



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



**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO
PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE
PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A
ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR

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

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 297-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 14 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-5641 presentado por el (la) Bachiller: JOSE LUIS MAMANI PAUCAR 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. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 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. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: JOSE LUIS MAMANI PAUCAR; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 22 de mayo del 2025
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS



Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS



Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 156-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de marzo del 2025

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 15864 por el señor (a): JOSE LUIS MAMANI PAUCAR quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 094- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 012 - 2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): JOSE LUIS MAMANI PAUCAR, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 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° 012 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 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): JOSE LUIS MAMANI PAUCAR, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 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), M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.

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

Mgtr. WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA
DECANO (e)
CIP. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Wally Momeni Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesados (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1571-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 013874, presentado el señor (a) JOSE LUIS MAMANI PAUCAR solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 1356-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 371 -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): JOSE LUIS MAMANI PAUCAR ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 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 de la propuesta de investigación formato N° 371 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 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 merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): JOSE LUIS MAMANI PAUCAR, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 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 M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.

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
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 20.21
Interesado (a)



ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uan.edu.co Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to National Institute of Technology, Raipur Trabajo del estudiante	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JOSE LUIS MAMANI PAUCAR
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74357563
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-3695-8926
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
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	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/pnVLgVrijmZWtRDU7
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2024 – Mayo 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Moman Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JOSE LUIS MAMANI PAUCAR, identificado con DNI

Nro. 74357563, 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:

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

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 04 de junio del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico primeramente a Dios por darme la fuerza necesaria para no desistir de lograr este objetivo.

Lleno de regocijo, amor y esperanza, también dedico, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

A mi Mama Juana por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A Juliana, mi amada esposa, por nunca soltarme la mano en todo este camino y darme el tiempo para realizarme profesionalmente.

A mis hermanos por estar presente, acompañándome para poderme realizar.

A la memoria de mi Mamá Vicentina, desde el cielo, nos sigue cuidando.



AGRADECIMIENTO

Dios, gracias por tu amor y tu bondad, hoy me permites sonreír ante este logro que es el resultado de tu ayuda. Gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciendo y buscando lo mejor para mí.

Cada momento durante estos cinco años han sido simplemente únicos, cada oportunidad de corregir un error, la oportunidad de cada mañana para poder empezar de nuevo.

A mi Alma Mater, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, bastión de excelencia académica, que ha fomentado el desarrollo de un espíritu crítico esencial para el análisis profundo de los desafíos.

A mi Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, carrera académica de Ingeniería Civil, pabellón de Ingeniería Civil, donde pase momentos de sabiduría y aprendizaje.

A mis docentes de Ingeniería Civil por haberme inculcado sapiencia profesional, para prepararme, desarrollar habilidades para ser competitivo profesionalmente.

A mis compañeros y amigos, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que, hasta ahora, seguimos con nuestra amistad.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

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



CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	22
2.1.3	Antecedentes regionales.....	24
2.2	Marco teórico.....	26
2.2.1	Piedra chancada.....	26
2.2.2	Viruta de acero.....	28
2.2.3	Concreto permeable.....	31
2.2.4	Accesos peatonales.....	47
2.3	conceptual.....	49

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación.....	51
3.2	Métodos de la investigación.....	52
3.3	Enfoque de investigación.....	53
3.4	Nivel y tipo de investigación.....	53
3.4.1	Tipo de la investigación.....	53
3.4.2	Nivel de la investigación.....	54
3.5	Población y muestra de la investigación.....	54
3.5.1	Población.....	54
3.5.2	Muestra.....	54
3.6	Técnicas e instrumentos.....	55
3.6.1	Técnicas.....	55
3.6.2	Instrumentos.....	56
3.7	Validación y confiabilidad del instrumento.....	56
3.7.1	Validación de los instrumentos.....	56
3.7.2	Confiabilidad de instrumentos.....	56
3.8	Procedimiento de recolección de datos.....	57
3.8.1	Ensayos en laboratorio.....	57
3.9	Procesamiento y análisis de datos.....	70



CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados 71

4.1.1 Influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero en la resistencia a compresión del concreto permeable 75

4.1.2 Influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero en la resistencia a flexión del concreto permeable 93

4.1.3 Influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero en la Permeabilidad de concretos permeables 110

4.2 Discusión de resultados..... 118

CONCLUSIONES..... 120

RECOMENDACIONES..... 122

BIBLIOGRAFÍA..... 123

ANEXOS 127



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	19
Tabla 2	Características de agregados	72
Tabla 3	Dosificación de concreto permeable	74
Tabla 4	Dosificación con el remplazo del agregado grueso por piedra chancada	74
Tabla 5	Dosificación con el remplazo del agregado grueso por viruta de acero	74
Tabla 6	Fractura a compresión-concretos permeables patrón	75
Tabla 7	Fractura a compresión-concretos permeables con 8% de piedra chancada	77
Tabla 8	Fractura a compresión-concretos permeables con 16% de piedra chancada	79
Tabla 9	Fractura a compresión-concretos permeables con 32% de piedra chancada	81
Tabla 10	Comparativa del concreto con piedra chancada	83
Tabla 11	Fractura a compresión-concretos permeables con 8% de viruta de acero	84
Tabla 12	Fractura a compresión-concretos permeables con 16% de viruta de acero	86
Tabla 13	Fractura a compresión-concretos permeables con 32% de viruta de acero	88
Tabla 14	Comparativa del concreto con viruta de acero	90
Tabla 15	Fractura a compresión-comparación	91
Tabla 16	Fractura a compresión porcentual-comparativa	92
Tabla 17	Fallo a flexión de concretos permeables patrón	93
Tabla 18	Fallo a flexión de concretos permeables con 8% de piedra chancada	95
Tabla 19	Fallo a flexión de concretos permeables con 16% de piedra chancada	97
Tabla 20	Fallo a flexión de concretos permeables con 32% de piedra chancada	99
Tabla 21	Comparativa del concreto permeable con piedra chancada	101
Tabla 22	Fallo a flexión de concretos permeables con 8% de viruta de acero	102
Tabla 23	Fallo a flexión de concretos permeables con 16% de viruta de acero	104
Tabla 24	Fallo a flexión de concretos permeables con 32% de viruta de acero	106
Tabla 25	Comparativa del concreto permeable con viruta de acero	108
Tabla 26	Comparativa final a flexión	109
Tabla 27	Permeabilidad de concretos permeables patrón	110
Tabla 28	Permeabilidad de concretos permeables con 8% de piedra chancada	111
Tabla 29	Permeabilidad de concretos permeables con 16% de piedra chancada	112
Tabla 30	Permeabilidad de concretos permeables con 32% de piedra chancada	113
Tabla 31	Permeabilidad de concretos permeables con 8% de viruta de acero	114
Tabla 32	Permeabilidad de concretos permeables con 16% de viruta de acero	115
Tabla 33	Permeabilidad de concretos permeables con 32% de viruta de acero	116
Tabla 34	Comparativa de Permeabilidad de concretos permeables	117



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Viruta de acero.....	29
Figura 2	Concreto permeable.....	33
Figura 3	Secado de muestras	58
Figura 4	Gradación de los agregados	60
Figura 5	Colocación del material en la muestra.....	61
Figura 6	Permeabilidad	65
Figura 7	Resistencia compresiva	68
Figura 8	Resistencia de vigas	70
Figura 9	Fractura a compresión-concretos permeables patrón	76
Figura 10	Fractura a compresión-concretos permeables con 8% de piedra chancada..	78
Figura 11	Fractura a compresión-concretos permeables con 16% de piedra chancada	80
Figura 12	Fractura a compresión-concretos permeables con 32% de piedra chancada	82
Figura 13	Comparativa del concreto con piedra chancada.....	83
Figura 14	Fractura a compresión-concretos permeables con 8% de viruta de acero.....	85
Figura 15	Fractura a compresión-concretos permeables con 16% de viruta de acero... 87	
Figura 16	Fractura a compresión-concretos permeables con 32% de viruta de acero... 89	
Figura 17	Comparativa del concreto con viruta de acero	90
Figura 18	Fractura a compresión-comparación	91
Figura 19	Fractura a compresión-comparación	92
Figura 20	Fallo a flexión de concretos permeables patrón	94
Figura 21	Fallo a flexión de concretos permeables con 8% de piedra chancada.....	96
Figura 22	Fallo a flexión de concretos permeables con 16% de piedra chancada.....	98
Figura 23	Fallo a flexión de concretos permeables con 32% de piedra chancada.....	100
Figura 24	Comparativa del concreto permeable con piedra chancada	101
Figura 25	Fallo a flexión de concretos permeables con 8% de viruta de acero	103
Figura 26	Fallo a flexión de concretos permeables con 16% de viruta de acero	105
Figura 27	Fallo a flexión de concretos permeables con 32% de viruta de acero	107
Figura 28	Comparativa del concreto permeable con viruta de acero.....	108
Figura 29	Comparativa final a flexión	109
Figura 30	Permeabilidad de concretos permeables patrón.....	110
Figura 31	Permeabilidad de concretos permeables con 8% de piedra chancada.....	111
Figura 32	Permeabilidad de concretos permeables con 16% de piedra chancada.....	112
Figura 33	Permeabilidad de concretos permeables con 32% de piedra chancada.....	113
Figura 34	Permeabilidad de concretos permeables con 8% de viruta de acero.....	114



Figura 35	Permeabilidad de concretos permeables con 16% de viruta de acero.....	115
Figura 36	Permeabilidad de concretos permeables con 32% de viruta de acero.....	116
Figura 37	Comparativa de Permeabilidad de concretos permeables.....	117



RESUMEN

En el presente trabajo titulado "Análisis de las propiedades de un concreto permeable modificado con la incorporación de piedra chancada y virutas de acero, enfocado a accesos peatonales en la ciudad de Juliaca 2024", se investigaron los efectos de la piedra chancada y las virutas de acero como sustitutos parciales del agregado grueso tradicional en concreto permeable, en proporciones de 8%, 16% y 32%. Este estudio se desarrolló bajo una metodología experimental con un tipo aplicado y nivel explicativo, con el objetivo de analizar el comportamiento del concreto en cuanto a sus propiedades mecánicas y de permeabilidad. Los resultados muestran que la incorporación de piedra chancada aumentó progresivamente la resistencia a compresión. El concreto con 32% de piedra chancada alcanzó una resistencia de 193.45 kg/cm², superior al concreto patrón (175.57 kg/cm²). En contraste, el concreto con viruta de acero presentó una menor resistencia a compresión, disminuyendo a medida que aumentaba el porcentaje de viruta, alcanzando 168.55 kg/cm² con 32% de viruta. En cuanto a la resistencia a flexión, el concreto con 32% de piedra chancada mostró la mayor resistencia (29.58 kg/cm²), superando al concreto patrón (25.52 kg/cm²). El concreto con viruta de acero presentó menores valores de flexión, especialmente a mayores concentraciones, alcanzando 23.45 kg/cm² con 32% de viruta. Respecto a la permeabilidad, la piedra chancada redujo ligeramente la permeabilidad, con un coeficiente de 15.429 mm/seg frente a los 15.614 mm/seg del concreto patrón. En cambio, el reemplazo del agregado grueso por viruta de acero redujo más significativamente la permeabilidad, siendo 12.417 mm/seg con 32% de viruta. En conclusión, la piedra chancada mejoró las propiedades mecánicas del concreto permeable, mientras que las virutas de acero afectaron negativamente tanto la resistencia como la permeabilidad.

Palabras Clave: Concreto permeable, viruta de acero, piedra chancada y propiedades.



ABSTRACT

In the present work entitled "Analysis of the properties of a permeable concrete modified with the incorporation of crushed stone and steel chips, focused on pedestrian accesses in the city of Juliaca 2024", the effects of crushed stone and steel chips as partial substitutes for traditional coarse aggregate in permeable concrete, in proportions of 8%, 16% and 32%, were investigated. This study was developed under an experimental methodology with an applied and explanatory approach, with the objective of analyzing the behavior of concrete in terms of its mechanical and permeability properties. The results show that the incorporation of crushed stone progressively increased the compressive strength. The concrete with 32% crushed stone reached a strength of 193.45 kg/cm², higher than the standard concrete (175.57 kg/cm²). In contrast, the concrete with steel chips showed a lower compressive strength, decreasing as the percentage of chips increased, reaching 168.55 kg/cm² with 32% chips. As for flexural strength, the concrete with 32% crushed stone showed the highest strength (29.58 kg/cm²), surpassing the standard concrete (25.52 kg/cm²). The concrete with steel chips showed lower flexural values, especially at higher concentrations, reaching 23.45 kg/cm² with 32% chips. Regarding permeability, crushed stone slightly reduced permeability, with a coefficient of 15.429 mm/sec compared to 15.614 mm/sec for the standard concrete. On the other hand, replacing the coarse aggregate with steel chips reduced the permeability more significantly, being 12.417 mm/sec with 32% of chips. In conclusion, crushed stone improved the mechanical properties of pervious concrete, while steel chips negatively affected both strength and permeability.

Keywords: Pervious concrete, steel chips, crushed stone and properties.



INTRODUCCIÓN

La construcción de accesos peatonales en áreas urbanas representa un desafío importante para la planificación y el diseño urbano, especialmente en ciudades con condiciones climáticas y geográficas particulares. En este contexto, la ciudad de Juliaca, ubicada en la región altiplánica del sur de Perú, enfrenta dificultades relacionadas con la gestión del agua superficial, debido a la alta pluviosidad y la impermeabilidad de muchos de sus suelos urbanos. Estas condiciones aumentan la probabilidad de inundaciones y generan problemas de drenaje, que afectan tanto a la infraestructura como a la seguridad de los peatones.

Una alternativa viable para mitigar estos problemas es el uso de concreto permeable, un material que hace posible el paso del agua a través de su estructura, contribuyendo a la gestión eficiente de las aguas pluviales. Sin embargo, para mejorar las propiedades de este tipo de concreto y adaptarlo a las necesidades específicas de la región, se propone la modificación del concreto permeable mediante la incorporación de piedra chancada y virutas de acero. La piedra chancada, por su capacidad de mejorar la calidad del material, y las virutas de acero, por su potencial para reforzar la estructura del concreto, podrían optimizar las propiedades del concreto permeable, mejorando su rendimiento en condiciones extremas.

El presente estudio tiene como objetivo analizar las cualidades del concreto permeable modificado con la incorporación de estos dos materiales, específicamente en los accesos urbanos de Juliaca. A través de este análisis, se pretende aportar una solución innovadora y adaptada a las características de la ciudad, que no solo permita mejorar la infraestructura urbana, sino también contribuir a la sostenibilidad ambiental al promover la gestión eficiente del agua en espacios públicos.



Capítulo I: En esta sección inicial se establecen los principios esenciales que guiarán el desarrollo de la investigación. Se comienza por definir las variables clave que serán analizadas, lo que proporciona una estructura clara y bien definida para el estudio. Asimismo, se presentan los objetivos, los cuales orientan el propósito y el alcance de la investigación. Este capítulo también justifica de manera detallada la importancia del estudio, explicando las razones por las cuales resulta fundamental abordar el tema en cuestión.

Capítulo II: Se construye un marco teórico que fundamenta la investigación. Se realiza un análisis exhaustivo de estudios previos y de las contribuciones significativas en el campo de estudio, destacando los hallazgos más relevantes. Este capítulo no se limita a hacer un resumen de las teorías existentes, sino que también establece un marco conceptual dentro del cual se desarrollará la investigación, identificando las brechas de conocimiento que la presente investigación busca llenar, aportando así valor a la disciplina.

Capítulo III: Este capítulo está dedicado a proporcionar una descripción exhaustiva de las técnicas y metodologías que se utilizaron en el estudio realizado. El proceso de identificación y selección de los sujetos de investigación o muestras que se evaluarán se detalla de forma clara y exhaustiva. Este aspecto del estudio garantiza que la selección de estas personas o muestras sea adecuada a los objetivos de la investigación. Del mismo modo, se aclara el enfoque metodológico elegido y se justifica cuidadosamente la selección de los métodos e instrumentos concretos utilizados para la recogida y el análisis de datos.

Capítulo IV: Los resultados recogidos a lo largo de la investigación se evalúan y presentan en este capítulo, que es el cuarto. La información recopilada se organiza meticulosamente en tablas y gráficos, lo que facilita la comprensión y evaluación de los datos. Además, se comparan exhaustivamente los resultados obtenidos con los de investigaciones anteriores realizadas en el mismo campo.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel internacional, el uso de concreto permeable ha ganado importancia como una alternativa viable en la construcción de pavimentos urbanos. En muchas ciudades del mundo, la necesidad de soluciones duraderas y sostenibles para el diseño de accesos peatonales ha llevado a la implementación de concretos permeables, los cuales permiten la infiltración de agua a través de su estructura, reduciendo la acumulación superficial de agua y mejorando las características de resistencia y durabilidad. Sin embargo, la formulación y modificación del concreto permeable sigue siendo un área de investigación activa, con estudios que buscan mejorar sus propiedades mecánicas, de resistencia a cargas y durabilidad frente a condiciones extremas. A pesar de los avances, aún existen limitaciones en cuanto a su desempeño en diferentes climas y tipos de suelos, lo que destaca la necesidad de continuar con la investigación sobre sus posibles modificaciones para optimizar su uso en contextos específicos.

En el contexto nacional, Perú ha experimentado un rápido crecimiento urbano, y aunque las soluciones tradicionales de pavimentación han sido la norma en las ciudades, se ha comenzado a considerar el concreto permeable como una opción para mejorar la



calidad y durabilidad de las infraestructuras urbanas, especialmente en las áreas de accesos peatonales. Sin embargo, en el país aún existe una escasa aplicación de concretos permeables, debido principalmente a la falta de estudios técnicos que certifiquen sus propiedades y beneficios en diferentes condiciones climáticas y geográficas. Aunque existen algunos ejemplos aislados de su implementación en ciudades con características similares a Juliaca, como Arequipa y Puno, no se han realizado investigaciones exhaustivas sobre la modificación de este material con la incorporación de aditivos como piedra chancada y virutas de acero, lo cual podría mejorar sus propiedades estructurales y ampliar su aplicación en accesos peatonales urbanos.

En el ámbito local, Juliaca enfrenta una necesidad urgente de mejorar la calidad y durabilidad de sus infraestructuras urbanas, particularmente en los accesos peatonales, que son fundamentales para la movilidad diaria de los habitantes. La ciudad, ubicada en la región altiplánica del sur de Perú, experimenta condiciones climáticas extremas, con temperaturas bajas y fluctuaciones térmicas que pueden afectar la resistencia de los materiales utilizados en la pavimentación. El concreto permeable ha mostrado un gran potencial para adaptarse a estas condiciones, sin embargo, su rendimiento en Juliaca aún no ha sido evaluado adecuadamente, especialmente cuando se modifican sus propiedades mediante la incorporación de materiales como piedra chancada y virutas de acero. Estos materiales podrían optimizar la resistencia del concreto permeable y permitir su uso en una ciudad con condiciones geográficas y climáticas específicas, pero no se cuenta con estudios que validen su efectividad en este contexto.

Este estudio se enfoca en analizar las propiedades del concreto permeable modificado con la inclusión de piedra chancada y virutas de acero, para evaluar su comportamiento frente a las condiciones locales de Juliaca, con el objetivo de determinar su viabilidad para su implementación en la pavimentación de accesos peatonales en la ciudad.



1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿De qué manera varía las propiedades de un concreto permeable modificado con la incorporación de piedra chancada y virutas de acero enfocado a accesos peatonales en la ciudad de Juliaca 2024?

1.2.2 *Problemas específicos*

- a. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre la resistencia a compresión a diferentes edades de curado del concreto permeable?
- b. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre la resistencia a flexión a diferentes edades de curado del concreto permeable?
- c. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre el coeficiente de permeabilidad a 28 días de curado del concreto permeable?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Analizar las propiedades de un concreto permeable modificado con la incorporación de piedra chancada y virutas de acero enfocado a accesos peatonales en la ciudad de Juliaca 2024.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- a. Determinar la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre la resistencia a compresión a diferentes edades de curado del concreto permeable.



- b. Determinar la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre la resistencia a flexión a diferentes edades de curado del concreto permeable.
- c. Determinar la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre el coeficiente de permeabilidad a 28 días de curado del concreto permeable.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

La utilización del concreto permeable en la construcción de pavimentos urbanos ha demostrado ser una alternativa efectiva para mejorar las propiedades de drenaje en zonas urbanas, permitiendo la infiltración de agua y reduciendo la escorrentía superficial. Sin embargo, este material aún presenta desafíos en términos de resistencia y durabilidad, especialmente en climas extremos y condiciones geográficas particulares, como las que se encuentran en Juliaca. La incorporación de piedra chancada y virutas de acero en el concreto permeable podría mejorar significativamente sus características. Este estudio propone una evaluación técnica de estas modificaciones, con el fin de determinar su viabilidad para ser utilizadas en la pavimentación de accesos peatonales en la ciudad de Juliaca, proporcionando una alternativa técnica viable para mejorar la calidad y durabilidad de las infraestructuras urbanas.

1.4.2 Justificación económica

La implementación de concreto permeable modificado con piedra chancada y virutas de acero puede ofrecer beneficios económicos significativos a largo plazo. Si bien los costos iniciales de este material pueden ser mayores que los de los concretos tradicionales, su durabilidad y resistencia mejoradas pueden reducir los costos de cuidado



y restauración a lo largo de su vida útil. Además, su capacidad para soportar las cargas peatonales y aguantar las inclemencias del clima extremo de Juliaca podría evitar el deterioro rápido de los pavimentos, reduciendo la necesidad de intervenciones frecuentes. Asimismo, la producción local de los materiales como la piedra chancada y las virutas de acero puede fomentar el desarrollo de la industria local y generar empleos, lo que contribuiría a la economía regional. Por lo tanto, el uso de este concreto permeable modificado podría ser una inversión rentable para la ciudad, tanto en términos de ahorro en mantenimiento como en el fomento de la economía local.

1.4.3 Justificación social

La calidad de las infraestructuras urbanas tiene un impacto directo en la calidad de vida de los ciudadanos. En el caso de Juliaca, la mejora de los accesos peatonales mediante el uso de concreto permeable modificado contribuiría significativamente a la seguridad y comodidad de los peatones. Al mejorar la resistencia de los pavimentos, se reducirían los riesgos de accidentes causados por el deterioro de las superficies, como grietas y hundimientos. Además, al permitir la utilización de materiales locales, este proyecto contribuiría a la generación de empleo en la región, especialmente en sectores relacionados con la construcción y el suministro de materiales. La implementación de esta tecnología también podría servir de modelo para futuras iniciativas en otras ciudades con características similares, promoviendo una infraestructura más sostenible y accesible para todos.

1.4.4 Justificación ambiental

El uso de concreto permeable tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, ya que contribuye a la reducción de la escorrentía superficial y favorece la recarga de los acuíferos locales. A pesar de que este estudio se centra en la mejora de las propiedades del concreto, la adaptación de este material a las condiciones locales de

Juliaca puede ofrecer beneficios adicionales en términos de sostenibilidad ambiental, ya que su durabilidad y resistencia podrían reducir la necesidad de reparaciones y reemplazos frecuentes, lo que disminuiría la cantidad de residuos generados por la construcción. Además, la utilización de materiales reciclados como las virutas de acero puede ser una alternativa más ecológica, al promover el aprovechamiento de subproductos industriales y reducir la dependencia de materiales vírgenes. De este modo, el proyecto no solo mejoraría la infraestructura urbana, sino que también promovería una construcción más comprometida con el medio ambiente.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 *Hipótesis general*

Las propiedades de un concreto permeable modificado se optimizarán con la incorporación de piedra chancada y virutas de acero enfocado a accesos peatonales en la ciudad de Juliaca 2024.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

- a. La influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero será positiva ya que mejorará la resistencia a compresión a diferentes edades de curado del concreto permeable.
- b. La influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero será positiva ya que mejorará la resistencia a flexión a diferentes edades de curado del concreto permeable.
- c. La influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero será positiva debido a que incrementará el coeficiente de permeabilidad a 28 días de curado del concreto permeable.

1.6 Variables

1.6.1 Variable independiente

Piedra chancada y virutas de acero

1.6.2 Variable dependiente

Propiedades del concreto permeable

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
VI: Piedra chancada y virutas de acero	Materiales adicionados al concreto permeable para modificar sus propiedades mecánicas y de permeabilidad.	Porcentaje de incorporación	- Tipo de material (Piedra chancada, virutas de acero) - Porcentaje de incorporación de cada material (8%, 16%, 32%)	- Registro de las mezclas realizadas - Protocolo de dosificación
VD: Propiedades del concreto permeable	Características físicas y mecánicas del concreto permeable, como resistencia a la compresión y permeabilidad.	Propiedades del concreto permeable	Diseño de mezcla, resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad	Equipos y herramientas de laboratorio.



MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según Prada & Paez, (2020) en su estudio "Implementación del concreto permeable en el barrio pardo rubio en la calle 47^a con cra 3 este", tiene como objetivo abordar temas relevantes en la actualidad, relacionados con la sostenibilidad de los recursos del planeta y el bienestar de sus habitantes. En este contexto, diversas áreas están involucradas, como la ingeniería civil, que debe generar nuevas estructuras respetuosas con el medio ambiente, sin comprometer la seguridad y funcionalidad de las construcciones. Un caso de estudio clave para esta investigación es la vía ubicada en la Calle 47^a con Cra 3 Este, en Bogotá. Durante los eventos pluviales, las aguas lluvias de gran parte del barrio fluyen por las cunetas de esta vía. En ocasiones, se generan grandes flujos de agua que no pueden ser evacuados debido a una pendiente de diseño insuficiente, lo que representa un riesgo para la seguridad de los usuarios. En este sentido, se propone la implementación de un nuevo modelo de pavimentación con concreto permeable que no solo mejore la escorrentía superficial, sino que también sirva como base para futuros diseños en las vías de la ciudad. Según la teoría y los estudios previos consultados, se establece que el concreto permeable tiene una mayor porosidad en comparación con los concretos convencionales. Mientras que el pavimento permeable presenta un porcentaje de vacíos que varía entre el 15% y el 20%, los concretos convencionales suelen tener un porcentaje de vacíos del 5%. Para



evaluar la viabilidad del concreto permeable en términos de su capacidad de infiltración, se utiliza un periodo de retorno de 100 años y una duración de lluvia de 15 minutos. De esta forma, se determina que, en el evento de mayor precipitación posible, el diseño de mezcla de concreto permeable con una resistencia de 33 MPa, un porcentaje de vacíos del 11% y una permeabilidad de 2.342 mm/s no se verá saturado por el volumen de agua que podría precipitarse, asegurando así su efectividad en la gestión del agua pluvial.

Según Córdoba & Triana, (2022) en su investigación titulada " Investigación sobre el comportamiento del concreto permeable utilizando agregados de cantera, río y escoria de horno eléctrico", tiene como objetivo evaluar el comportamiento estructural, en términos de resistencia y permeabilidad, de probetas de hormigón poroso elaboradas con diferentes combinaciones de áridos gruesos, se comparan los resultados obtenidos de las diferentes mezclas propuestas, con el fin de evaluar la viabilidad del uso de estos materiales en la construcción de carreteras. En el caso de que los resultados sean positivos, esto permitiría potencializar la incorporación de estos áridos en el ámbito de la ingeniería civil, lo que fomentaría la reutilización de estos materiales. El comportamiento de las probetas que fueron sometidas a esfuerzos de compresión, con las tres mezclas de agregados de la región Boyacense, fue aceptable dentro del rango mínimo que fue definido. Dentro de las tres combinaciones diferentes, la que consistió en cincuenta por ciento de grava de río y cincuenta por ciento de grava convencional tuvo los resultados más favorables, no sólo en los ensayos de compresión, sino también en los de infiltración y porcentaje de vacíos. Los resultados de este estudio dan credibilidad a las conclusiones de investigaciones anteriores, según las cuales las mezclas de hormigón que incluyen partículas esféricas tienden a presentar resistencias superiores. La hipótesis planteada en esta investigación, que predecía que los hormigones porosos construidos con porcentajes de grava convencional, grava de río y escoria de horno eléctrico tendrían un buen comportamiento mecánico y estructural, ha sido corroborada por los resultados de esta investigación. Por otro lado, las mezclas de hormigón compuestas por grava convencional en su totalidad,



escoria de horno eléctrico en un cincuenta por ciento y árido convencional en un cincuenta por ciento fueron capaces de alcanzar el valor mínimo de resistencia necesario para el hormigón permeable. A pesar de ello, los resultados pueden mejorarse porque los porcentajes de huecos e infiltración son superiores a los valores medios proporcionados. De acuerdo con los resultados obtenidos, se propone disminuir el porcentaje de huecos y aumentar la resistencia a la compresión ajustando la proporción de agua y cemento o el volumen de la pasta. En conclusión, la mezcla compuesta al cien por cien por grava convencional fue capaz de producir resultados satisfactorios en términos de resistencia. Sin embargo, es esencial tener en cuenta la importancia de realizar pruebas de desgaste con la máquina Los Ángeles y pruebas de resistencia a la abrasión con el equipo Micro-Deval. El hecho de que dos muestras distintas de grava tradicional no produjeran los resultados deseados en estas pruebas hizo necesario buscar una tercera alternativa.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Espinoza & Lucero, (2023) en su investigación titulada "Análisis del agregado grueso en los tamices 1/2" y 3/8" para el diseño de mezcla del concreto poroso $FC=175\text{kg/cm}^2$, 2023", el propósito de esta investigación fue evaluar cómo influye el tipo de agregado grueso, específicamente los tamices de 1/2" y 3/8", en el diseño de mezcla de concreto permeable con una resistencia de $FC=175\text{ kg/cm}^2$, en el año 2023. El estudio que aquí se lleva a cabo es de carácter aplicado, ya que su enfoque principal es la utilización de conocimientos previos con el fin de idear una solución viable al problema que se ha presentado. Como resultado, el propósito principal fue crear una dosis adecuada de hormigón permeable, con el objetivo de localizar la solución más eficaz y adecuada al tema de investigación. Todos los métodos utilizados fueron de naturaleza experimental y adoptaron un enfoque cuantitativo. La población investigada incluía un total de 26 especímenes cilíndricos y 6 especímenes prismáticos. Estas probetas correspondían a dos diseños de mezcla distintos, cada uno de los cuales tenía los agregados y dimensiones específicos según los tamices de 1/2" y 3/8", respectivamente, y sus correspondientes



relaciones peso/capacidad, lo que dio lugar a la generación de un patrón para el análisis. A fin de evaluar los resultados, se utilizaron diversas pruebas, como las de asentamiento, porosidad, permeabilidad, compresión y flexión. Como consecuencia, se obtuvieron las siguientes conclusiones: El diseño inicial, que utilizaba agregados gruesos de media pulgada de tamaño, exhibía características físicas tales como una porosidad promedio de 33,61%, un asentamiento promedio de 108 mm y una permeabilidad de 0,87 cm/s. En cuanto a las características mecánicas, la resistencia a la compresión fue de 128,46, 158,14 y 205,42 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, respectivamente. La resistencia a la flexión se midió en 42,04, 48,38 y 58,72 kg/cm² en los mismos intervalos de tiempo en comparación con la resistencia a la compresión. En todo el material, los parámetros físicos del segundo diseño indicaban una porosidad media del 26,98%, un asentamiento medio de 60,33 mm y una permeabilidad de 0,63 cm/s. El árido grueso utilizado en el segundo diseño tenía un tamaño de 3/8 pulgadas. La resistencia a la compresión se midió en 132,74, 160,53 y 212,13 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, respectivamente, en términos de características mecánicas. Cuando las mediciones se realizaron en los mismos periodos de tiempo, la resistencia a la flexión fue de 48,45, 55,23 y 65,88 kg/cm².

Según Quevedo & Rojas, (2022) en su investigación titulada " Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando viruta de acero, Pucallpa - 2022", Se realizó el diseño de una mezcla de concreto estructural con la adición de viruta de acero, utilizando el método ACI para determinar la resistencia del concreto en función de las características del agregado. La inclusión de la viruta de acero se diseñó según un experimento completamente aleatorio (DCA), con tres niveles de adición: 2%, 4% y 6%. En el tratamiento 1 (2% de viruta de acero), los resultados de los asentamientos mostraron cierta variabilidad. A los 7 días, se registraron asentamientos de 4" en las dos primeras repeticiones y 5" en la última. En cuanto a la resistencia a la compresión, a los 7 días se alcanzó un máximo de 156 kg/cm² y un mínimo de 151.21 kg/cm². A los 14 días, la

resistencia fue de 239.24 kg/cm² (máximo) y 233.26 kg/cm² (mínimo). A los 28 días, se observó un máximo de 273.06 kg/cm² y un mínimo de 264.34 kg/cm². Para el tratamiento 2 (4% de viruta de acero), los asentamientos también fueron variables. A los 7 días, se obtuvo un asentamiento de 4" en la primera repetición, 5" en la segunda y 4" en la tercera. En cuanto a la resistencia a la compresión, a los 7 días se registró un máximo de 178.82 kg/cm² y un mínimo de 155.45 kg/cm². A los 14 días, la resistencia varió entre 180.72 kg/cm² (máximo) y 142.05 kg/cm² (mínimo). A los 28 días, los valores de resistencia oscilaron entre 230.23 kg/cm² (máximo) y 184.03 kg/cm² (mínimo). Finalmente, en el tratamiento 3 (6% de viruta de acero), los resultados mostraron una tendencia a menor resistencia en comparación con los tratamientos anteriores. A los 7 días, la resistencia a la compresión fue de 128.45 kg/cm² (máximo) y 125.17 kg/cm² (mínimo). A 14 días, los valores de resistencia oscilaron entre 137.36 kg/cm² (máximo) y 131.68 kg/cm² (mínimo). A los 28 días, la resistencia varió entre 144.51 kg/cm² (máximo) y 137.06 kg/cm² (mínimo). La inclusión de viruta de acero en el concreto influye de manera significativa en su comportamiento, mejorando la resistencia con el tiempo, especialmente a los 28 días. Sin embargo, se observa una mayor variabilidad en los resultados de asentamiento y resistencia a la compresión, lo que destaca la importancia de considerar este factor en el diseño y la dosificación final de la mezcla.

2.1.3 Antecedentes regionales

Según Encinas & Marin, (2022) en su investigación titulada "Influencia de la piedra triturada y canto rodado en concreto permeable para drenaje pluvial en ciclovía norte Juliaca, Puno 2022", el objetivo principal de esta investigación fue analizar el impacto de la piedra chancada y canto rodado en las propiedades físico-mecánicas del concreto permeable utilizado para el drenaje pluvial en la carretera norte de Juliaca, Puno, durante el año 2022. Para ello, se realizaron experimentos de granulometría, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, contenido de vacíos y permeabilidad utilizando



agregados gruesos triturados y canto rodado. Los tamaños máximos nominales (TMN) para ambos tipos de áridos fueron 3/4 pulgadas, 1/2 pulgadas y 3/8 pulgadas. El enfoque que se utilizó fue tanto explicativo como cuantitativo, y la metodología que se utilizó fue cuasi-experimental. En referencia al primer objetivo particular, los resultados que se obtuvieron demostraron que la resistencia a la compresión era óptima cuando se utilizaba piedra triturada TMN con un espesor de media pulgada, alcanzando un valor de $f'c=179,61$ kg/cm², pero la resistencia se reducía a $f'c=175,06$ kg/cm² cuando se utilizaba canto rodado TMN con un espesor de media pulgada. En cuanto al segundo objetivo particular, relacionado con la resistencia a la flexión, se observó que la resistencia del árido triturado TMN era mayor, alcanzando $f'c=21,82$ kg/cm², pero la resistencia del canto rodado TMN, que tenía un tamaño de 1/2 pulgada, era menor, alcanzando $f'c=21,49$ kg/cm². En relación con el tercer objetivo particular, que se refería al contenido en huecos, se comprobó que el contenido en huecos del árido triturado TMN 3/4 «disminuyó un 2,88% en comparación con el contenido en huecos del canto rodado TMN 3/4». Finalmente, en el cuarto objetivo, relacionado con la permeabilidad, se observó que la utilización de árido triturado TMN 1/2 «supuso un aumento del 17,31% en comparación con la utilización de canto rodado TMN 1/2». En conclusión, los resultados indican que la piedra triturada con un tamaño nominal máximo de media pulgada es el árido más adecuado para el hormigón permeable en este escenario particular.

Según Suaña, (2021) en su investigación titulada " Evaluación del concreto permeable adicionando virutas de acero para la sostenibilidad del pavimento en el Jr. Moquegua de la ciudad de Juliaca, 2021" tiene como objetivo principal desarrollar un concreto permeable con inclusión de virutas de acero, y así contribuir a mejorar la sostenibilidad del pavimento. Para determinar la situación actual del pavimento y evaluar la mejora potencial que podría traer la propuesta, se emplearon fichas de evaluación diseñadas por el investigador, las cuales permitieron recopilar datos relevantes sobre las propiedades del concreto bajo diferentes condiciones. Los resultados obtenidos de los



ensayos de laboratorio revelan que, a los 28 días de curado, la muestra patrón de concreto alcanzó una resistencia a la compresión de 269.75 kg/cm². Al incorporar un 0.06% de virutas de acero en la mezcla, se observó un aumento significativo en la resistencia a la compresión, alcanzando un incremento del 21.35% en comparación con la muestra patrón. Este resultado sugiere que la adición de virutas de acero mejora la capacidad del concreto para soportar cargas, lo que podría traducirse en una mayor durabilidad del pavimento en condiciones de tráfico. En cuanto a la resistencia a la flexión, se realizó un ensayo similar a los 28 días de curado. Al añadir un 0.06% de virutas de acero, se obtuvo un incremento del 12.25% en la resistencia a la flexión, en comparación con la muestra patrón. Sin embargo, la incorporación de virutas de acero también tuvo efectos sobre la permeabilidad del concreto. En este caso, al agregar un 0.02% de virutas de acero, se observó que la permeabilidad del concreto alcanzó un valor de 0.34 cm/seg, lo que indica una disminución en la capacidad de permeación en comparativa con la muestra patrón. En conclusión, los resultados obtenidos evidencian que la adición de virutas de acero en pequeñas proporciones tiene un impacto positivo en la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto permeable. Sin embargo, también se observa que este material afecta negativamente la permeabilidad del concreto, lo que debe ser considerado al momento de diseñar pavimentos permeables que busquen optimizar tanto la durabilidad estructural como la gestión del agua.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Piedra chancada

La piedra chancada es un material resultante del proceso de trituración de rocas o piedras, las cuales pueden provenir de ríos u otras fuentes naturales. Este material se utiliza principalmente en la fabricación de concreto, y es fundamental que cumpliera con ciertos estándares de calidad para garantizar su efectividad. La piedra chancada debe ser cuidadosamente seleccionada para asegurar que sea limpia, libre de impurezas y, sobre todo, duradera. Uno de los requisitos más importantes es que la piedra chancada debe



poseer una resistencia que sea similar a la del concreto en el cual se va a incorporar. Esto se debe a que su función primordial es contribuir al volumen y soporte a la mezcla de concreto, ayudando a mejorar tanto su estabilidad como su resistencia general a lo largo del tiempo (Díaz, 2022).

Un factor adicional que influye en la calidad de la piedra chancada es el tamaño de sus partículas. Estas deben ser lo suficientemente grandes para cumplir con los requisitos de la mezcla. En general, se espera que las partículas de la piedra chancada sean superiores al tamiz N°4, que tiene un diámetro de 4.75 mm, pero pueden llegar a tamaños mucho mayores, alcanzando hasta el tamiz de 6" (150 mm de diámetro). Este material puede ser extraído de fuentes naturales, como los lechos de los ríos o los depósitos de acarreo fluviales, o también puede ser producido mediante procesos industriales que impliquen triturado controlado.

La piedra chancada juega un papel fundamental en la formulación del concreto, no solo por su capacidad de proporcionar volumen, sino también por su contribución a la resistencia estructural. Debe cumplir con estrictos estándares de calidad para asegurar que el concreto obtenido sea fiable y duradero.

La piedra chancada es un material obtenido a través del proceso de trituración de rocas naturales, como el granito, basalto, caliza, entre otras, mediante el uso de maquinaria especializada que reduce las rocas a fragmentos de tamaños más pequeños. Este material tiene una granulometría que varía desde partículas finas hasta fragmentos más grandes, dependiendo del proceso de chancado y del tipo de roca utilizada. La piedra chancada se clasifica por su tamaño en varias fracciones, que van desde arena gruesa hasta grava (Reyes, 2019).

En la construcción, la piedra chancada es ampliamente utilizada como agregados para la fabricación de concreto, ya que aporta resistencia y durabilidad a las mezclas. Además, se emplea como material de base y sub-base en pavimentación de carreteras,



caminos y en la construcción de cimentaciones, ya que su estructura permite una buena compactación, lo que mejora la estabilidad y resistencia de las obras (Castro, 2018).

Otro uso importante de la piedra chancada es en la realización de muros de contención, drenajes y en la estabilización de suelos. Su capacidad para proporcionar drenaje y su resistencia a la compresión la hace adecuada para obras de infraestructura que requieren materiales duraderos y con buenas propiedades mecánicas. Además, la piedra chancada también se emplea en aplicaciones decorativas, como en el paisajismo, la jardinería y la construcción de caminos peatonales o exteriores, donde su aspecto rústico y su disponibilidad económica son ventajas importantes (Encinas & Marin, 2022).

En términos de sus características técnicas, la piedra chancada debe cumplir con ciertos estándares de resistencia a la compresión, durabilidad frente a las condiciones climáticas y mínima presencia de impurezas que puedan afectar su desempeño en las mezclas de concreto o en las obras de pavimentación (Peralta & Huamolles, 2023).

2.2.2 Viruta de acero

Es un tipo de material residual que se genera durante los procesos de mecanizado y trabajo con metales. Se trata de pequeños fragmentos o partículas de acero que suelen tener forma de láminas delgadas y curvas, producto de la fricción y corte del material metálico. Estos fragmentos son el resultado de operaciones como el cepillado, desbastado, fresado, perforación o torneado de piezas metálicas en talleres metalmecánicos y en diversas actividades de mecanizado (Perez, 2021).

Durante estos procesos, las herramientas de corte, como brocas, fresas y sierras, cortan o desgastan el metal, lo que provoca la formación de virutas que, aunque son subproductos no deseados, son inherentes a la fabricación y el trabajo en metal. La viruta de acero es comúnmente considerada un residuo, ya que no forma parte del producto final,

y es necesario gestionarla adecuadamente para evitar problemas de acumulación o contaminación en los talleres (Suaña, 2021).

Aunque la viruta de acero es generalmente vista como un desecho en la mayoría de las industrias, existen diversas maneras de recolectarla y darle un segundo uso, especialmente en el contexto de la sostenibilidad y el reciclaje industrial. Una de las aplicaciones más comunes de la viruta de acero es su reciclaje. Debido a su composición metálica, la viruta de acero puede ser procesada y reutilizada en la producción de nuevos productos metálicos, como la fabricación de aleaciones o la producción de acero nuevamente. Este reciclaje no solo ayuda a reducir la demanda de materias primas, sino que también contribuye a la disminución de la huella ambiental asociada con la extracción de recursos naturales (Guzman, 2022).

Además de su reciclaje en la industria metalúrgica, la viruta de acero también puede ser utilizada en otros procesos productivos. Por ejemplo, en algunas industrias se emplea como material de relleno en la producción de ciertos compuestos o en la producción de materiales para la construcción, como hormigón o pavimentos. De igual manera, algunos sectores innovadores están investigando su uso en aplicaciones de alta tecnología, como en el desarrollo de nuevos materiales compuestos o como aditivos en procesos de fabricación de cerámicas y plásticos (Palomino, 2022).

Figura 1

Viruta de acero



Nota: Tomada de (Palomino, 2022).



2.2.2.1 Tipos

La viruta de acero se clasifica en diferentes tipos según las características del material con el que se trabaja y el proceso de corte. Seguido de esto, se presentan los principales tipos de viruta de acero:

- ▶ **Viruta Discontinua:** Este tipo de viruta se origina cuando se cortan materiales frágiles como el hierro fundido o el latón. Durante el proceso de corte, estos materiales tienden a fracturarse y se desprenden en fragmentos pequeños e irregulares. La viruta discontinua tiene una estructura quebradiza y se presenta en forma de partículas sueltas que no tienen continuidad en su forma. Este tipo de viruta es común cuando se trabaja con metales que tienen baja ductilidad y son susceptibles a la fractura bajo el esfuerzo de corte.
- ▶ **Viruta Continua:** La viruta continua se genera al cortar materiales dúctiles, como el acero al carbono o aleaciones de aluminio, que, a diferencia de los materiales frágiles, no se fracturan durante el proceso de corte. Estos metales tienen la capacidad de deformarse sin romperse, lo que permite que la viruta se forme en una larga tirada continua. Debido a su alta ductilidad, estos materiales son más difíciles de cortar, lo que puede generar virutas largas y flexibles. La viruta continua es más fácil de manejar en procesos industriales, ya que se puede recolectar en largas hebras que pueden ser enrolladas o procesadas sin dificultad.
- ▶ **Viruta Continua con Protuberancias:** Este tipo de viruta se forma cuando se cortan materiales dúctiles a bajas velocidades de corte. Durante el proceso, la viruta resultante presenta protuberancias o acumulaciones de metal en su superficie, lo que hace que se aglutine y se "pegue" en ciertas áreas. Este tipo de viruta es característica de metales que requieren una menor velocidad de corte para evitar que el calor generado durante el proceso dañe la pieza o la herramienta de corte. La viruta continua con protuberancias es más difícil de manejar debido a su

aglutinamiento, pero se puede controlar con técnicas adecuadas de corte y refrigeración.

Cada tipo de viruta de acero tiene implicaciones en términos de los procesos de mecanizado y la eficiencia de la operación. La viruta discontinua, al ser más pequeña y quebradiza, tiende a generar más desechos y requiere un manejo más cuidadoso en términos de recolección. En cambio, la viruta continua y la viruta continua con protuberancias, aunque son más fáciles de manejar, pueden generar mayores desafíos en términos de control de la temperatura y la calidad del corte (Alor & Alfaro, 2020).

2.2.3 Concreto permeable

El concreto permeable, al igual que el concreto convencional, está compuesto por los elementos básicos como cemento, agua, aditivos y agregado. Sin embargo, su diferencia fundamental radica en la reducción o eliminación casi total del agregado fino, lo que da lugar a una mezcla que presenta una baja densidad y un asentamiento mínimo. Esta característica particular permite que el concreto forme vacíos interconectados dentro de su estructura, creando canales que facilitan el paso del aire y el agua desde la superficie hacia las capas subyacentes del suelo. Gracias a estas propiedades, el concreto permeable se convierte en una opción ideal para aplicaciones que requieren una gestión eficiente del agua, tales como caminos peatonales, pavimentos y zonas de estacionamiento, promoviendo la reducción de la escorrentía superficial y contribuyendo a la recarga de los acuíferos subterráneos (Villalobos, 2023).

Conocido también como hormigón permeable, hormigón poroso o concreto de porosidad mejorada, el concreto permeable es un material especializado que se compone principalmente de cemento Portland, agregado grueso y una cantidad mínima o incluso nula de agregado fino, junto con agua. A diferencia del concreto convencional, donde la presencia de agregados finos es crucial para obtener una estructura densa y sólida, el concreto permeable, al reducir o eliminar estos componentes, favorece la creación de una



red de poros interconectados, lo que mejora su habilidad de permitir el flujo del agua (Pastor & Reyes, 2022).

El principal propósito del concreto permeable es formar superficies que sean capaces de permitir la infiltración del agua de lluvia, lo cual reduce el riesgo de erosión de la capa superficial del suelo. Al facilitar la penetración del agua a través de la superficie, este tipo de concreto juega un papel importante en la preservación de la salud del suelo, favoreciendo la recarga de acuíferos subterráneos y evitando la acumulación excesiva de agua en la superficie. Además, el agua que se infiltra puede ser dirigida hacia sistemas de drenaje o utilizada en la recuperación de recursos hídricos, lo que no solo mejora la calidad del agua, sino que también ayuda a mitigar los problemas asociados con la escorrentía urbana (Benites & Enríquez, 2022).

Una de las principales ventajas del concreto permeable es su capacidad para minimizar el riesgo de inundaciones, especialmente durante eventos de precipitaciones intensas. Al permitir que el agua se drene rápidamente a través de su estructura porosa, este concreto ayuda a aliviar la sobrecarga de los sistemas de drenaje urbano, reduciendo las posibilidades de inundaciones en áreas urbanas propensas a estos fenómenos. Por tanto, el concreto permeable no solo ofrece una solución práctica para el manejo de aguas pluviales, sino que también se posiciona como un material con importantes beneficios medioambientales (Antaurco, 2019).

Desde el punto de vista técnico, el concreto permeable se distingue por su estructura de granulometría abierta, lo que significa que no presenta un asentamiento considerable, manteniendo su forma y características estructurales sin que se compacte de manera significativa. Los poros interconectados presentes en el concreto permeable, que varían en tamaño entre 2 y 8 mm, permiten una infiltración de agua mucho más rápida en comparación con el concreto tradicional. Esta propiedad le otorga una capacidad única para gestionar el agua de manera eficiente. Dependiendo de la proporción de los componentes de la mezcla, la resistencia a la compresión de este concreto puede oscilar

entre 2.8 MPa (equivalente a 28,55 kg/cm²) y 28 MPa (equivalente a 285,52 kg/cm²), lo que refleja una variabilidad en su dureza y resistencia. Además, su contenido de vacíos, que puede variar entre un 15% y un 35%, le proporciona una excelente capacidad de drenaje. Este drenaje se puede medir en términos de tasas que fluctúan entre 0.14 y 1.22 cm/s, dependiendo de factores como el tamaño del agregado utilizado y la densidad general de la mezcla. Esto hace que el concreto permeable sea una opción ideal para proyectos que requieren una alta capacidad de absorción y drenaje de agua, sin comprometer la resistencia estructural del material (Coico, 2023).

Figura 2

Concreto permeable



Nota: Tomada de (Coico, 2023).

El concreto permeable no solo es beneficioso para la gestión del agua, sino que también tiene propiedades acústicas debido a su estructura porosa, lo que reduce el ruido ambiental al permitir la transmisión del sonido de manera diferente. Además, su capacidad para permitir el paso de aire a través de sus poros contribuye a mejorar la ventilación en áreas urbanas, favoreciendo un entorno más saludable. En algunos casos, este tipo de

concreto también facilita el paso de aceites y otros desechos, lo que puede contribuir al tratamiento de aguas residuales y a la mejora de la calidad ambiental en áreas urbanas.

El concreto permeable es una alternativa innovadora y altamente efectiva para enfrentar problemas relacionados con el manejo del agua de lluvia, la prevención de inundaciones y la mejora general del ambiente urbano. Este material destaca por su capacidad para permitir que el agua y el aire penetren a través de su estructura, lo que no solo ayuda a gestionar el agua de manera eficiente, sino que también contribuye a la mejora de las condiciones acústicas y medioambientales de las zonas urbanas. Debido a estas características, el concreto permeable se posiciona como una opción excepcional para proyectos de construcción que buscan no solo optimizar el uso de los recursos naturales, sino también promover una mayor sostenibilidad y eficiencia en la gestión de los recursos disponibles en el entorno urbano (Chaiña & Villanueva, 2017).

► **Aplicaciones del concreto poroso:**

El concreto permeable se está utilizando cada vez más en diversas aplicaciones debido a sus beneficios ambientales, como la mejora de la gestión del agua pluvial, y sus ventajas económicas, como la reducción de costos asociados con el drenaje y mantenimiento. A continuación, se presentan algunas de las aplicaciones más frecuentes de este tipo de concreto:

- Rampas de entrada: El concreto permeable es ideal para rampas de acceso, ya que permite que el agua de lluvia fluya a través de la superficie, evitando que se acumule y reduciendo el riesgo de erosión o inundaciones en áreas circundantes. Esto es especialmente importante en zonas con pendiente o con alta acumulación de agua.
- Aceras y patios: En espacios como aceras y patios, el concreto permeable ofrece una superficie antideslizante que mejora la seguridad para los



peatones. Además, facilita la infiltración de agua al suelo, contribuyendo a mantener el equilibrio hídrico en el área y ayudando a reducir la escorrentía superficial.

- **Aparcamientos:** Los aparcamientos son otro de los lugares donde el concreto permeable resulta beneficioso, ya que permite que el agua de lluvia se infiltre en el suelo en lugar de acumularse en la superficie. Esto no solo ayuda a prevenir inundaciones, sino que también disminuye la posibilidad de erosión en las áreas de estacionamiento.
- **Parques y jardines:** El concreto permeable se utiliza en parques y jardines para mejorar la retención de humedad en el suelo. Al permitir que el agua de lluvia se infiltre, se favorece la salud de las plantas y se mantiene un ambiente natural más equilibrado. Además, se reduce la formación de charcos, lo que mejora la estética y la funcionalidad de estos espacios verdes.
- **Calles y carreteras:** En la pavimentación de calles y carreteras, el concreto permeable facilita la penetración y filtración del agua pluvial, lo que reduce la acumulación de agua en la superficie y contribuye a la prevención de inundaciones. Al filtrar el agua, también se evita la erosión del pavimento y se mejora la durabilidad de las infraestructuras viales (Araujo & Roman, 2019).

2.2.3.1 Ventajas

El concreto permeable ofrece una serie de beneficios tanto ambientales como prácticos. Su principal ventaja es su capacidad para controlar la escorrentía de aguas pluviales, lo cual es crucial para reducir la sobrecarga de los sistemas de drenaje urbano y prevenir inundaciones. Además, actúa como un filtro natural, reduciendo los contaminantes presentes en el agua de lluvia antes de que sea almacenada o utilizada para riego u otras



actividades. Esta capacidad de purificación lo convierte en una opción favorable para áreas urbanas donde el manejo de aguas pluviales es un desafío constante (Jacinto, 2021).

En términos de infraestructura, el concreto permeable también incrementa el espacio disponible en estacionamientos y otras superficies pavimentadas, ya que elimina la necesidad de sistemas de drenaje pluvial convencionales, como canaletas y alcantarillas. Esto no solo optimiza el uso del terreno, sino que también reduce los costos de mantenimiento relacionados con los sistemas de drenaje (Coba & Santos, 2022).

Además, en cuanto a su uso en pavimentos, el concreto permeable mejora la seguridad vial. Al permitir que el agua de lluvia se infiltre en lugar de acumularse en la superficie, reduce el riesgo de deslizamiento de los vehículos, especialmente en condiciones de lluvia. También contribuye a disminuir el ruido generado por la interacción entre los neumáticos y el pavimento, lo que resulta en una conducción más tranquila. Otro beneficio importante es su capacidad para reducir el resplandor de las superficies mojadas durante la noche, mejorando la visibilidad y disminuyendo el riesgo de accidentes (Reyes, 2019).

Desde una perspectiva ambiental, el concreto permeable tiene un impacto positivo significativo, ya que promueve y apoya el ciclo natural del agua. En lugar de permitir que el agua de lluvia se desplace hacia sistemas de drenaje que eventualmente desembocan en cuerpos de agua superficiales, este material facilita que el agua se infiltre directamente en el suelo, lo que beneficia la recarga de los acuíferos subterráneos. Esta acción no solo contribuye a la conservación del agua, sino que también mejora la calidad del suelo. Además, el concreto permeable juega un papel clave en el mantenimiento de los ecosistemas urbanos, ya que permite que tanto el agua como el aire lleguen a las raíces de las plantas y árboles, lo que mejora su capacidad para crecer y mantenerse saludables. Este tipo de infraestructura, por lo tanto, no solo es beneficioso para la gestión del agua, sino también para la biodiversidad y la sostenibilidad de los entornos urbanos (Peralta & Huamolles, 2023).



Según (Ríos & Layza, 2020) el uso de pavimentos de concreto poroso presenta una serie de beneficios en comparación con los pavimentos de concreto tradicionales, destacándose principalmente en el manejo eficiente del agua pluvial y en la mejora de diversas condiciones ambientales y de seguridad en las infraestructuras urbanas y rurales. A continuación, se enumeran algunas de las ventajas más relevantes de este tipo de pavimentación:

- ▶ Mejora en la gestión de la contaminación del agua de lluvia: Uno de los principales beneficios del concreto poroso es su capacidad para controlar la contaminación del agua pluvial directamente en la fuente. Al permitir que el agua fluya a través del pavimento y se filtre en el suelo, se reduce la escorrentía superficial, lo que ayuda a prevenir la acumulación de contaminantes en las aguas superficiales.
- ▶ Ampliación de los espacios de estacionamiento: El concreto poroso también contribuye a incrementar el espacio útil para estacionamiento, al eliminar la necesidad de áreas adicionales para la retención de agua. Esto permite que los terrenos destinados a aparcamientos aprovechen mejor su capacidad y se optimicen las zonas disponibles.
- ▶ Control de la escorrentía de aguas pluviales: Al permitir la filtración del agua de lluvia a través de la superficie del pavimento, el concreto poroso contribuye significativamente a la reducción de la escorrentía, disminuyendo el riesgo de inundaciones y ayudando a gestionar el agua de manera más sostenible en entornos urbanos.
- ▶ Reducción del riesgo de hidroplaneo: Gracias a su estructura permeable, el concreto poroso favorece la drenabilidad de las superficies de las carreteras. Esto resulta en una menor acumulación de agua sobre el pavimento, reduciendo así el riesgo de hidroplaneo, un fenómeno peligroso que ocurre cuando los neumáticos pierden contacto con la carretera mojada.



- ▶ Mejoras en el rendimiento de aeronaves durante el despegue: En aplicaciones aeroportuarias, el concreto poroso puede contribuir a un mejor despegue de las aeronaves. Esto se debe al efecto de enfriamiento que genera la superficie permeable, lo cual puede ser beneficioso para la elevación de los aviones en el momento de iniciar su vuelo.
- ▶ Disminución del deslumbramiento nocturno en carreteras mojadas: La textura del concreto poroso ayuda a reducir el brillo que se produce en las superficies de las pistas cuando están humedecidas, especialmente por la noche. Esta disminución en el deslumbramiento mejora la visibilidad y la seguridad para los conductores.
- ▶ Reducción del ruido producido por los neumáticos: El pavimento de concreto poroso contribuye a una reducción significativa del ruido causado por la interacción entre los neumáticos de los vehículos y la superficie de la carretera. Esto es particularmente beneficioso en áreas urbanas donde la contaminación acústica es un problema.
- ▶ Disminución o eliminación de bocas de tormenta: Gracias a su capacidad para filtrar el agua, el concreto poroso puede reducir o incluso eliminar la necesidad de bocas de tormenta, lo cual es un avance importante en el diseño de infraestructuras más sostenibles y eficientes.
- ▶ Beneficios para los árboles urbanos: Este tipo de pavimentación también facilita la penetración de aire y agua hacia las raíces de los árboles, incluso cuando el pavimento se encuentra adentro de la línea de goteo de dichos árboles. Esto favorece la salud de los árboles en entornos urbanos, permitiéndoles recibir los nutrientes y la humedad necesarios sin interferencias.

2.2.3.2 Desventajas

A pesar de sus múltiples ventajas, el concreto permeable presenta algunas desventajas que deben considerarse antes de su implementación, especialmente cuando se emplea como capa de rodadura. Una de las principales limitaciones es que su uso está restringido a áreas de tránsito liviano, como estacionamientos, senderos peatonales y calles con baja circulación vehicular. Esto se debe a que el concreto permeable, debido a su estructura porosa, es más susceptible al desgaste y daño causado por el tráfico pesado (Jacinto, 2021).

Otra desventaja importante es el tiempo de curado extendido que requiere. El concreto permeable necesita un proceso de curado más largo que el concreto convencional, lo que puede retrasar la finalización de los proyectos de construcción y aumentar los costos asociados. Además, su colocación implica prácticas de construcción especializadas que requieren personal capacitado y equipos específicos para garantizar que la mezcla se realice correctamente y que el concreto cumpla con las expectativas de resistencia y durabilidad (Coba & Santos, 2022).

También existen limitaciones relacionadas con las condiciones del terreno. El concreto permeable no es adecuado para suelos expansivos, que tienden a hincharse y contraerse con los cambios de humedad, ya que esta fluctuación puede comprometer la estabilidad de la estructura. Igualmente, el concreto permeable no es ideal para regiones donde las heladas son comunes, ya que las temperaturas bajo cero pueden causar la congelación del agua que se infiltra a través de la superficie, lo que puede provocar fisuras o daños en la capa de rodadura.

Por último, otro desafío es la fluidez de las mezclas. Las mezclas de concreto permeable requieren un balance preciso de los ingredientes para garantizar la permeabilidad sin sacrificar la resistencia. Si la mezcla no tiene la consistencia adecuada, puede resultar en una estructura débil, con vacíos excesivos que no se comportan como

se espera. El control de la igualdad de los agregados y la cuantía de agua es crucial para mantener las propiedades óptimas del concreto permeable.

El concreto permeable ofrece soluciones sostenibles y eficientes, su implementación puede verse limitada por su idoneidad para ciertas condiciones de tráfico y clima, así como la necesidad de técnicas de construcción especializadas. Estos factores deben ser cuidadosamente evaluados para garantizar su éxito en proyectos de construcción.

2.2.3.3 Componentes

► Cemento

El cemento Portland es un componente esencial en la fabricación del concreto permeable, desempeñando el papel principal como aglutinante que mantiene unidos los diferentes materiales dentro de la mezcla. Sin embargo, no es el único ingrediente utilizado para preparar este tipo de concreto. En ocasiones, se incorporan otros materiales cementicios como las cenizas volantes, la escoria o el humo de sílice, con el fin de mejorar ciertas propiedades del concreto, tales como su resistencia y durabilidad (Comun & Tito, 2023).

Es importante tener en cuenta que, aunque aumentar la cantidad de cemento Portland o materiales similares puede mejorar la resistencia del concreto, este exceso podría comprometer una de las características más cruciales del concreto permeable: su capacidad para permitir el paso del agua. Un incremento excesivo de cemento puede disminuir el porcentaje de vacíos en la mezcla, lo que afectaría negativamente la filtración del agua, que es la función principal de este material. Por esta razón, las normativas, como la ACI 522R-10, establecen que la cantidad recomendada de cemento para el diseño de concreto permeable debe estar entre 270 y 415 kg/m³ (Prado & Romero, 2021).

Desde un enfoque técnico, el cemento se clasifica como un aglutinante hidráulico, lo que significa que tiene la capacidad de poder endurecerse y ganar resistencia cuando entra en contacto con el agua. Este proceso de endurecimiento ocurre gracias a una combinación de materiales arcillosos y calcáreos, que, al ser sometidos a altas temperaturas, se transforman en cemento Portland. Este tipo de cemento es ampliamente utilizado en diversas construcciones, incluidas las obras que emplean concreto permeable (Amaya & Navarro, 2024).

Además, el cemento Portland es relativamente ligero en comparación con otros materiales utilizados en la construcción de concreto, lo que lo convierte en una opción favorable. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, al agregar cemento en la mezcla, es necesario considerar tanto la calidad como la cantidad de los componentes del concreto. Esto garantiza que el concreto no solo sea resistente, sino que también mantenga las propiedades que lo hacen adecuado para filtrar agua y permitir la infiltración eficiente (Loyo & López, 2021).

► **Agregados**

El tipo de agregado utilizado juega un papel fundamental en su desempeño, especialmente en cuanto a su capacidad para permitir la filtración de agua. El agregado grueso es el material más comúnmente utilizado en este tipo de concreto. Este agregado puede ser de diferentes tamaños, generalmente oscilando entre $\frac{3}{4}$ de pulgada y $\frac{3}{8}$ de pulgada, y en algunos casos, se pueden usar mezclas que combinan diferentes tamaños de partículas para lograr una estructura más eficiente (Loyo & López, 2021).

En cuanto a la forma del agregado, este puede ser angular o redondo, dependiendo de las necesidades específicas de la mezcla. Los agregados angulares, debido a sus bordes más definidos, pueden ofrecer una mejor cohesión en la mezcla, mientras que los



agregados redondos suelen ser más fáciles de manipular, pero pueden no proporcionar la misma estabilidad en algunas aplicaciones.

En cuanto al agregado fino, su uso en el concreto permeable es limitado. La razón de esta restricción radica en que el agregado fino tiende a interrumpir la red de vacíos en el interior del concreto, lo que afecta negativamente a su capacidad para permitir la penetración de líquidos, una de las cualidades más destacadas del concreto permeable. Además, el agregado fino puede incrementar la densidad del concreto y su resistencia a la compresión, pero a costa de reducir su capacidad de filtración.

Según las directrices del ACI 522R, la calidad del agregado utilizado en concreto permeable debe ser de la misma importancia que en el concreto convencional. Es esencial que el agregado cumpla con ciertos requerimientos de calidad establecidos por las normativas de ensayo de materiales. Se deben evitar materiales con escamas o partículas alargadas, ya que estas no solo afectan la calidad estructural del concreto, sino que también pueden obstaculizar la interconexión entre los vacíos del material, reduciendo su capacidad de filtrar agua de manera eficiente (Paredes & Revilla, 2022).

► Agua

El agua es un componente esencial en la preparación del concreto, ya que desempeña un papel crucial tanto en su estado fresco como en su estado endurecido. Su función no solo está relacionada con la trabajabilidad de la mezcla, sino también con la resistencia final del concreto. La cantidad de agua utilizada se ajusta cuidadosamente para garantizar que la relación agua/cemento (a/c) sea adecuada para las necesidades específicas de cada proyecto, lo que influye en la facilidad de mezcla y en la capacidad de soporte del concreto. Sin embargo, no solo la cantidad de agua es importante, sino también su calidad, ya que esta puede afectar el comportamiento del concreto a lo largo del tiempo (Morquencho, 2021).



El agua de mezclado es aquella que se utiliza para combinar el cemento y los agregados, y su función principal es hidratar el cemento y crear una pasta que permita una adecuada lubricación de los componentes del concreto. Esta pasta debe ser suficientemente fluida para facilitar su manipulación durante la mezcla y la colocación. La cantidad de agua añadida influye directamente en la consistencia de la mezcla: si se añade más agua, la pasta será más fluida, y si se usa menos, la mezcla será más espesa. A medida que el concreto endurece, parte del agua se incorpora en la estructura química del material, convirtiéndose en parte de su composición sólida, mientras que el resto permanece como agua libre, formando poros dentro del concreto (Chapoñan & Garcia, 2023).

Si se aumenta la cuantía de agua de mezclado, se incrementará el volumen de agua libre, lo que a su vez puede aumentar la porosidad del concreto. Con el tiempo, el agua libre tiende a evaporarse, dejando conductos vacíos dentro del concreto endurecido, lo que podría afectar negativamente su durabilidad. Por ello, es crucial mantener un balance adecuado en la cantidad de agua para evitar problemas a largo plazo, como la pérdida de resistencia o la infiltración de agua (Obregón, 2021).

Una vez que el concreto comienza a fraguar, es esencial asegurar el curado adecuado del material. El curado implica el suministro constante de agua al concreto durante un período de tiempo específico para garantizar que el cemento continúe su proceso de hidratación. Este proceso es vital para obtener un concreto de alta calidad y resistencia. El objetivo principal del curado es mantener al concreto lo más cercano posible a su estado de saturación durante el tiempo necesario para que el agua penetre y rellene todos los espacios vacíos entre las partículas de cemento, facilitando así el desarrollo completo de la estructura hidratada (Jacinto, 2021).

2.2.3.4 Propiedades

Las características de resistencia del concreto permeable están influenciadas por varios factores clave, tales como la cantidad de cemento utilizado, la relación entre el agua y el cemento (w/cm), el grado de compactación alcanzado en la mezcla y la calidad, así como la distribución del agregado dentro del concreto. Estos elementos juegan un papel fundamental en la determinación de la fuerza y la durabilidad del material. Aunque el concreto permeable se ha utilizado en proyectos de pavimentación en los Estados Unidos durante más de 20 años, todavía existe una limitada cantidad de investigaciones dedicadas a evaluar su desempeño específico en diversas condiciones. Esto resalta la necesidad de estudios más detallados que profundicen en el comportamiento y las ventajas de este tipo de concreto a lo largo del tiempo.

► **Revenimiento(slump)**

El revenimiento, también conocido como asentamiento, es una prueba estándar utilizada para medir la consistencia de una mezcla de concreto fresco. Este ensayo indica la fluidez o rigidez de la mezcla, proporcionando información clave sobre su trabajabilidad. El revenimiento se mide mediante un cono truncado, que se llena con la mezcla de concreto y luego se retira, permitiendo que la mezcla se asiente por su propio peso. Cuanto mayor sea el asentamiento o el "slump", más fluida y húmeda será la mezcla, lo que implica una mayor cantidad de agua en la mezcla de concreto. El procedimiento de este ensayo está establecido en la norma ASTM C143 y es fundamental para asegurar que el concreto tenga la consistencia adecuada para su aplicación, evitando problemas como la segregación o la falta de cohesión.

En el caso del concreto permeable, la situación es diferente. Este tipo de concreto se caracteriza por tener una mezcla con muy poca agua y una alta proporción de agregados gruesos, lo que le otorga una baja trabajabilidad. Debido a su naturaleza porosa y su baja

cantidad de agua, el concreto permeable generalmente presenta un valor de revenimiento cercano a "cero", lo que significa que la mezcla es extremadamente densa y difícil de trabajar. Al realizar la prueba de revenimiento en concreto permeable, los valores suelen oscilar entre 0 y 1 cm, lo que refleja su consistencia extremadamente rígida. Este bajo revenimiento es una característica inherente al concreto permeable, ya que la mezcla está diseñada para ser lo suficientemente estructurada como para formar una superficie porosa sin comprometer la capacidad de carga.

El hecho de que el concreto permeable tenga un revenimiento de casi cero significa que su trabajabilidad se ve limitada, lo que implica que el proceso de colocación y acabado de este material debe ser manejado con especial cuidado. Dado su bajo contenido de agua, el concreto permeable requiere técnicas de compactación y manipulación especializadas para asegurar que se logre una distribución adecuada de los agregados y se mantengan las propiedades de permeabilidad sin sacrificar su resistencia.

► **Resistencia a compresión**

La resistencia a la compresión se refiere a la capacidad máxima que un espécimen de concreto puede soportar frente a una carga aplicada de forma axial. Es un parámetro fundamental para evaluar el rendimiento estructural del concreto. Según las normas establecidas, como la ASTM C39, la resistencia compresiva se determina mediante un ensayo en el cual se somete al material a una carga hasta que alcanza el punto de ruptura.

En el caso del concreto permeable, este parámetro es especialmente sensible a ciertos factores durante su colocación. Uno de los más importantes es el esfuerzo de compactación, que tiene una repercusión directa sobre la capacidad del concreto para resistir cargas. Si bien el concreto permeable tiene una estructura porosa que facilita el drenaje, su resistencia a la compresión puede ser inferior a la de otros tipos de concreto debido a la mayor cantidad de vacíos presentes en su composición.

Según estudios previos, los valores típicos de resistencia a la compresión para concreto permeable suelen estar en el rango de 175 kg/cm². Sin embargo, esta cifra no es fija y puede variar dependiendo de diversos factores. La resistencia que se obtiene en una obra en particular dependerá de la calidad de los materiales utilizados, las técnicas de colocación empleadas y las condiciones ambientales durante la ejecución, factores que son relevantes en cualquier tipo de concreto.

Para mejorar la resistencia a la compresión del concreto permeable, es esencial optimizar varios aspectos clave. Uno de los principales es la resistencia de la pasta, que se refiere a la mezcla de cemento y agua. Asegurarse de que esta pasta tenga las propiedades adecuadas de adhesión y durabilidad es fundamental para garantizar una alta resistencia. Además, la cohesión entre el agregado grueso y la pasta también desempeña un papel crucial, ya que una mala interacción entre estos componentes puede comprometer la resistencia global del concreto.

Para alcanzar mejores niveles de resistencia, se recomienda el uso de agregados gruesos de menor tamaño, ya que estos permiten una mejor compactación y cohesionan mejor con la pasta. Asimismo, el uso de aditivos o materiales adicionales en la mezcla, como plastificantes o aditivos que mejoren la durabilidad, puede contribuir significativamente a aumentar la resistencia compresiva del concreto permeable, mejorando tanto su rendimiento estructural como su vida útil.

► **Resistencia a flexión**

La resistencia a la flexión es una de las propiedades fundamentales del concreto permeable, ya que influye directamente en su desempeño frente a cargas que provocan deformaciones en su estructura. A diferencia del concreto hidráulico convencional, el concreto permeable exhibe una resistencia a la flexión superior, que generalmente equivale a alrededor del 30% de su resistencia a la compresión. Esto significa que, en términos

relativos, la resistencia de flexión del concreto permeable es más alta que la de los concretos tradicionales, lo que le otorga ventajas importantes en aplicaciones donde se requieren superficies capaces de soportar esfuerzos flexionales, como en pavimentos y estructuras de tránsito (Ríos & Layza, 2020).

Aunque la resistencia a la compresión es más sencilla de medir y obtener mediante ensayos estándar, esta propiedad también se utiliza como un indicador indirecto de la resistencia a la flexión. Esto es posible gracias a la existencia de relaciones empíricas previamente establecidas entre ambas propiedades. Dichas relaciones permiten predecir, con cierto grado de precisión, la resistencia a la flexión a partir de la resistencia a la compresión, siempre y cuando se haya determinado la correspondencia adecuada para los materiales específicos y las dimensiones de los elementos en cuestión.

El concreto permeable no solo sobresale en su capacidad para manejar agua a través de su estructura porosa, sino también por su comportamiento favorable frente a esfuerzos de flexión, lo que lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones donde tanto la resistencia compresiva como a la flexión son cruciales.

2.2.4 Accesos peatonales

Son las infraestructuras o rutas diseñadas específicamente para el tránsito de personas a pie, que permiten el desplazamiento seguro y cómodo de los peatones desde un punto de origen hasta un destino, conectando diferentes espacios públicos, privados o áreas urbanas. Estos accesos incluyen, por ejemplo, aceras, pasos peatonales, puentes peatonales, rampas, escaleras, y cruces de calles adecuados para peatones, que deben estar diseñados para garantizar la accesibilidad y seguridad de todos los usuarios, independientemente de su movilidad. Además, deben cumplir con normativas y estándares que aseguren la protección del peatón frente a los vehículos y otras posibles obstrucciones. La correcta planificación y diseño de accesos peatonales contribuyen a una mayor inclusión y a la mejora de la calidad de vida en las ciudades.



El diseño de los accesos peatonales debe ser considerado dentro de un plan de movilidad urbana inclusivo, teniendo en cuenta las siguientes características clave:

- **Seguridad:** Los accesos peatonales deben garantizar que los peatones estén protegidos de los vehículos, de la misma forma que los vehículos están protegidos de los peatones. Esto implica la existencia de barreras físicas, como bordillos, señales luminosas en los cruces, semáforos, entre otros.
- **Accesibilidad:** Los accesos deben ser accesibles para todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas. Esto implica que deben diseñarse teniendo en cuenta la diversidad de los usuarios, incluyendo personas con movilidad reducida, personas mayores, y niños. La accesibilidad no solo se refiere a la construcción de rampas, sino también a la eliminación de obstáculos, la amplitud de las aceras, la pavimentación adecuada y la instalación de señales táctiles o auditivas cuando sea necesario.
- **Confort:** Los accesos peatonales deben estar diseñados para ser cómodos, es decir, deben ofrecer una superficie plana y segura, sin grietas ni superficies irregulares. Además, deben estar protegidos de las inclemencias del clima mediante la existencia de árboles, toldos o estructuras de sombra.
- **Conectividad:** Los accesos peatonales deben estar conectados entre sí y con otros medios de transporte, como estaciones de metro, paradas de buses, etc., para facilitar la movilidad de los usuarios. Una buena red de accesos peatonales facilita el uso de transporte público y reduce la dependencia de vehículos privados.
- **Visibilidad y señalización:** Los peatones deben tener visibilidad para detectar posibles riesgos y obstáculos, mientras que los conductores deben ser alertados sobre la presencia de peatones en las intersecciones. Las zonas de paso peatonal deben estar claramente señalizadas y las intersecciones deben contar con medidas adecuadas para disminuir el riesgo de accidentes.

- **Sostenibilidad:** Los accesos peatonales también deben estar diseñados con criterios sostenibles, como la inclusión de pavimentos permeables, vegetación que pueda contribuir al control de la temperatura y la gestión del agua de lluvia, y el uso de materiales ecológicos que minimicen el impacto ambiental.

La calidad de los accesos peatonales refleja el nivel de accesibilidad e inclusividad de una ciudad. Las ciudades con una infraestructura peatonal adecuada y segura promueven un estilo de vida más saludable, reducen el uso de vehículos motorizados, mejoran la calidad del aire y fomentan la integración social, ya que todas las personas pueden desplazarse de manera segura y autónoma. Además, los accesos peatonales bien diseñados son fundamentales para el desarrollo de una movilidad urbana sostenible, que prioriza a las personas sobre los vehículos y promueve la convivencia armónica entre diferentes tipos de usuarios de la vía.

2.3 conceptual

- Agregado:** Es un material granular utilizado en la fabricación de concreto, que puede ser de origen natural o manufacturado. Se clasifica en agregados finos (como arena) y agregados gruesos (como grava o piedra triturada). Su función es proporcionar resistencia y volumen al concreto.
- Acceso peatonal:** Es el paso o camino diseñado para el tránsito de personas a pie, que puede ser una acera, senda o ruta, destinada a garantizar la seguridad y comodidad del peatón en áreas urbanas, rurales o en edificaciones.
- Concreto permeable:** Es un tipo de concreto diseñado para permitir el paso del agua a través de él, reduciendo el escurrimiento superficial y promoviendo la infiltración del agua en el suelo. Se utiliza para áreas de pavimentación como estacionamientos, senderos y calles, favoreciendo la gestión sostenible del agua.



- d.** Piedra chancada: Es un material de construcción obtenido a partir de la trituración de rocas duras, generalmente granito o basalto. Se utiliza en la fabricación de concreto, como base para pavimentos, y en la construcción de obras de ingeniería civil debido a su resistencia y durabilidad.

- e.** Viruta de acero: Son pequeños fragmentos o partículas de acero obtenidos a partir de procesos de corte o mecanizado de piezas metálicas. En la construcción, la viruta de acero se utiliza como material en la fabricación de productos como refuerzos para concreto o como agregado para mejorar propiedades del concreto.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación es el conjunto de procedimientos y técnicas utilizadas por el investigador para llevar a cabo el proceso de investigación científica. Este conjunto de métodos permite que la investigación sea sistemática, ordenada y objetiva. A través de la metodología se establecen los pasos y herramientas a seguir para recopilar, analizar y presentar los datos obtenidos, con el fin de obtener resultados que sean válidos, confiables y reproducibles. La metodología también incluye la justificación de la elección de métodos, el diseño de investigación y el análisis de los datos. Una correcta metodología de investigación garantiza que el estudio se conduzca de manera eficiente y rigurosa. Además, la elección de la metodología depende del tipo de estudio, la naturaleza del problema de investigación, los objetivos planteados y los recursos disponibles (Villanueva, 2022).

3.1 Diseño de la investigación

Experimental es un enfoque utilizado para investigar las relaciones causa-efecto entre variables. En este diseño, el investigador interviene en una o más variables independientes (factores que se modifican) y observa el efecto de estas manipulaciones sobre las variables dependientes (resultados observados). Este tipo de diseño permite controlar las condiciones de los experimentos, minimizando los posibles sesgos o interferencias externas que puedan alterar los resultados. La experimentación se realiza generalmente en un ambiente controlado, ya sea en un laboratorio o en un entorno

simulado que permita la observación de los efectos de las variables de interés. Este diseño se caracteriza por su capacidad de establecer relaciones causales claras entre variables. Para ello, se suelen utilizar grupos experimentales y de control, donde el grupo experimental recibe el tratamiento o manipulación de la variable independiente, mientras que el grupo de control no recibe este tratamiento (Villanueva, 2022).

Diseño experimental porque implica la manipulación de variables independientes (como la cantidad de piedra chancada y virutas de acero) para observar sus efectos sobre las propiedades del concreto permeable. Al realizar pruebas controladas y comparar diferentes mezclas, se establece relaciones causales entre las modificaciones en el concreto y las mejoras en sus características.

3.2 Métodos de la investigación

Método científico, proceso estructurado y sistemático utilizado para generar conocimiento válido sobre fenómenos naturales o sociales. Este método sigue una serie de pasos que incluyen la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación, el análisis de los resultados y la validación de las conclusiones. Cada etapa del proceso es fundamental para asegurar que los resultados obtenidos sean reproducibles y verificables por otros investigadores. El método científico también fomenta la objetividad, ya que se basa en la recolección y análisis de datos de manera imparcial (Villanueva, 2022).

Método de investigación científica, ya que se empleó un proceso sistemático y riguroso para formular hipótesis, realizar experimentos y analizar los resultados. A través de este método, validas los efectos de las modificaciones en el concreto, asegurando que los resultados sean objetivos y verificables.

3.3 Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo es un enfoque de investigación que se centra en la recolección y el análisis de datos numéricos para obtener conclusiones objetivas y medibles. Este enfoque se basa en el uso de herramientas estadísticas y matemáticas para analizar patrones, tendencias y relaciones entre variables. El objetivo principal del enfoque cuantitativo es generalizar los resultados a una población más amplia, utilizando métodos como encuestas, experimentos o análisis de datos secundarios. Se caracteriza por su objetividad, precisión y la capacidad de proporcionar resultados replicables y verificables (Villanueva, 2022).

Enfoque cuantitativo ya que la tesis se centró en el análisis de los resultados numéricos.

3.4 Nivel y tipo de investigación

3.4.1 *Tipo de la investigación*

Mediante la aplicación de ideas y metodologías científicas, el objetivo de la investigación aplicada es encontrar soluciones a problemas concretos que se plantean en el mundo real. Por otro lado, la investigación aplicada se esfuerza por identificar respuestas prácticas a cuestiones concretas en campos como la salud, la educación, la tecnología o la ingeniería. Esto se distingue de la investigación fundamental, que busca ampliar conocimientos sin una aplicación inmediata. Este tipo de estudio se centra en las aplicaciones prácticas, con el objetivo de abordar problemas reales y mejorar circunstancias concretas dentro de un entorno específico (Rodríguez, 2020).

Tipo aplicada porque busca resolver un problema práctico: mejorar las propiedades del concreto permeable para su uso en accesos peatonales en la ciudad de Juliaca.

3.4.2 Nivel de la investigación

El nivel explicativo se enfoca en identificar las causas de los fenómenos y explicar cómo y por qué ocurren ciertos eventos. A través de este tipo de investigación, los científicos buscan no solo describir un fenómeno, sino entender las relaciones causales que lo subyacen. El objetivo principal es proporcionar explicaciones profundas y detalladas que puedan ser generalizadas a otras situaciones o contextos. Este nivel es más avanzado que los niveles descriptivos o correlacionales, ya que aborda la pregunta fundamental de "por qué" suceden los fenómenos observados (Villanueva, 2022).

Nivel explicativo ya que no solo te limita a describir las propiedades del concreto modificado, sino que también busca entender las causas detrás de esas propiedades.

3.5 Población y muestra de la investigación

3.5.1 Población

Conjunto total de elementos, elementos u objetos que comparten características comunes y son el tema de estudio. Dependiendo del objetivo de la investigación, la población puede ser amplia o específica. Por ejemplo, si se estudian las propiedades de un tipo de concreto, la población sería todo el concreto de ese tipo que se utiliza en un área determinada, como en la ciudad de Juliaca. La población es el grupo sobre el que se desea generalizar los resultados de la investigación (Iglesias, 2021).

La población corresponde a todos los concretos permeables con modificaciones de piedra chancada y virutas de acero que puedan ser utilizados en accesos peatonales en la ciudad de Juliaca.

3.5.2 Muestra

En investigación, la muestra es un subconjunto representativo de la población, seleccionada de manera tal que sus características reflejen fielmente las de la población total. La muestra se utiliza cuando es impracticable o costoso estudiar a toda la población.



La selección de la muestra debe ser cuidadosa para asegurar que sea representativa, lo cual puede lograrse mediante diversos métodos de muestreo, como aleatorio, estratificado, o por conveniencia. La calidad de la muestra afecta directamente la validez de los resultados y su aplicabilidad a la población general (Castillo et al., 2014).

La muestra corresponde a una selección representativa de la población, es decir, a un subconjunto de concretos permeables con piedra chancada y virutas de acero que serán utilizados en accesos peatonales en Juliaca.

Específicamente, esta muestra está compuesta por:

- Concreto patrón, CPP.
- Concreto con 8%, 16%, y 32% de piedra chancado (PICH).
- Concreto con 8%, 16%, y 32% de viruta de acero (VAC).

3.6 Técnicas e instrumentos

3.6.1 Técnicas

Son los procedimientos y métodos específicos utilizados para recolectar datos de manera sistemática en una investigación. Estas técnicas dependen del tipo de estudio, los objetivos de la investigación y el enfoque metodológico seleccionado. Las técnicas pueden ser cualitativas, como entrevistas, grupos focales o observación participante, que permiten recolectar información detallada y profunda sobre fenómenos complejos. También pueden ser cuantitativas, como encuestas, experimentos o análisis estadísticos, que permiten obtener datos numéricos y analizarlos con herramientas estadísticas (Hadi et al., 2023).

- Observación.
- Recolección de datos experimentales.
- Análisis comparativo.

3.6.2 Instrumentos

Herramientas utilizadas para recolectar datos durante el proceso investigativo. Estos instrumentos permiten medir o registrar de manera precisa y objetiva las variables de estudio. Pueden ser cuestionarios, encuestas, pruebas de laboratorio, escalas de medición, grabadoras, cámaras, entre otros, dependiendo del tipo de datos que se necesiten obtener. Los instrumentos de investigación se diseñan de acuerdo a las técnicas utilizadas y deben ser validados para asegurar que midan lo que se pretende medir de forma adecuada (Hadi et al., 2023).

- Máquinas de prueba.
- Fichas de registro experimental.
- Listas de control.

3.7 Validación y confiabilidad del instrumento

3.7.1 Validación de los instrumentos

Proceso mediante el cual se asegura que un instrumento de investigación mide lo que realmente se propone medir. Este proceso es fundamental para garantizar que los resultados obtenidos sean precisos y pertinentes para el objetivo del estudio. La validación implica una evaluación rigurosa de la calidad del instrumento, lo que puede incluir pruebas de contenido, criterio y constructo. En la validación de un instrumento, se revisa si las preguntas, ítems o procedimientos utilizados están correctamente alineados con las variables que se desean medir.

3.7.2 Confiabilidad de instrumentos

Hace referencia a la consistencia y estabilidad de los resultados que produce al ser utilizado en diferentes ocasiones o con diferentes sujetos, en condiciones similares. Un instrumento es confiable si, al repetirse el proceso de medición, los resultados obtenidos son consistentes y no varían de manera significativa. La confiabilidad es crucial para

asegurar que los datos obtenidos en una investigación sean reproducibles y no estén sujetos a errores o fluctuaciones aleatorias.

3.8 Procedimiento de recolección de datos

❖ Piedra chancada

La piedra chancada empleada en esta investigación proviene de la cantera Piedra Azul, ubicada en la región cercana a Juliaca. Esta cantera es conocida por la calidad y resistencia de su material, lo que hace de su piedra chancada una opción ideal para la fabricación de concreto.

❖ Viruta de acero

Las virutas de acero utilizadas en esta investigación fueron adquiridas en tiendas comerciales especializadas en materiales para la construcción y suministros industriales.

❖ Importante

La incorporación de piedra chancada y viruta de acero en esta investigación fue realizada como reemplazo parcial del agregado grueso tradicional en la mezcla de concreto permeable.

3.8.1 *Ensayos en laboratorio*

❖ Contenido de humedad

El contenido de humedad del suelo se define como la proporción entre el peso del suelo húmedo y el peso del suelo seco, expresada en porcentaje.

- Selección de la muestra de agregados: Se debe elegir la muestra de acuerdo con las pautas establecidas en la norma NTP 339.185:2013, teniendo en cuenta las recomendaciones específicas para determinar el tamaño adecuado de la muestra.
- Preparación del equipo de muestreo: Es importante asegurarse de que tanto el equipo utilizado para tomar las muestras como los recipientes estén completamente limpios y secos, para evitar que cualquier impureza afecte los resultados.

- Pesado del recipiente vacío: Utilizando una balanza de precisión, se debe pesar un recipiente limpio y seco y registrar su peso exacto.
- Incorporación de la muestra: A continuación, se introduce la muestra de agregado en su estado natural, es decir, sin haber sido secada previamente, en el recipiente. El peso total del recipiente con la muestra debe ser anotado.
- Secado en el horno: El recipiente con la muestra se debe colocar en un horno que previamente se ha calentado a una temperatura constante de 110 ± 5 °C. La muestra debe permanecer en el horno durante al menos 24 horas, o hasta que su peso se estabilice, lo que indica que toda la humedad ha sido eliminada.
- Enfriamiento de la muestra: Después de retirar el recipiente con la muestra del horno, debe dejarse enfriar a temperatura ambiente, preferiblemente en un desecador, para evitar que la muestra absorba humedad del aire.
- Pesado de la muestra seca: Una vez que la muestra esté completamente fría, se vuelve a pesar el recipiente con la muestra seca y se registra el peso final.
- Repetición del ensayo: Para garantizar la precisión de los resultados, es recomendable realizar el ensayo en tres repeticiones para el agregado fino y en tres repeticiones para el agregado grueso, lo que ayudará a asegurar la consistencia de los resultados obtenidos.

Figura 3

Secado de muestras





❖ Análisis granulométrico (NTP400.012)

- El proceso de análisis granulométrico comenzó con el secado de la muestra, asegurándose de alcanzar un peso constante. Para ello, se mantuvo una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en el horno durante el proceso. La muestra seleccionada para este análisis provenía de un grupo de partículas extraídas de la cantera y fue transportada al laboratorio de ensayos con las precauciones necesarias para garantizar su limpieza y evitar contaminaciones externas. Una vez en el laboratorio, la muestra fue colocada en el horno y secada durante un periodo de 24 horas, con una tolerancia de ± 5 horas.
- Para realizar el análisis granulométrico, se eligieron tamices con aperturas de malla adecuadas, según lo estipulado en la Norma Peruana 400.012, con el objetivo de obtener los resultados detallados que el estudio requería. En este caso, la muestra total pesaba 5 kg de agregado grueso y 1.3 kg de agregado fino. La muestra fue procesada a través de los tamices, y los datos obtenidos se organizaron en cuadros estadísticos derivados de los resultados obtenidos de cada tamiz. Dado que cada tamiz tiene diferentes tamaños de abertura, cada uno retuvo una porción específica de las partículas presentes en la muestra.
- Los tamices se colocaron en orden descendente según el tamaño de las aberturas de la malla. Después de preparar la muestra, se vertió cuidadosamente sobre los tamices y se cubrió la parte superior para evitar la pérdida de material durante el agitado. Los tamices se agitaron en un movimiento circular durante un tiempo de 2 minutos, asegurando que la muestra se distribuyera de manera homogénea en todos los tamices.
- Una vez completado el proceso de agitación, los tamices se colocaron sobre una superficie plana para evitar que el material se desbordara. Luego, se retiró la tapa de los tamices y se comenzó con la extracción del primero, que tenía la abertura de

malla más grande. Se pesó el material retenido en cada tamiz, utilizando cepillos metálicos para asegurar que no quedara material adherido a las mallas.

- Al finalizar el ensayo, se obtuvieron los siguientes resultados clave: el módulo de finura, el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino, los cuales son cruciales para evaluar las propiedades del material y su idoneidad para su uso en la construcción.

Figura 4

Gradación de los agregados



❖ Peso unitario (ASTM-C 29 - NTP400.017)

- El procedimiento comenzó con la selección de un recipiente adecuado, el cual fue elegido en función del tamaño máximo de las partículas del agregado que se iba a utilizar. Una vez preparado el recipiente, se comenzó a llenarlo con el agregado utilizando una pala, asegurándose de que el material no sobrepasara más de 2 pulgadas por debajo del borde superior del recipiente. La carga se vertió hasta llenar aproximadamente un tercio de la altura del recipiente, y luego se procedió a compactar esta capa usando una barra compactadora de 5/8" de diámetro y 60 cm

de longitud. Durante el proceso de compactación, se tuvo cuidado de no dejar que la barra tocara el fondo del recipiente para evitar errores en la medición.

- Una vez compactada la primera capa, se vertió una segunda capa de agregado, repitiendo el proceso hasta alcanzar los dos tercios de la altura del recipiente. Al igual que con la primera capa, se utilizó la barra compactadora para asegurar que el material se compactara adecuadamente, sin que la barra penetrara en la capa inferior, para garantizar la precisión de la medición.
- Al llegar al último paso, se vertió el agregado restante, sobrepasando ligeramente la superficie del recipiente, para asegurar que el llenado fuera completo. Luego, se compactó esta última capa de la misma manera que las anteriores y, utilizando la barra compactadora como si fuera una regla, se niveló la superficie del material de manera que el agregado quedara perfectamente alineado con el borde superior del recipiente.
- Finalmente, se realizaron los cálculos necesarios para determinar el contenido de vacíos y el peso unitario del agregado, proporcionando los datos requeridos para el análisis y evaluación del material.

Figura 5

Colocación del material en la muestra





❖ Peso específico y absorción-Grueso (ASTM-C 127 - NTP400.021)

- Se comenzó con el cuarteo del material (6 kg), extendiéndolo de manera uniforme sobre una superficie plana. Utilizando una pala, se separó la muestra en cuatro partes, seleccionando dos de ellas (3 kg), asegurándose de que ambas tuvieran características similares en cuanto a cantidad y tamaño. Se tomó la porción necesaria para realizar el ensayo, seleccionando las partes de los extremos.
- A continuación, se realizó el tamizado del agregado grueso a través del tamiz n° 4, retirando todo el material que pasara a través de la malla de dicho tamiz.
- Con el material adecuado, se procedió a lavarlo para eliminar polvo y otras impurezas. Después, las muestras se colocaron en el horno durante 24 horas, justo antes de realizar el ensayo, con un rango de entre 1 y 3 horas de espera.
- Luego de las 24 horas de secado, las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente.
- El siguiente paso consistió en sumergir la muestra en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.
- Una vez transcurrido el tiempo de inmersión, se retiró la muestra del agua y se procedió a rodarla sobre una franela para que esta absorbiera el agua en exceso. Con la ayuda de un secador, se secaron las piedras de forma individual, eliminando la humedad superficial. De esta forma, se obtuvo la muestra saturada superficialmente seca, lista para ser pesada.
- Finalmente, la muestra fue colocada en una canastilla sobre la balanza, y se determinó su peso sumergido en agua a una temperatura de 23°C. Para concluir, la muestra se dejó enfriar a temperatura ambiente durante una hora, hasta alcanzar una temperatura similar a la del tacto (aproximadamente 50 °F), y luego se procedió a pesarlas nuevamente.



❖ Peso específico y absorción-Fino (ASTM-C 128 - NTP400.022)

- Al igual que con el agregado grueso, se tomó una muestra de 500 g del material.
- La muestra fue colocada en un recipiente y se le vertió agua hasta cubrirla completamente. Posteriormente, la muestra reposó durante 24 horas. Después de ese tiempo, se retiró el agua cuidadosamente para evitar la pérdida de los finos. Luego, se extendió la muestra sobre una superficie plana y sin inclinaciones para permitir su secado uniforme, utilizando una secadora.
- Para verificar que la muestra estuviera completamente seca, se utilizó el método del cono, una prueba de humedad superficial. Este método consiste en llenar un pequeño molde cónico con la muestra, compactarla y luego retirar el cono metálico. Si la muestra se desmoronaba, indicaba que estaba seca; si no, permanecía húmeda. El objetivo era asegurar que la muestra estuviera completamente seca antes de continuar.
- Después de confirmar que la muestra estaba seca, se colocaron los 500 g de agregado en una fiola o recipiente adecuado, previamente lleno y pesado con agua. Luego, se agitó manualmente la fiola para generar vibración y asegurar que la arena se depositara en el fondo, mientras se eliminaba el aire atrapado.
- La muestra se dejó reposar entre 1 y 4 horas dentro de la fiola. Pasado este tiempo, el material fue transferido a un recipiente adecuado y se introdujo en el horno durante 24 horas.
- Finalmente, después de las 24 horas en el horno, la muestra se retiró y se pesó utilizando una balanza para determinar su peso.

❖ Asentamiento(ASTM C143 - NTP 339.035)

- Para preparar el cono de Abrams, se humedeció su interior para evitar que el concreto se adhiriera, y se colocó sobre una superficie plana. Luego, se presionaron

las aletas del cono para asegurarse de que no se moviera y evitar que el concreto se desbordara por la base.

- El cono se llenó con concreto en tres capas, cada una correspondiendo a un tercio del volumen total del cono. Se compactó cada capa con una barra compactadora, realizando 25 golpes circulares sobre la superficie completa de cada capa.
- Se aseguró que la primera capa fuera compactada completamente en su espesor, mientras que las dos capas superiores fueron compactadas con la barra de forma que esta penetrara ligeramente en la capa inferior.
- Tras compactar la segunda capa, se vació la tercera capa hasta que sobrepasara ligeramente el borde del cono, luego se compactó. Si al compactar esta capa el cono no se llenaba completamente, se agregó más concreto y se compactó nuevamente, nivelando la superficie con la barra compactadora.
- Finalmente, se retiró el cono con cuidado, realizando un movimiento vertical de aproximadamente 30 cm, y se midió la altura del concreto desde la base del cono hasta el centro de la cara superior, para calcular la diferencia en altura.

❖ **Permeabilidad (ACI 522R-10)**

El ensayo de permeabilidad se realiza en concreto permeable ya endurecido, utilizando un equipo conocido como permeámetro de carga variable. Este dispositivo permite medir el índice de permeabilidad de distintas mezclas de concreto permeable.

- El proceso comienza con la preparación de las probetas de concreto permeable. Una vez elaboradas, se reduce la altura de una de ellas en 5 cm, lo que deja una muestra con una altura final de 15 cm y un diámetro de 10 cm. Luego, la muestra es cuidadosamente envuelta con una membrana de plástico o algún otro material que evite la fuga de agua por los laterales, asegurando que el agua fluya solo a través de la parte inferior del concreto.

- Con la muestra preparada, se coloca dentro del permeámetro de carga variable. Para garantizar que no haya fugas de agua, se utiliza teflón en la unión entre la muestra y el equipo, creando un sello hermético. A continuación, se coloca la parte superior del permeámetro, que en este caso consiste en un tubo de 4 pulgadas de diámetro, el cual también se conecta a la muestra utilizando teflón.
- El siguiente paso consiste en saturar completamente la muestra hasta alcanzar una altura inicial (h_1), que para este ensayo se establece en 30 cm. Una vez que la muestra está saturada, se abre la válvula del permeámetro, y en el momento en que el agua comienza a descargarse, se inicia el cronómetro para medir el tiempo transcurrido.
- El ensayo finaliza cuando el agua rebasa el tubo, lo que indica que se ha completado el proceso de filtración. En este momento, se mide la altura final (h_2) del agua, lo que proporciona los datos necesarios para calcular la permeabilidad del concreto.

Figura 6

Permeabilidad





❖ Elaboración de muestras de concreto

- Primero, se revisaron las paredes y la base del molde para asegurarse de que no tuvieran protuberancias. Luego, se aplicó un desmoldante o petróleo para facilitar la posterior extracción de las probetas.
- El molde se colocó sobre una superficie plana y nivelada, que no estuviera expuesta a vibraciones, para evitar cualquier alteración durante el proceso.
- Dado que el molde tiene un diámetro de 10 cm, se vertió una capa de concreto que cubriera la mitad de la altura total del recipiente. Posteriormente, se compactó esta capa con una varilla de manera helicoidal, realizando 25 golpes para asegurar una distribución uniforme.
- Después de compactar, se golpearon las paredes del molde con un martillo entre 10 y 15 veces para eliminar posibles burbujas de aire.
- Este proceso se repitió para la siguiente capa de concreto, aplicando los mismos métodos de compactación y golpeo.
- Si al finalizar el apisonado de la última capa quedaba un exceso de concreto, se niveló utilizando la varilla compactadora.
- Para el curado inicial, los especímenes de concreto deben ser almacenados en un lugar fresco, con temperaturas entre 16°C y 27°C, durante un máximo de 48 horas. Es importante evitar la exposición directa a la luz solar o a la radiación de fuentes de calor (si las hay).
- Para el curado final, se desencofran los especímenes y deben ser sumergidos en agua dentro de los 30 minutos posteriores. El tiempo de inmersión se especifica según el ensayo de resistencia que se realizará, y los especímenes deben ser retirados del agua entre 8 y 24 horas antes de someterlos a las pruebas correspondientes.



❖ Ensayo a compresión (ASTM C39 - NTP 339.034)

- Las muestras de concreto, generalmente en forma de cilindros con dimensiones estándar de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura (según las normas ASTM), deben ser vertidas y compactadas correctamente en moldes específicos. Asegúrate de que el concreto sea colocado en capas uniformes y vibrado para evitar burbujas de aire.
- Después de ser moldeadas, las muestras de concreto deben ser curadas a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Después de este período, deben ser desmoldadas y sumergidas en agua a 23°C para mantener el proceso de curado. El tiempo de curado dependerá de la norma y el tiempo especificado por el diseño estructural, pero comúnmente se realiza durante 28 días.
- Antes de realizar el ensayo, inspecciona que las muestras no presenten defectos visibles como fisuras o daños en la superficie que puedan alterar los resultados.
- Las muestras deben tener una superficie plana y lisa en los extremos para asegurar que el esfuerzo de compresión se aplique uniformemente.
- Coloca la muestra de concreto de manera vertical en la prensa hidráulica de compresión, asegurándote de que las caras de los cilindros estén alineadas correctamente con las placas de compresión de la máquina.
- Verifica que el centro del cilindro esté alineado con el eje de carga para evitar resultados erróneos debido a la distribución no uniforme de la carga.
- La máquina debe ser configurada para aplicar la carga de manera continua y uniforme. Se debe aplicar la carga a una velocidad controlada, generalmente 0.2 a 0.4 MPa/s (megapascuales por segundo).
- La máquina continuará aplicando la carga hasta que la muestra de concreto falle, es decir, hasta que se produzca una fractura o ruptura visible en el concreto.

- La fuerza máxima que la muestra puede soportar antes de la fractura se registra en la máquina de ensayo. Esta fuerza es luego utilizada para calcular la resistencia a la compresión de la muestra.

Figura 7

Resistencia compresiva



Elaboración de Vigas de Concreto:

- El proceso de elaboración de las vigas de concreto comenzó vertiendo una capa de concreto en el molde hasta alcanzar la mitad de su altura. A continuación, se procedió a compactar la mezcla utilizando una varilla metálica, aplicando un total de 30 golpes para asegurar que el concreto quedara bien distribuido y sin burbujas de aire atrapadas.
- Una vez compactada esta primera capa, se golpearon las paredes del molde con un martillo de goma entre 10 y 15 veces. Este procedimiento se realizó para eliminar cualquier posible vacío o imperfección en la mezcla y garantizar una compactación homogénea.
- Después de completar la compactación de la primera capa, se vertió la siguiente capa de concreto en el molde, repitiendo el mismo proceso de compactación con la



varilla metálica y los golpes en las paredes del molde para asegurar la consistencia de la mezcla.

- En caso de que quedara exceso de concreto por encima del nivel del molde, se utilizó la varilla metálica para nivelar la superficie, asegurando que la viga tuviera la forma y altura requeridas para su posterior curado.

❖ **Resistencia a flexión (ASTM C78-NTP 339.078)**

- El proceso comenzó retirando el espécimen del pozo de curado, donde se dejó secar durante un periodo de entre 2 horas, permitiendo que el material adquiriera las condiciones necesarias para la prueba. Una vez transcurrido este tiempo, se procedió a medir 15 cm desde uno de los extremos de la viga hasta el centro de la misma, y se marcó este punto de referencia. Posteriormente, se repitió el mismo procedimiento en el extremo opuesto de la viga para asegurar la simetría en la medición.
- Con las marcas de referencia listas, la viga se colocó cuidadosamente en la prensa hidráulica. Se verificó que ambos extremos de la viga descansaran adecuadamente sobre los apoyos de la prensa, asegurándose de que estuvieran a una distancia mínima de 2.5 cm de las líneas de apoyo previamente marcadas. Las líneas de referencia de la viga se alinearon con precisión con las secciones de carga de la prensa, asegurando que la aplicación de la carga fuera uniforme y en el punto correcto de la viga.
- Una vez todo estuvo alineado, se aplicó una carga continua y uniforme al espécimen, aumentando gradualmente la fuerza hasta que la viga falló. Es crucial que la velocidad con la que se aplica la carga se mantenga dentro de un rango específico, entre 9.18 kg/cm²/min y 12.24 kg/cm²/min, para asegurar que la prueba se realice de acuerdo con los estándares establecidos.

- Finalmente, cuando el espécimen falló, se registró la carga máxima aplicada (P), que se expresa en kilogramos. Este valor es fundamental para evaluar la resistencia a la flexión del material y su capacidad para soportar cargas antes de alcanzar su límite de falla.

Figura 8

Resistencia de vigas



3.9 Procesamiento y análisis de datos

La fase de procesamiento y análisis de datos es una etapa crucial dentro de un proyecto, ya que en ella se lleva a cabo la recopilación, organización, transformación y examen detallado de los datos obtenidos. El objetivo principal de esta fase es extraer información útil, interpretar los resultados y tomar decisiones informadas basadas en esos hallazgos. Este proceso requiere el uso de diversos métodos estadísticos, técnicas computacionales avanzadas y herramientas especializadas que facilitan la identificación de patrones, tendencias y relaciones clave dentro del conjunto de datos, permitiendo así obtener una visión más clara y precisa para el desarrollo del proyecto.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Se presentan los resultados mediante gráficos y tablas, acompañados de un análisis detallado que explica cómo el reemplazo del agregado grueso por piedra chancada o viruta de acero mejora las propiedades del concreto permeable.

Diseño del concreto permeable:

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión es $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días. En base a esto, la resistencia promedio obtenida en las pruebas es $F'cr = 219 \text{ kg/cm}^2$. Además, el asentamiento observado es de 0" (sin asentamiento), lo que indica una mezcla con una baja fluidez.

Se ha utilizado cemento de tipo IP, adecuado para las condiciones del proyecto. En cuanto al agregado grueso, se ha seleccionado el único material de calidad satisfactoria y disponible económicamente, el cual cumple con las especificaciones requeridas. La graduación de este agregado tiene un diámetro máximo nominal de 3/8" (9.53 mm).

A continuación, se presentan los resultados de laboratorio correspondientes a los agregados utilizados:

Tabla 2

Características de agregados

CARACTERÍSTICAS	AGRE.GRUESO	AGRE.FINO
P.e SSS	2.46	2.60
P.U. Varillado	1638	1740
P.U.Suelto	1509	1599
% Absorción	3.50	4.60
% de Humedad Natural	3.19	4.88
Módulo de Fineza	-	3.22

Relación agua-cemento: Se obtiene a partir de las tablas proporcionadas por el ACI 522, siendo esta 0.40.

Agregado grueso: Se utilizó el agregado disponible en la localidad, con un diámetro máximo nominal (DMN) de 3/8" (9.53 mm).

Contenido de vacíos: El contenido de vacíos para el agregado grueso tiene un valor de:

$$C_v = 19\%.$$

Determinación del volumen de pasta: El volumen de pasta se calcula como 0.23 m³, correspondiente a una mezcla ligeramente compactada.

Cálculo de volúmenes:

$$\text{Volumen de agregado grueso (V}_{ag}\text{): } V_{ag} = 1 - (V_p + C_v) = 0.580 \text{ m}^3$$

Peso del agregado grueso: Se determina el peso total del agregado grueso como 1523.698 kg.

Cantidad de Cemento:

- Cemento: La cantidad total de cemento es 320.58 kg.
- Volumen de cemento: El volumen de cemento utilizado es 0.102 m³.
- Contenido de agua: El contenido de agua necesario para la mezcla es 128.23 kg.
- Volumen de agua: El volumen de agua correspondiente es 0.128 m³.



- Volumen total de sólidos: El volumen total de los sólidos presentes en la mezcla es 0.81 m^3 .

Considerando el Porcentaje de Finos:

- Porcentaje de finos: Se ha considerado un 10% de finos en la mezcla.
- Volumen de agregado grueso (V_{ag}): El volumen de agregado grueso es 0.522 m^3 .
- Volumen de agregado fino (V_{af}): El volumen de agregado fino es 0.058 m^3 .
- Peso del agregado grueso: El peso correspondiente al agregado grueso es 1371.33 kg .
- Peso del agregado fino: El peso correspondiente al agregado fino es 152.37 kg .
- Confirmación de los porcentajes de vacíos: El porcentaje de vacíos se confirma en 19%, lo cual es adecuado para la mezcla (OK).

Corrección por absorción, humedad y aportes:

- Aporte de agregado grueso: $1371.33 \text{ kg} \times 0.035 = 48.04 \text{ kg}$
- Aporte de agregado fino: $152.37 \text{ kg} \times 0.046 = 7.01 \text{ kg}$
- Total, de aportes: El total de aportes de agua debido a la absorción de los agregados es 55.04 kg .
- Agua efectiva: La cantidad de agua efectiva en la mezcla es 73.19 lt/m^3 .

Valores de diseño corregidos por humedad:

- Agregado grueso húmedo: $1371.33 \text{ kg} \times 1.032 = 1415.06 \text{ kg/m}^3$
- Agregado fino húmedo: $152.37 \text{ kg} \times 1.049 = 159.81 \text{ kg/m}^3$

Tabla 3*Dosificación de concreto permeable*

Componentes	Dosificación en	Proporción en	Dosificación en
	P. Seco	Vol.	P. Húmedo
Cemento	320.575	1.000	320.575
Agua	128.230	0.400	73.186
A. Grueso	1371.328	4.278	1415.056
A. Fino	152.370	0.475	159.808
Aire	19.0 %		19.0 %

Tabla 4*Dosificación con el remplazo del agregado grueso por piedra chancada*

Componentes	Dosificación en peso húmedo			
	ME	8%PICH	16%PICH	32%PICH
Cemento	320.575	320.575	320.575	320.575
Agua	73.186	73.186	73.186	73.186
A. Grueso	1415.056	1301.851	1188.647	962.238
A. Fino	159.808	159.808	159.808	159.808
PICH	-	113.204	226.41	452.82

Se presenta el diseño de mezclas de concreto en el cual se reemplaza el agregado grueso tradicional por piedra chancada en diferentes proporciones, específicamente 8%, 16% y 32%.

Tabla 5*Dosificación con el remplazo del agregado grueso por viruta de acero*

Componentes	Dosificación en peso húmedo			
	ME	8%VAC	16% VAC	32% VAC
Cemento	320.575	320.575	320.575	320.575
Agua	73.186	73.186	73.186	73.186
A. Grueso	1415.056	1301.851	1188.647	962.238
A. Fino	159.808	159.808	159.808	159.808
VAC	-	113.204	226.41	452.82

Se presenta el diseño de mezclas de concreto en el cual se reemplaza el agregado grueso tradicional por viruta de acero en diferentes proporciones, específicamente 8%, 16% y 32%.

4.1.1 Influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero en la resistencia a compresión del concreto permeable

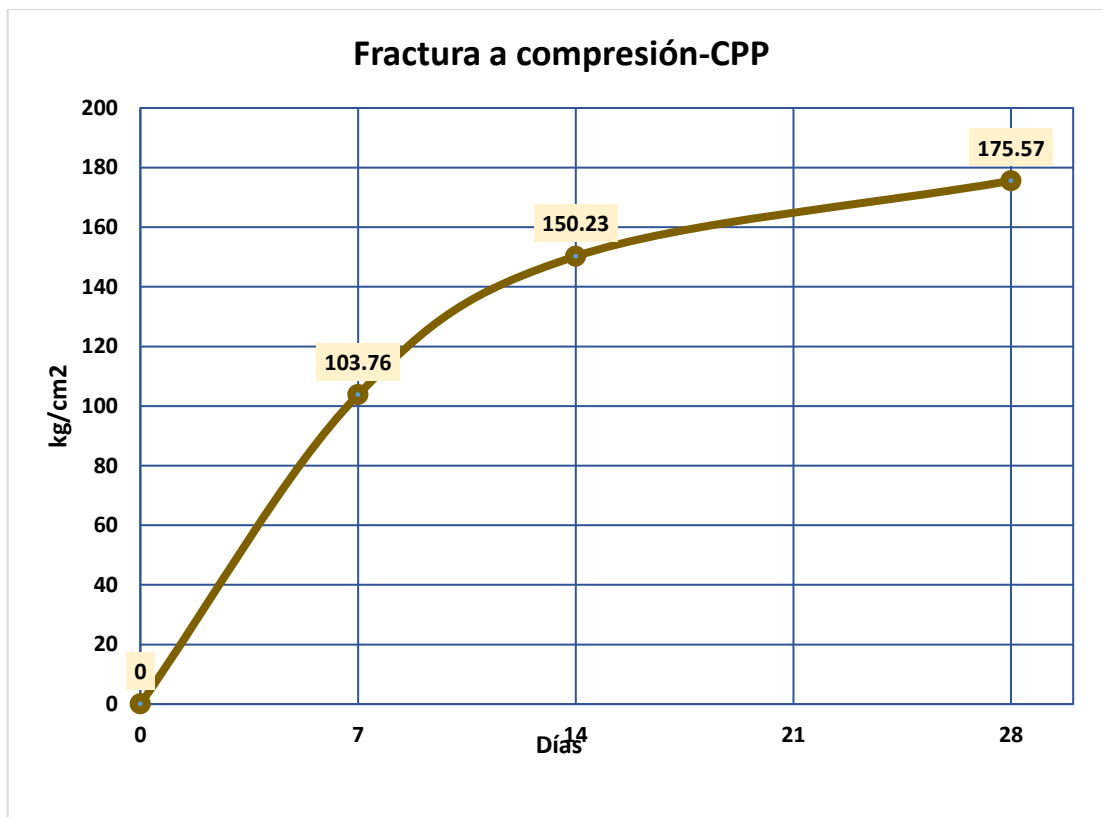
▪ Roturas a compresión del concreto permeable

Tabla 6*Fractura a compresión-concretos permeables patrón*

Diseño	Muestra	Tiempo	Carga (kg)	Esfuerzo de rotura	Esfuerzo de rotura (%)
175 kg/cm ²	EPB-1	7	18332	103.60	59.20
	EPB-2		18308	103.88	59.36
	EPB-3		18369	103.81	59.32
	EPB-4		18332	104.02	59.44
	EPB-5		18316	103.51	59.15
PROMEDIO				103.76	59.29
175 kg/cm ²	EPB-1	14	26525	150.30	85.89
	EPB-2		26531	150.13	85.79
	EPB-3		26516	150.25	85.86
	EPB-4		26520	150.47	85.98
	EPB-5		26509	150.01	85.72
PROMEDIO				150.23	85.85
175 kg/cm ²	EPB-1	28	31029	175.35	100.20
	EPB-2		31016	175.28	100.16
	EPB-3		31032	175.37	100.21
	EPB-4		31009	175.94	100.54
	EPB-5		31001	175.90	100.51
PROMEDIO				175.57	100.33

Figura 9

Fractura a compresión-concretos permeables patrón



Se presentan los resultados de las pruebas de fractura compresiva de los concretos permeables bajo diferentes tiempos (7, 14 y 28 días) para el diseño de 175 kg/cm². Se observa que, a medida que aumenta el tiempo, el esfuerzo de rotura también incrementa. En el primer intervalo de 7 días, el promedio de esfuerzo de rotura es de 103.76 kg/cm², con un valor porcentual de 59.29%. Al llegar a los 14 días, el promedio se eleva a 150.23 kg/cm², lo que representa un aumento porcentual del 85.85%. Finalmente, en el tiempo de 28 días, el esfuerzo de rotura alcanza un promedio de 175.57 kg/cm², con un porcentaje de 100.33%. Estos resultados reflejan una tendencia general de mejora en la resistencia del concreto a medida que transcurre el tiempo de curado, lo que evidencia la importancia de un tiempo adecuado de maduración para alcanzar su máxima capacidad de carga y resistencia.



Roturas a compresión del concreto permeable con piedra chancada

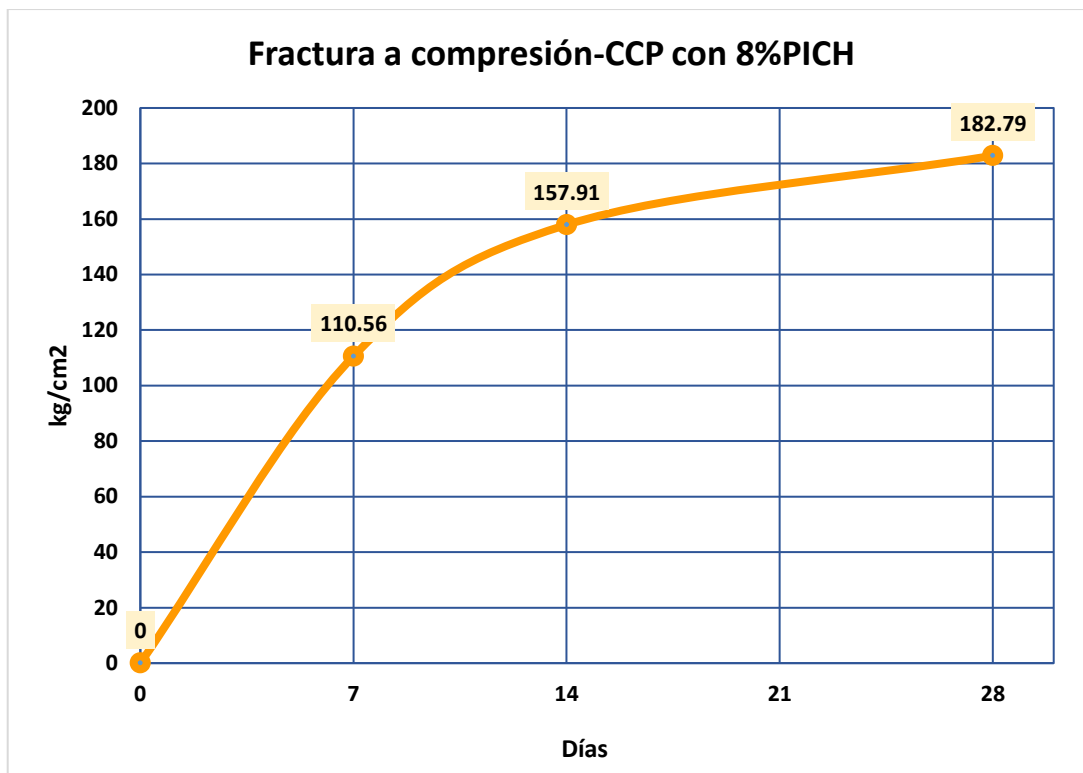
Tabla 7

Fractura a compresión-concretos permeables con 8% de piedra chancada

Diseño	Muestra	Tiempo	Carga (kg)	Esfuerzo de rotura	Esfuerzo de rotura (%)
175 kg/cm ²	EPB-1	7	19595	110.74	63.28
	EPB-2		19522	110.32	63.04
	EPB-3		19516	110.73	63.28
	EPB-4		19508	110.69	63.25
	EPB-5		19521	110.32	63.04
PROMEDIO				110.56	63.18
175 kg/cm ²	EPB-1	14	27925	157.81	90.18
	EPB-2		27948	157.94	90.25
	EPB-3		27939	157.89	90.22
	EPB-4		27949	157.95	90.26
	EPB-5		27950	157.95	90.26
PROMEDIO				157.91	90.23
175 kg/cm ²	EPB-1	28	32351	182.83	104.47
	EPB-2		32240	182.93	104.53
	EPB-3		32330	182.71	104.40
	EPB-4		32351	182.83	104.47
	EPB-5		32321	182.66	104.37
PROMEDIO				182.79	104.45

Figura 10

Fractura a compresión-concretos permeables con 8% de piedra chancada



Se presentan los hallazgos de las pruebas de fractura compresiva para concretos permeables con un 8% de piedra chancada, bajo un diseño de 175 kg/cm². El esfuerzo de rotura se evalúa a distintos tiempos de curado: 7, 14 y 28 días. En el caso del tiempo de 7 días, el promedio de esfuerzo de rotura es de 110.56 kg/cm², con un porcentaje de 63.18%. A los 14 días, el esfuerzo de rotura se incrementa a un promedio de 157.91 kg/cm², con un porcentaje de 90.23%. Finalmente, a los 28 días, el promedio alcanza 182.79 kg/cm², lo que representa un esfuerzo de rotura del 104.45%. Estos resultados indican una mejora progresiva en la resistencia del concreto con el paso del tiempo, demostrando que la inclusión de piedra chancada como agregado grueso ha influido positivamente en el rendimiento del material, contribuyendo a una mayor fractura compresiva conforme se incrementa el tiempo de curado.



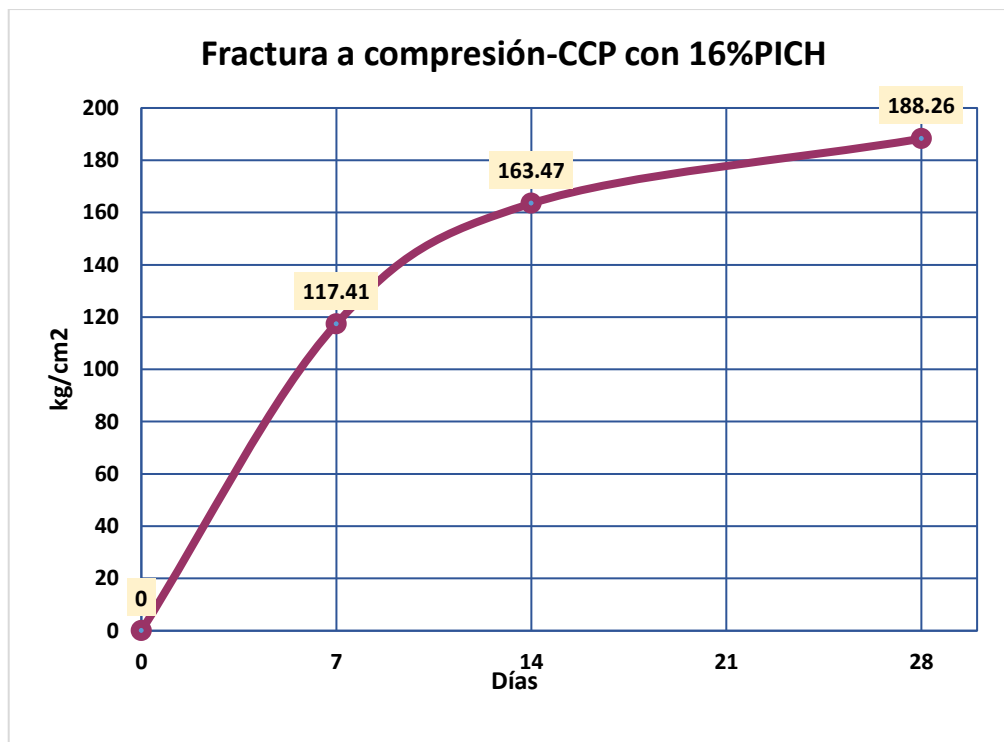
Tabla 8

Fractura a compresión-concretos permeables con 16% de piedra chancada

Diseño	Muestra	Tiempo	Carga (kg)	Esfuerzo de rotura	Esfuerzo de rotura (%)
175 kg/cm ²	EPB-1	7	20787	117.47	67.13
	EPB-2		20777	117.42	67.10
	EPB-3		20701	117.46	67.12
	EPB-4		20735	117.65	67.23
	EPB-5		20710	117.04	66.88
PROMEDIO				117.41	67.09
175 kg/cm ²	EPB-1	14	28893	163.28	93.30
	EPB-2		28878	163.20	93.26
	EPB-3		28935	163.52	93.44
	EPB-4		28986	163.81	93.61
	EPB-5		28940	163.55	93.46
PROMEDIO				163.47	93.41
175 kg/cm ²	EPB-1	28	33282	188.09	107.48
	EPB-2		33294	188.91	107.95
	EPB-3		33295	188.16	107.52
	EPB-4		33282	188.09	107.48
	EPB-5		33281	188.08	107.47
PROMEDIO				188.26	107.58

Figura 11

Fractura a compresión-concretos permeables con 16% de piedra chancada



Se presentan los hallazgos de la fractura compresiva de los concretos permeables con un 16% de piedra chancada, bajo un diseño de 175 kg/cm². Los resultados se muestran para tres tiempos de curado: 7, 14 y 28 días. A los 7 días, el promedio del esfuerzo de rotura es de 117.41 kg/cm², con un porcentaje de 67.09%. A los 14 días, el promedio de esfuerzo de rotura aumenta a 163.47 kg/cm², alcanzando un 93.41% de esfuerzo de rotura. Finalmente, a los 28 días, el promedio de esfuerzo de rotura alcanza 188.26 kg/cm², lo que representa un 107.58%. Estos datos reflejan un incremento gradual en la resistencia del concreto a medida que avanza el tiempo de curado, mostrando que la incorporación de un 16% de piedra chancada como agregado grueso mejora de manera significativa la fractura compresiva del concreto permeable, en comparación con el concreto convencional.



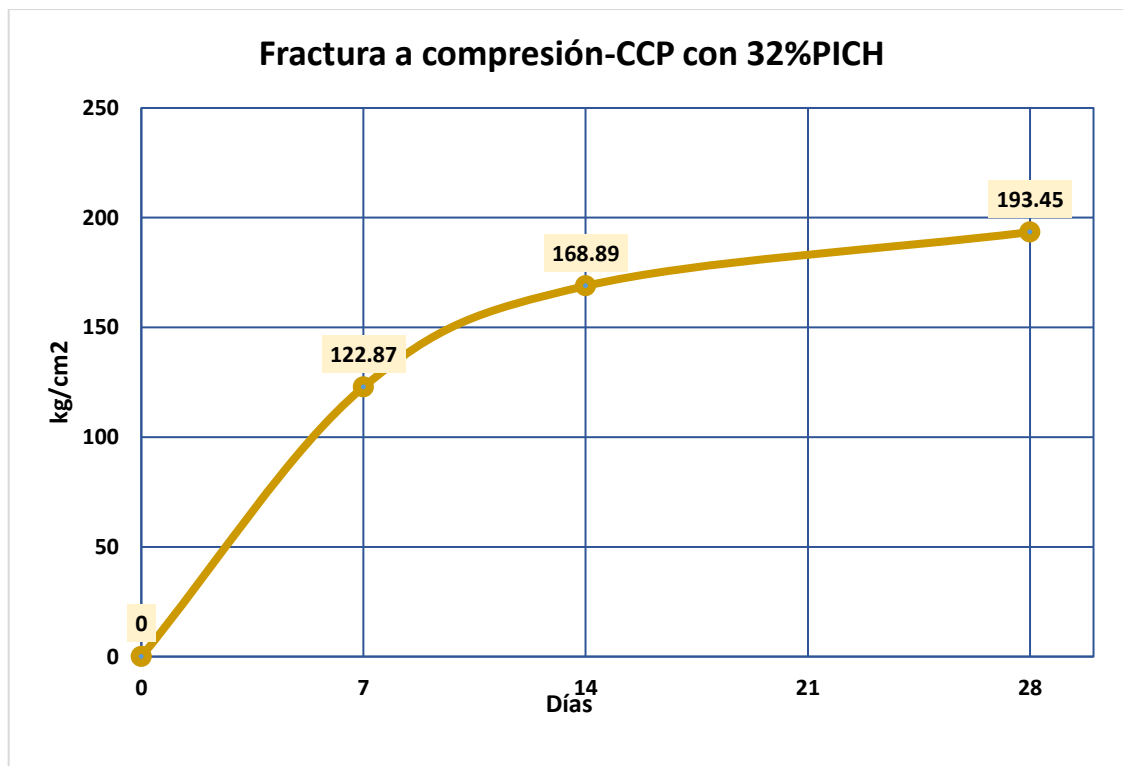
Tabla 9

Fractura a compresión-concretos permeables con 32% de piedra chancada

Diseño	Muestra	Tiempo	Carga (kg)	Esfuerzo de rotura	Esfuerzo de rotura (%)
175 kg/cm ²	EPB-1	7	21730	122.80	70.17
	EPB-2		21754	122.94	70.25
	EPB-3		21646	122.82	70.18
	EPB-4		21645	122.81	70.18
	EPB-5		21763	122.99	70.28
PROMEDIO				122.87	70.21
175 kg/cm ²	EPB-1	14	29900	168.97	96.56
	EPB-2		29888	168.91	96.52
	EPB-3		29896	168.95	96.54
	EPB-4		29876	168.84	96.48
	EPB-5		29863	168.77	96.44
PROMEDIO				168.89	96.51
175 kg/cm ²	EPB-1	28	34223	193.40	110.52
	EPB-2		34160	193.82	110.76
	EPB-3		34216	193.37	110.49
	EPB-4		34212	193.34	110.48
	EPB-5		34205	193.30	110.46
PROMEDIO				193.45	110.54

Figura 12

Fractura a compresión-concretos permeables con 32% de piedra chancada



Se muestran los hallazgos de las pruebas de fractura compresiva para los concretos permeables con un 32% de piedra chancada, con un diseño de 175 kg/cm². Los datos se presentan para tres tiempos de curado: 7, 14 y 28 días. A los 7 días, el promedio de esfuerzo de rotura es de 122.87 kg/cm², con un porcentaje de 70.21%. A los 14 días, el esfuerzo de rotura se incrementa a un promedio de 168.89 kg/cm², alcanzando un 96.51%. Finalmente, a los 28 días, el esfuerzo de rotura alcanza un promedio de 193.45 kg/cm², lo que representa un 110.54%. Estos resultados evidencian una mejora continua en la fractura compresiva del concreto con el aumento del tiempo de curado, mostrando que el reemplazo del agregado grueso tradicional por piedra chancada mejora significativamente la capacidad del concreto permeable.

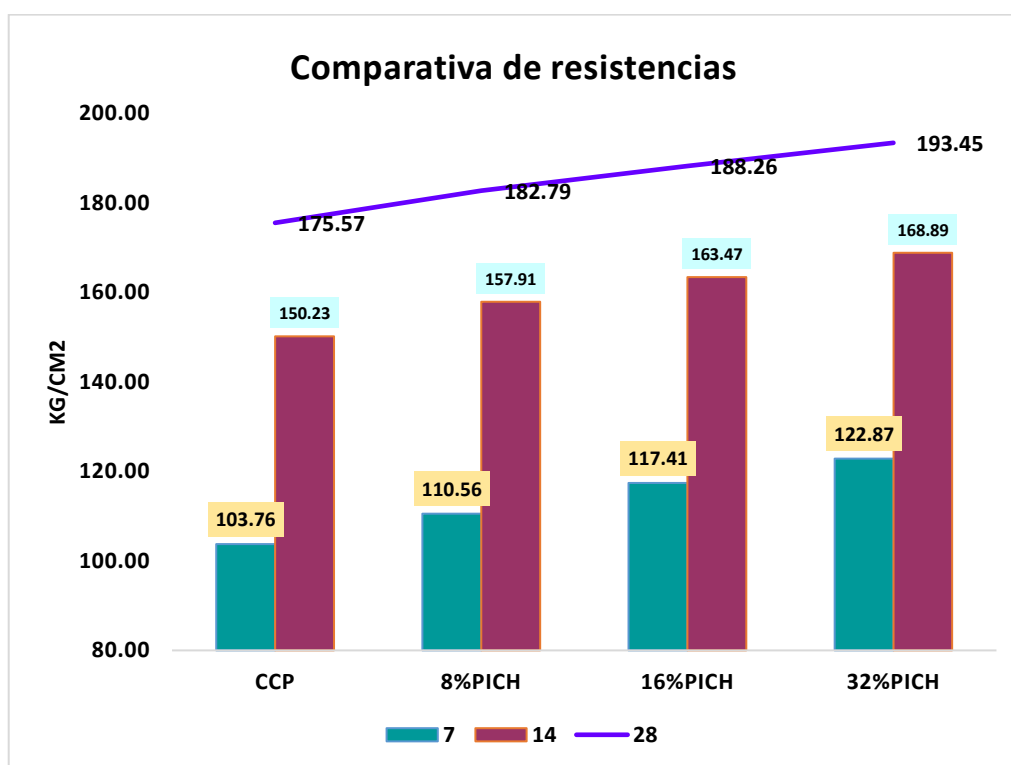
Tabla 10

Comparativa del concreto con piedra chancada

Detalle	Roturas a compresión		
	7	14	28
CCP	103.76	150.23	175.57
8%PICH	110.56	157.91	182.79
16%PICH	117.41	163.47	188.26
32%PICH	122.87	168.89	193.45

Figura 13

Comparativa del concreto con piedra chancada



Se presenta una comparativa de las roturas a compresión de concreto con piedra chancada (CCP) y con diferentes porcentajes de adición de PICH (8%, 16% y 32%) a las edades de 7, 14 y 28 días. Se observa un incremento progresivo en la fractura compresiva con el aumento del porcentaje de piedra chancada en las distintas edades de curado.

Roturas a compresión de los concretos permeables con viruta de acero

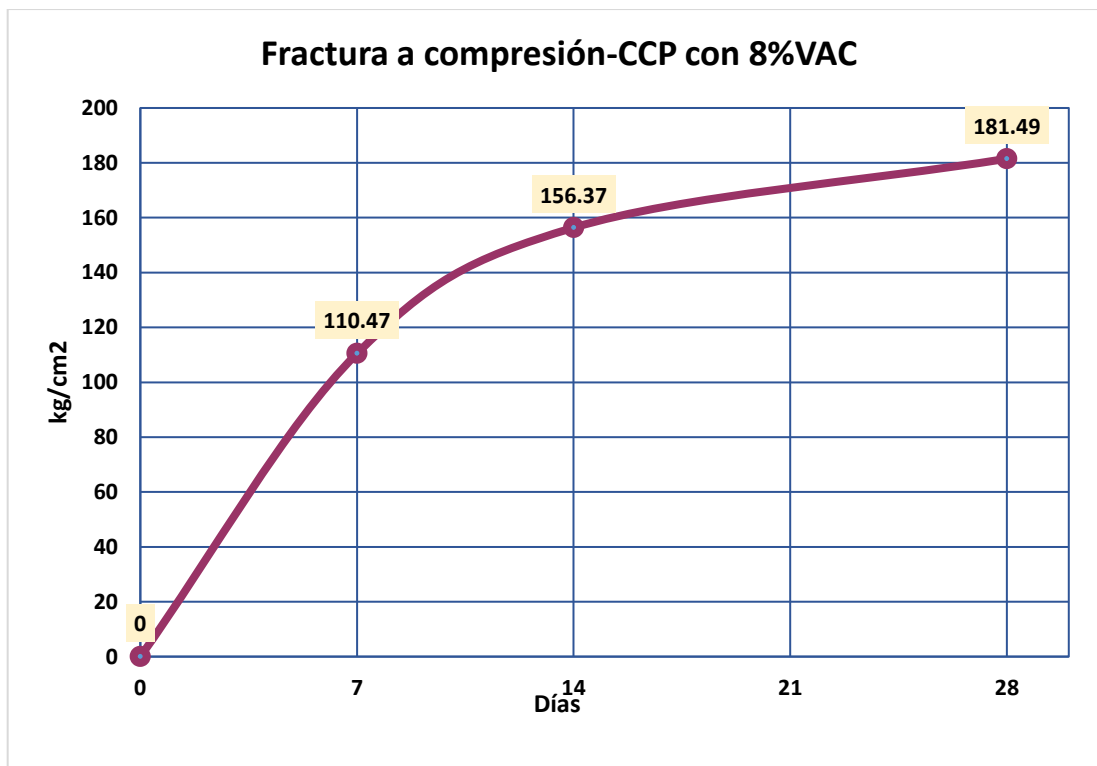
Tabla 11

Fractura a compresión-concretos permeables con 8% de viruta de acero

Diseño	Muestra	Tiempo	Carga (kg)	Esfuerzo de rotura	Esfuerzo de rotura (%)
175 kg/cm ²	EPB-1	7	19559	110.53	63.16
	EPB-2		19548	110.47	63.13
	EPB-3		19553	110.50	63.14
	EPB-4		19539	110.42	63.10
	EPB-5		19540	110.43	63.10
PROMEDIO			110.47	63.13	
175 kg/cm ²	EPB-1	14	27650	156.26	89.29
	EPB-2		27663	156.33	89.33
	EPB-3		27663	156.33	89.33
	EPB-4		27576	156.47	89.41
	EPB-5		27682	156.44	89.39
PROMEDIO			156.37	89.35	
175 kg/cm ²	EPB-1	28	32098	181.40	103.65
	EPB-2		32089	181.34	103.63
	EPB-3		32095	181.38	103.65
	EPB-4		32070	181.96	103.98
	EPB-5		32096	181.38	103.65
PROMEDIO			181.49	103.71	

Figura 14

Fractura a compresión-concretos permeables con 8% de viruta de acero



Se presentan los hallazgos de las pruebas de fractura compresiva para concretos permeables con un 8% de viruta de acero, utilizando un diseño de 175 kg/cm². Los esfuerzos de rotura se evalúan a tres tiempos de curado: 7, 14 y 28 días. A los 7 días, el promedio de esfuerzo de rotura es de 110.47 kg/cm², con un porcentaje de 63.13%. A los 14 días, el promedio aumenta a 156.37 kg/cm², lo que representa un 89.35% de esfuerzo de rotura. Finalmente, a los 28 días, el esfuerzo de rotura alcanza un promedio de 181.49 kg/cm², con un porcentaje de 103.71%. Estos resultados demuestran una mejora progresiva en la fractura compresiva del concreto permeable con la inclusión de viruta de acero, un agregado alternativo que contribuye a un aumento en la capacidad de carga del concreto a medida que se incrementa el tiempo de curado.



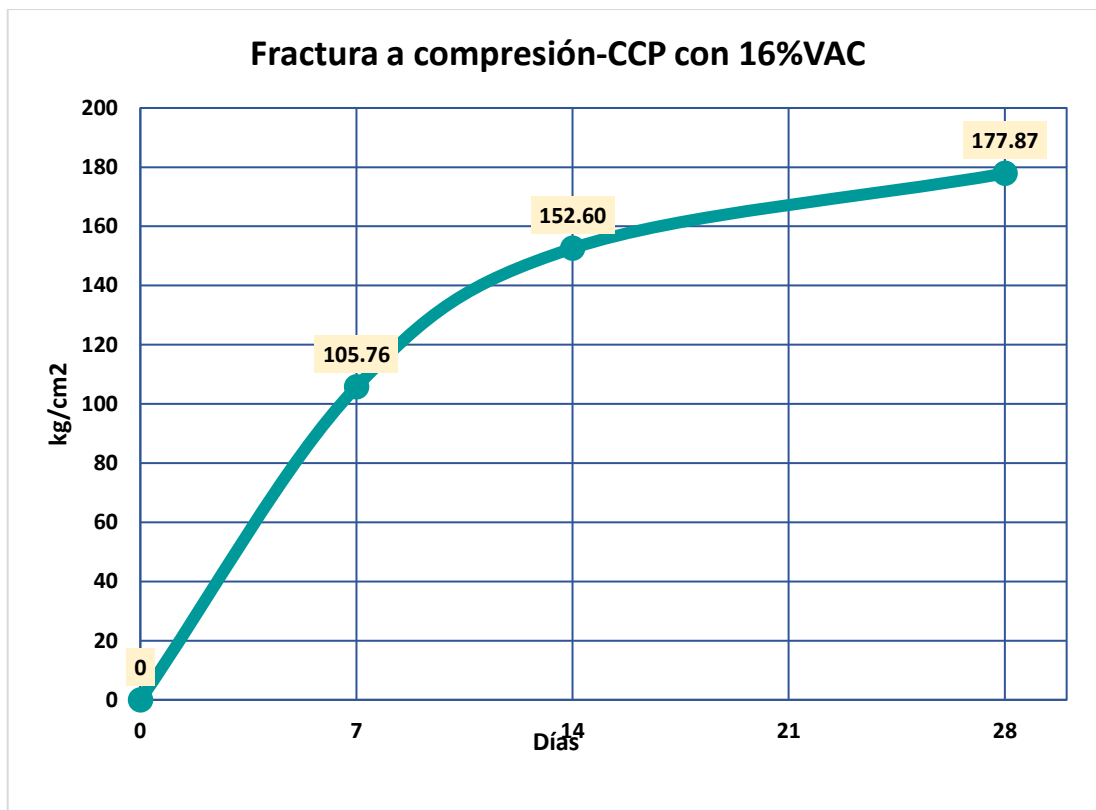
Tabla 12

Fractura a compresión-concretos permeables con 16% de viruta de acero

Diseño	Muestra	Tiempo	Carga (kg)	Esfuerzo de rotura	Esfuerzo de rotura (%)
175 kg/cm ²	EPB-1	7	18713	105.75	60.43
	EPB-2		18709	105.73	60.42
	EPB-3		18711	105.74	60.42
	EPB-4		18721	105.80	60.46
	EPB-5		18716	105.77	60.44
PROMEDIO				105.76	60.43
175 kg/cm ²	EPB-1	14	26912	152.70	87.26
	EPB-2		26941	152.25	87.00
	EPB-3		26910	152.69	87.25
	EPB-4		26909	152.68	87.25
	EPB-5		26910	152.69	87.25
PROMEDIO				152.60	87.20
175 kg/cm ²	EPB-1	28	31454	177.76	101.58
	EPB-2		31484	177.93	101.67
	EPB-3		31472	177.86	101.63
	EPB-4		31363	177.95	101.69
	EPB-5		31471	177.85	101.63
PROMEDIO				177.87	101.64

Figura 15

Fractura a compresión-concretos permeables con 16% de viruta de acero



Se presentan los resultados de la fractura compresiva de concretos permeables con un 16% de viruta de acero, utilizando un diseño de 175 kg/cm². Los esfuerzos de rotura se muestran para tres tiempos de curado: 7, 14 y 28 días. A los 7 días, el promedio de esfuerzo de rotura es de 105.76 kg/cm², con un porcentaje de 60.43%. A los 14 días, el esfuerzo de rotura se incrementa a 152.60 kg/cm², lo que representa un 87.20% de esfuerzo de rotura. Finalmente, a los 28 días, el esfuerzo de rotura alcanza un promedio de 177.87 kg/cm², con un porcentaje de 101.64%. Estos resultados muestran una tendencia creciente en la fractura compresiva del concreto permeable con la incorporación de viruta de acero como agregado, destacando la mejora significativa en la capacidad de carga del concreto conforme se incrementa el tiempo de curado.



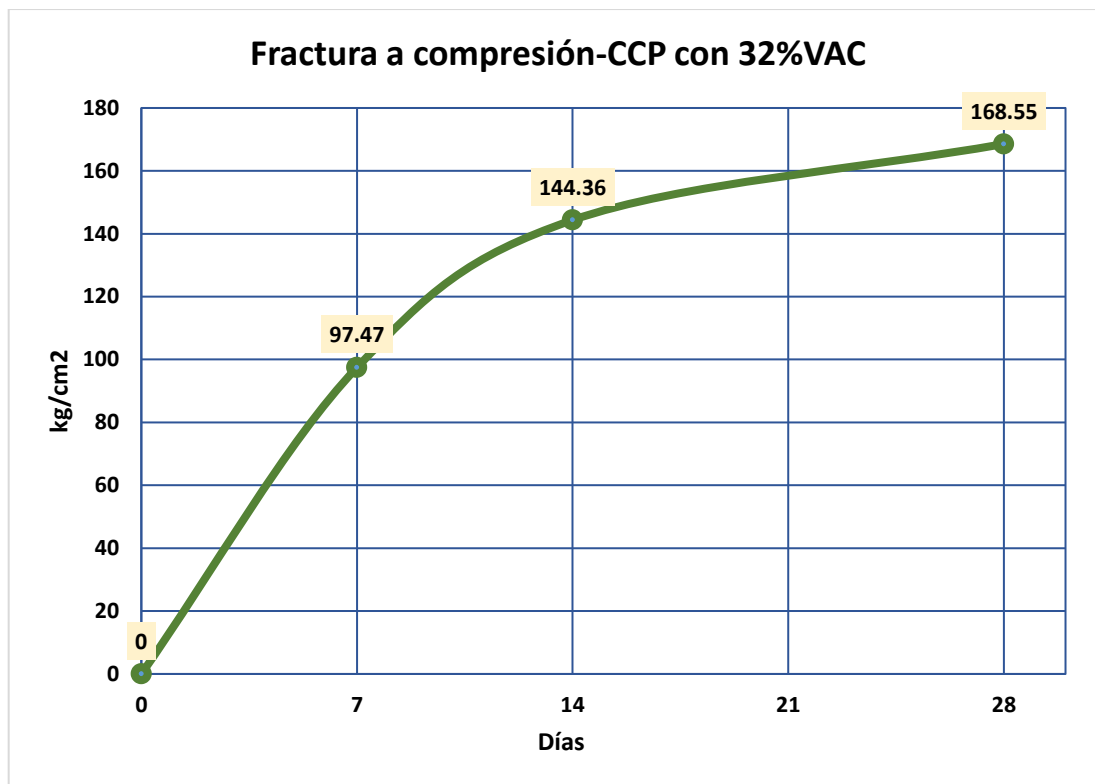
Tabla 13

Fractura a compresión-concretos permeables con 32% de viruta de acero

Diseño	Muestra	Tiempo	Carga (kg)	Esfuerzo de rotura	Esfuerzo de rotura (%)
175 kg/cm ²	EPB-1	7	17250	97.49	55.71
	EPB-2		17242	97.44	55.68
	EPB-3		17240	97.43	55.67
	EPB-4		17245	97.46	55.69
	EPB-5		17261	97.55	55.74
PROMEDIO				97.47	55.70
175 kg/cm ²	EPB-1	14	25465	144.49	82.56
	EPB-2		25452	143.84	82.19
	EPB-3		25449	144.40	82.51
	EPB-4		25453	144.42	82.53
	EPB-5		25496	144.66	82.66
PROMEDIO				144.36	82.49
175 kg/cm ²	EPB-1	28	29799	168.40	96.23
	EPB-2		29827	168.56	96.32
	EPB-3		29846	168.67	96.38
	EPB-4		29711	168.58	96.33
	EPB-5		29823	168.54	96.31
PROMEDIO				168.55	96.31

Figura 16

Fractura a compresión-concretos permeables con 32% de viruta de acero



Se se presentan los resultados de la fractura compresiva para concretos permeables con un 32% de viruta de acero, bajo un diseño de 175 kg/cm². Los resultados se observan a tres tiempos de curado: 7, 14 y 28 días. A los 7 días, el promedio de esfuerzo de rotura es de 97.47 kg/cm², con un porcentaje de 55.70%. A los 14 días, el esfuerzo de rotura se incrementa a 144.36 kg/cm², lo que representa un 82.49% de esfuerzo de rotura. Finalmente, a los 28 días, el promedio de esfuerzo de rotura alcanza 168.55 kg/cm², con un porcentaje de 96.31%. Estos datos evidencian una mejora progresiva en la resistencia del concreto a la compresión conforme aumenta el tiempo de curado, demostrando que la inclusión de viruta de acero como agregado grueso contribuye significativamente a la mejora del concreto permeable.

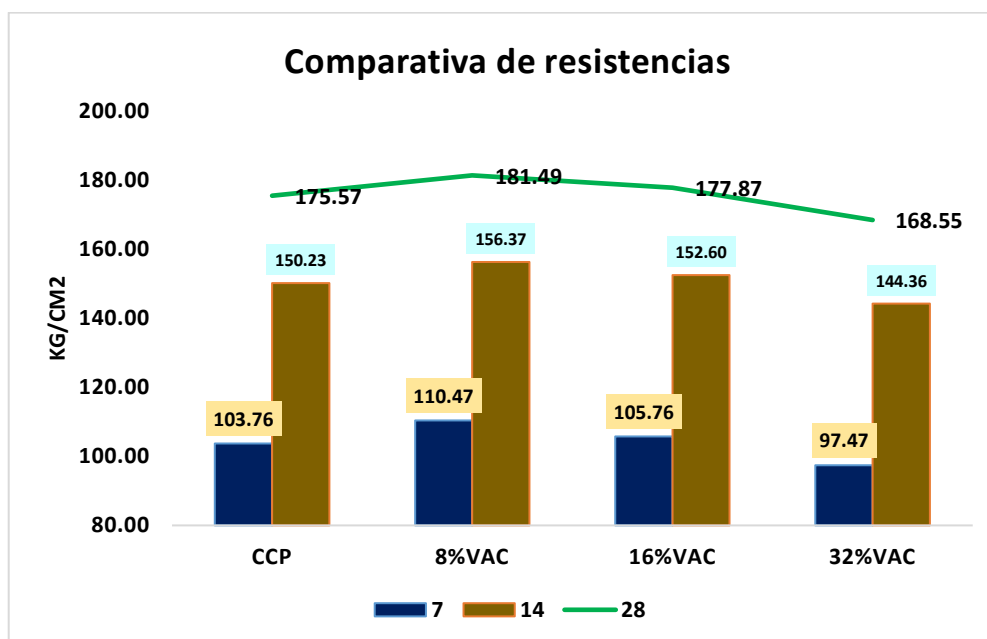
Tabla 14

Comparativa del concreto con viruta de acero

Detalle	Roturas a compresión		
	7	14	28
CCP	103.76	150.23	175.57
8%VAC	110.47	156.37	181.49
16%VAC	105.76	152.60	177.87
32%VAC	97.47	144.36	168.55

Figura 17

Comparativa del concreto con viruta de acero



Se muestra una comparativa de las roturas a compresión del concreto con diferentes porcentajes de adición de viruta de acero (VAC) en las edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, a diferencia de las adiciones de PICH, la fractura compresiva tiende a ser mayor en los concretos con menor porcentaje de VAC (8%) en comparación con los concretos con mayor porcentaje (32%).

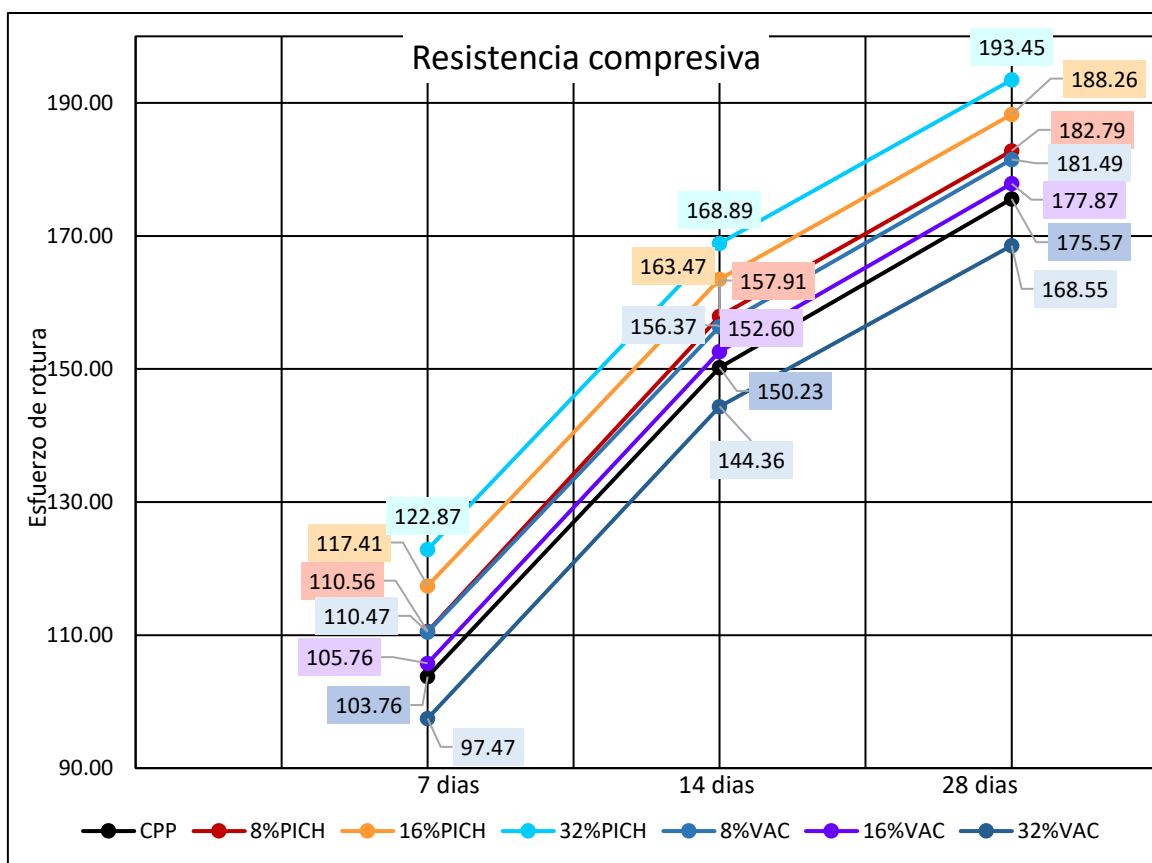
Tabla 15

Fractura a compresión-comparación

Roturas a compresión KG/CM2			
Detalle	7	14	28
CPP	103.76	150.23	175.57
8%PICH	110.56	157.91	182.79
16%PICH	117.41	163.47	188.26
32%PICH	122.87	168.89	193.45
8%VAC	110.47	156.37	181.49
16%VAC	105.76	152.60	177.87
32%VAC	97.47	144.36	168.55

Figura 18

Fractura a compresión-comparación



Se muestran una comparativa de las resistencias a compresión dando mejores resultados con un 32% de piedra chancada.

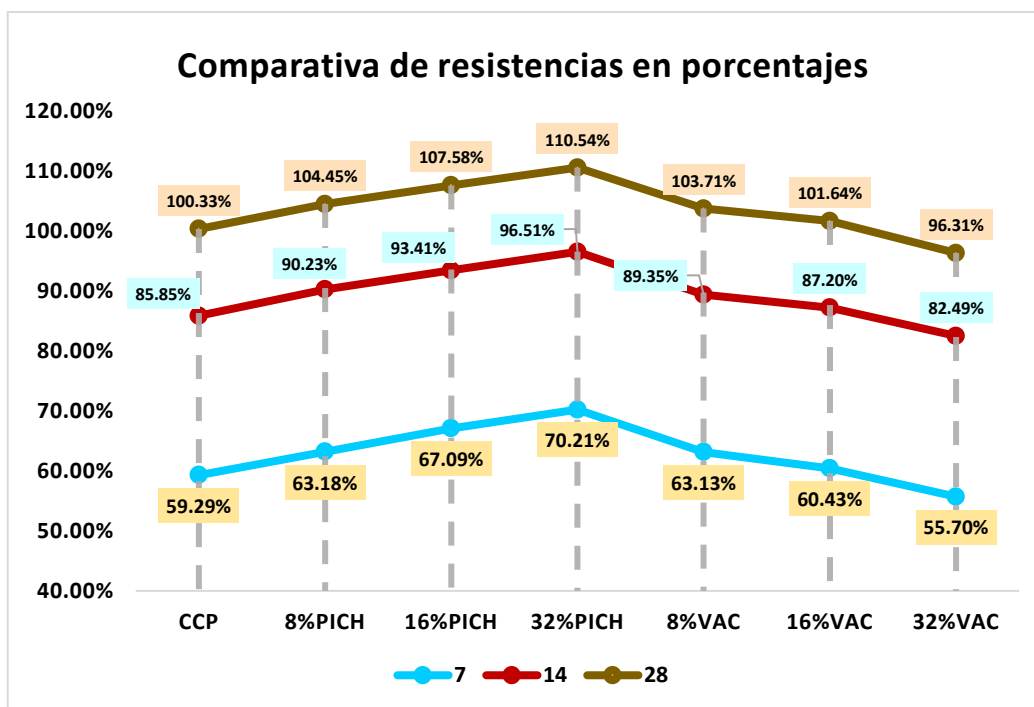
Tabla 16

Fractura a compresión porcentual-comparativa

Descriptiva	Resistencia en porcentajes			Diferencia porcentual
	7	14	28	
CCP	59.29%	85.85%	100.33%	-
8%PICH	63.18%	90.23%	104.45%	4.12%
16%PICH	67.09%	93.41%	107.58%	7.25%
32%PICH	70.21%	96.51%	110.54%	10.21%
8%VAC	63.13%	89.35%	103.71%	3.38%
16%VAC	60.43%	87.20%	101.64%	1.31%
32%VAC	55.70%	82.49%	96.31%	-4.02%

Figura 19

Fractura a compresión-comparación



Se presenta la comparativa porcentual de las resistencias, observándose que, al reemplazar el 32% del agregado grueso tradicional por piedra chancada, se registraron incrementos en las resistencias.

4.1.2 Influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero en la resistencia a flexión del concreto permeable

▪ Roturas a flexión del concreto permeable patrón

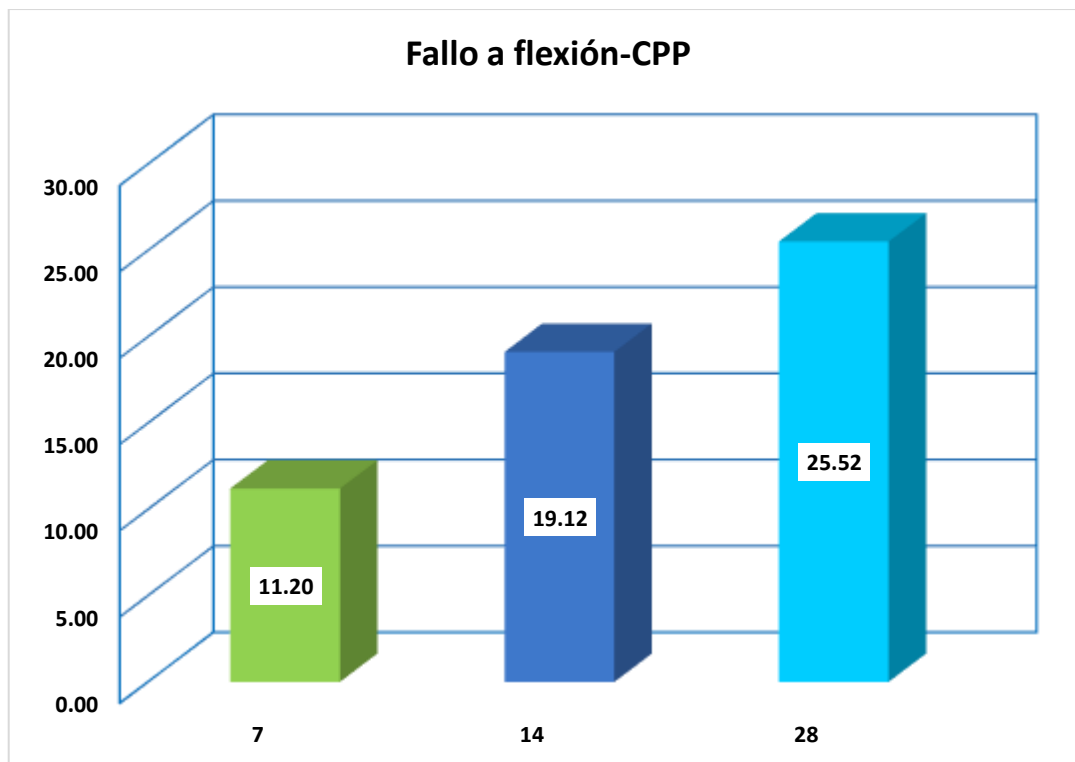
Tabla 17

Fallo a flexión de concretos permeables patrón

Tiempo	Descriptiva	Dial (kg)	Rotura-flexion Kg/cm ²
7	ERF-1	758.64	11.28
	ERF-2	750.72	11.12
	ERF-3	753.65	11.24
	ERF-4	749.59	11.11
	ERF-5	755.91	11.24
	PROMEDIO		11.20
14	ERF-1	1287.74	19.14
	ERF-2	1282.68	19.13
	ERF-3	1280.92	19.04
	ERF-4	1290.81	19.12
	ERF-5	1285.72	19.18
	PROMEDIO		19.12
28	ERF-1	1710.35	25.42
	ERF-2	1718.21	25.45
	ERF-3	1720.14	25.65
	ERF-4	1713.09	25.38
	ERF-5	1728.17	25.69
	PROMEDIO		25.52

Figura 20

Fallo a flexión de concretos permeables patrón



Se presentan los resultados obtenidos del análisis del fallo a flexión de concretos permeables(patrón) a distintos tiempos de curado, específicamente a los 7, 14 y 28 días. En el primer intervalo de curado, a los 7 días, los valores del fallo a flexión variaron entre 11.11 y 11.28 kg/cm², con un promedio de 11.20 kg/cm². Al alcanzar los 14 días de curado, se observó un notable aumento en la resistencia, con los valores oscilando entre 19.04 y 19.18 kg/cm², y un promedio de 19.12 kg/cm². Finalmente, al completar los 28 días de curado, los resultados reflejaron una resistencia aún mayor, con valores entre 25.38 y 25.69 kg/cm², alcanzando un promedio de 25.52 kg/cm². Estos hallazgos muestran un progreso constante en las propiedades de los concretos permeables, evidenciando cómo su capacidad para resistir cargas de flexión mejora a medida que avanza el proceso de curado.



Roturas a flexión del concreto permeable con piedra chancada

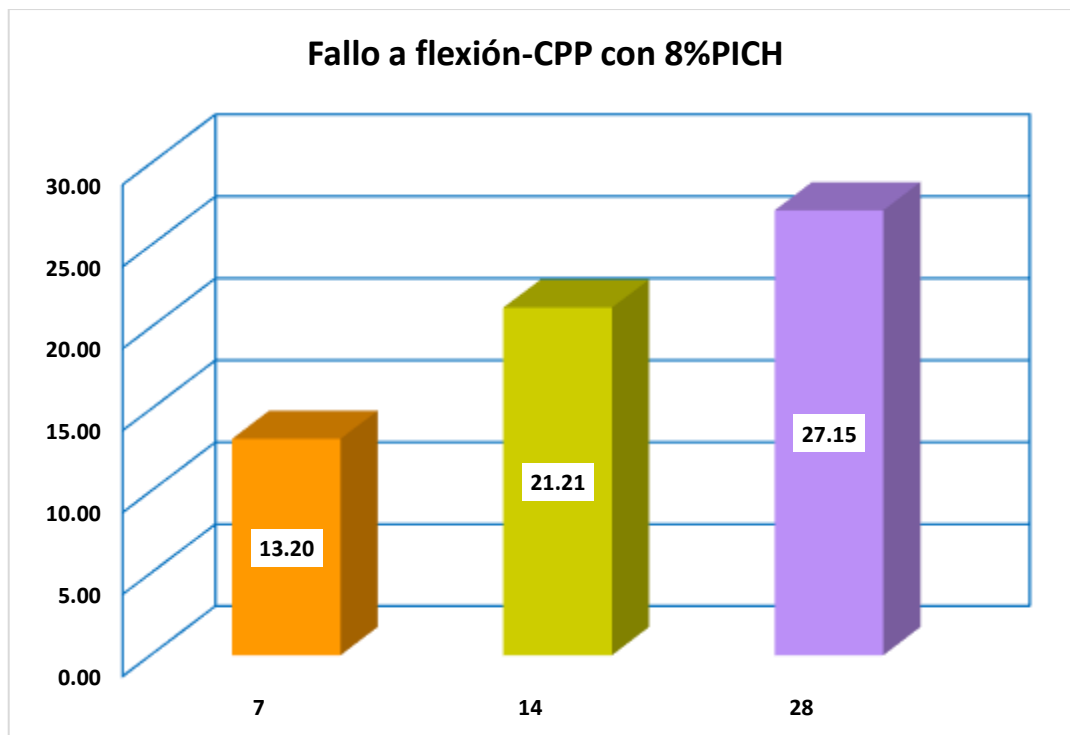
Tabla 18

Fallo a flexión de concretos permeables con 8% de piedra chancada

Tiempo	Descriptiva	Dial (kg)	Rotura-flexion Kg/cm ²
7	ERF-1	891.13	13.25
	ERF-2	884.11	13.10
	ERF-3	893.10	13.23
	ERF-4	885.02	13.11
	ERF-5	897.10	13.33
	PROMEDIO		13.20
14	ERF-1	1434.41	21.32
	ERF-2	1421.26	21.06
	ERF-3	1435.32	21.26
	ERF-4	1436.46	21.28
	ERF-5	1427.71	21.15
	PROMEDIO		21.21
28	ERF-1	1824.16	27.11
	ERF-2	1830.20	27.11
	ERF-3	1840.27	27.26
	ERF-4	1826.20	27.05
	ERF-5	1835.15	27.19
	PROMEDIO		27.15

Figura 21

Fallo a flexión de concretos permeables con 8% de piedra chancada



Se presentan los resultados del análisis del fallo a flexión de concretos permeables modificados con la incorporación de un 8% de piedra chancada en lugar del agregado grueso convencional. Los datos se recogen para varios tiempos de curado: 7, 14 y 28 días. En el primer punto del estudio, a los 7 días, los valores del fallo a flexión variaron entre 13.10 y 13.33kg/cm², con un promedio de 13.20kg/cm². A los 14 días de curado, se observó un aumento significativo en la resistencia, con valores que fluctuaron entre 21.06 y 21.32 kg/cm², alcanzando un promedio de 21.21kg/cm². Finalmente, a los 28 días, los resultados indicaron una mayor resistencia, con un rango entre 27.05 y 27.26kg/cm², y un promedio de 27.15 kg/cm². Este patrón de resultados refleja una mejora continua en la capacidad de carga del concreto permeable, destacando cómo la adición de piedra chancada como agregado grueso no solo favorece la mejora de la resistencia a flexión, sino que también contribuye de manera positiva al desempeño del material a lo largo del tiempo de curado.



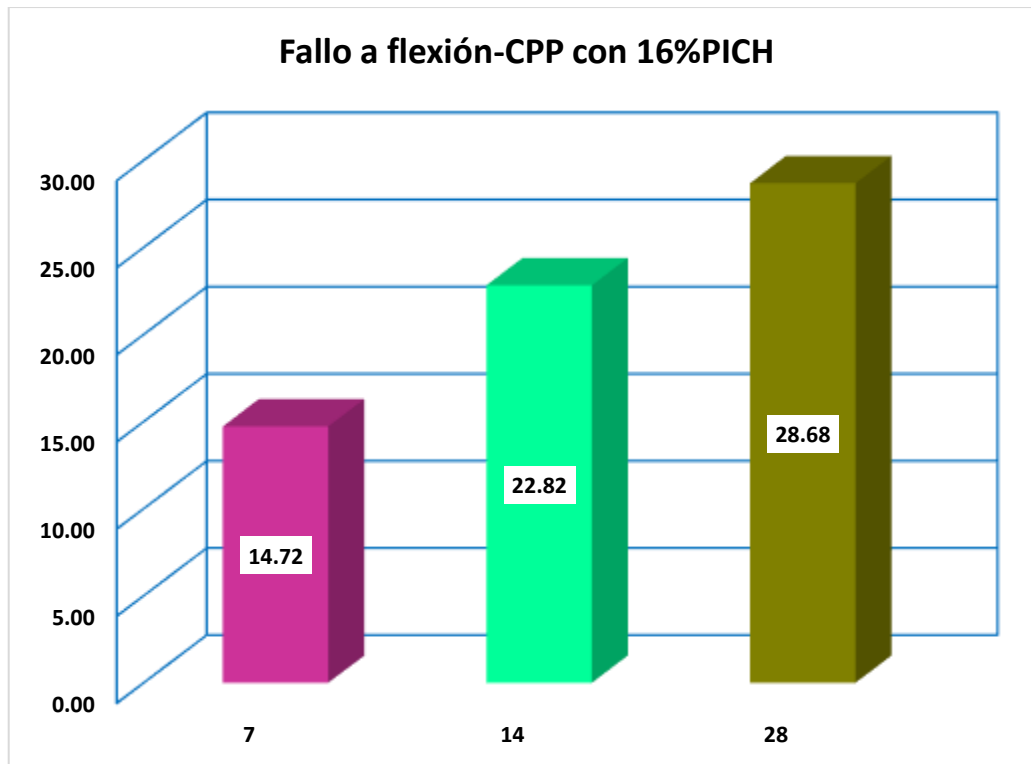
Tabla 19

Fallo a flexión de concretos permeables con 16% de piedra chancada

Tiempo	Descriptiva	Dial (kg)	Rotura-flexion Kg/cm ²
7	ERF-1	988.56	14.69
	ERF-2	992.84	14.71
	ERF-3	996.29	14.76
	ERF-4	988.47	14.64
	ERF-5	994.62	14.78
	PROMEDIO		14.72
14	ERF-1	1529.95	22.74
	ERF-2	1547.76	22.93
	ERF-3	1539.82	22.81
	ERF-4	1537.90	22.78
	ERF-5	1542.85	22.86
	PROMEDIO		22.82
28	ERF-1	1928.87	28.67
	ERF-2	1934.92	28.67
	ERF-3	1936.78	28.69
	ERF-4	1934.85	28.66
	ERF-5	1938.98	28.73
	PROMEDIO		28.68

Figura 22

Fallo a flexión de concretos permeables con 16% de piedra chancada



Se presentan los resultados obtenidos del análisis del fallo flexión de concretos permeables, los cuales fueron modificados al incorporar un 16% de piedra chancada en lugar del agregado grueso tradicional. A los 7 días de curado, los valores de resistencia a flexión oscilaron entre 14.64 y 14.78kg/cm², con un promedio de 14.72kg/cm². Al llegar a los 14 días, se observó un aumento considerable en la resistencia, con los valores situándose entre 22.74 y 22.93kg/cm², logrando un promedio de 22.82kg/cm². Finalmente, a 28 días, el fallo a flexión continuó experimentando un incremento, alcanzando valores entre 28.66 y 28.73 kg/cm², con un promedio de 28.68kg/cm². Estos resultados demuestran una clara tendencia de mejora en la resistencia del concreto permeable a medida que avanza el tiempo de curado, subrayando el efecto positivo que tiene la incorporación de piedra chancada en la resistencia a flexión del material.



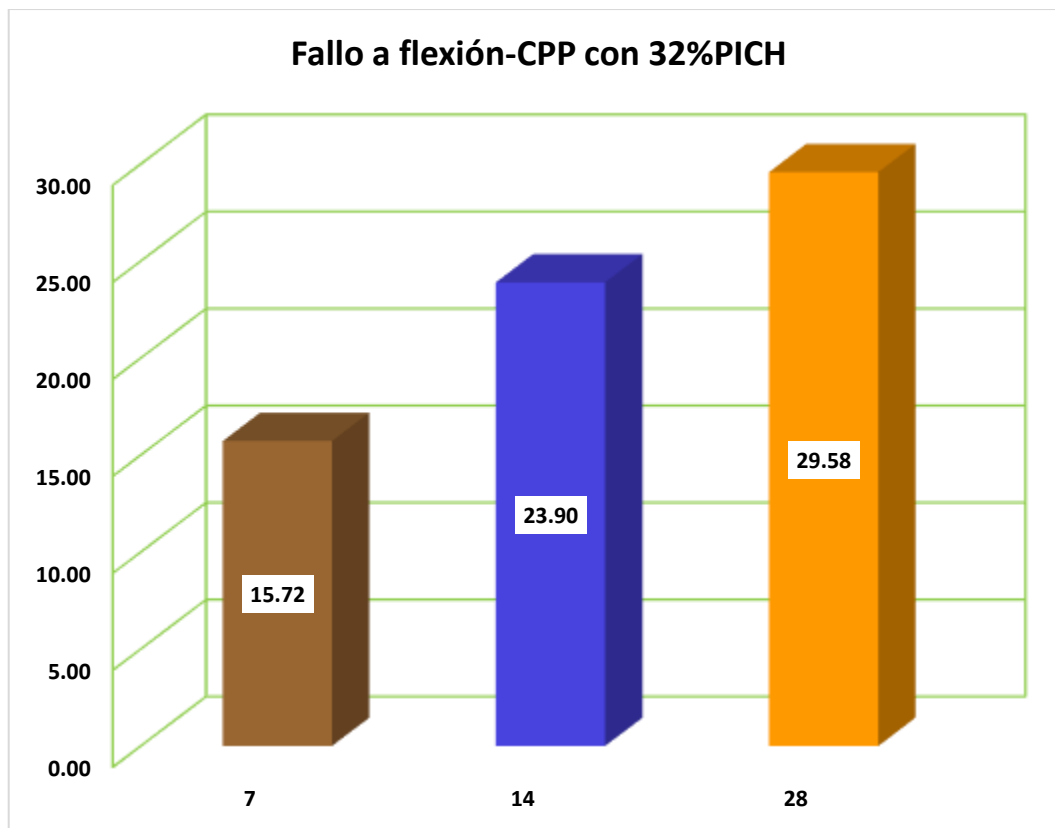
Tabla 20

Fallo a flexión de concretos permeables con 32% de piedra chancada

Tiempo	Descriptiva	Dial (kg)	Rotura-flexion Kg/cm2
7	ERF-1	1059.60	15.75
	ERF-2	1060.38	15.71
	ERF-3	1061.49	15.73
	ERF-4	1052.56	15.59
	ERF-5	1063.38	15.81
	PROMEDIO		15.72
14	ERF-1	1605.90	23.87
	ERF-2	1609.85	23.85
	ERF-3	1611.80	23.88
	ERF-4	1616.73	23.95
	ERF-5	1615.96	23.94
	PROMEDIO		23.90
28	ERF-1	1989.97	29.58
	ERF-2	1991.78	29.51
	ERF-3	1997.84	29.60
	ERF-4	1999.92	29.63
	ERF-5	1997.79	29.60
	PROMEDIO		29.58

Figura 23

Fallo a flexión de concretos permeables con 32% de piedra chancada



Se presentan los resultados del análisis del fallo flexión de concretos permeables que han sido modificados al incorporar un 32% de piedra chancada como sustituto del agregado grueso tradicional. A los 7 días de curado, los valores de resistencia a flexión variaron entre 15.59 y 15.81kg/cm², con un promedio de 15.72kg/cm². Al llegar a los 14 días, se observó un aumento significativo en la resistencia, con los valores fluctuando entre 23.85 y 23.95kg/cm², alcanzando un promedio de 23.90kg/cm². Finalmente, a los 28 días, la resistencia a flexión alcanzó su valor más alto, con un rango entre 29.51 y 29.63kg/cm², y un promedio de 29.58kg/cm². Estos resultados indican una mejora constante en las propiedades mecánicas del concreto permeable a lo largo del tiempo de curado, evidenciando de manera clara el impacto positivo que tiene la inclusión de piedra chancada en la resistencia a flexión de este material.

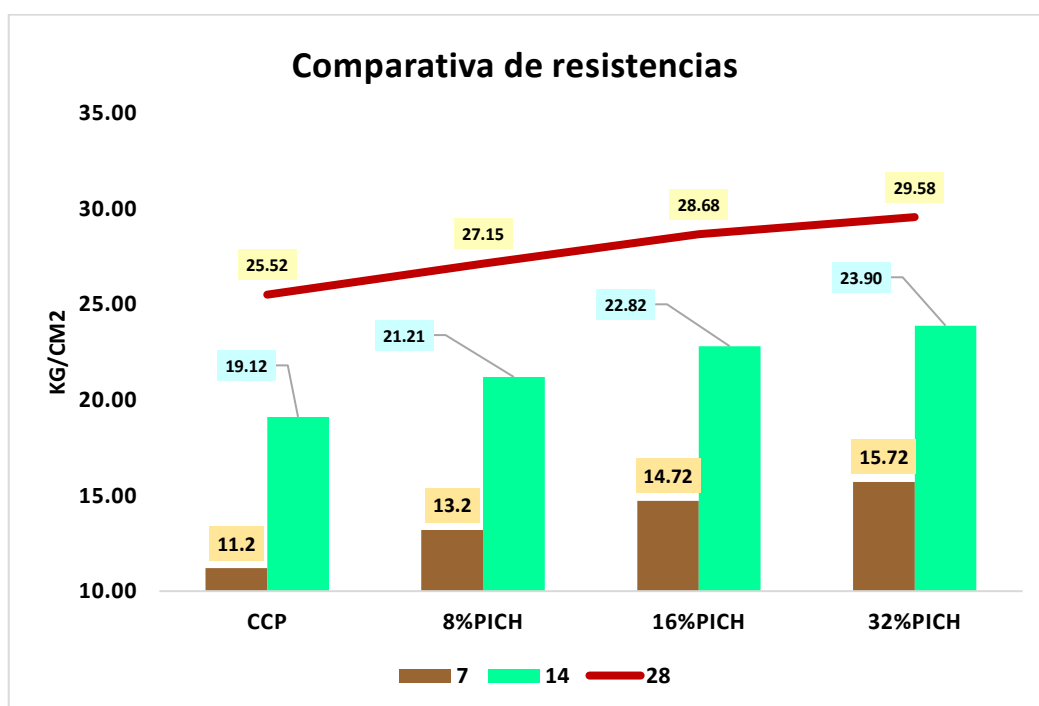
Tabla 21

Comparativa del concreto permeable con piedra chancada

Detalle	Roturas a flexión		
	7	14	28
CCP	11.20	19.12	25.52
8%PICH	13.20	21.21	27.15
16%PICH	14.72	22.82	28.68
32%PICH	15.72	23.90	29.58

Figura 24

Comparativa del concreto permeable con piedra chancada



Se presenta una comparativa de la resistencia a flexión de concreto permeable con piedra chancada (CCP) y con diferentes porcentajes de adición de piedra chancada (8%, 16%, y 32%). Los resultados muestran que a medida que aumenta el tiempo de curado (7, 14 y 28 días), la resistencia a flexión mejora en todas las mezclas, destacándose la mezcla con el 32% de piedra chancada, que muestra los valores más altos en todas las edades de curado.



Roturas a flexión del concreto permeable con viruta de acero

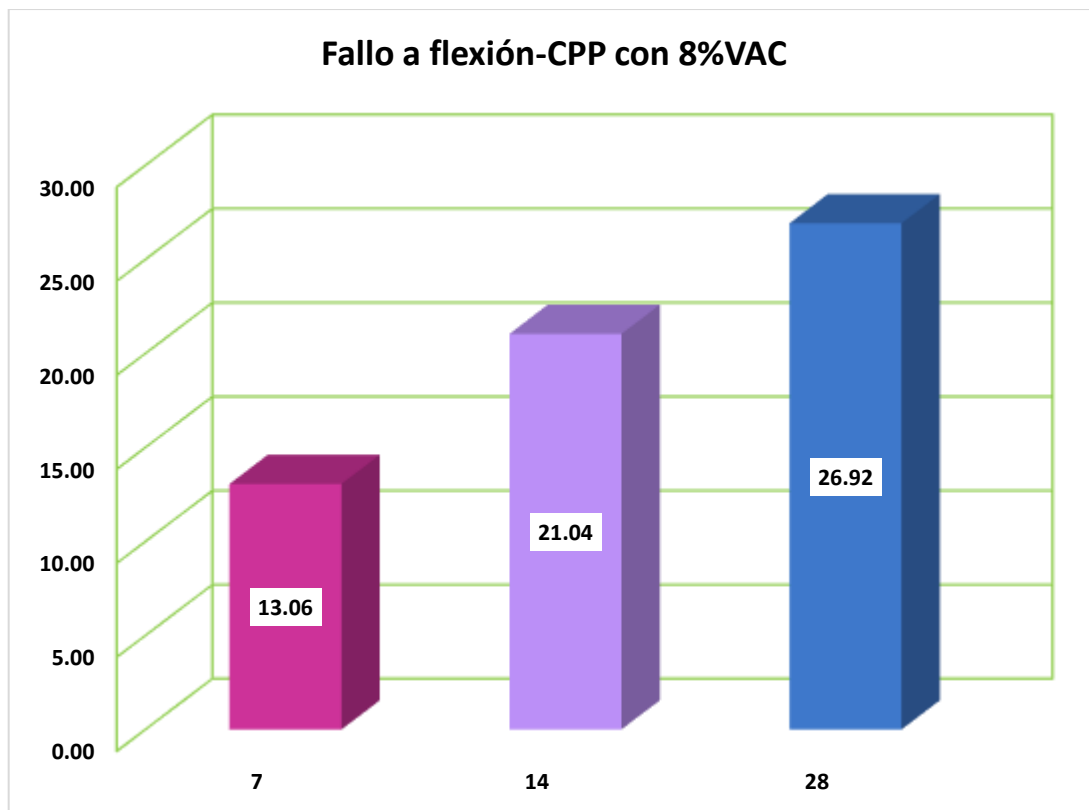
Tabla 22

Fallo a flexión de concretos permeables con 8% de viruta de acero

Tiempo	Descriptiva	Dial (kg)	Rotura-flexion Kg/cm2
7	ERF-1	874.52	13.00
	ERF-2	875.62	12.97
	ERF-3	882.70	13.08
	ERF-4	881.49	13.06
	ERF-5	886.53	13.18
	PROMEDIO		13.06
14	ERF-1	1418.90	21.09
	ERF-2	1414.84	20.96
	ERF-3	1419.80	21.03
	ERF-4	1420.66	21.05
	ERF-5	1421.77	21.06
	PROMEDIO		21.04
28	ERF-1	1810.50	26.91
	ERF-2	1817.62	26.93
	ERF-3	1815.51	26.90
	ERF-4	1816.49	26.91
	ERF-5	1819.50	26.96
	PROMEDIO		26.92

Figura 25

Fallo a flexión de concretos permeables con 8% de viruta de acero



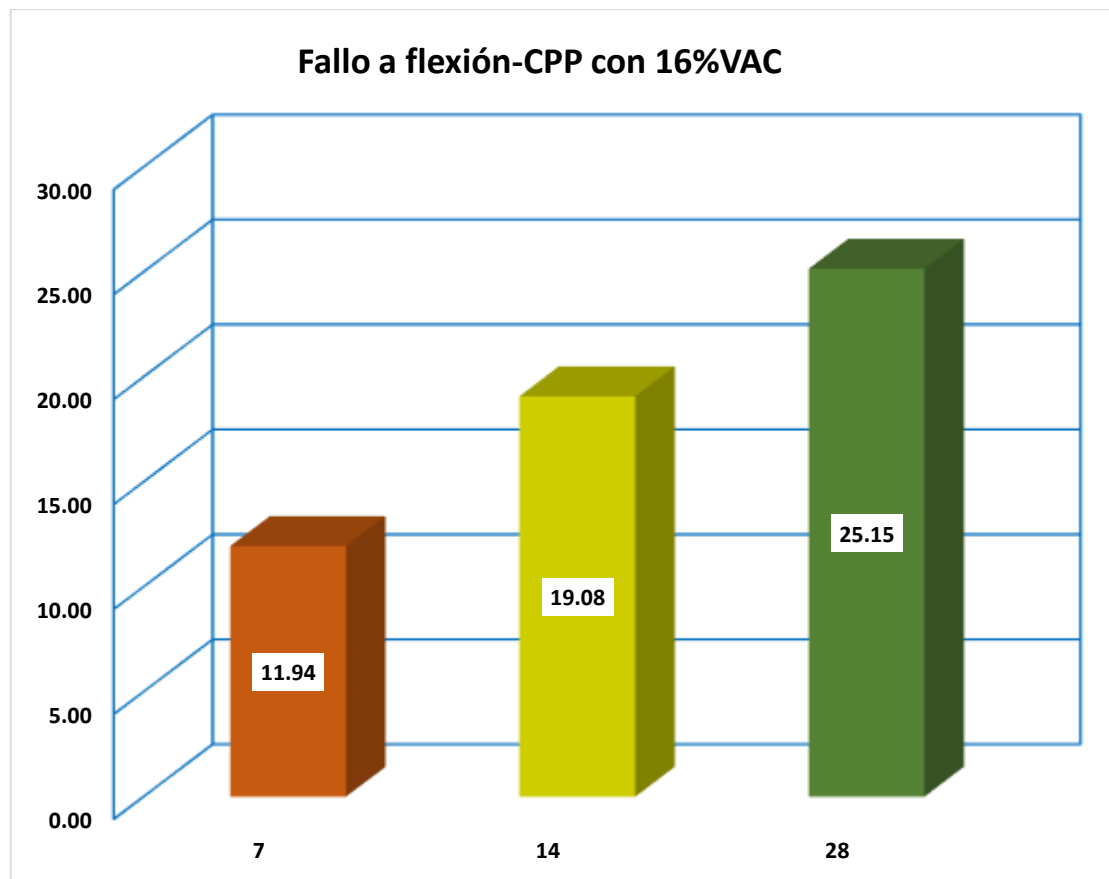
Se presentan los resultados obtenidos del análisis del fallo flexión de concretos permeables, modificados con la incorporación de un 8% de viruta de acero en lugar del agregado grueso convencional. A los 7 días de curado, los valores de resistencia a flexión variaron entre 12.97 y 13.18kg/cm², con un promedio de 13.06kg/cm². A los 14 días, se observó un incremento notable en la resistencia, con los valores fluctuando entre 20.96 y 21.09kg/cm², logrando un promedio de 21.04kg/cm². Finalmente, a los 28 días, la resistencia siguió aumentando, alcanzando valores entre 26.90 y 26.96kg/cm², con un promedio de 26.92kg/cm². Estos resultados muestran una mejora continua en la capacidad de carga del concreto permeable con el tiempo de curado, subrayando el impacto positivo que tiene la viruta de acero en la resistencia a flexión del material, lo que resalta su potencial como un agregado alternativo en la producción de concreto permeable.



Tabla 23

Fallo a flexión de concretos permeables con 16% de viruta de acero

Tiempo	Descriptiva	Dial (kg)	Rotura-flexion Kg/cm ²
7	ERF-1	805.60	11.97
	ERF-2	808.92	11.98
	ERF-3	802.79	11.89
	ERF-4	805.60	11.93
	ERF-5	802.87	11.93
	PROMEDIO		11.94
14	ERF-1	1283.73	19.08
	ERF-2	1284.80	19.03
	ERF-3	1286.71	19.06
	ERF-4	1288.80	19.09
	ERF-5	1289.69	19.11
	PROMEDIO		19.08
28	ERF-1	1698.87	25.25
	ERF-2	1696.62	25.14
	ERF-3	1687.49	25.00
	ERF-4	1698.63	25.16
	ERF-5	1699.57	25.18
	PROMEDIO		25.15

Figura 26*Fallo a flexión de concretos permeables con 16% de viruta de acero*

Se presentan los resultados obtenidos en el análisis del fallo flexión de concretos permeables, en los cuales se incorporó un 16% de viruta de acero como sustituto del agregado grueso tradicional. A los 7 días de curado, los valores de resistencia a flexión variaron entre 11.89 y 11.98kg/cm², con un promedio de 11.94kg/cm². Al llegar a los 14 días, se observó un incremento en la resistencia, con los valores fluctuando entre 19.03 y 19.11kg/cm², alcanzando un promedio de 19.08kg/cm². Finalmente, a los 28 días, la resistencia continuó mostrando un aumento progresivo, con los valores oscilando entre 25.00 y 25.25kg/cm², obteniendo un promedio de 25.15kg/cm². Estos resultados reflejan una mejora constante y gradual en las propiedades mecánicas del concreto permeable a medida que se prolonga el tiempo de curado, lo que resalta el impacto positivo de la viruta de acero en el desempeño del material.



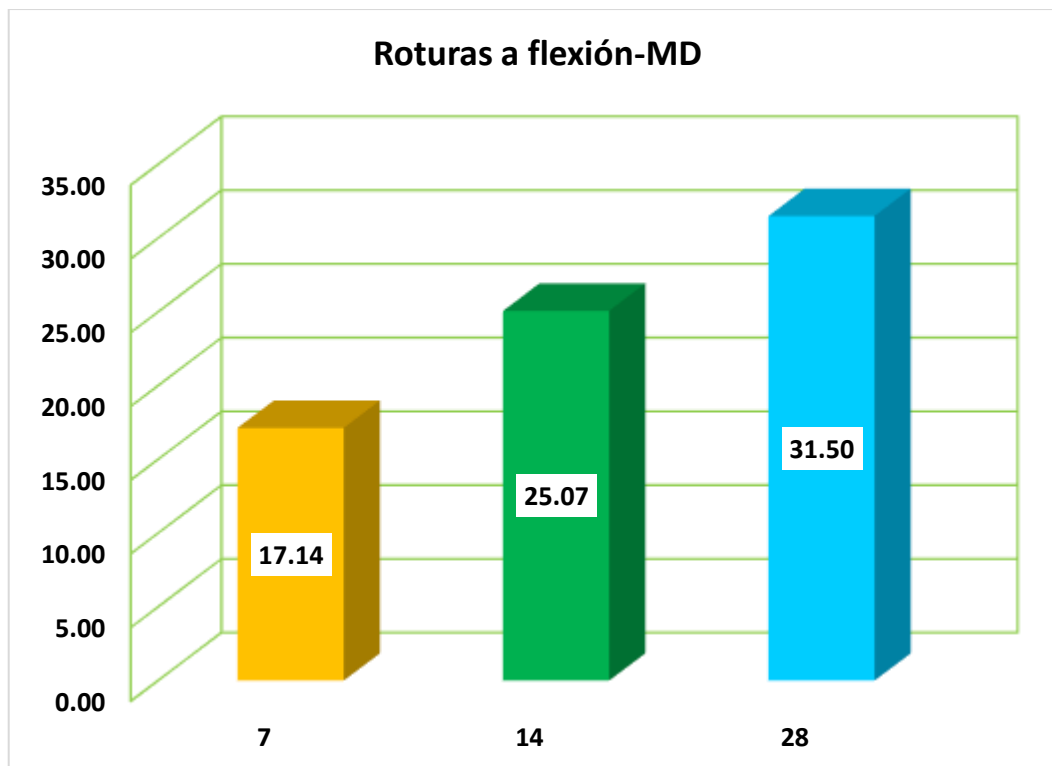
Tabla 24

Fallo a flexión de concretos permeables con 32% de viruta de acero

Tiempo	Descriptiva	Dial (kg)	Rotura-flexion Kg/cm2
7	ERF-1	672.90	10.00
	ERF-2	689.92	10.22
	ERF-3	670.81	9.94
	ERF-4	677.79	10.04
	ERF-5	677.58	10.07
	PROMEDIO		10.05
14	ERF-1	1201.08	17.85
	ERF-2	1213.13	17.97
	ERF-3	1215.11	18.00
	ERF-4	1214.15	17.99
	ERF-5	1218.17	18.05
	PROMEDIO		17.97
28	ERF-1	1557.90	23.16
	ERF-2	1581.72	23.43
	ERF-3	1589.84	23.55
	ERF-4	1596.52	23.65
	ERF-5	1582.73	23.45
	PROMEDIO		23.45

Figura 27

Fallo a flexión de concretos permeables con 32% de viruta de acero



Se presentan los resultados obtenidos del análisis del fallo flexión de concretos permeables, modificados con la adición de un 32% de viruta de acero en lugar del agregado grueso convencional. A los 7 días de curado, los valores de resistencia a flexión fluctuaron entre 9.94 y 10.22kg/cm², con un promedio de 10.05kg/cm². Al llegar a los 14 días, se observó un incremento en la resistencia, con los valores variando entre 17.85 y 18.05kg/cm², alcanzando un promedio de 17.97kg/cm². Finalmente, a los 28 días, la resistencia continuó aumentando, con valores que oscilaron entre 23.16 y 23.65kg/cm², logrando un promedio de 23.45kg/cm². Estos resultados evidencian una mejora gradual en la capacidad de carga del concreto permeable a medida que transcurre el tiempo de curado. Sin embargo, también muestran el impacto negativo que tiene la incorporación de viruta de acero en la resistencia a flexión, en comparación con el concreto permeable patrón, sugiriendo que la adición de viruta de acero podría afectar la resistencia general del material.

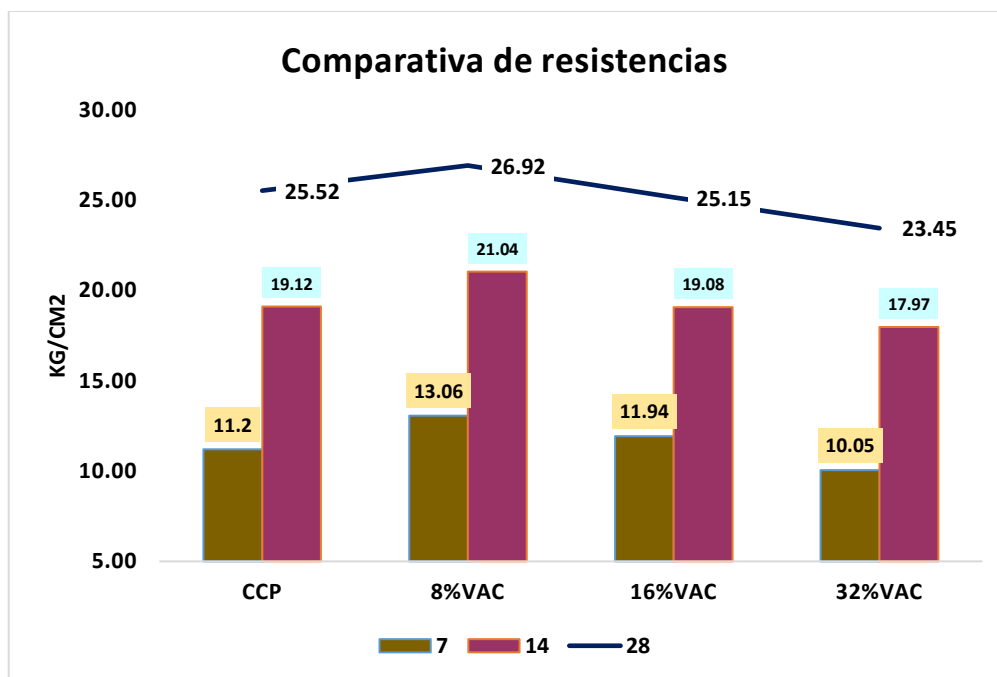
Tabla 25

Comparativa del concreto permeable con viruta de acero

Detalle	Roturas a flexión		
	7	14	28
CCP	11.20	19.12	25.52
8%VAC	13.06	21.04	26.92
16%VAC	11.94	19.08	25.15
32%VAC	10.05	17.97	23.45

Figura 28

Comparativa del concreto permeable con viruta de acero



Se muestra la comparativa de la resistencia a flexión del concreto permeable con viruta de acero (VAC) en diferentes proporciones (8%, 16% y 32%) y con concreto convencional (CCP). Los resultados indican que, en general, las mezclas con viruta de acero presentan una mejora en la resistencia a flexión en comparación con el CCP, especialmente en el caso del 8% de viruta, aunque en las mezclas con mayores porcentajes de viruta de acero (16% y 32%) se observa una leve disminución de la resistencia con el tiempo.

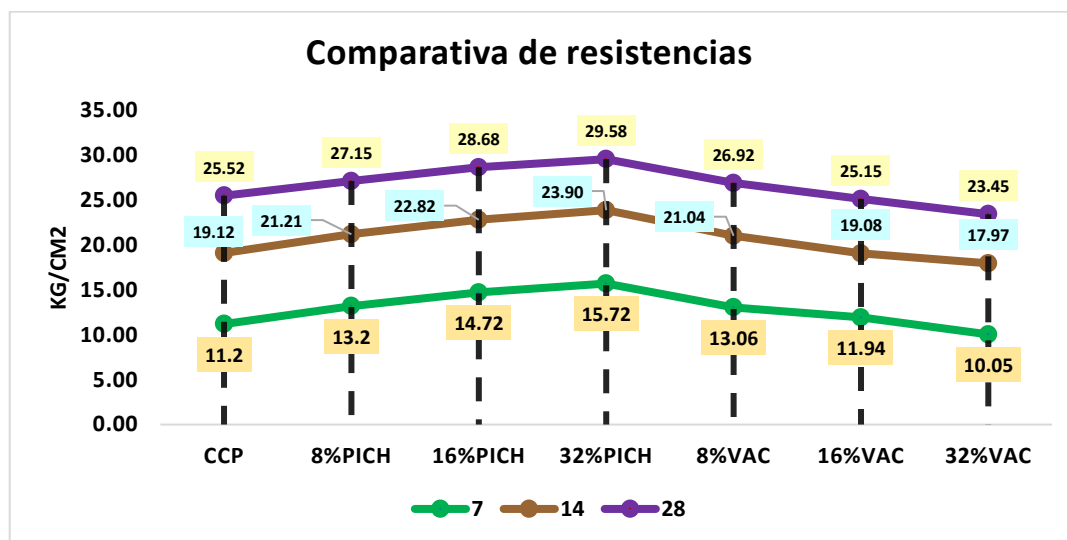
Tabla 26

Comparativa final a flexión

Detalle	Roturas a flexión kg/cm ²		
	7	14	28
CCP	11.20	19.12	25.52
8%PICH	13.20	21.21	27.15
16%PICH	14.72	22.82	28.68
32%PICH	15.72	23.90	29.58
8%VAC	13.06	21.04	26.92
16%VAC	11.94	19.08	25.15
32%VAC	10.05	17.97	23.45

Figura 29

Comparativa final a flexión



Se presenta la comparativa final de la resistencia a flexión del concreto con diferentes aditivos: piedra chancada (PICH) y viruta de acero (VAC) en varios porcentajes (8%, 16%, y 32%), junto con el concreto convencional (CCP). Se observa que las mezclas con piedra chancada (PICH) muestran una mejora continua en la resistencia a flexión con el tiempo, alcanzando los valores más altos a los 28 días. En cambio, las mezclas con viruta de acero (VAC) presentan una resistencia algo menor, especialmente en los porcentajes más altos (16% y 32%), donde la resistencia disminuye ligeramente con el aumento de la viruta de acero.

4.1.3 Influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero en la Permeabilidad de concretos permeables

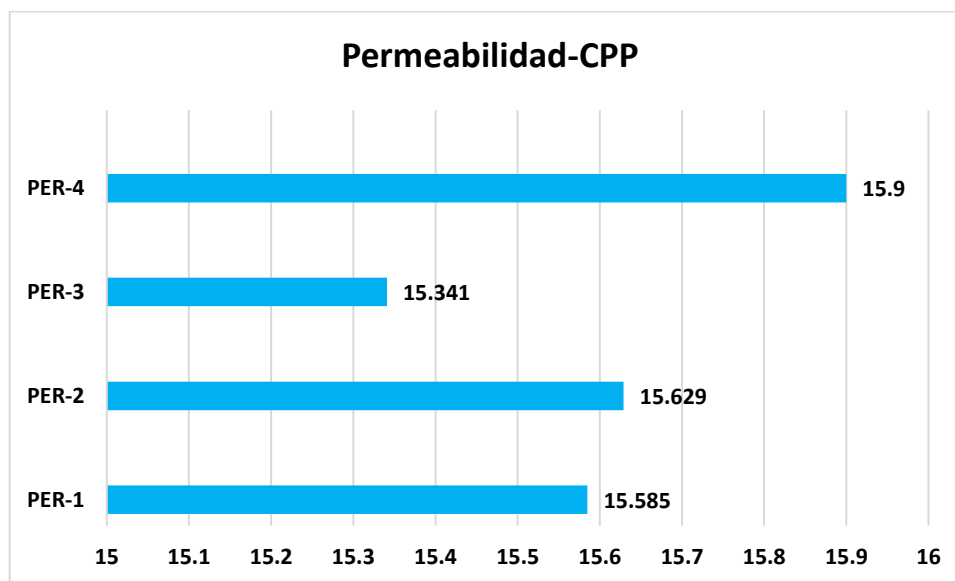
Tabla 27

Permeabilidad de concretos permeables patrón

Detalle	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Alt. De la columna de agua (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
PER-1	14.99	13	432	1.558	15.585
PER-2	15.03	13	454	1.563	15.629
PER-3	15.12	13	436	1.534	15.341
PER-4	14.98	12	301	1.59	15.9
PROMEDIO				1.561	15.614

Figura 30

Permeabilidad de concretos permeables patrón



Se presenta los resultados de la permeabilidad de cuatro muestras de concreto permeable. Al analizar los coeficientes de permeabilidad de las cuatro muestras (PER-1, PER-2, PER-3, y PER-4), se observa que el valor promedio del coeficiente de permeabilidad en cm/seg es 1.561, mientras que el valor promedio en mm/seg es 15.614.

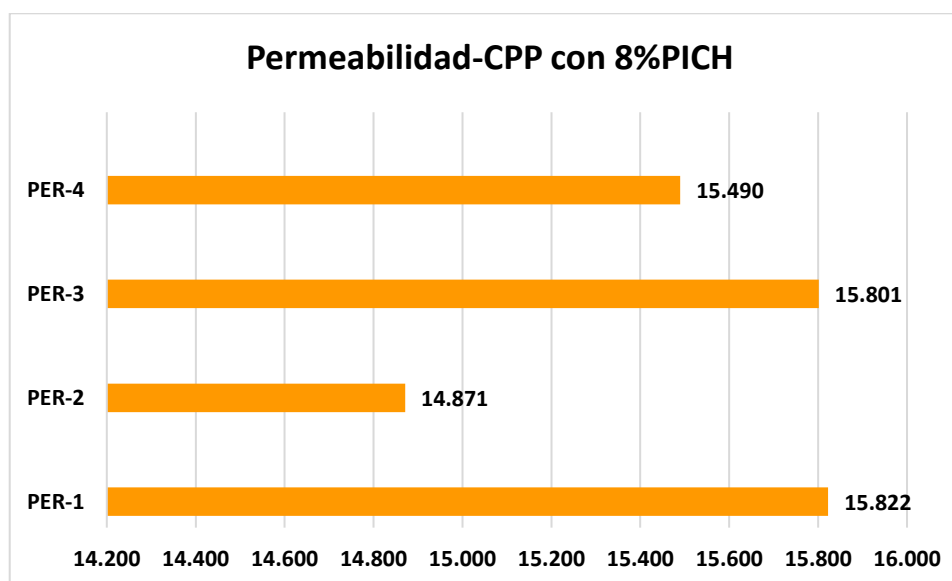
Tabla 28

Permeabilidad de concretos permeables con 8% de piedra chancada

Detalle	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Alt. De la columna de agua (cm)	Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
PER-1	14.98	13	470	1.582	15.822
PER-2	15.00	14	515	1.487	14.871
PER-3	14.99	13	470	1.580	15.801
PER-4	15.10	13	455	1.549	15.490
PROMEDIO				1.550	15.496

Figura 31

Permeabilidad de concretos permeables con 8% de piedra chancada



Se muestra los resultados de la permeabilidad de muestras de concreto permeable, en las cuales el agregado grueso tradicional ha sido reemplazado por un 8% de piedra chancada. Al calcular el promedio de los coeficientes de permeabilidad de las cuatro muestras (PER-1, PER-2, PER-3, y PER-4), se obtiene un valor promedio de 1.550 cm/seg para el coeficiente de permeabilidad en cm/seg, y 15.496 mm/seg.

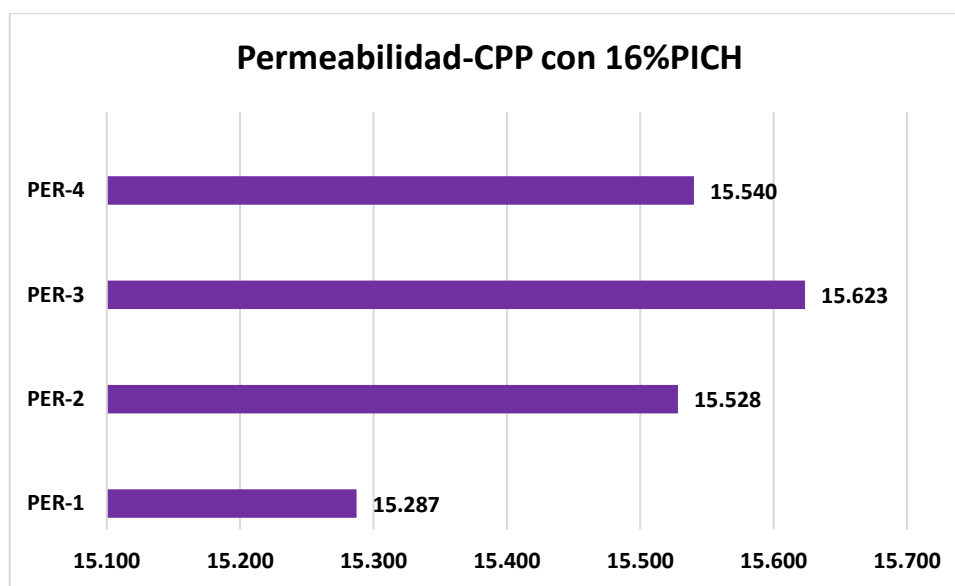
Tabla 29

Permeabilidad de concretos permeables con 16% de piedra chancada

Detalle	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Alt. De la columna de agua (cm)	Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
PER-1	15.10	13.00	420	1.529	15.287
PER-2	15.04	13.00	440	1.553	15.528
PER-3	14.98	13.00	435	1.562	15.623
PER-4	15.00	13.00	428	1.554	15.540
PROMEDIO				1.549	15.495

Figura 32

Permeabilidad de concretos permeables con 16% de piedra chancada



Se presenta los hallazgos de las pruebas de permeabilidad realizadas a muestras de concreto permeable, en las cuales el agregado grueso tradicional ha sido reemplazado por un 16% de piedra chancada. El promedio de los coeficientes de permeabilidad obtenidos para las cuatro muestras (PER-1, PER-2, PER-3 y PER-4) es de 1.549 cm/seg lo que equivale a un 15.495 mm/seg.

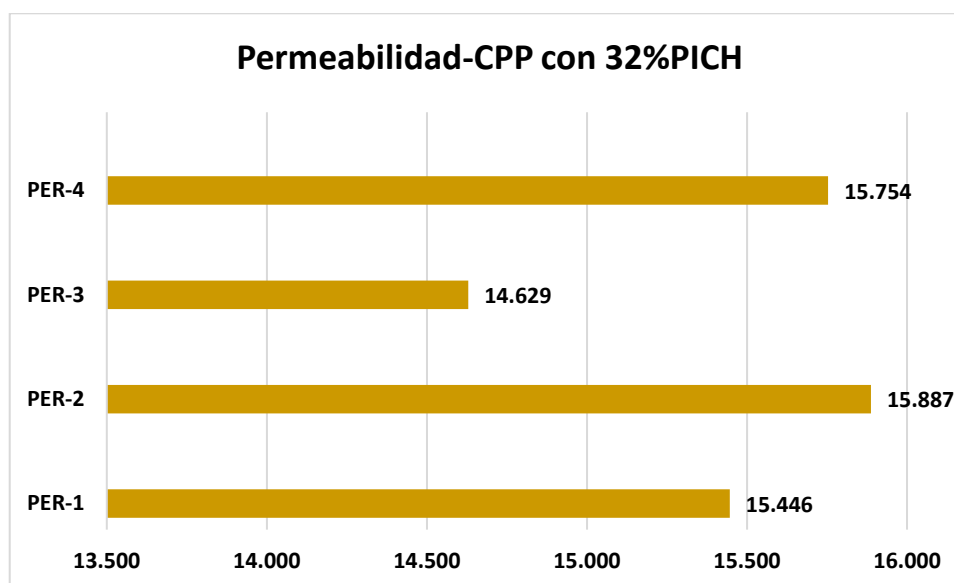
Tabla 30

Permeabilidad de concretos permeables con 32% de piedra chancada

Detalle	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Alt. De la columna de agua (cm)	Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
PER-1	15.08	13.00	440	1.545	15.446
PER-2	15.00	13.00	490	1.589	15.887
PER-3	15.00	13.00	300	1.463	14.629
PER-4	15.00	12.00	290	1.575	15.754
PROMEDIO				1.543	15.429

Figura 33

Permeabilidad de concretos permeables con 32% de piedra chancada



Se presenta los hallazgos de las pruebas de permeabilidad realizadas a muestras de concreto permeable, en las cuales el agregado grueso tradicional ha sido reemplazado por un 32% de piedra chancada. El promedio de los coeficientes de permeabilidad obtenidos para las cuatro muestras (PER-1, PER-2, PER-3 y PER-4) es de 1.543 cm/seg, lo que equivale a un 15.429 mm/seg.

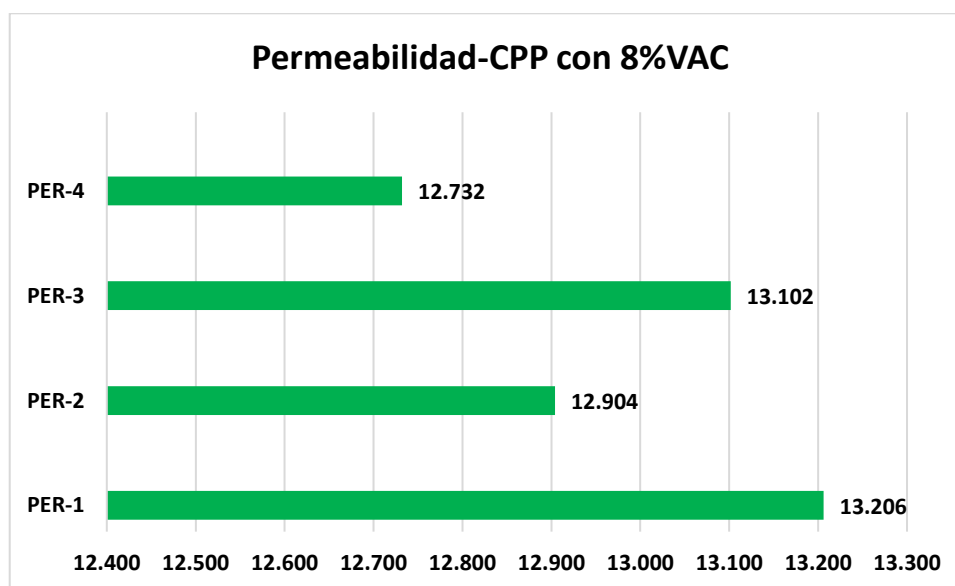
Tabla 31

Permeabilidad de concretos permeables con 8% de viruta de acero

Detalle	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Alt. De la columna de agua (cm)	Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
PER-1	15.00	14.00	256	1.321	13.206
PER-2	15.12	14.00	246	1.290	12.904
PER-3	15.00	14.00	245	1.310	13.102
PER-4	14.99	15.00	305	1.273	12.732
PROMEDIO				1.299	12.986

Figura 34

Permeabilidad de concretos permeables con 8% de viruta de acero



Se presenta los resultados de la permeabilidad de concreto permeable, en el cual el agregado grueso tradicional ha sido reemplazado por un 8% de viruta de acero. El valor promedio del coeficiente de permeabilidad para las cuatro muestras (PER-1, PER-2, PER-3 y PER-4) es de 1.299 cm/seg, lo que equivale a 12.986 mm/seg.

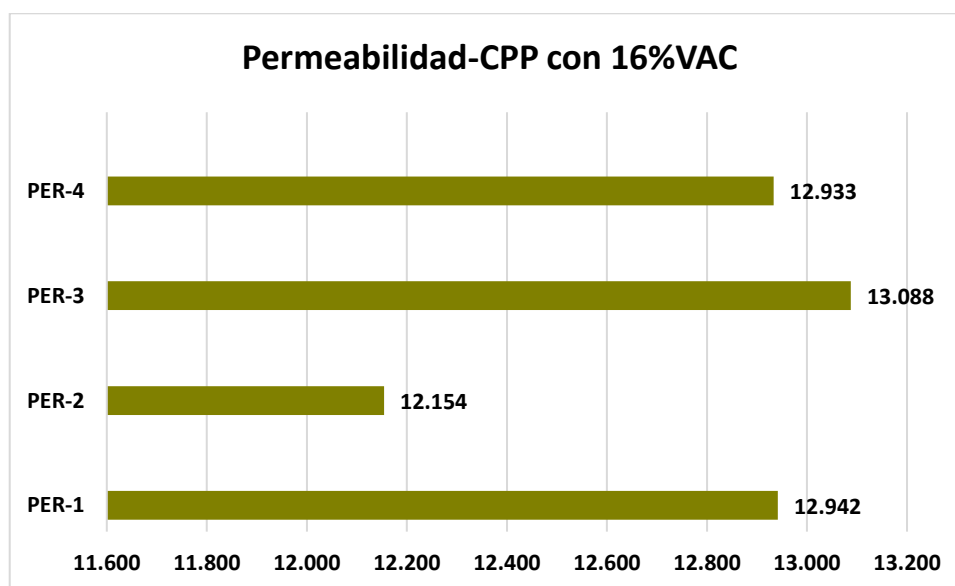
Tabla 32

Permeabilidad de concretos permeables con 16% de viruta de acero

Detalle	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Alt. De la columna de agua (cm)	Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
PER-1	15.12	14.00	250	1.294	12.942
PER-2	15.10	15.00	255	1.215	12.154
PER-3	15.14	14.00	270	1.309	13.088
PER-4	14.98	14.00	225	1.293	12.933
PROMEDIO				1.278	12.779

Figura 35

Permeabilidad de concretos permeables con 16% de viruta de acero



Se presenta los resultados de la permeabilidad de concreto permeable, en el que el agregado grueso tradicional ha sido reemplazado por un 16% de viruta de acero. El valor promedio del coeficiente de permeabilidad para las cuatro muestras (PER-1, PER-2, PER-3 y PER-4) es de 1.278 cm/seg, lo que equivale a 12.779 mm/seg.

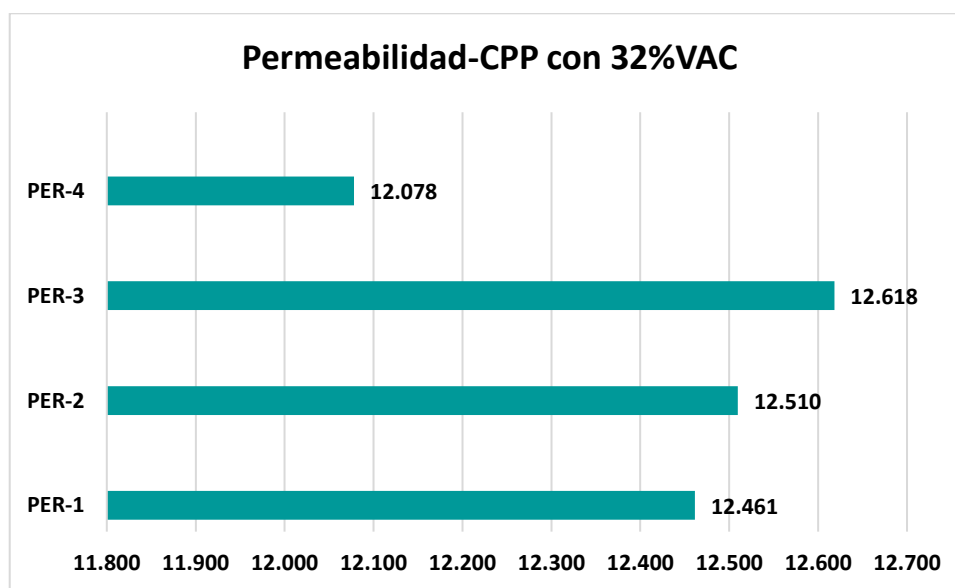
Tabla 33

Permeabilidad de concretos permeables con 32% de viruta de acero

Detalle	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Alt. De la columna de agua (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
PER-1	15.13	15.00	300	1.246	12.461
PER-2	15.10	14.00	205	1.251	12.510
PER-3	15.00	14.00	200	1.262	12.618
PER-4	15.00	15.00	229	1.208	12.078
PROMEDIO				1.242	12.417

Figura 36

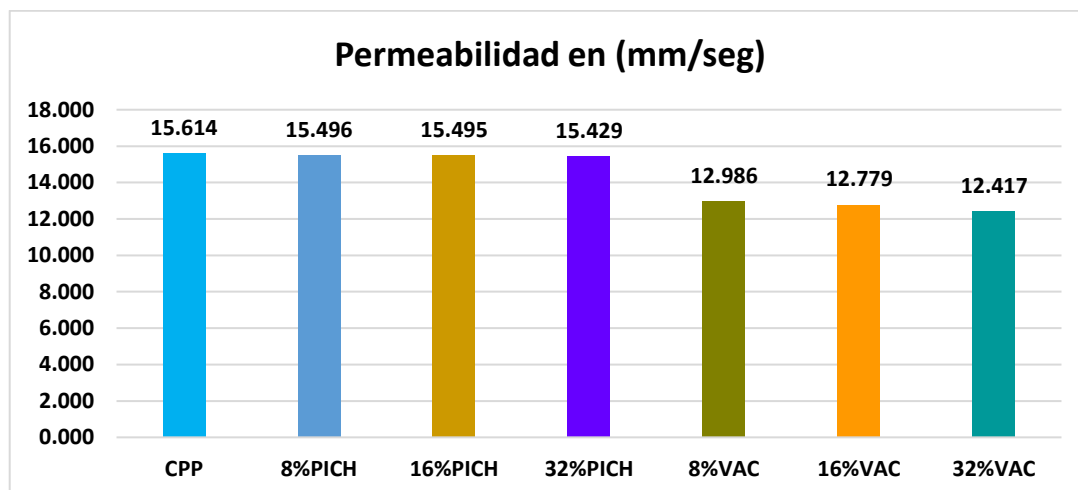
Permeabilidad de concretos permeables con 32% de viruta de acero



Se muestra los resultados de la permeabilidad de concreto permeable, en el cual el agregado grueso tradicional ha sido reemplazado por un 32% de viruta de acero. El valor promedio del coeficiente de permeabilidad para las cuatro muestras (PER-1, PER-2, PER-3 y PER-4) es de 1.242 cm/seg, lo que corresponde a 12.417 mm/seg.

Tabla 34*Comparativa de Permeabilidad de concretos permeables*

Detalle	Comparativa	
	Permeabilidad en (cm/seg)	Permeabilidad en (mm/seg)
CPP	1.561	15.614
8%PICH	1.55	15.496
16%PICH	1.549	15.495
32%PICH	1.543	15.429
8%VAC	1.299	12.986
16%VAC	1.278	12.779
32%VAC	1.242	12.417

Figura 37*Comparativa de Permeabilidad de concretos permeables*

Se presenta una comparativa de la permeabilidad en mm/seg de diferentes tipos de concreto permeable. El concreto patrón (CPP) muestra el valor más alto de permeabilidad con 15.614 mm/seg, lo que indica una mayor capacidad para permitir el paso del agua. A medida que se reemplaza el agregado grueso tradicional por piedra chancada (PICH) en concentraciones de 8%, 16% y 32%, la permeabilidad se mantiene bastante constante, disminuyendo ligeramente a 15.496 mm/seg, 15.495 mm/seg, y 15.429 mm/seg, respectivamente. Sin embargo, cuando se utiliza viruta de acero (VAC) como reemplazo, la permeabilidad experimenta una caída más pronunciada: 12.986 mm/seg para el 8% de viruta de acero, 12.779 mm/seg para el 16%, y 12.417 mm/seg para el 32%.

4.2 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que tanto la incorporación de viruta de acero como de piedra chancada (PICH) tienen un impacto significativo en las propiedades mecánicas del concreto permeable, específicamente en cuanto a su fractura compresiva y a la flexión. Al analizar los datos de compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días, se observa que ambas modificaciones en la mezcla mejoran estas propiedades con el tiempo, lo que indica una adecuada evolución en la resistencia del concreto permeable.

En cuanto a la resistencia a la compresión, los resultados muestran que, al aumentar el porcentaje de piedra chancada, la resistencia del concreto aumenta de manera proporcional, lo cual es consistente con los hallazgos de Espinoza & Lucero (2023), quienes en su estudio también encontraron una mejora en la fractura compresiva con la modificación del tipo de agregado. Para el concreto con 32% de piedra chancada, la fractura compresiva alcanzó los 193.45 kg/cm² a los 28 días, lo que representa un aumento significativo en comparación con la muestra patrón (CCP), que presentó una resistencia final de 175.57 kg/cm². Este comportamiento también se refleja en los resultados de Encinas & Marin (2022), quienes concluyeron que la piedra triturada mejora las propiedades mecánicas, especialmente la fractura compresiva en concretos permeables utilizados para pavimentos de drenaje.

Por otro lado, la resistencia a la flexión mostró un comportamiento similar. El concreto con piedra chancada experimentó un incremento progresivo en su resistencia a la flexión conforme aumentaba la cantidad de agregado de piedra chancada. A los 28 días, el concreto con 32% de piedra chancada alcanzó 29.58 kg/cm² en la prueba de flexión, un valor considerablemente superior al del concreto patrón (25.52 kg/cm²). Estos resultados corroboran lo encontrado por Quevedo & Rojas (2022), quienes reportaron que la adición de virutas de acero mejora la resistencia a la flexión, aunque con variabilidad en los resultados debido a la distribución de dicho agregado. En este sentido, la piedra chancada parece ofrecer una mejora más uniforme en las propiedades de flexión, a pesar de ser un



agregado tradicional, lo que la hace una opción interesante para el diseño de concretos permeables con buenas características mecánicas.

En cuanto al comportamiento de los concretos con viruta de acero, los resultados muestran que, aunque la adición de virutas mejora la resistencia a compresión y flexión, la magnitud de mejora no es tan significativa como la observada en los concretos con piedra chancada. Por ejemplo, a los 28 días, el concreto con 32% de viruta de acero alcanzó una fractura compresiva de 168.55 kg/cm², que es inferior a la de los concretos con piedra chancada. De manera similar, la resistencia a la flexión para el concreto con 32% de viruta de acero fue de 23.45 kg/cm², también por debajo de los valores obtenidos con piedra chancada. Este comportamiento podría estar relacionado con la variabilidad en la distribución de las virutas de acero en la mezcla, un fenómeno también reportado por Suaña (2021), quien indicó que las pequeñas cantidades de virutas de acero pueden mejorar la resistencia, pero podrían afectar la homogeneidad de la mezcla y, en consecuencia, los resultados finales.

Además, la incorporación de virutas de acero tiene un efecto negativo en la permeabilidad, lo que contrasta con los resultados obtenidos por Suaña (2021), quien reportó que la adición de virutas redujo la capacidad de drenaje del concreto. Aunque en este estudio no se realizaron pruebas directas de permeabilidad, el aumento en la resistencia podría implicar una posible reducción en la capacidad de filtración de agua, algo que debe ser considerado al diseñar pavimentos permeables.

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la piedra chancada es una opción eficaz para mejorar tanto la fractura compresiva como a la flexión en concretos permeables, alcanzando valores superiores a los observados en los concretos con viruta de acero.



CONCLUSIONES

Primera- La piedra chancada mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a compresión y flexión, especialmente a concentraciones del 32%, superando al concreto patrón. En cambio, la viruta de acero reduce estas propiedades a medida que aumenta su concentración. Aunque la piedra chancada reduce ligeramente la permeabilidad, la viruta de acero provoca una disminución más notable en esta propiedad. Así, la piedra chancada resulta ser una opción más efectiva que la viruta de acero en la mejora del concreto.

Segunda- La incorporación de piedra chancada en concentraciones de 8%, 16% y 32% mostró un aumento. El concreto con 32% de piedra chancada presentó la mayor resistencia a compresión, alcanzando 193.45 kg/cm^2 , superando significativamente al concreto patrón (175.57 kg/cm^2). Por otro lado, el concreto con viruta de acero mostró una menor resistencia a compresión, con valores decrecientes a medida que aumentaba el porcentaje de viruta de acero, el concreto con 32% de viruta de acero alcanzó solo 168.55 kg/cm^2 , lo que refleja la menor eficacia de la viruta de acero en comparación con la piedra chancada.

Tercera- La incorporación de piedra chancada mejoró la resistencia a flexión en el concreto permeable. Los resultados mostraron que el concreto con 32% de piedra chancada obtuvo la mayor resistencia a flexión, con un valor de 29.58 kg/cm^2 , superando al concreto permeable patrón (25.52 kg/cm^2). En contraste, el concreto con viruta de acero presentó menores resistencias a flexión, especialmente a concentraciones más altas de viruta de acero. El concreto con 32% alcanzó solo 23.45 kg/cm^2 , mientras que con un 8% la resistencia fue de 26.92 kg/cm^2 .



Cuarta- Se observó que, al incorporar piedra chancada como sustituto del agregado grueso, afectó los valores de permeabilidad, con una leve disminución en el coeficiente de permeabilidad. El concreto con 32% de piedra chancada presentó una permeabilidad de 15.429 mm/seg, ligeramente inferior al concreto patrón (15.614 mm/seg). Sin embargo, al reemplazar el agregado por viruta de acero, la permeabilidad disminuyó considerablemente, siendo 32% el que presentó la menor permeabilidad con 12.417 mm/seg.



RECOMENDACIONES

R1- Teniendo los resultados se recomienda el uso de piedra chancada como una alternativa más eficiente y beneficiosa para mejorar las propiedades mecánicas del concreto a comparación de las virutas de acero, especialmente en aplicaciones donde se requiere mayor resistencia a compresión, flexión y control de permeabilidad.

R2- Se recomienda realizar estudios a largo plazo sobre la durabilidad del concreto permeable con piedra chancada y viruta de acero, considerando factores como la resistencia a ciclos de humedad y comportamiento ante temperaturas extremas.

R3- Se sugiere investigar la eficiencia de estos materiales en sistemas de drenaje urbano y en la filtración de aguas pluviales. Esto podría incluir pruebas de capacidad de retención de agua, velocidad de drenaje, y calidad del agua filtrada a través del concreto permeable.

R4- Se recomienda explorar otros tipos de aditivos o mezclas híbridas que puedan mejorar tanto las propiedades mecánicas como las de Permeabilidad de concretos permeables.

BIBLIOGRAFÍA

- Alor Suarez, J. S., & Alfaro Paredes, J. C. (2020). Mejoramiento a la compresión, flexión y tracción del concreto con agregado grueso reciclado, fino natural y virutas de acero para el uso de viviendas en Lima Metropolitana. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://doi.org/10.19083/tesis/653421>
- Amaya Torres, I. M., & Navarro Chistama, A. (2024). Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para fines de pavimentación, Trujillo 2022. *Repositorio Institucional - UPAO*.
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/19031>
- Araujo Mego, H., & Roman Cordova, D. M. (2019). *Diseño de un concreto permeable con agregado grueso del Río Huallaga en la ciudad de Tarapoto, Provincia y Departamento de San Martín, 2019*. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/865>
- Benites Jara, M. A., & Enríquez Roman, A. W. (2022). Experimentación del concreto permeable como una alternativa de pavimentación sostenible en el distrito de Pallasca – Ancash, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/109990>
- Castro Hernández, S. (2018). *Diferencia de compresión y Permeabilidad de concretos permeables elaborado con canto rodado frente al de piedra chancada, cantera Mashcon, Cajamarca 2017*.
- Chaiña Quispe, J. L., & Villanueva Escobedo, Y. A. (2017). *Diseño de Concreto Permeable, para pavimentos rígidos utilizando Piedra Huso 67 y Arena Gruesa de la Cantera La Poderosa, para la ciudad de Arequipa*.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6038>
- Chapoñan Barros, M. A., & Garcia Ferrel, A. R. (2023). Diseño de concreto permeable $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ adicionando Polietileno de alta densidad como alternativa de



- solución para pavimentación de Purrupampa, Sinsicap—2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/144551>
- Coba Rugel, B. M., & Santos Gutierrez, J. W. (2022). Propuesta de un diseño de mezcla para un concreto permeable utilizando agregados de las canteras de la ciudad de Sullana. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104474>
- Coico Delgado, C. A. (2023). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto permeable para pavimentos especiales incorporando fibra de polipropileno. *Repositorio Institucional - USS*.
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11382>
- Comun Mendoza, R., & Tito Ore, E. Z. (2023). Propiedades del concreto permeable para pavimentos con adición de fibra de carbono reciclado. *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5809>
- Córdoba Quejada, N. L., & Triana González, J. E. (2022). *Estudio del comportamiento del concreto permeable con agregados de cantera, río y escoria de horno eléctrico*.
<https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/9196>
- Díaz Díaz, O. V. (2022). *Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto poroso utilizando piedra chancada y arena gruesa, Chota*.
<https://hdl.handle.net/20.500.14142/222>
- Encinas Contreras, E. E., & Marin Ticona, M. (2022). Influencia de la piedra triturada y canto rodado en concreto permeable para drenaje pluvial en ciclovía norte Juliaca, Puno 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91848>
- Espinoza Roveló, L. A., & Lucero Espinoza, Y. L. (2023). *Análisis del agregado grueso en los tamices 1/2" y 3/8" para el diseño de mezcla del concreto poroso FC=175kg/cm², 2023*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/8418>
- Guzman Florian, C. D. (2022). Evaluación de viruta de acero en propiedades mecánicas del pavimento rígido en la Avenida Revolución, Villa el Salvador, Lima 2022.



Repositorio Institucional - UCV.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/111946>

Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis* [Text.Chapter]. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.

<https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>

Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos*. Noveduc.

Loyo Taboada, A., & López Alvarado, R. M. (2021). *Determinacion y evaluacion del concreto permeable en pavimentos de los ambientes de la Universidad Nacional de Ucayali*. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/5035>

Morquencho Vines, A. M. (2021). Diseño de un concreto permeable para mejorar el drenaje pluvial en pavimentos de la calle Lima – Piura 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84540>

Palomino Casana, A. J. P. (2022). *Influencia de la viruta de acero como reemplazo del agregado grueso para mejorar la resistencia en un concreto $f'c=175$ kg/cm², Trujillo – 2021*.

Paredes Martinez, J. G., & Revilla Álvarez, R. A. (2022). Elaboración de adoquines de concreto permeable para aumentar la permeabilidad de la superficie de rodadura en ciclovías y veredas. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660505>

Pastor Huamaní, L. M., & Reyes Narro, D. A. (2022). Propiedades físicas de un concreto permeable aplicado a un pavimento rígido en Trujillo, Perú. *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/9216>

Peralta Rodríguez, I. K., & Huamolles Rengifo, D. A. (2023). Influencia del agregado fino y piedra chancada huso 67 en las propiedades del concreto permeable para vías urbanas, Tacna, 2022. *Repositorio Institucional - UPT*.

<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2779>



- Prada Palacios, I. camilo, & Paez González, D. F. (2020). *Implementación del concreto permeable en el barrio pardo rubio en la calle 47ª con cra 3 este*.
<http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2905>
- Prado Espino, R. C., & Romero Rengifo, H. de los Á. (2021). *Grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos – 2021*.
<http://hdl.handle.net/20.500.14503/1354>
- Quevedo Barrera, M. J., & Rojas Pérez, J. L. (2022). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando viruta de acero, Pucallpa—2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96715>
- Reyes Principe, J. W. (2019). *Resistencia a la compresión de un concreto permeable utilizando piedra zarandada y chancada de la cantera Quechcap, Huaraz—2017*.
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12470>
- Ríos Miñano, C. J., & Layza Vásquez, L. J. (2020). INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020. *Universidad Privada de Trujillo*. <http://181.176.219.234/handle/UPRIT/342>
- Rodriguez, Y. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik.
- Villalobos Romero, D. A. (2023). *Evaluación de las propiedades de un concreto permeable utilizando residuos de construcción y demolición para su utilización en pavimentos especiales en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, 2020*.
<http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/6946>



ANEXOS



TITULO DE TESIS: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿De qué manera varía las propiedades de un concreto permeable modificado con la incorporación de piedra chancada y virutas de acero enfocado a accesos peatonales en la ciudad de Juliaca 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Analizar las propiedades de un concreto permeable modificado con la incorporación de piedra chancada y virutas de acero enfocado a accesos peatonales en la ciudad de Juliaca 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Las propiedades de un concreto permeable modificado se optimizarán con la incorporación de piedra chancada y virutas de acero enfocado a accesos peatonales en la ciudad de Juliaca 2024.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Piedra chancada y virutas de acero.</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Porcentaje de incorporación.</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Propiedades del concreto permeable.</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Propiedades del concreto permeable.</i></p>	<p>- Registro de las mezclas realizadas</p> <p>- Protocolo de dosificación.</p> <p>Equipos y herramientas de laboratorio.</p>
<p>Problemas Específicos</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicas</p>		
<p>a. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre la resistencia a compresión a diferentes edades de curado del concreto permeable?</p> <p>b. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre la resistencia a flexión a diferentes edades de curado del concreto permeable?</p> <p>c. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre el coeficiente de permeabilidad a 28 días de curado del concreto permeable?</p>	<p>a. Determinar la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre la resistencia a compresión a diferentes edades de curado del concreto permeable.</p> <p>b. Determinar la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre la resistencia a flexión a diferentes edades de curado del concreto permeable.</p> <p>c. Determinar la influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero sobre el coeficiente de permeabilidad a 28 días de curado del concreto permeable.</p>	<p>a. La influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero será positiva ya que mejorará la resistencia a compresión a diferentes edades de curado del concreto permeable.</p> <p>b. La influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero será positiva ya que mejorará la resistencia a flexión a diferentes edades de curado del concreto permeable.</p> <p>c. La influencia de la incorporación de piedra chancada y virutas de acero será positiva debido a que incrementará el coeficiente de permeabilidad a 28 días de curado del concreto permeable.</p>		

Anexo 3. Fotografías



Fotografía 1. Contenido de humedad



Fotografía 2. Análisis granulométrico



Fotografía 3. Peso unitario suelto y varillado del agregado



Fotografía 4. Desmoldeado y curado



Fotografía 5. Permeabilidad



Fotografía 6. Medición y rotura de briquetas



Fotografía 7. Rotura de vigas



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 : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : Bach. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR

CANTERA : UNOCOLLA

LUGAR : JULIACA

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

500

AGREGADO FINO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>475.69</u>
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>497.56</u>
N° 8	127.12	25.42	25.42	74.58	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1311.26</u>
N° 16	98.75	19.75	45.17	54.83	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1617.50</u>
N° 30	109.65	21.93	67.10	32.90	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	101.24	20.25	87.35	12.65	Wc+B =	<u>1809</u> Wc+B-W = <u>191</u>
N° 100	48.79	9.76	97.11	2.89	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{2.60}{2.60} = 1.00$ gr/cm ³
N° 200	6.34	1.27	98.38	1.62	ABSORCIÓN	
FONDO	8.11	1.62	100.00	0.00	B =	<u>497.56</u> B-A = <u>21.87</u>
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{21.87}{475.69} = 4.60$ %
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA					3.22	

AGREGADO GRUESO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>771.32</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>798.34</u>
3/4"	0	0.00	0.00	100.00	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>311.26</u>
1/2"	0	0.00	0.00	100.00	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>785.23</u>
3/8"	1208	34.51	34.51	65.49	PESO ESPECÍFICO	
1/4"	752	21.49	56.00	44.00	Wc+B =	<u>2110</u> Wc+B-W = <u>324</u>
N° 4	1540	44.00	78.51	21.49	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{2.46}{2.46} = 1.00$ gr/cm ³
FONDO	0.00	0.00	78.51	21.49	ABSORCIÓN	
SUMA	3500.00	100.00			B =	<u>798.34</u> B-A = <u>27.02</u>
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{27.02}{771.32} = 3.50$ %	

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - C.A., INGENIERÍA CIVIL

Meir Arnoldo Yano Torres
M.Sc. JEFEATURA



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 : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

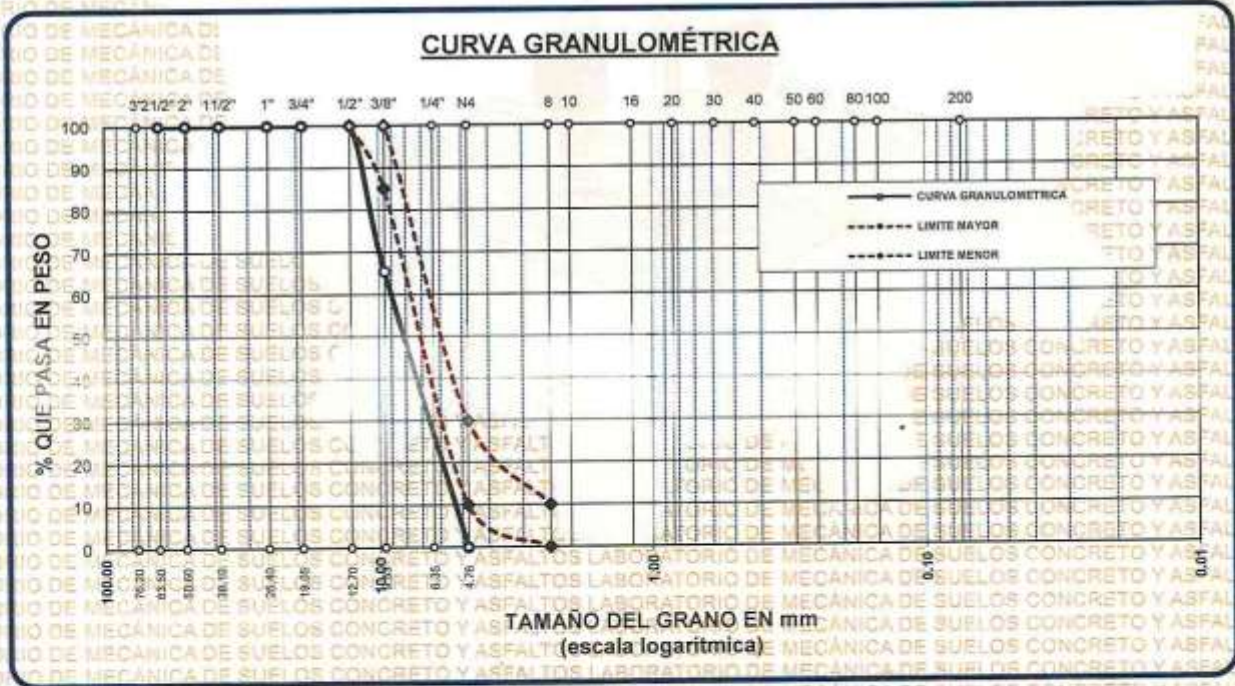
SOLICITANTE : Bach. JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR

CANTERA : UNOCOLLA

LUGAR : JULIACA

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIE.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/8" OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100%T	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	85 - 100 %	
3/8"	9.525	1208.00	34.51	34.51	65.49		
1/4"	6.350					10 - 30 %	
No4	4.760	1540.00	44.00	78.51	21.49		
BASE		0.00	0.00	78.5	21.5		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

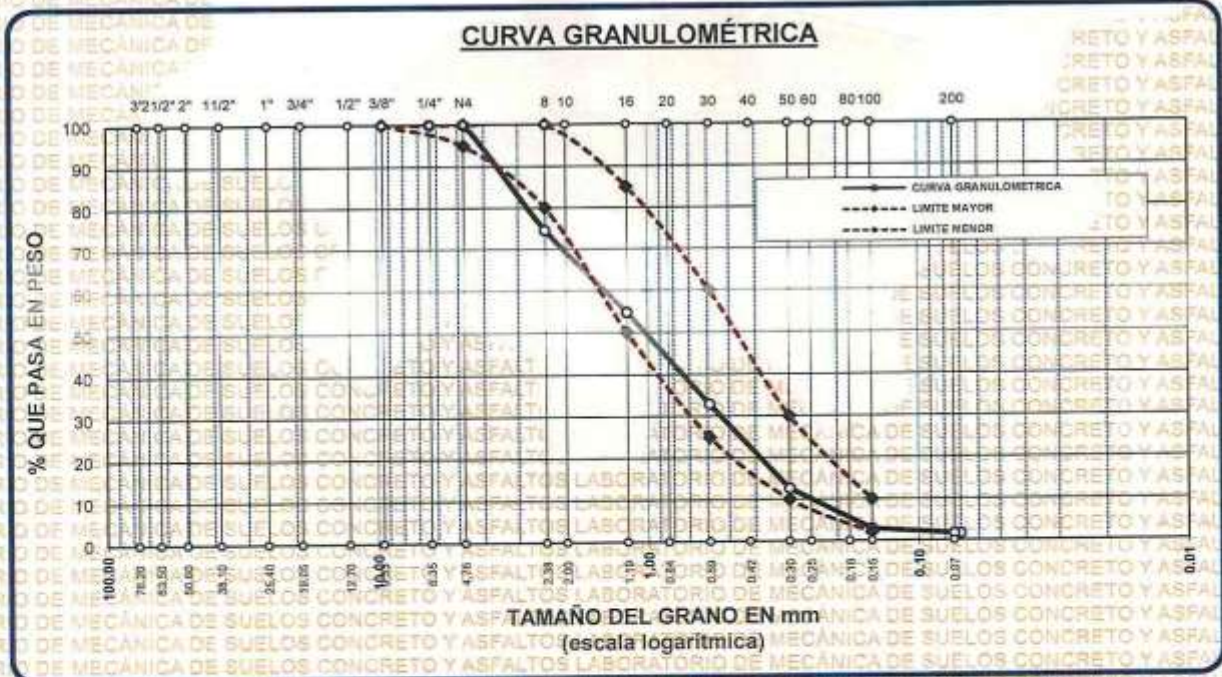
SOLICITANTE : Bach. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR

CANTERA : UNCOLLA

LUGAR : JULIACA

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CARRANGENIERÍA CIVIL

Metr. **Arnaldo Yana Torres**
CIF: 103257



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



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : Bach. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR

CANTERA : UNOCOLLA

LUGAR : JULIACA

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO

Nº DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	508.25
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	486.62
PESO DEL TARRO (gr.)	43.52
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	464.73
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	443.10
PESO DEL AGUA (gr.)	21.63
% HUMEDAD	4.88

MUESTRA : AGREGADO GRUESO

Nº DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	643.27
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	624.74
PESO DEL TARRO (gr.)	43.64
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	599.63
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	581.10
PESO DEL AGUA (gr.)	18.53
% HUMEDAD	3.19

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL
M.Sc. JEPATURA
Mg. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : Bach. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR

CANTERA : UNOCOLLA

LUGAR : JULIACA

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

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

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Metr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

LABORATORIO M.S.C. JULIACA



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 : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : Bach. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR

CANTERA : UNOCOLLA

LUGAR : JULIACA

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	1860 gr	1860 gr	1860 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3200 cm ³	3200 cm ³	3200 cm ³
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	7570.00 gr	7664.00 gr	7667.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5710.00 gr	5804.00 gr	5807.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.784 gr/cm ³	1.814 gr/cm ³	1.815 gr/cm ³
PROMEDIO		1.804 gr/cm ³	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - C.P. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yane 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



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

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO-PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : Bach. JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR

CANTERA : UNOCOLLA

UBICACIÓN : JULIACA

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI-R522r-10

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

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 0"

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI PORTLAND TIPO IP

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

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

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.46	2.60
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1638	1740
P.U. Suelto	1509	1599
% de Absorción	3.50	4.60
% de Humedad Natural	3.19	4.66
Módulo de Fineza		3.22

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- La relación agua cemento se obtiene de las tablas proporcionadas por el ACI 522: 0.40
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un DMN: $3/8''$ (9.53mm)
- Contenido de vacíos: **USO N° 8** $C_v = 19\%$
- Determinación de volumen de pasta = 0.23 m^3 Ligeramente compactado
- Cálculo de volúmenes

$$\text{Vol. A. Grueso (Vag)} = 1 - (V_p + C_v)$$

$$\text{Vol. A. Grueso (Vag)} = 0.580$$

$$\text{A. grueso} = 1523.698 \text{ kg}$$



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yano Torres



6. Cantidad de cemento

Cemento = 320.58 kg
 Volumen de cemento = 0.102 m³
 Cont. de Agua = 128.23 kg
 Vol. de Agua = 0.128 m³
 Volumen total de sólidos = 0.81 m³

7. Considerando un Porcentaje de Finos

Porcentaje de Finos: 10 %
 Vol. A. Grueso (Vag) = 0.522 Vol. A. Fino (Vaf): 0.058
 A grueso = 1371.328 kg A. fino = 152.37 kg

Confirmar porcentajes de vacíos

19 % OK

8. Corrección por absorción, humedad y aportes

Aporte A. Grueso 1371 * 0.035 = 48.04
 Aporte A. Fino 152.4 * 0.046 = 7.01
 Total Aportes = 55.044
 Agua Efectiva 73.186 l/m³

Valores de diseño corregidos por humedad:

A Grueso Húmedo 1371 * 1.032 = 1415.056 kg/m³
 A Grueso Fino 152.4 * 1.049 = 159.808 kg/cm³

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO
	(Kg/m ³)	PESO SECO	(Kg/m ³)
Cemento	320.575	1.000	320.575
Agua	128.230	0.400	73.186
Agreg. Grueso	1371.328	4.278	1415.056
Agreg. Fino	152.370	0.475	159.808
Aire	19.0 %		19.0 %

7.54 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

OBSERVACIONES.

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
 FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL
 M^gr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



PERMEABILIDAD

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024.
SOLICITANTE : Bach. JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR : JULIACA
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2023

CONCRETO PERMEABLE - PATRON

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Fecha de Ensayo	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)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
					Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k
5	MUESTRA 5	31/12/2024	28	175	14.99	13.00	30.00	176.48	19.64	432	1	1.558	15.588
6	MUESTRA 6	31/12/2024	28	175	15.03	13.00	30.00	177.42	19.64	454	1	1.563	15.629
7	MUESTRA 7	31/12/2024	28	175	15.12	13.00	30.00	179.55	19.64	436	1	1.534	15.341
8	MUESTRA 8	31/12/2024	28	175	14.98	12.00	30.00	176.24	19.64	301	1	1.590	15.900
PROMEDIO												1.561	15.614

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.E.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnoldo Yana Torres
C.P. 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



PERMEABILIDAD

PROYECTO: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE: Bach. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR
USUARIO: JULIACA
FECHA: 31 DE DICIEMBRE DEL 2023

CONCRETO PERMEABLE - CON 8% DE PIEDRA CHANCADA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Fecha de Ensayo	Días	FC	Diámetro de la muestra		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)		Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
					Kg/cm ²	Ø				t	L		
1	MUESTRA 1	31/12/2024	28	175	14.98	13.00	30.00	176.24	19.84	470	1	1.582	15.822
2	MUESTRA 2	31/12/2024	28	175	15.00	14.00	30.00	176.71	19.84	515	1	1.487	14.871
3	MUESTRA 3	31/12/2024	28	175	14.99	13.00	30.00	176.48	19.84	470	1	1.580	15.801
4	MUESTRA 4	31/12/2024	28	175	15.10	13.00	30.00	179.08	19.84	455	1	1.549	15.498
PROMEDIO											1.550	15.498	

CONCRETO PERMEABLE - CON 16% DE PIEDRA CHANCADA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Fecha de Ensayo	Días	FC	Diámetro de la muestra		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)		Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
					Kg/cm ²	Ø				t	L		
5	MUESTRA 5	31/12/2024	28	175	15.10	13.00	30.00	179.08	19.84	420	1	1.629	16.287
6	MUESTRA 6	31/12/2024	28	175	15.04	13.00	30.00	177.56	19.84	440	1	1.553	15.528
7	MUESTRA 7	31/12/2024	28	175	14.98	13.00	30.00	176.24	19.84	435	1	1.582	15.623
8	MUESTRA 8	31/12/2024	28	175	15.00	13.00	30.00	176.71	19.84	428	1	1.554	15.540
PROMEDIO											1.549	15.498	

CONCRETO PERMEABLE - CON 32% DE PIEDRA CHANCADA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Fecha de Ensayo	Días	FC	Diámetro de la muestra		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)		Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)
					Kg/cm ²	Ø				t	L		
5	MUESTRA 5	31/12/2024	28	175	15.08	13.00	30.00	178.60	19.84	440	1	1.545	15.446
6	MUESTRA 6	31/12/2024	28	175	15.00	13.00	30.00	176.71	19.84	490	1	1.589	15.887
7	MUESTRA 7	31/12/2024	28	175	15.00	13.00	30.00	176.71	19.84	300	1	1.483	14.628
8	MUESTRA 8	31/12/2024	28	175	15.00	12.00	30.00	176.71	19.84	290	1	1.575	15.754
PROMEDIO											1.543	15.420	

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103057



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



PERMEABILIDAD

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADAS A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE : Bch. JOSE LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR : JULIACA
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2023

CONCRETO PERMEABLE - CON 8% DE VIRUTA DE ACERO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Fecha de Ensayo	Días	F'c	Díámetro 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
1	MUESTRA 1	31/12/2024	28	175	15.00	14.00	30.00	176.71	19.64	286	1	1.321	13.206
2	MUESTRA 2	31/12/2024	28	175	15.12	14.00	30.00	179.55	19.64	246	1	1.290	12.904
3	MUESTRA 3	31/12/2024	28	175	15.00	14.00	30.00	176.71	19.64	245	1	1.310	13.102
4	MUESTRA 4	31/12/2024	28	175	14.98	15.00	30.00	176.48	19.64	305	1	1.273	12.732
PROMEDIO												1.299	12.995

CONCRETO PERMEABLE - CON 16% DE VIRUTA DE ACERO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Fecha de Ensayo	Días	F'c	Díámetro 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
5	MUESTRA 5	31/12/2024	28	175	15.12	14.00	30.00	179.55	19.64	250	1	1.294	12.942
6	MUESTRA 6	31/12/2024	28	175	15.10	15.00	30.00	179.08	19.64	255	1	1.215	12.154
7	MUESTRA 7	31/12/2024	28	175	15.14	14.00	30.00	180.03	19.64	270	1	1.309	13.088
8	MUESTRA 8	31/12/2024	28	175	14.98	14.00	30.00	176.24	19.64	225	1	1.293	12.933
PROMEDIO												1.278	12.778

CONCRETO PERMEABLE - CON 32% DE VIRUTA DE ACERO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Fecha de Ensayo	Días	F'c	Díámetro 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
5	MUESTRA 5	31/12/2024	28	175	15.13	15.00	30.00	179.79	19.64	300	1	1.245	12.461
6	MUESTRA 6	31/12/2024	28	175	15.18	14.00	30.00	179.08	19.64	205	1	1.251	12.510
7	MUESTRA 7	31/12/2024	28	175	15.00	14.00	30.00	176.21	19.64	200	1	1.262	12.616
8	MUESTRA 8	31/12/2024	28	175	15.00	15.00	30.00	176.71	19.64	229	1	1.288	12.878
PROMEDIO												1.242	12.417

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFFATURA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 167957



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE

BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

31 - DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA MUESTRA PATRÓN

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	18332	15.01	176.95	103.60	175	02/12/2024	10/12/2024	7	59.20
2	MST-02	18308	14.98	176.24	103.88	175	02/12/2024	10/12/2024	7	59.36
3	MST-03	18369	15.01	176.95	103.81	175	02/12/2024	10/12/2024	7	59.32
4	MST-04	18332	14.98	176.24	104.02	175	02/12/2024	10/12/2024	7	59.44
5	MST-05	18316	15.01	176.95	103.51	175	02/12/2024	10/12/2024	7	59.15
Promedio De Esf. Rotura					103.76					59.29

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	26525	14.99	176.48	150.30	175	02/12/2024	17/12/2024	14	85.89
2	MST-07	26531	15.00	176.71	150.13	175	02/12/2024	17/12/2024	14	85.79
3	MST-08	26516	14.99	176.48	150.25	175	02/12/2024	17/12/2024	14	85.86
4	MST-09	26520	14.98	176.24	150.47	175	02/12/2024	17/12/2024	14	85.98
5	MST-10	26509	15.00	176.71	150.01	175	02/12/2024	17/12/2024	14	85.72
Promedio De Esf. Rotura					150.23					85.55

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	31029	15.01	176.95	175.35	175	02/12/2024	31/12/2024	28	100.20
2	MST-12	31016	15.01	176.95	175.28	175	02/12/2024	31/12/2024	28	100.16
3	MST-13	31032	15.01	176.95	176.37	175	02/12/2024	31/12/2024	28	100.21
4	MST-14	31009	14.98	176.24	175.94	175	02/12/2024	31/12/2024	28	100.54
5	MST-15	31001	14.98	176.24	175.90	175	02/12/2024	31/12/2024	28	100.51
Promedio De Esf. Rotura					175.57					100.33

OBSERVACIONES:

F- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mstr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CERÓN 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: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRTUS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE: BACHILLER JOSE LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 31 - DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 8% DE PIEDRA CHANCADA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	19695	15.01	176.95	110.74	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.28
2	MST-02	19522	15.01	176.95	110.32	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.04
3	MST-03	19516	14.98	176.24	110.73	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.28
4	MST-04	19508	14.98	176.24	110.69	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.25
5	MST-05	19521	15.01	176.95	110.32	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.04
Promedio De Esf. Rotura					110.56					63.18

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	27925	15.01	176.95	157.81	175	02/12/2024	17/12/2024	14	90.18
2	MST-07	27948	15.01	176.95	157.94	175	02/12/2024	17/12/2024	14	90.25
3	MST-08	27939	15.01	176.95	157.89	175	02/12/2024	17/12/2024	14	90.22
4	MST-09	27949	15.01	176.95	157.95	175	02/12/2024	17/12/2024	14	90.26
5	MST-10	27950	15.01	176.95	157.95	175	02/12/2024	17/12/2024	14	90.26
Promedio De Esf. Rotura					157.91					90.23

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	32351	15.01	176.95	182.93	175	02/12/2024	31/12/2024	28	104.47
2	MST-12	32240	14.98	176.24	182.93	175	02/12/2024	31/12/2024	28	104.53
3	MST-13	32330	15.01	176.95	182.71	175	02/12/2024	31/12/2024	28	104.40
4	MST-14	32351	15.01	176.95	182.83	175	02/12/2024	31/12/2024	28	104.47
5	MST-15	32321	15.01	176.95	182.65	175	02/12/2024	31/12/2024	28	104.37
Promedio De Esf. Rotura					182.79					104.45

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIF: 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE: BACHILLER JOSE LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 31 - DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 16% DE PIEDRA CHANCADA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	20787	15.01	176.95	117.47	175	02/12/2024	10/12/2024	7	67.13
2	MST-02	20777	15.01	176.95	117.42	175	02/12/2024	10/12/2024	7	67.10
3	MST-03	20701	14.98	176.24	117.46	175	02/12/2024	10/12/2024	7	67.12
4	MST-04	20735	14.98	176.24	117.65	175	02/12/2024	10/12/2024	7	67.23
5	MST-05	20710	15.01	176.95	117.04	175	02/12/2024	10/12/2024	7	66.88
Promedio De Esf. Rotura					117.41					67.09

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	28893	15.01	176.95	163.28	175	02/12/2024	17/12/2024	14	93.30
2	MST-07	28878	15.01	176.95	163.20	175	02/12/2024	17/12/2024	14	93.26
3	MST-08	28935	15.01	176.95	163.52	175	02/12/2024	17/12/2024	14	93.44
4	MST-09	28986	15.01	176.95	163.81	175	02/12/2024	17/12/2024	14	93.61
5	MST-10	28940	15.01	176.95	163.55	175	02/12/2024	17/12/2024	14	93.46
Promedio De Esf. Rotura					163.47					93.41

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	33282	15.01	176.95	188.09	175	02/12/2024	31/12/2024	28	107.45
2	MST-12	33294	14.98	176.24	188.91	175	02/12/2024	31/12/2024	28	107.95
3	MST-13	33295	15.01	176.95	188.16	175	02/12/2024	31/12/2024	28	107.52
4	MST-14	33282	15.01	176.95	188.09	175	02/12/2024	31/12/2024	28	107.48
5	MST-15	33281	15.01	176.95	188.08	175	02/12/2024	31/12/2024	28	107.47
Promedio De Esf. Rotura					188.26					107.58

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



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



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE: BACHILLER JOSÉ-LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 31 - DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 32% DE PIEDRA CHANCADA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	21730	15.01	176.95	122.80	175	02/12/2024	10/12/2024	7	70.17
2	MST-02	21754	15.01	176.95	122.94	175	02/12/2024	10/12/2024	7	70.25
3	MST-03	21646	14.98	176.24	122.82	175	02/12/2024	10/12/2024	7	70.18
4	MST-04	21645	14.98	176.24	122.81	175	02/12/2024	10/12/2024	7	70.18
5	MST-05	21763	15.01	176.95	122.99	175	02/12/2024	10/12/2024	7	70.28
Promedio De Esf. Rotura					122.87					70.21

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	29900	15.01	176.95	168.97	175	02/12/2024	17/12/2024	14	96.56
2	MST-07	29888	15.01	176.95	168.91	175	02/12/2024	17/12/2024	14	96.52
3	MST-08	29896	15.01	176.95	168.95	175	02/12/2024	17/12/2024	14	96.54
4	MST-09	29876	15.01	176.95	168.84	175	02/12/2024	17/12/2024	14	96.48
5	MST-10	29863	15.01	176.95	168.77	175	02/12/2024	17/12/2024	14	96.44
Promedio De Esf. Rotura					168.89					96.51

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	34223	15.01	176.95	193.40	175	02/12/2024	31/12/2024	28	110.52
2	MST-12	34160	14.98	176.24	193.62	175	02/12/2024	31/12/2024	28	110.75
3	MST-13	34216	15.01	176.95	193.37	175	02/12/2024	31/12/2024	28	110.49
4	MST-14	34212	15.01	176.95	193.34	175	02/12/2024	31/12/2024	28	110.48
5	MST-15	34205	15.01	176.95	193.30	175	02/12/2024	31/12/2024	28	110.46
Promedio De Esf. Rotura					193.45					110.54

OBSERVACIONES:

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



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



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE: BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 31 - DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 8% DE VIRUTA DE ACERO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	MST-01	19559	15.01	176.95	110.53	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.15	
2	MST-02	19548	15.01	176.95	110.47	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.13	
3	MST-03	19553	15.01	176.95	110.50	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.14	
4	MST-04	19539	15.01	176.95	110.42	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.10	
5	MST-05	19540	15.01	176.95	110.43	175	02/12/2024	10/12/2024	7	63.10	
Promedio De Esf. Rotura					110.47						63.13

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	MST-06	27650	15.01	176.95	156.26	175	02/12/2024	17/12/2024	14	89.29	
2	MST-07	27663	15.01	176.95	156.33	175	02/12/2024	17/12/2024	14	89.33	
3	MST-08	27663	15.01	176.95	156.33	175	02/12/2024	17/12/2024	14	89.33	
4	MST-09	27576	14.98	176.24	156.47	175	02/12/2024	17/12/2024	14	89.41	
5	MST-10	27682	15.01	176.95	156.44	175	02/12/2024	17/12/2024	14	89.39	
Promedio De Esf. Rotura					156.37						89.35

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	MST-11	32068	15.01	176.95	181.40	175	02/12/2024	31/12/2024	28	103.55	
2	MST-12	32089	15.01	176.95	181.34	175	02/12/2024	31/12/2024	28	103.53	
3	MST-13	32095	15.01	176.95	181.38	175	02/12/2024	31/12/2024	28	103.55	
4	MST-14	32070	14.98	176.24	181.96	175	02/12/2024	31/12/2024	28	103.98	
5	MST-15	32096	15.01	176.95	181.38	175	02/12/2024	31/12/2024	28	103.65	
Promedio De Esf. Rotura					181.49						103.71

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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAR INGENIERIA CIVIL
M.S.C.A JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE: BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 31 - DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 16% DE VIRUTA DE ACERO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	18713	15.01	176.95	105.75	175	02/12/2024	10/12/2024	7	60.43
2	MST-02	18709	15.01	176.95	105.73	175	02/12/2024	10/12/2024	7	60.42
3	MST-03	18711	15.01	176.95	105.74	175	02/12/2024	10/12/2024	7	60.42
4	MST-04	18721	15.01	176.95	105.80	175	02/12/2024	10/12/2024	7	60.46
5	MST-05	18716	15.01	176.95	105.77	175	02/12/2024	10/12/2024	7	60.44
Promedio De Esf. Rotura					105.76					60.43

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	26912	14.98	176.24	152.70	175	02/12/2024	17/12/2024	14	87.26
2	MST-07	26941	15.01	176.95	152.25	175	02/12/2024	17/12/2024	14	87.00
3	MST-08	26910	14.98	176.24	152.69	175	02/12/2024	17/12/2024	14	87.25
4	MST-09	26909	14.98	176.24	152.68	175	02/12/2024	17/12/2024	14	87.25
5	MST-10	26910	14.98	176.24	152.69	175	02/12/2024	17/12/2024	14	87.25
Promedio De Esf. Rotura					152.60					87.20

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	31454	15.01	176.95	177.75	175	02/12/2024	31/12/2024	28	101.58
2	MST-12	31464	15.01	176.95	177.93	175	02/12/2024	31/12/2024	28	101.63
3	MST-13	31472	15.01	176.95	177.85	175	02/12/2024	31/12/2024	28	101.83
4	MST-14	31363	14.98	176.24	177.95	175	02/12/2024	31/12/2024	28	101.59
5	MST-15	31471	15.01	176.95	177.85	175	02/12/2024	31/12/2024	28	101.63
Promedio De Esf. Rotura					177.87					101.64

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



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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
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 338.034

TEMA: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INGRESIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE: BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 31 - DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 32% DE VIRUTA DE ACERO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-01	17250	15.01	176.95	97.49	175	02/12/2024	10/12/2024	7	55.71
2	MST-02	17242	15.01	176.95	97.44	175	02/12/2024	10/12/2024	7	55.68
3	MST-03	17240	15.01	176.95	97.43	175	02/12/2024	10/12/2024	7	55.67
4	MST-04	17245	15.01	176.95	97.46	175	02/12/2024	10/12/2024	7	55.69
5	MST-05	17261	15.01	176.95	97.55	175	02/12/2024	10/12/2024	7	55.74
Promedio De Esf. Rotura					97.47					55.70

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-06	25465	14.98	176.24	144.49	175	02/12/2024	17/12/2024	14	82.56
2	MST-07	25452	15.01	176.95	143.84	175	02/12/2024	17/12/2024	14	82.19
3	MST-08	25449	14.98	176.24	144.40	175	02/12/2024	17/12/2024	14	82.51
4	MST-09	25453	14.98	176.24	144.42	175	02/12/2024	17/12/2024	14	82.53
5	MST-10	25496	14.98	176.24	144.66	175	02/12/2024	17/12/2024	14	82.68
Promedio De Esf. Rotura					144.36					82.49

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	MST-11	29799	15.01	176.95	168.40	175	02/12/2024	31/12/2024	29	96.23
2	MST-12	29827	15.01	176.95	168.58	175	02/12/2024	31/12/2024	25	96.32
3	MST-13	29846	15.01	176.95	168.67	175	02/12/2024	31/12/2024	25	96.38
4	MST-14	29711	14.98	176.24	168.58	175	02/12/2024	31/12/2024	28	96.33
5	MST-15	29823	15.01	176.95	168.54	175	02/12/2024	31/12/2024	28	96.31
Promedio De Esf. Rotura					168.55					96.31

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

M.S.C. JEFATURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Mtro. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE : BACHILLER - JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO-UANCV-JULIACA
FECHA : 31- DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA PATRON

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	758.64	11.28	11.20	02/12/2024	10/12/2024	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	750.72	11.12		02/12/2024	10/12/2024	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	14.95	50.00	753.65	11.24		02/12/2024	10/12/2024	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	749.59	11.11		02/12/2024	10/12/2024	7
5	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	755.91	11.24		02/12/2024	10/12/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1287.74	19.14	19.12	02/12/2024	17/12/2024	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	14.95	50.00	1282.68	19.13		02/12/2024	17/12/2024	14
3	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1280.92	19.04		02/12/2024	17/12/2024	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1290.81	19.12		02/12/2024	17/12/2024	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	14.95	50.00	1285.72	19.18		02/12/2024	17/12/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1710.35	25.42	25.52	02/12/2024	31/12/2024	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1718.21	25.45		02/12/2024	31/12/2024	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	14.95	50.00	1720.14	25.65		02/12/2024	31/12/2024	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1713.09	25.38		02/12/2024	31/12/2024	28
5	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1728.17	25.69		02/12/2024	31/12/2024	28

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnelinda Yana Torres
C.I.P. 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA: 31-DICIEMBRE-2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA CON 8% DE PIEDRA CHANCADA

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	891.13	13.25	13.20	02/12/2024	10/12/2024	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	884.11	13.10		02/12/2024	10/12/2024	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	893.10	13.23		02/12/2024	10/12/2024	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	885.02	13.11		02/12/2024	10/12/2024	7
5	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	897.10	13.33		02/12/2024	10/12/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
2	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1434.41	21.32	21.21	02/12/2024	17/12/2024	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1421.26	21.06		02/12/2024	17/12/2024	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1435.32	21.26		02/12/2024	17/12/2024	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1436.46	21.28		02/12/2024	17/12/2024	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1427.71	21.15		02/12/2024	17/12/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1824.16	27.11	27.15	02/12/2024	31/12/2024	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1830.20	27.11		02/12/2024	31/12/2024	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1840.27	27.26		02/12/2024	31/12/2024	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1826.20	27.05		02/12/2024	31/12/2024	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1835.15	27.19		02/12/2024	31/12/2024	28

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

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



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE : BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : 31- DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA CON 16% DE PIEDRA CHANCADA

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	988.56	14.69	14.72	02/12/2024	10/12/2024	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	992.84	14.71		02/12/2024	10/12/2024	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	996.29	14.76		02/12/2024	10/12/2024	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	988.47	14.64		02/12/2024	10/12/2024	7
5	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	994.62	14.78		02/12/2024	10/12/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1529.95	22.74	22.82	02/12/2024	17/12/2024	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1547.76	22.93		02/12/2024	17/12/2024	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1539.82	22.81		02/12/2024	17/12/2024	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1537.90	22.78		02/12/2024	17/12/2024	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1542.85	22.86		02/12/2024	17/12/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1928.87	28.67	28.68	02/12/2024	31/12/2024	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1934.92	28.67		02/12/2024	31/12/2024	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1936.78	28.69		02/12/2024	31/12/2024	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1934.85	28.66		02/12/2024	31/12/2024	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1936.98	28.73		02/12/2024	31/12/2024	28

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP/ 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CACERES 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 FLEXION

NTP 339.034

TEMA : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE : BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : 31-DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA CON 32% DE PIEDRA CHANCADA

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1059.60	15.75	15.72	02/12/2024	10/12/2024	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1060.38	15.71		02/12/2024	10/12/2024	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1061.49	15.73		02/12/2024	10/12/2024	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1052.56	15.59		02/12/2024	10/12/2024	7
5	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1063.38	15.81		02/12/2024	10/12/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
2	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1605.90	23.87	23.90	02/12/2024	17/12/2024	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1609.85	23.85		02/12/2024	17/12/2024	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1611.80	23.88		02/12/2024	17/12/2024	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1616.73	23.95		02/12/2024	17/12/2024	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1615.96	23.94		02/12/2024	17/12/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1989.97	29.58	29.58	02/12/2024	31/12/2024	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1991.78	29.51		02/12/2024	31/12/2024	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1997.84	29.60		02/12/2024	31/12/2024	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1999.92	29.63		02/12/2024	31/12/2024	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1997.79	29.60		02/12/2024	31/12/2024	28

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CACERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAR INGENIERÍA CIVIL
Ngr. Arnaldo Yano Torres
CIF: 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE

BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

31- DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA CON 8% DE VIRUTA DE ACERO

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	874.52	13.00	13.06	02/12/2024	10/12/2024	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	875.62	12.97		02/12/2024	10/12/2024	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	882.70	13.08		02/12/2024	10/12/2024	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	881.49	13.06		02/12/2024	10/12/2024	7
5	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	886.53	13.18		02/12/2024	10/12/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
2	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1418.90	21.09	21.04	02/12/2024	17/12/2024	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1414.84	20.96		02/12/2024	17/12/2024	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1419.80	21.03		02/12/2024	17/12/2024	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1420.66	21.05		02/12/2024	17/12/2024	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1421.77	21.06		02/12/2024	17/12/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1810.50	26.91	26.92	02/12/2024	31/12/2024	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1817.62	26.93		02/12/2024	31/12/2024	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1815.51	26.90		02/12/2024	31/12/2024	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1816.49	26.91		02/12/2024	31/12/2024	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1819.50	26.96		02/12/2024	31/12/2024	28

OBSERVACIONES

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



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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 338.034

TEMA: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE: BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 31- DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA CON 16% DE VIRUTA DE ACERO

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	805.60	11.97	11.94	02/12/2024	10/12/2024	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	808.92	11.98		02/12/2024	10/12/2024	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	802.79	11.89		02/12/2024	10/12/2024	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	805.60	11.93		02/12/2024	10/12/2024	7
5	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	802.87	11.93		02/12/2024	10/12/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
2	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1283.73	19.08	19.08	02/12/2024	17/12/2024	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1284.80	19.03		02/12/2024	17/12/2024	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1286.71	19.06		02/12/2024	17/12/2024	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1288.80	19.09		02/12/2024	17/12/2024	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1289.69	19.11		02/12/2024	17/12/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1698.87	25.25	25.15	02/12/2024	31/12/2024	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1696.62	25.14		02/12/2024	31/12/2024	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1687.49	25.00		02/12/2024	31/12/2024	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1698.63	25.16		02/12/2024	31/12/2024	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1699.57	25.18		02/12/2024	31/12/2024	28

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIF 103257



UNIVERSIDAD NACIONAL "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 FLEXION

NTP 339.034

TEMA : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE : BACHILLER JOSÉ LUIS MAMANI PAUCAR
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : 31- DICIEMBRE - 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA CON 32% DE VIRUTA DE ACERO

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	672.90	10.00	10.05	02/12/2024	10/12/2024	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	689.92	10.22		02/12/2024	10/12/2024	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	670.81	9.94		02/12/2024	10/12/2024	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	677.79	10.04		02/12/2024	10/12/2024	7
5	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	677.58	10.07		02/12/2024	10/12/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
2	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1201.08	17.85	17.97	02/12/2024	17/12/2024	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1213.13	17.97		02/12/2024	17/12/2024	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1215.11	18.00		02/12/2024	17/12/2024	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1214.15	17.99		02/12/2024	17/12/2024	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1218.17	18.05		02/12/2024	17/12/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1557.90	23.16	23.45	02/12/2024	31/12/2024	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1581.72	23.43		02/12/2024	31/12/2024	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1589.84	23.55		02/12/2024	31/12/2024	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1596.52	23.65		02/12/2024	31/12/2024	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1582.73	23.45		02/12/2024	31/12/2024	28

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



UNIVERSIDAD NACIONAL "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 04-06-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JOSE LUIS MAMANI PAUCAR

Dirección: AV. COPACABANA F-1 - DIST. CARACOTO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74357563

Teléfono: 954996410 email: Joseluismpjp@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: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE MODIFICADO CON

LA INCORPORACIÓN DE PIEDRA CHANCADA Y VIRUTAS DE ACERO ENFOCADO

A ACCESOS PEATONALES EN LA CIUDAD DE JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONCRETO PERMEABLE, VIRUTA DE ACERO, PIEDRA CHANCADA Y PROPIEDADES

¿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

04-06-2025

Fecha