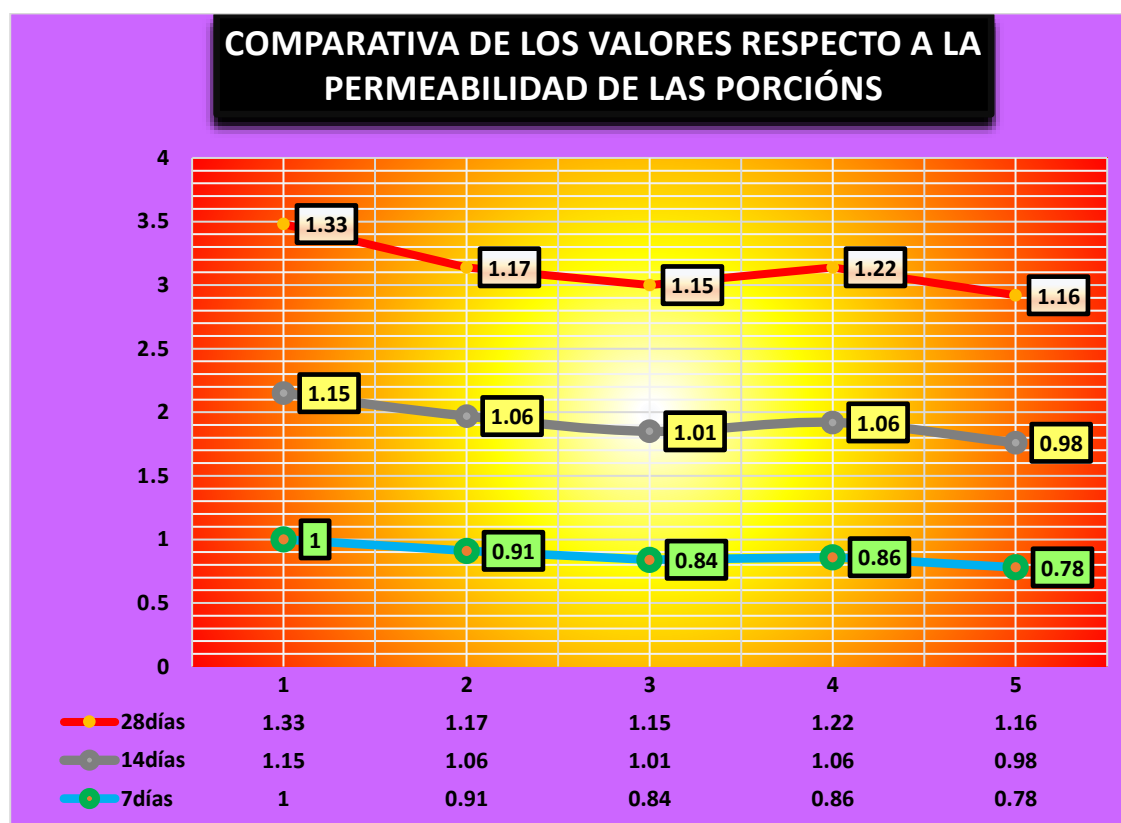
Tabla 45

Resistencias a la flexión alcanzadas en comparación con su diseño en %

N°	Porciones	7 D. (cm/seg)	14 D. (cm/seg)	28 D. (cm/seg)
1	Concreto Base	1.00	1.15	1.33
2	concreto + 4% de ceniza volcánica	0.91	1.06	1.17
3	concreto + 8% de ceniza volcánica	0.84	1.01	1.15
4	concreto + 3% de polvo de caucho	0.86	1.06	1.22
5	concreto + 6% de polvo de caucho	0.78	0.98	1.16

Figura 42

Comparativa de la permeabilidad de las porciones



En la figura se porción los resultados alcanzados mediante el ensayo de permeabilidad del concreto con la adición ceniza volcánica y polvo de caucho.

4.1.4 *Discusión de Resultados*

Se establecen comparaciones entre los datos obtenidos en estudios previos citados en el capítulo II y los resultados alcanzados en esta investigación realizada en el distrito de Ayaviri. Este estudio evaluó el efecto de la adición de ceniza volcánica y polvo de caucho en un concreto permeable con una resistencia de diseño de 175 kg/cm^2 . Se determinó que la consistencia promedio de la mezcla patrón (MP) en estado fresco fue de 3.80 pulgadas, la cual se encuentra dentro del rango especificado de 3 a 4 pulgadas. Con la incorporación de ceniza volcánica en proporciones de 4% y 8%, las consistencias promedio fueron de 3.70 pulgadas y 3.64 pulgadas, respectivamente. Por otro lado, con la adición de polvo de caucho en porcentajes de 3% y 6%, las consistencias promedio disminuyeron a 3.68 pulgadas y 3.63 pulgadas, respectivamente. En comparación, a nivel nacional (Aguirre & Cáceres, 2022), se reportan asentamientos de 2.0 pulgadas para un concreto base de 280 kg/cm^2 , incrementándose a 2.5 pulgadas, 3.0 pulgadas y 3.5 pulgadas con la adición de 6%, 12% y 18% de ladrillo reciclado, lo que indica que una mayor adición de este material aumenta la trabajabilidad hacia una consistencia más plástica. (Aguirre & Cáceres, 2022), En cuanto a la resistencia a la compresión, el concreto patrón alcanzó resistencias a los 7, 14 y 28 días de fraguado de 71.70%, 82.85% y 225.17%, respectivamente. Para el concreto base con la adición de ceniza volcánica en porcentajes de 4% y 8%, las resistencias a los 28 días fueron de 96.36% y 92.09%, respectivamente. En el caso de la adición de polvo de caucho en proporciones de 3% y 6%, las resistencias a los 28 días fueron de 98.54% y 97.62%, respectivamente, mostrando una ligera mejora en la resistencia del concreto con la adición de polvo de caucho. Comparativamente, a nivel nacional, según Alanoca (2022), una adición del 2% de PVC mejora la capacidad compresiva del concreto en un 26.43% (224 kg/cm^2) y un 21.21% (259 kg/cm^2) frente a concretos estándar de 175 kg/cm^2 y 210 kg/cm^2 , respectivamente. Por otro lado, con un 3% de PVC, las mejoras son de 0.57% (176 kg/cm^2) y 0.95% (212 kg/cm^2). Asimismo, Aparicio & Cueva (2020) concluyeron que la adición de ladrillo reciclado mejora



las propiedades mecánicas de un concreto convencional, alcanzando incrementos del 38.8% para una resistencia de 210 kg/cm² y del 39.3% para una resistencia de 175 kg/cm².

En lo referente al ensayo de permeabilidad, se evaluó el coeficiente de permeabilidad en diferentes combinaciones. El concreto patrón mostró coeficientes de permeabilidad de 0.99 cm/s, 1.22 cm/s y 1.41 cm/s a los 7, 14 y 28 días de fraguado, respectivamente. Con la incorporación de 4% y 8% de ceniza volcánica, los coeficientes a los 28 días fueron de 1.14 cm/s y 0.96 cm/s, respectivamente, evidenciando una disminución en la permeabilidad con mayores porcentajes de aditivo. Por otro lado, con la adición de 3% y 6% de polvo de caucho, los coeficientes a los 28 días fueron de 1.26 cm/s y 1.28 cm/s, indicando un aumento leve en la permeabilidad. En el contexto nacional, Johel (2020) informó que los coeficientes de permeabilidad obtenidos en diseños de concreto permeable varían entre 0.14 cm/s y 1.22 cm/s, cumpliendo los valores mínimos especificados en el ACI. Rodríguez (2018) concluyó que el coeficiente de permeabilidad aumenta con el porcentaje de vacíos, alcanzando 0.684 cm/s para un 10%, 0.913 cm/s para un 15%, y 1.09 cm/s para un 20%.

Estos resultados permiten concluir que tanto la ceniza volcánica como el polvo de caucho tienen impactos específicos en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable, y su comportamiento se alinea con lo reportado en investigaciones nacionales previas.

CONCLUSIONES

- C.1.** Los ensayos de asentamiento de las porciones elaboradas para nuestro estudio brindaron los siguientes resultados: el concreto permeable patrón alcanzo una media de 3.80" pulgadas, posteriormente se analizaron las porciones con adición de ceniza volcánica y polvo de caucho, en la cual se obtuvo una trabajabilidad de 3.70" y 3.64" para las porciones con ceniza volcánica en 4% y 8%, seguidamente se obtuvo 3.64" y 3.68" con la incorporación de polvo de caucho en 3% y 6%, concluyendo que la adición de estos materiales reduce la trabajabilidad concreto aunque no es significativo.
- C.2.** Lo concerniente a la Capacidad compresiva del material del concreto permeable patrón a los 28 días de curado alcanzo Un nivel promedio compresivo de 176.26kg/cm², la porción elaborada con la incorporación de ceniza volcánica en 4% alcanzo una resistencia de 186.06kg/cm² y con 8% de ceniza volcánica logro un 192.59kg/cm² seguidamente el polvo de caucho en 3% mejoro la porción alcanzando una resistencia de 187.83kg/cm² y con 6% de polvo de caucho concreto una resistencia de 196.65kg/cm² siendo este la dosificación con mejor comportamiento.
- C.3.** Al realizar el ensayo de permeabilidad de las porciones elaboradas en el estudio se llegó a los siguientes resultados: el concreto permeable patrón tuvo un índice de permeabilidad de 1.33cm/seg, mientras que las porciones con ceniza volcánica en 4% y 8% alcanzaron Un nivel promedio compresivo de 1.17cm/seg y 1.15cm/seg respectivamente, finalmente las pruebas con polvo de caucho en porcentajes de 3% y 6%, lograron una permeabilidad de 1.22cm/seg y 1.19cm/seg respectivamente.



RECOMENDACIONES

- R.1.** Se recomienda realizar estudios adicionales con variaciones más amplias de los porcentajes de ceniza volcánica y polvo de caucho para identificar el límite máximo de estos materiales que mantenga la trabajabilidad adecuada. Además, sería útil explorar la adición de superplastificantes para compensar las ligeras reducciones en la trabajabilidad observadas.
- R.2.** Se sugiere priorizar la utilización de combinaciones de aditivos que incluyan un 8% de polvo de caucho, ya que esta dosificación mostró el mejor desempeño en términos de resistencia a la compresión. También se recomienda validar este comportamiento en estructuras reales para confirmar su aplicabilidad en diferentes condiciones de carga.
- R.3.** Considerando que tanto la ceniza volcánica como el polvo de caucho mantuvieron una permeabilidad adecuada, se recomienda investigar el desempeño de estas mezclas en sistemas de drenaje urbano o pavimentos permeables en condiciones reales. Esto permitirá evaluar su capacidad para mitigar problemas de acumulación de agua y validar los resultados de laboratorio en el campo.



REFERENCIAS

- Alqarni, A. S. (2022). A comprehensive review on properties of sustainable concrete using volcanic pumice powder ash as a supplementary cementitious material. *Construction and Building Materials*, 323, 126533. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126533>
- Amorós Morote, C. E., & Bendezú Ulloa, J. C. (2019). Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm². *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626313>
- Antón Juarez, M. A. (2019). Diseño del pavimento de concreto permeable como solución ante inundaciones en la calle Sr. De Los Milagros desde La Progresiva 0+250 hasta 1+250, Cancas, Canoas de Punta Sal, Tumbes—2018. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38792>
- Aparicio, R., & Andrés, F. (2020). *Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los agregados finos y gruesos con mayor demanda en la ciudad de Tunja* [Bachelor thesis]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/29821>
- Apaza Chayña, A. U. W. (2022). Influencia de la ceniza de totora y fibra de stipa ichu en las propiedades físicas—Mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm², Puno—2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/103138>
- Barboza, A. E. C., Monja, J. L. M., & Pérez, S. P. M. (2021). Comportamiento Térmico y Estructural del Concreto Expuesto a Altas Temperaturas: Una Revisión de la Literatura. *INVESTIGATIO*, 16, Article 16. <https://doi.org/10.31095/investigatio.2021.16.7>
- Barrientos-Monsalve, E. J. (2020). Comportamiento del concreto ante la fibra y ceniza volcánica. *Mundo FESC*, 10(19), Article 19.



- Beltran Manzano, B. E., & Gutierrez Vilca, K. A. (2023). Mejoramiento de las propiedades del concreto en condiciones climáticas frías mediante la adición de ceniza volcánica—Puno,2023. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/140014>
- Cabana Llanos, B. F., & Yupanqui Urquiza, H. A. (2023). Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto obtenido de la sustitución parcial de cemento tipo i por ceniza volcánica del Misti para concreto estructural. *reponame:UCSP-Institucional*.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3566386>
- Carrera Saavedra, C. E., & Lino Solano, J. L. (2021). Efectos de la ceniza volcánica en la Capacidad compresiva del material y en el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable f'c 210 kg/cm2, Lima 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91339>
- Castro Montoya, D. V. (2019). COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO. *Repositorio Institucional - USS*.
<http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6091>
- Chinguel Delgado, R. L. R. (2020). Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto en adoquines tipo III, utilizando ceniza de hoja de eucalipto y microsílíce con ceniza de hoja de eucalipto, Lima 2019. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57298>
- Choquenaira Castro, A. (2022). Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto con adición de caucho en polvo sustituyendo al agregado fino, Sabandia, Arequipa 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96676>
- Corimanya Beltran, R. (2023). Influencia de la ceniza volcánica en el concreto f'c 210 kg/cm2, de la Cantera la Poderosa, Arequipa, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/115732>



- Cruz Díaz, F. H., & Arana Pari, C. F. (2021). Evaluación de la resistencia mecánica de un concreto permeable ordinario frente a concretos permeables elaborados con un aditivo superplastificante y relaciones a/c menores, para su uso en pavimentos urbanos; Arequipa—2021. *Repositorio Institucional - Continental*.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10415>
- Cruzado de la Cruz, H. Y., & Rivera Chuñe, B. (2019). *Influencia de tipos de incorporador de aire sobre el asentamiento, aire total, absorción, peso unitario y compresión del concreto a bajas temperaturas*. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/13159>
- Estupiñan, D. F. J., & Caballero, J. J. G. (2020). Importancia del concreto en el campo de la construcción. *Formación Estratégica*, 2(1), Article 1.
- Freire Paredes, E. A. (2024). *Análisis de la resistividad eléctrica como parámetro de control del hormigón y de su durabilidad en concreto con y sin ceniza volcánica: Componente A: evaluación de probetas sin adición de ceniza con resistividad eléctrica, en toda la etapa de fraguado y saturación, así como microestructura a los 56 días*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25642>
- Gomez Rojas, N. G. (2020, febrero 4). «Metodología de la investigación, ¿para qué?: La producción de los datos y los diseños», Néstor Cohen, Gabriela Gómez Rojas (2020). *Portal de la Comunicación*.
<https://incom.uab.cat/portalcon/books/libros/metodologia-de-la-investigacion-para-que-la-produccion-de-los-datos-y-los-disenos-nestor-cohen-gabriela-gomez-rojas-2020/>
- Gómez-Gómez, A., Vinasco-Isaza, L. E., Lima, N. B. de, Tenório, J. A. S., Gómez-Gómez, A., Vinasco-Isaza, L. E., Lima, N. B. de, & Tenório, J. A. S. (2018). Relación entre el tamaño de partícula y el contenido de las fases cristalinas presentes en una escoria de aluminio. *DYNA*, 85(206), 348-354.
<https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.74252>
- González-de-la-Fuente, A., López-León, L. D., Volpi-León, V., Correa-Castro, Y. P., Lizárraga-Mendiola, L., & Castañeda-Robles, I. E. (2024). Utilización de residuos



- mineros en concreto permeable como alternativa de construcción sostenible. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/11521>
- Guevara Coronel, E. (2020). Diseño de concreto permeable utilizando bagazo de caña para mejorar el proceso de infiltración de las aguas pluviales, Tarapoto.2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/95404>
- Jannat, N., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. (2020). Application of agro and non-agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review. *Construction and Building Materials*, 254, 119346.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119346>
- Llanos, J. T. R., Hernández, J. B., Vasquez, M. P. R., Quispe, A. C. F., & Delgado, F. del C. (2023). Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades mecánicas del concreto permeable. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, 2, 337-337. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023337>
- Lopez Lopez, E. R. (2022). Análisis de la Capacidad compresiva del material y tracción del concreto con polvo de caucho expuesto al fuego, Lambayeque, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/118960>



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

Título de la tesis: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuáles es la variación de las propiedades de un concreto permeable con la adición de ceniza volcánica y polvo de caucho en el distrito de Ayaviri 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Comparar la variación de las propiedades de un concreto permeable con la adición de ceniza volcánica y polvo de caucho en el distrito de Ayaviri 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La variación de las propiedades de un concreto permeable será positivamente significativa con la adición de ceniza volcánica y polvo de caucho en el distrito de Ayaviri 2024.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Proporciones de adición de Ceniza Volcánica y Polvo de Caucho</i></p> <p>MP +4 % CV MP + 8% CV MP + 3% PC MP + 6% PC</p>	<p>Fichas y Herramientas de Laboratorio</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la incidencia del empleo de ceniza volcánica y polvo de caucho en la consistencia de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza volcánica y polvo de caucho en la Capacidad compresiva del material del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la incorporación de ceniza volcánica y polvo de caucho en el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Evaluar la incidencia del empleo de ceniza volcánica y polvo de caucho en la consistencia de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.</p> <p>Determinar el efecto de la aplicación de ceniza volcánica y polvo de caucho en la Capacidad compresiva del material del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.</p> <p>Determinar la influencia de la incorporación de ceniza volcánica y polvo de caucho en el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La incidencia del empleo de ceniza volcánica y polvo de caucho será positiva manteniendo la consistencia de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.</p> <p>El efecto de la aplicación de ceniza volcánica y polvo de caucho será positiva incrementando la Capacidad compresiva del material del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.</p> <p>La influencia de la incorporación de ceniza volcánica y polvo de caucho será positiva optimizando el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri 2024.</p>	<p>Variable Dependiente</p> <p>PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Consistencia</i> <i>Capacidad compresiva del material</i> <i>Coefficiente de permeabilidad</i></p>	



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 : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE : BACHILLER CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
 : ISLA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 17 DE JUNIO DEL 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>490.65</u>
N° 4	49.13	9.83	9.83	90.17	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>513.86</u>
N° 8	200.74	40.15	49.97	50.03	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1326.85</u>
N° 16	88.25	17.65	67.62	32.38	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1635.10</u>
N° 30	35.78	7.16	74.78	25.22	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	32.75	6.55	81.33	18.67	Wc+B =	<u>1841</u> Wc+B-W = <u>206</u>
N° 100	18.25	3.65	84.98	15.02	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{513.86}{1635.10 - 1326.85} = 2.50 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	75.1	15.02	100.00	0.00	ABSORCIÓN	
FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00	B =	<u>513.86</u> B-A = <u>23.21</u>
SUMA	500.00	25.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{23.21 \times 100}{490.65} = 4.73 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA					3.69	

AGREGADO GRUESO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>781.98</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada si n3°07 <u>799.01</u>
1"	868.63	8.69	8.69	91.31	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1326.85</u>
3/4"	1974.69	19.75	28.43	71.57	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1826.47</u>
1/2"	2296.02	22.96	51.39	48.61	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	1780.86	17.81	69.20	30.80	Wc+B =	<u>2126</u> Wc+B-W = <u>299</u>
N° 4	2060.24	20.60	89.80	10.20	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{799.01}{1826.47 - 1326.85} = 2.67 \text{ gr/cm}^3$
N° 8	1019.56	10.20	79.40	20.60	ABSORCIÓN	
FONDO	0.00	0.00	79.40	20.60	B =	<u>799.01</u> B-A = <u>17.03</u>
SUMA	10000.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{17.03 \times 100}{781.98} = 2.18 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.





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

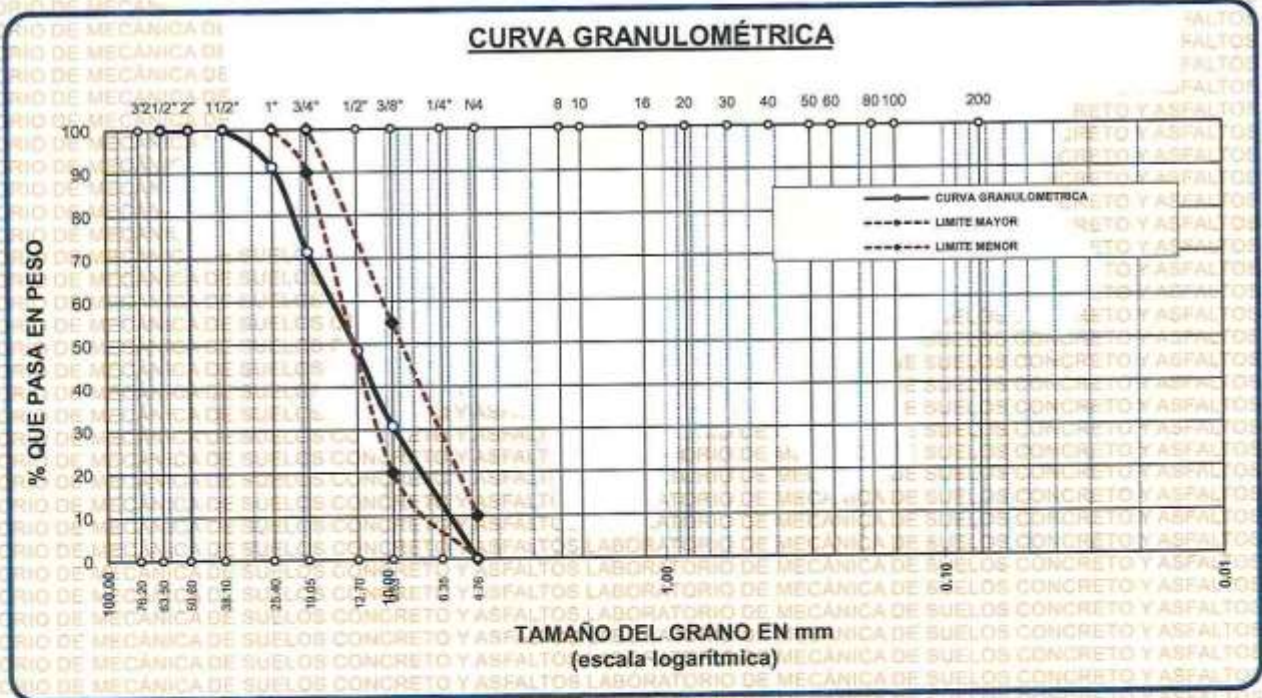


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024
SOLICITANTE : BACHILLER CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA
CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 17 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 10000 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4" OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	90 - 100 %	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	868.63	8.69	8.69	91.31		
3/4"	19.050	1974.69	19.75	28.43	71.57		
1/2"	12.700	2296.02	22.96	51.39	48.61	20 - 55 %	
3/8"	9.525	1780.86	17.81	69.20	30.80		
1/4"	6.350					0 - 10 %	
No#	4.760	1019.56	10.20	79.40	20.60		
BASE		0.00	0.00	79.4	20.6		
TOTAL		10000.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Mgtr. 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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE : BACHILLER CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO

 : ISLA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 17 DE JUNIO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)

PESO DEL MOLDE	6132 gr	6132 gr	6132 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2085 cm ³	2085 cm ³	2085 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA *	9799.00 gr	9887.00 gr	9768.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3667.00 gr	3755.00 gr	3636.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.759 gr/cm ³	1.801 gr/cm ³	1.744 gr/cm ³
PROMEDIO		1.768 gr/cm ³	

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	6132 gr	6132 gr	6132 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2085 cm ³	2085 cm ³	2085 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9789.00 gr	10025.00 gr	9796.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3657.00 gr	3893.00 gr	3664.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.754 gr/cm ³	1.867 gr/cm ³	1.758 gr/cm ³
PROMEDIO		1.793 gr/cm ³	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

Mtro. Arnoldo Yana Torres
CIP 111111



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 : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y PÓLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024
SOLICITANTE : BACHILLER CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA
CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
: ISLA - AGREGADO FINO
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 17 DE JUNIO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	6132 gr	6132 gr	6132 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3198 cm ³	3198 cm ³	3198 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9475.00 gr	9536.00 gr	9537.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3343.00 gr	3404.00 gr	3405.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.045 gr/cm ³	1.064 gr/cm ³	1.065 gr/cm ³
PROMEDIO		1.058 gr/cm ³	

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	6132 gr	6132 gr	6132 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3198 cm ³	3198 cm ³	3198 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9779.00 gr	9887.00 gr	9903.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3647.00 gr	3755.00 gr	3771.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.140 gr/cm ³	1.174 gr/cm ³	1.179 gr/cm ³
PROMEDIO		1.165 gr/cm ³	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



 Msc. Arnaldo Yana Torres



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 : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE : BACHILLER CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
: ISLA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 17 DE JUNIO DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	446.25
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	428.74
PESO DEL TARRO (gr.)	52.16
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	394.09
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	376.58
PESO DEL AGUA (gr.)	17.51
% HUMEDAD	4.65

MUESTRA : AGREGADO GRUESO	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	436.49
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	426.35
PESO DEL TARRO (gr.)	52.82
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	383.67
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	373.53
PESO DEL AGUA (gr.)	10.14
% HUMEDAD	2.71

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

Mtro. Arnaldo Luna Torres
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JEFATURA



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 : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE : BACHILLER CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
 : ISLA - AGREGADO FINO

UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 17 DE JUNIO DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
 ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 175 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días.
 entonces la resistencia promedio $F'cr = 245 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI 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	2.67	2.50
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1767	1773
P.U. Suelto	1605	1749
% de Absorción	2.18	4.73
% de Humedad Natural	2.71	4.65
Modulo de Fineza	-	3.69

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal $3/8''$ (9.53mm)
- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 228 Lt/m³
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 19.0 %
- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.538
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(228 \text{ Lt/m}^3) / (\text{####}) = 423 \text{ Kg/m}^3$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

17 de Junio 2024



7, De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.69 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1767 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/8" (9.53mm) se recomienda el uso de 0.531 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.531) \cdot (1767) = 939 \text{ Kg/m}^3$$

8, Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Volúmen absoluto de agua} &= (228) / (1000) = 0.228 \\ \text{Volúmen absoluto de cemento} &= (424) / (2.85 \cdot 1000) = 0.149 \\ \text{Volúmen absoluto de agregado grueso} &= (939) / (2.67 \cdot 1000) = 0.352 \\ \text{Volúmen de aire atrapado} &= (19.0) / (100) = 0.190 \\ \text{Volúmen sub total} &= 0.919 \end{aligned}$$

Volúmen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.919) = 0.081 \text{ m}^3$$

$$(0.081) \cdot (2.50) \cdot 1000 = 204 \text{ Kg/m}^3$$

9, De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &(939) \cdot (1.027146) = 964 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &(204) \cdot (1.0465) = 213 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

10, El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$228 - 939 \cdot \left(\frac{2.71 - 2.18}{100} \right) - 204 \cdot \left(\frac{4.65 - 4.73}{100} \right) = 223$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	424	1.00	424	1.00
Agua	228	0.538	223	0.53
Agreg. Grueso	939	2.22	964	2.28
Agreg. Fino	204	0.48	213	0.50
Aire	19.0 %		19.0 %	

9.97 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	21.36 Kg.
Agregado grueso húmedo	96.72 Kg.
Agua efectiva	22.38 Kg.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FICP - PNP. INGENIERÍA CIVIL
JEFATURA
JEF. APOLINARIO JIMÉNEZ



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:

Redondeo

- | | | | |
|--------|-----------------------|-----|-----------------------|
| - 0.43 | p3 de Arena | 0.4 | p3 de Arena |
| - 2.13 | p3 de Piedra Chancada | 2.1 | p3 de Piedra Chancada |
| - 22 | Lt de Agua | 22 | Lt de Agua |

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

- * Se debera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

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



Mtro. Arnaldo Yana Torres
CIP 10707



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 COMPRESION

NTP 339.034

TEMA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE GENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE

BACHILLER CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

17 JUNIO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'c Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	20132	15.01	176.95	113.77	175	17/06/2024	24/06/2024	7	65.01
2	B - 2	20569	14.98	176.24	116.71	175	17/06/2024	24/06/2024	7	66.89
3	B - 3	20764	15.01	176.95	117.34	175	17/06/2024	24/06/2024	7	67.05
4	B - 4	20435	14.98	176.24	115.95	175	17/06/2024	24/06/2024	7	66.26
5	B - 5	20465	15.01	176.95	115.65	175	17/06/2024	24/06/2024	7	66.09
Promedio De Esf. Rotura					115.89					66.22

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'c Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	28653	15.01	176.95	161.93	175	17/06/2024	01/07/2024	14	92.53
2	B - 2	28465	15.01	176.95	160.86	175	17/06/2024	01/07/2024	14	91.92
3	B - 3	28798	14.98	176.24	163.40	175	17/06/2024	01/07/2024	14	93.37
4	B - 4	28712	14.98	176.24	162.91	175	17/06/2024	01/07/2024	14	93.09
5	B - 5	28341	15.01	176.95	160.16	175	17/06/2024	01/07/2024	14	91.52
Promedio De Esf. Rotura					161.85					92.49

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'c Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	31124	15.01	176.95	175.89	175	17/06/2024	15/07/2024	28	100.51
2	B - 2	31462	15.01	176.95	177.80	175	17/06/2024	15/07/2024	28	101.60
3	B - 3	31102	15.01	176.95	175.77	175	17/06/2024	15/07/2024	28	100.44
4	B - 4	31090	14.98	176.24	176.40	175	17/06/2024	15/07/2024	28	100.80
5	B - 5	31040	15.01	176.95	175.42	175	17/06/2024	15/07/2024	28	100.24
					176.26					100.72

OBSERVACIONES:

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


 Msc. Arnaldo Yana Torres
 CIP 171017



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



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 : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024
SOLICITANTE : BACHILLER CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : 17 - JUNIO -2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON CENIZA VOLCÁNICA 4%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	22232	15.01	176.95	125.64	175	17/06/2024	24/06/2024	7	71.79
2	B - 2	22465	15.01	176.95	126.96	175	17/06/2024	24/06/2024	7	72.55
3	B - 3	22798	14.98	176.24	129.36	175	17/06/2024	24/06/2024	7	73.92
4	B - 4	22563	14.98	176.24	128.02	175	17/06/2024	24/06/2024	7	73.16
5	B - 5	22560	15.01	176.95	127.49	175	17/06/2024	24/06/2024	7	72.85
Promedio De Esf. Rotura					127.49					72.85

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	29465	15.01	176.95	166.52	175	17/06/2024	01/07/2024	14	95.15
2	B - 2	29784	15.01	176.95	168.32	175	17/06/2024	01/07/2024	14	96.18
3	B - 3	29356	15.01	176.95	165.90	175	17/06/2024	01/07/2024	14	94.80
4	B - 4	29579	15.01	176.95	167.16	175	17/06/2024	01/07/2024	14	95.52
5	B - 5	29364	15.01	176.95	165.95	175	17/06/2024	01/07/2024	14	94.83
Promedio De Esf. Rotura					166.77					95.30

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	32981	15.01	176.95	186.39	175	17/06/2024	15/07/2024	28	106.51
2	B - 2	32874	14.98	176.24	186.53	175	17/06/2024	15/07/2024	28	106.59
3	B - 3	32645	15.01	176.95	184.49	175	17/06/2024	15/07/2024	28	105.42
4	B - 4	33001	15.01	176.95	186.50	175	17/06/2024	15/07/2024	28	106.57
5	B - 5	32984	15.01	176.95	186.40	175	17/06/2024	15/07/2024	28	106.52
Promedio De Esf. Rotura					186.06					106.32

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



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 COMPRESION

NTP 339.034

TEMA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI-2024

SOLICITANTE

BACHILLER CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

17 - JUNIO - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON CENIZA VOLCÁNICA 8%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	ϕ cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'c Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	23465	15.01	176.95	132.61	175	17/06/2024	24/06/2024	7	75.78
2	B - 2	23162	15.01	176.95	130.90	175	17/06/2024	24/06/2024	7	74.80
3	B - 3	23798	15.01	176.95	134.49	175	17/06/2024	24/06/2024	7	76.85
4	B - 4	23021	15.01	176.95	130.10	175	17/06/2024	24/06/2024	7	74.34
5	B - 5	23197	15.01	176.95	131.09	175	17/06/2024	24/06/2024	7	74.91
Promedio De Esf. Rotura					131.84					75.34

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	ϕ cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'c Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	30985	15.01	176.95	175.11	175	17/06/2024	01/07/2024	14	100.06
2	B - 2	31421	15.01	176.95	177.57	175	17/06/2024	01/07/2024	14	101.47
3	B - 3	31012	15.01	176.95	175.26	175	17/06/2024	01/07/2024	14	100.15
4	B - 4	31079	15.01	176.95	175.84	175	17/06/2024	01/07/2024	14	100.36
5	B - 5	31154	15.01	176.95	176.06	175	17/06/2024	01/07/2024	14	100.61
Promedio De Esf. Rotura					175.93					100.53

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	ϕ cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'c Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	34150	15.01	176.95	192.99	175	17/06/2024	15/07/2024	28	110.28
2	B - 2	33984	15.01	176.95	192.05	175	17/06/2024	15/07/2024	28	109.75
3	B - 3	34120	15.01	176.95	192.82	175	17/06/2024	15/07/2024	28	110.18
4	B - 4	34025	14.98	176.24	193.06	175	17/06/2024	15/07/2024	28	110.32
5	B - 5	33975	15.01	176.95	192.00	175	17/06/2024	15/07/2024	28	109.72
Promedio De Esf. Rotura					192.59					110.05

OBSERVACIONES:

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


 Mtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 17416





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 COMPRESION

NTP 339.034

TEMA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE

BACHILLER, CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

17 JUNIO - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON POLVO DE CAUCHO 3%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'C Kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	22856	15.01	176.95	129.17	175	17/06/2024	24/06/2024	7	73.81
2	B - 2	22564	15.01	176.95	127.52	175	17/06/2024	24/06/2024	7	72.87
3	B - 3	22497	15.01	176.95	127.14	175	17/06/2024	24/06/2024	7	72.65
4	B - 4	22564	15.01	176.95	127.52	175	17/06/2024	24/06/2024	7	72.87
5	B - 5	22978	15.01	176.95	129.86	175	17/06/2024	24/06/2024	7	74.20
Promedio De Esf. Rotura					128.24					73.28

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'C Kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	29764	15.01	176.95	168.21	175	17/06/2024	01/07/2024	14	96.12
2	B - 2	29456	15.01	176.95	166.46	175	17/06/2024	01/07/2024	14	95.12
3	B - 3	29634	15.01	176.95	167.47	175	17/06/2024	01/07/2024	14	95.70
4	B - 4	29784	14.98	176.24	168.99	175	17/06/2024	01/07/2024	14	96.57
5	B - 5	29659	15.01	176.95	167.61	175	17/06/2024	01/07/2024	14	95.78
Promedio De Esf. Rotura					167.75					95.86

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'C Kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	33126	15.01	176.95	187.21	175	17/06/2024	15/07/2024	28	106.97
2	B - 2	33256	15.01	176.95	187.94	175	17/06/2024	15/07/2024	28	107.39
3	B - 3	33089	15.01	176.95	187.00	175	17/06/2024	15/07/2024	28	106.85
4	B - 4	33367	14.98	176.24	189.32	175	17/06/2024	15/07/2024	28	108.18
5	B - 5	33210	15.01	176.95	187.68	175	17/06/2024	15/07/2024	28	107.25
Promedio De Esf. Rotura					187.83					107.33

OBSERVACIONES:

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



Ing. Arnoldo Tania Torres



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 COMPRESION

NTP 339.034

TEMA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE

BACHILLER CARLOS EDWIN HULLCA CHUCTAYA

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

17 - JUNIO - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON POLVO DE CAUCHO 6%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'c Kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	
1	B - 1	24162	15.01	176.95	136.55	175	17/06/2024	24/06/2024	7	78.03
2	B - 2	23456	15.01	176.95	132.56	175	17/06/2024	24/06/2024	7	75.75
3	B - 3	23798	15.01	176.95	134.49	175	17/06/2024	24/06/2024	7	76.85
4	B - 4	23814	15.01	176.95	134.58	175	17/06/2024	24/06/2024	7	78.90
5	B - 5	23569	15.01	176.95	133.20	175	17/06/2024	24/06/2024	7	76.11
Promedio De Esf. Rotura					134.27					78.73

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'c Kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	31245	15.01	176.95	176.58	175	17/06/2024	01/07/2024	14	100.90
2	B - 2	31256	15.01	176.95	176.64	175	17/06/2024	01/07/2024	14	100.94
3	B - 3	31465	15.01	176.95	177.82	175	17/06/2024	01/07/2024	14	101.61
4	B - 4	31321	14.98	176.24	177.71	175	17/06/2024	01/07/2024	14	101.55
5	B - 5	31125	15.01	176.95	175.90	175	17/06/2024	01/07/2024	14	100.51
Promedio De Esf. Rotura					176.93					101.10

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'c Kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	34985	15.01	176.95	197.71	175	17/06/2024	15/07/2024	28	112.98
2	B - 2	34871	15.01	176.95	197.07	175	17/06/2024	15/07/2024	28	112.61
3	B - 3	34652	15.01	176.95	195.83	175	17/06/2024	15/07/2024	28	111.90
4	B - 4	34589	14.98	176.24	196.26	175	17/06/2024	15/07/2024	28	112.15
5	B - 5	34749	15.01	176.95	196.38	175	17/06/2024	15/07/2024	28	112.22
Promedio De Esf. Rotura					196.65					112.37

OBSERVACIONES:

YASNI

 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 UANCV - JULIACA
 JORGE ARMANDO VIANA TORRES
 INGENIERO CIVIL



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: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE: Bach. CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA: 17 DE JUNIO DEL 2024

ENSAYO DE PERMEABILIDAD MUESTRA CONVENCIONAL

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F/C	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	18.00	30.00	174.25	19.63	170.00	1.00	0.96	9.64
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	16.00	30.00	175.76	19.63	140.00	1.00	1.03	10.35
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	17.00	30.00	174.25	19.63	150.00	1.00	1.00	9.96
										1.00	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F/C	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.00	30.00	173.85	19.63	160.00	1.00	1.15	11.46
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.00	30.00	176.25	19.63	150.00	1.00	1.20	11.96
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.00	30.00	174.74	19.63	140.00	1.00	1.11	11.10
										1.15	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F/C	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	13.00	30.00	176.62	19.63	150.00	1.00	1.29	12.85
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	12.00	30.00	177.52	19.63	170.00	1.00	1.42	14.20
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	13.00	30.00	175.11	19.63	140.00	1.00	1.28	12.78
										1.33	


 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO IN.S.C.A.
 Mg. Arnaldo Yana Torres



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: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE: Bach. CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA: 17 DE JUNIO DEL 2024

ENSAYO DE PERMEABILIDAD MUESTRA CON CENIZA VOLCANICA 4%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'c	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	15.07	18.00	30.00	173.54	19.63	160.00	1.00	0.96	9.57
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.96	19.00	30.00	172.76	19.63	150.00	1.00	0.90	8.99
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.89	20.00	30.00	172.98	19.63	160.00	1.00	0.86	8.64
											0.91	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'c	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.07	16.00	30.00	173.52	19.63	160.00	1.00	1.06	10.63
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.96	15.00	30.00	174.85	19.63	140.00	1.00	1.11	11.10
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.89	16.00	30.00	178.96	19.63	140.00	1.00	1.02	10.16
											1.06	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'c	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	15.07	12.00	30.00	186.62	19.63	120.00	1.00	1.26	12.59
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.96	14.00	30.00	174.75	19.63	130.00	1.00	1.17	11.72
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.89	15.00	30.00	174.85	19.63	130.00	1.00	1.09	10.93
											1.17	


 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 Ing. Civil



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: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE: Bach. CARLOS EDWIN HUILICA CHUCTAYA

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA: 17 DE JUNIO DEL 2024

ENSAYO DE PERMEABILIDAD MUESTRA CON CENIZA VOLCANICA 8%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F/C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	15.07	19.00	30.00	177.25	19.63	150.00	1.00	0.88	8.76
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.96	20.00	30.00	176.74	19.63	160.00	1.00	0.85	8.48
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.89	21.00	30.00	174.13	19.63	140.00	1.00	0.80	7.86
											0.84	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F/C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.07	16.00	30.00	175.48	19.63	140.00	1.00	1.03	10.31
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.96	17.00	30.00	177.42	19.63	130.00	1.00	0.95	9.50
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.89	15.00	30.00	178.48	19.63	120.00	1.00	1.05	10.53
											1.01	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F/C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	15.07	15.00	30.00	175.82	19.63	130.00	1.00	1.09	10.88
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.96	14.00	30.00	175.64	19.63	150.00	1.00	1.20	12.00
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.89	14.00	30.00	177.88	19.63	140.00	1.00	1.17	11.69
											1.15	


 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Arnaldo Viana Torres



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: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024.

SOLICITANTE: Bach. CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA.

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA: 17 DE JUNIO DEL 2024.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD MUESTRA CON POLVO DE CAUCHO 3%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	FC	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
				Kg/cm ²								
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	15.07	19.00	30.00	176.78	19.63	130.00	1.00	0.85	8.53
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.96	18.00	30.00	178.25	19.63	120.00	1.00	0.88	8.79
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.89	19.00	30.00	177.97	19.63	120.00	1.00	0.83	8.34
											0.86	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	FC	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
				Kg/cm ²								
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.07	18.00	30.00	176.35	19.63	120.00	1.00	1.00	9.99
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.96	15.00	30.00	175.61	19.63	140.00	1.00	1.10	11.05
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.89	15.00	30.00	177.61	19.63	130.00	1.00	1.08	10.76
											1.06	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	FC	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
				Kg/cm ²								
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	15.07	13.00	30.00	177.56	19.63	160.00	1.00	1.23	12.95
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.96	14.00	30.00	178.64	19.63	140.00	1.00	1.16	11.64
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.89	14.00	30.00	176.25	19.63	150.00	1.00	1.20	11.98
											1.22	


 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 D.P. - C.A. INGENIERÍA CIVIL
 Mgty. Arnaldo Pérez Tabares



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: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

SOLICITANTE: Bsch. CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA: 17 DE JUNIO DEL 2024

ENSAYO DE PERMEABILIDAD MUESTRA CON POLVO DE CAUCHO 6%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'c	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	15.07	21.00	30.00	178.25	19.63	130.00	1.00	0.77	7.66
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.96	20.00	30.00	175.25	19.63	120.00	1.00	0.80	8.04
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.89	21.00	30.00	177.73	19.63	120.00	1.00	0.76	7.55
											0.78	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'c	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.07	17.00	30.00	174.72	19.63	120.00	1.00	0.95	9.49
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.96	16.00	30.00	175.25	19.63	140.00	1.00	1.04	10.38
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.89	17.00	30.00	176.75	19.63	130.00	1.00	0.95	9.54
											0.96	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'c	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	15.07	13.00	30.00	178.36	19.63	160.00	1.00	1.29	12.89
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.96	14.00	30.00	176.77	19.63	140.00	1.00	1.18	11.76
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.89	15.00	30.00	178.96	19.63	150.00	1.00	1.10	10.99
											1.19	

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.E.S.C.A. JEFATURA
Ing. Arnaldo Inza Torres



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 12 - MARZO - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: CARLOS EDWIN HUILLCA CHUCTAYA

Dirección: ASOC. PALLPATA MZ. X3 LT. 17

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 48399770

Teléfono: 951 263 700 email: edwinkrlós@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: INGENIERO CIVIL

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE
CON LA ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y POLVO DE CAUCHO
EN EL DISTRITO DE AYAVIRI 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZAS VOLCÁNICAS, POLVO DE CAUCHO, PERMEABLE, CONCRETO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

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 Titulo 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

12-11-2020 - 2025

Fecha