



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO
PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE
POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO
EN EL DISTRITO DE PUNO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ALAN GROBER HUANCOILLO MAMANI

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

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO
PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE
POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO
EN EL DISTRITO DE PUNO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ALAN GROBER HUANCOILLO MAMANI

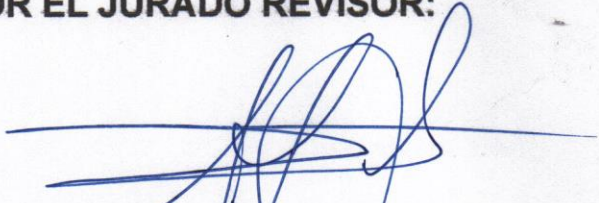
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

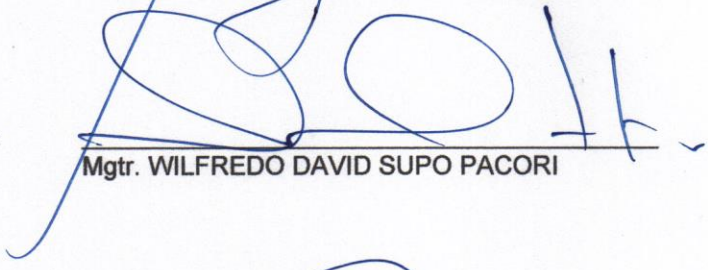
PRIMER MIEMBRO

:


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

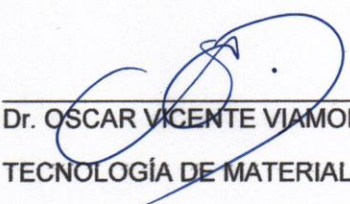
SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ASESOR DE TESIS

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1382-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 28 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - C - 6356 presentado por el (la) Bachiller: **ALAN GROBER HUANCOILLO MAMANI** 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. **ALAN GROBER HUANCOILLO MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en 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. ARNALDO YANA TORRES
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **ALAN GROBER HUANCOILLO MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 06 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 15:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP 12720UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1164-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 30 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-8260 por el señor (a): **ALAN GROBER HUANCILLO MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 868-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 112 - 2025 del integrante del comité de investigación **1164** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ALAN GROBER HUANCILLO MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 112 - 2025 **aprobandlo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **ALAN GROBER HUANCILLO MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), DR. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASDR. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 863-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 15 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 CU 1053, presentado por el señor (a) **HUANCOILLO MAMANI ALAN GROBER** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 674-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 074 -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): **HUANCOILLO MAMANI ALAN GROBER** ha presentado su propuesta de investigación titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 074 -2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **HUANCOILLO MAMANI ALAN GROBER**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730cc.
Archivo 2025UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ALAN GROBER HUANCOILLO MAMANI

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILO...

 Trabajos de investigación para Repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:621712772

Fecha de entrega

8 sept 2026, 9:15 GMT-5

Fecha de descarga

8 sept 2026, 9:31 GMT-5

Nombre del archivo

T036_45391870_T.pdf

Tamaño del archivo

18.1 MB

139 páginas

27.167 palabras

153.594 caracteres



16% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuente excluida

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 14%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ALAN GROBER HUANCOILLO MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45391870
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-1609-6147
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02371550
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-6613-6925
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02428673
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: Puno Distrito: Puno Latitud: S 15° 50' 23" Longitud: O 70° 01' 18"  https://maps.app.goo.gl/YF7F5K5muvbTfZ5SA
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2025 – Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00
- Librería	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÉSAR VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNO

César G. Camargo Najar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ALAN GROBER HUANCOILLO MAMANI, identificado con DNI
Nro. 45391870 en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERIA CIVIL

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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE

CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO

EN EL DISTRITO DE PUNO 2025

Asesorado por: Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

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 23 de DICIEMBRE del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Únicamente, al todo poderoso Dios.



AGRADECIMIENTO

Me llena de algarabía haber llegado a este punto de mi vida y todo esto no hubiera sido posible sin mis padres, gracias a ustedes, por tanto.

A mi asesor externo el Mgtr. Ing. Jhon Arivilca, por su apoyo en aspectos metodológicos, técnicos, prácticos y teóricos.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	14
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.....	16
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.....	17
1.5.1 Hipótesis general.....	17
1.5.2 Hipótesis específicas.....	17
1.6 Variables e indicadores.....	18
1.6.1 Variable Independiente.....	18
1.6.2 Variable Dependiente.....	18



1.7	Operacionalización de variables.....	19
-----	--------------------------------------	----

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de investigación.....	20
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	22
2.1.3	Antecedentes locales.....	24
2.2	Bases teóricas	25
2.2.1	Concreto permeable	25
2.2.1.1	Definición y características del concreto permeable.....	26
2.2.1.2	Proceso de fabricación del concreto permeable.....	27
2.2.1.3	Ventajas y desventajas del concreto permeable	28
2.2.2	Fibra de poliacrilonitrilo (PAN)	30
2.2.2.1	Descripción y propiedades de la fibra de poliacrilonitrilo	31
2.2.2.2	Aplicaciones de la fibra de poliacrilonitrilo en la industria de la construcción	32
2.2.2.3	Efectos de la adición de fibra de poliacrilonitrilo en las propiedades del concreto	33
2.2.3	Fibras de basalto	34
2.2.3.1	Características y propiedades de la fibra de basalto	34
2.2.3.2	Usos y aplicaciones de la fibra de basalto en la construcción	35
2.2.3.3	Beneficios de utilizar fibra de basalto en el concreto permeable	37
2.2.4	Propiedades mecánicas del concreto permeable reforzado.....	38
2.2.4.1	Impacto de la fibra de poliacrilonitrilo en la resistencia mecánica del concreto.....	39
2.2.4.2	Mejoras en la durabilidad del concreto permeable con fibra de basalto .	40
2.2.4.3	Evaluación de la resistencia a la compresión y tracción del concreto permeable reforzado.....	41
2.2.5	Aplicaciones de la tecnología de concreto permeable	42
2.2.5.1	Casos de estudio de aplicaciones exitosas de concreto permeable.....	42
2.2.5.2	Utilización de concreto permeable en proyectos de infraestructura urbana	43



2.2.5.3	Experiencias previas en la implementación de concreto permeable en diferentes regiones	44
2.2.6	Impacto ambiental del uso de concreto permeable	46
2.2.6.1	Evaluación de la reducción de la escorrentía superficial y recarga de acuíferos	47
2.2.6.2	Efectos positivos en la calidad del agua y preservación de ecosistemas acuáticos	48
2.2.6.3	Contribución a la mitigación del cambio climático y efecto isla de calor ..	49
2.2.6.4	Normas y estándares de prueba	50
2.3	Marco conceptual	52

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Enfoque de investigación	54
3.2	Tipo de investigación	55
3.3	Nivel de investigación	55
3.4	Diseño de la investigación	56
3.5	Métodos de la investigación	56
3.5	Población y muestra de la investigación	57
3.6.1	Población	57
3.6.2	Muestra	57
3.7	Técnicas e instrumentos de investigación	59
3.7.1	Técnicas de recolección de datos	59
3.7.2	Instrumentos de recolección de datos investigación	60
3.8	Plan de recolección y procesamiento de datos	63
3.8.1	Procedimiento del desarrollo de plan de investigación	63
3.8.2	Materiales empleados para la investigación	66
3.8.3	Etapa de campo	69
3.8.4	Etapa de laboratorio	71
3.8.5	Etapa de gabinete	73



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados obtenidos de los ensayos	77
4.1.1	Efecto de la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable	80
4.1.2	Influencia de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la resistencia a la compresión del concreto permeable.....	83
4.1.3	Efecto del empleo de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la permeabilidad del concreto permeable	94
4.2	Discusión de resultados	100
CONCLUSIONES		102
RECOMENDACIONES.....		103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		104
ANEXOS		109



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	19
Tabla 2	Cantidad de especímenes de concretos permeables para resistencia.....	58
Tabla 3	Cantidad de especímenes de concretos permeables para permeabilidad	58
Tabla 4	Caracterización de los agregados de la cantera Alto Puno	79
Tabla 5	Diseño de mezclas del concreto para concreto permeable de 175 kg/cm ²	79
Tabla 6	Cantidad requerida de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto	80
Tabla 7	Variación de la trabajabilidad de las muestras	81
Tabla 8	Resumen de resistencias alcanzadas por la muestra patrón a 7 días.....	83
Tabla 9	Resumen de resistencias con 0.30% de fibra poliacrilonitrilo a 7 días	84
Tabla 10	Resumen de resistencias con 0.60% de fibra poliacrilonitrilo a 7 días	84
Tabla 11	Resumen de resistencias con 0.25% de fibra de basalto a 7 días	85
Tabla 12	Resumen de resistencias con 0.45% de fibra de basalto a 7 días	85
Tabla 13	Resumen de resistencias a compresión promedio a 7 días de curado.....	86
Tabla 14	Resumen de resistencias alcanzadas por la muestra patrón a 14 días.....	87
Tabla 15	Resumen de resistencias con 0.30% de fibra poliacrilonitrilo a 14 días	87
Tabla 16	Resumen de resistencias con 0.60% de fibra poliacrilonitrilo a 14 días	88
Tabla 17	Resumen de resistencias con 0.25% de fibra de basalto a 14 días	88
Tabla 18	Resumen de resistencias con 0.45% de fibra de basalto a 14 días	89
Tabla 19	Resumen de resistencias a compresión promedio a 14 días de curado.....	89
Tabla 20	Resumen de resistencias alcanzadas por la muestra patrón a 28 días.....	90
Tabla 21	Resumen de resistencias con 0.30% de fibra poliacrilonitrilo a 28 días	91
Tabla 22	Resumen de resistencias con 0.60% de fibra poliacrilonitrilo a 28 días	91
Tabla 23	Resumen de resistencias con 0.25% de fibra de basalto a 28 días	92
Tabla 24	Resumen de resistencias con 0.45% de fibra de basalto a 28 días	92
Tabla 25	Resumen de resistencias a compresión promedio a 28 días de curado.....	93
Tabla 26	Permeabilidad del concreto permeable patrón.....	94



Tabla 27	Permeabilidad del concreto con 0.30% de fibra de poliacrilonitrilo	95
Tabla 28	Permeabilidad del concreto con 0.60% de fibra de poliacrilonitrilo	95
Tabla 29	Permeabilidad del concreto con 0.25% de fibra de basalto	96
Tabla 30	Permeabilidad del concreto con 0.45% de fibra de basalto	96
Tabla 31	Resumen de permeabilidad promedio a 7 días de curado	97
Tabla 32	Resumen de permeabilidad promedio a 14 días de curado	98
Tabla 33	Resumen de permeabilidad promedio a 28 días de curado	99



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fibra de poliacrilonitrilo	67
Figura 2	Fibra de basalto	69
Figura 3	Distribución de tamaños del agregado grueso	78
Figura 4	Distribución de partículas del agregado fino.....	78
Figura 5	Comparativa de los asentamientos alcanzados muestra + fibra de poliacrilonitrilo	81
Figura 6	Comparativa de los asentamientos alcanzados + fibra de basalto	82
Figura 7	Comparativo de la evolución del asentamiento entre ambos materiales	82
Figura 8	Evolución de resistencia a compresión a los 7 días de curado.....	86
Figura 9	Evolución de resistencia a compresión a los 14 días de curado.....	90
Figura 10	Evolución de resistencia a compresión a los 28 días de curado.....	93
Figura 11	Evolución de la permeabilidad a los 7 días de curado	97
Figura 12	Evolución de la permeabilidad a los 14 días de curado.....	98
Figura 13	Evolución de la permeabilidad a los 28 días de curado.....	99



RESUMEN

La presente investigación titulada "Evaluación de las propiedades de un concreto permeable con la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la ciudad de Puno", tuvo como objetivo analizar el efecto de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en las propiedades de un concreto permeable. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo, diseño cuasi experimental y método científico, donde se experimentaron 120 especímenes de concreto permeable de acuerdo con los criterios establecidos por la NTP, utilizando dosificaciones de 0.30% y 0.60% de fibra de poliacrilonitrilo, y 0.25% y 0.45% de fibra de basalto. Los resultados muestran que, en la trabajabilidad, la muestra patrón mostró un asentamiento promedio de 0.34 pulgadas, mientras que 0.25% FB presenta un asentamiento de 0.24 pulgadas, al igual que 0.30% FP, ambos aun estando en el rango de poco trabajable, respecto a la resistencia a la compresión, la muestra patrón obtuvo una resistencia media de 176.69 kg/cm², mientras que la fibra de poliacrilonitrilo (0.60%) alcanzó 193.62 kg/cm² y la fibra de basalto (0.45%) llegó a 190.05 kg/cm²; asimismo, en la permeabilidad la muestra patrón tuvo un coeficiente de 1.17 cm/seg, mientras que la fibra de poliacrilonitrilo (0.60%) alcanzó 1.19 cm/seg y la fibra de basalto (0.45%) mostró el mejor comportamiento con 1.22 cm/seg. En conclusión, los resultados indican que la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto mejora significativamente las propiedades del concreto, especialmente en términos de resistencia a la compresión y permeabilidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren un material permeable y estructuralmente aceptable.

Palabras clave: Concreto permeable, fibra de basalto, fibra de poliacrilonitrilo.



ABSTRACT

This research, entitled "Evaluation of the Properties of Permeable Concrete with the Application of Polyacrylonitrile and Basalt Fibers in the City of Puno," aimed to analyze the effect of applying polyacrylonitrile and basalt fibers on the properties of permeable concrete. The methodology employed was quantitative, applied, explanatory, quasi-experimental, and used the scientific method. One hundred and twenty permeable concrete specimens were tested according to the criteria established by the NTP (Peruvian Technical Standard), using dosages of 0.30% and 0.60% polyacrylonitrile fibers, and 0.25% and 0.45% basalt fibers. The results show that, in terms of workability, the standard sample showed an average settlement of 0.34 inches, while 0.25% FB presented a settlement of 0.24 inches, as did 0.30% FP, both still being in the range of poor workability. Regarding compressive strength, the standard sample obtained an average strength of 176.69 kg/cm², while the polyacrylonitrile fiber (0.60%) reached 193.62 kg/cm² and the basalt fiber (0.45%) reached 190.05 kg/cm². Likewise, in terms of permeability, the standard sample had a coefficient of 1.17 cm/sec, while the polyacrylonitrile fiber (0.60%) reached 1.19 cm/sec and the basalt fiber (0.45%) showed the best performance with 1.22 cm/sec. In conclusion, the results indicate that the incorporation of polyacrylonitrile fiber and basalt fiber significantly improves the properties of concrete, especially in terms of compressive strength and permeability, making it suitable for applications requiring a permeable and structurally acceptable material.

Keywords: Pervious concrete, basalt fiber, polyacrylonitrile fiber.



INTRODUCCIÓN

Aunque ofrece beneficios significativos en términos de gestión del agua, sus propiedades mecánicas y su durabilidad dependen estrechamente de los materiales que lo componen. Por lo tanto, es necesario explorar nuevas formas de optimizar sus características para asegurar su desempeño a largo plazo.

En este contexto, el uso de fibras de refuerzo ha emergido como una posible solución para mejorar la resistencia, la durabilidad y la permeabilidad del concreto permeable. Las fibras, al ser integradas en la mezcla de concreto, proporcionan una mejora estructural al reforzar la matriz del material, distribuyendo de manera más uniforme las tensiones y evitando la formación de grietas. Este estudio se enfoca en la evaluación del impacto de dos tipos específicos de fibras: la fibra de poliacrilonitrilo (PAN) y la fibra de basalto. La fibra de poliacrilonitrilo, reconocida por su resistencia y flexibilidad, es comúnmente utilizada en diversas aplicaciones industriales, mientras que la fibra de basalto se distingue por su alta resistencia a la tracción y su resistencia superior a las altas temperaturas, lo que la convierte en un refuerzo ideal para mejorar la estructura del concreto.

Para ello, se diseñaron varias mezclas de concreto permeable, variando las proporciones de cada tipo de fibra, con el fin de evaluar su desempeño bajo diferentes condiciones de curado y en comparación con las propiedades del concreto permeable. A través de una serie de ensayos de laboratorio, se realizaron mediciones detalladas de la resistencia a la compresión y la permeabilidad de las muestras, lo que permitió obtener datos clave para comprender cómo cada tipo de fibra influye en el comportamiento del material. Este análisis detallado no solo busca optimizar las mezclas de concreto permeable, sino también aportar información valiosa sobre el potencial de las fibras como una solución sostenible para la mejora de las infraestructuras urbanas. Al identificar las proporciones más efectivas de fibra para mejorar las propiedades del



concreto, este estudio tiene el potencial de abrir nuevas puertas para el uso de materiales más eficientes y sostenibles en la construcción de espacios urbanos resilientes.

Capítulo I: Introducción

Presenta el objetivo y la justificación de la investigación sobre el concreto permeable con fibras de poliacrilonitrilo y basalto en la ciudad de Puno.

Capítulo II: Marco Teórico

Revisa la literatura existente sobre concreto permeable y las propiedades de las fibras utilizadas en la investigación, proporcionando el contexto teórico para el estudio.

Capítulo III: Metodología

Describe el enfoque cuantitativo, el diseño experimental y los métodos para analizar las muestras de concreto y sus propiedades, como la trabajabilidad y resistencia.

Capítulo IV: Resultados y Discusión

Presenta los resultados de los ensayos y discute los efectos de las fibras en las propiedades del concreto, comparándolos con la muestra patrón y proporcionando recomendaciones.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

Hay un aumento global en la demanda de materiales de construcción permeables debido a las crecientes preocupaciones sobre la gestión sostenible del agua y la infraestructura. La integración de fibras de poliacrilonitrilo y fibras de basalto en el concreto permeable es una tecnología pionera destinada a potenciar las características de este material, haciéndolo más resistente y duradero. Es crucial evaluar estas características a escala global para determinar la eficiencia e idoneidad de este tipo particular de concreto en diversas circunstancias climáticas y geográficas en todo el mundo. (Zeng et al. 2022)

Perú debe evaluar las propiedades del concreto permeable que utiliza fibras de poliacrilonitrilo y fibras de basalto debido a los desafíos específicos relacionados con la gestión del agua y la conservación del medio ambiente. Perú enfrenta múltiples desafíos, como la erosión del suelo, la contaminación de los cuerpos de agua y la limitación de los recursos hídricos. Por lo tanto, es imperativo utilizar tecnología que mejore la gestión del agua. Una evaluación de esta variedad particular de concreto a escala nacional determinará su viabilidad y ventajas para la infraestructura y el medio ambiente del país. (Berru y Garcia, 2023)

Definición del nivel regional en Puno, Perú: Evaluar las propiedades del concreto permeable es esencial en Puno, ciudad situada en la zona elevada del sur del Perú, debido a las distintas dificultades asociadas con la gestión del agua y la conservación del medio ambiente. Puno enfrenta varios obstáculos, incluida la degradación del suelo, la contaminación de lagos y ríos y la restricción del acceso al agua en ciertas regiones. Al incorporar fibras de poliacrilonitrilo y fibras de basalto a la mezcla de concreto, una solución de pavimento permeable puede abordar eficazmente estos problemas al facilitar la infiltración de agua y minimizar el escurrimiento superficial. (Zapana, 2022)

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general.*

¿Cuál es el efecto de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en las propiedades de un concreto permeable en la ciudad de Puno?

1.2.2 *Problemas específicos.*

1. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno?
2. ¿Cuál es la influencia de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno?
3. ¿Cuál es el efecto del empleo de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Analizar el efecto de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en las propiedades de un concreto permeable en la ciudad de Puno.

1.3.2 *Objetivos específicos.*

1. Evaluar el efecto de la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno.
2. Explicar la influencia de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno.
3. Explicar el efecto del empleo de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación técnica*

Situada en una región de gran altitud, la ciudad de Puno enfrenta obstáculos sustanciales en el ámbito de la gestión del agua, incluidos problemas de erosión del suelo, contaminación del agua y recursos hídricos limitados en lugares específicos. El concreto permeable mejora la gestión del agua al facilitar la infiltración de la precipitación en el pavimento, reduciendo así la escorrentía superficial y reponiendo los acuíferos subterráneos. Puno es susceptible a una mayor vulnerabilidad a inundaciones durante la temporada de lluvias como resultado de sus características geográficas y su insuficiente infraestructura de drenaje pluvial.

1.4.2 *Justificación económica*

Si bien el gasto inicial de utilizar concreto permeable a las fibras puede ser ligeramente mayor que el del concreto normal, las ventajas financieras a largo plazo son sustanciales. La mayor longevidad del pavimento disminuye la necesidad de mantenimiento y reparaciones regulares, lo que genera ahorros financieros durante toda la vida útil del pavimento. Además, la ejecución de tácticas centradas en reducir el riesgo

de inundaciones y mejorar la gestión del agua puede generar ventajas financieras al evitar la necesidad de restaurar la infraestructura dañada por las inundaciones y disminuir los gastos relacionados con el tratamiento de la escorrentía contaminada.

1.4.3 Justificación social

La utilización de concreto permeable reforzado con fibras en proyectos de construcción tiene la capacidad de generar oportunidades laborales en la ciudad de Puno y zonas aledañas. La fuerza laboral local se beneficiará de oportunidades de empleo durante todo el proceso de fabricación, distribución, construcción e instalación de carreteras. Esto mejorará enormemente el progreso económico y social de la localidad.

1.4.4 Justificación ambiental

La justificación ambiental se basará en mitigar los efectos de las inundaciones, la utilización de concreto permeable reduciendo eficazmente la acumulación de agua superficial y facilita la infiltración gradual de agua en el suelo. Este enfoque se emplea para mitigar la erosión del suelo, prevenir la contaminación del agua y reducir los peligros potenciales para la infraestructura y la vida humana causados por las inundaciones.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El efecto de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto es positivo, puesto que mejorará las propiedades de un concreto permeable en la ciudad de Puno.

1.5.2 Hipótesis específicas

1. El efecto de la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto mejorará la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno.



2. La influencia de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto incrementará la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno.
3. El efecto del empleo de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto mantendrá la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 *Variable Independiente*

V.I. 01 : Fibra de Poliacrilonitrilo

V.I. 02 : Fibra de Basalto

Dimensiones:

- Proporción de adición de fibra de poliacrilonitrilo en 0.30% y 0.60%
- Proporción de adición de fibra de basalto en 0.25% y 0.45%

1.6.2 *Variable Dependiente*

Propiedades del concreto permeable

Dimensiones:

- Trabajabilidad (Slump)
- Resistencia a la compresión
- Permeabilidad

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
1. Fibra de poliacrilonitrilo	Es ampliamente reconocido por su excelente resistencia mecánica y características duraderas.	Proporción adición de fibra de poliacrilonitrilo	Adición de FP en 0.30% y 0.60%	0.30% – 0.60%	Ficha de control de calidad del laboratorio	Numérica Continua
2. Fibra de basalto	La fibra de basalto es un material compuesto formado por filamentos delgados creados al fundir y estirar roca basáltica.	Proporción adición de fibra de basalto	Adición de FB en 0.25% y 0.45%	0.25% - 0.45%		Numérica Continua
Variable Dependiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
Propiedades del concreto permeable	La resistencia a la compresión se refiere a la capacidad de un material para soportar esfuerzos de compresión.	Trabajabilidad	Slump (pulg.)	2-4"	E-070	Continua
		Resistencia a la compresión	Módulo de elasticidad (Kg/cm ²)	150 – 250 kg/cm ²	E-070	Continua
		Permeabilidad	Cm/seg	< 2 cm/seg	E-070	Continua



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según, Zeng y Tang (2021) estudiaron en "Comparación de los efectos de las fibras de basalto y poliacrilonitrilo sobre el comportamiento de tenacidad del concreto con agregados livianos" El estudio utilizó fibras de basalto (BF) y fibras de polipropileno (PANF) como materiales de refuerzo, con porcentajes de volumen de 0,5%, 1,0% y 1,5%. Los resultados de la prueba indican que, con la excepción de LYB0.5, tanto las BF (biofibras) como las PANF (fibras de poliacrilonitrilo) tienen la capacidad de mejorar la resistencia a la compresión axial. Además, los BF proporcionan un impacto de aumento mayor y más notable en comparación con los PANF cuando se analiza el mismo porcentaje de volumen. Los resultados del cálculo indican que, al considerar una fracción de volumen de fibra específica, los BF tienen un efecto más significativo en la mejora de la tenacidad a la compresión en comparación con los PANF. Esto se debe principalmente a su superior resistencia a la tracción y módulo de elasticidad. Además, se recomienda utilizar el enfoque de relación de energía para calcular la tenacidad a la compresión. Además, las propiedades de tenacidad a la flexión de los LWAC se evalúan utilizando cuatro métodos distintos derivados de varios estándares. El análisis comparativo indica que los métodos



descritos en ASTM C1609, JSCE SF-4 y JG/T 472-2015 son adecuados para su implementación. Sin embargo, el método descrito en ASTM C1018 puede generar imprecisiones ya que no identifica con precisión la posición de la primera grieta en las muestras. Para mejorar las propiedades de tenacidad a la flexión de los hormigones de agregados livianos (LWAC), es aconsejable utilizar muestras que contengan 1% de BF o 1,5% de PANF.

Para Acevedo et al. (2022) en su trabajo "Evaluación experimental y potencial de reciclabilidad de mezclas de concreto asfáltico con fibras de poliacrilonitrilo" Últimamente, ha habido una creciente fascinación por el uso de fibras como medio para fortalecer las mezclas de concreto asfáltico (AC). Sin embargo, ha faltado investigación para evaluar la viabilidad de reciclar mezclas de concreto asfáltico que incluyan fibras. Este estudio examina el impacto de las fibras de poliacrilonitrilo (PAN) en el rendimiento de las mezclas de concreto asfáltico (AC). Las pruebas evaluadas abarcaron espacios de aire, estabilidad Marshall, resistencia a la tracción indirecta (ITS), sensibilidad a la humedad, compactabilidad, surcos, rigidez y fatiga. Además, se realizó una evaluación de prueba en mezclas bituminosas que fueron producidas con mayores cantidades de pavimento asfáltico recuperado sintético, que incorporaban fibras de PAN (PANRAP). Los resultados demuestran que la inclusión de fibras de PAN mejoró considerablemente la capacidad de la mezcla de AC para resistir la deformación permanente. Además, se observaron mejoras en los sistemas de transporte inteligentes (ITS), la sensibilidad a la humedad y la rigidez sin ningún efecto perjudicial sobre la vida a fatiga. Además, las mezclas que incluían PANRAP demostraron un mayor rendimiento en comparación con la mezcla de control, observándose mejoras significativas en la resistencia a la tracción indirecta (ITS), la resistencia al ahuellamiento y la rigidez. Este estudio presenta evidencia empírica que demuestra la viabilidad de reciclar mezclas de concreto asfáltico que incluyan hasta un 50% de fibras, sin necesidad de aditivos rejuvenecedores.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Alvarez y Martinez (2023) en "Influencia de fibra de poliacrilonitrilo con adición de fibra de vidrio en las propiedades mecánicas concreto $f'c$ 280 kg/cm², Lambayeque" Este estudio tiene como objetivo examinar el efecto de las fibras sobre las características mecánicas del concreto, con un enfoque específico en la influencia de la fibra de poliacrilonitrilo y fibra de vidrio sobre concreto con una fuerza de compresiva alcanzada de 280 kg/cm² en Lambayeque. El estudio utiliza una metodología cuasiexperimental y se centra específicamente en una población de concreto con una fuerza de compresiva alcanzada ($f'c$) de 280 kg/cm². Las muestras de concreto se crearon añadiendo distintas proporciones de fibras. Se fabricaron un total de 280 muestras, compuestas por 210 muestras cilíndricas y 70 vigas, distribuidas uniformemente en 7 diseños distintos. Las mezclas de concreto se alteraron incluyendo fibra de poliacrilonitrilo en concentraciones de 0,20%, 0,40% y 0,60%. Además, se añadió fibra de vidrio en proporciones de 0,25%, 0,50% y 1% con relación al peso del cemento con el fin de encontrar la concentración de fibra más efectiva. Después de un período de 7, 14 y 28 días de tratamiento, las muestras fueron sometidas a pruebas adicionales. Se observó un resultado favorable cuando se empleó una concentración de FPAN del 0,20%. La resistencia a la compresión se midió como 318,44 kg/cm², mientras que la resistencia a la tracción se midió como 36,78 kg/cm². Además, se ha establecido que existen relaciones específicas que pueden usarse para mejorar el módulo de elasticidad. Cuando se mezcló %OP con 0,25%FV, se examinaron las fibras y se demostró que esta combinación mejoraba enormemente la resistencia a la compresión y la flexión. Las medidas registradas fueron 328,72 kg/cm² para compresión y 43,85 kg/cm² para flexión.

Para, Botonero y Rojas (2020) El objetivo principal de esta investigación "Sistemas compuestos de polímeros reforzados con fibra para mejorar el desempeño mecánico de elementos estructurales de concreto" La investigación realizada fue de tipo documental bibliográfico, en la que los estudios evaluados emplearon la técnica deductiva, metodología

cuantitativa y enfoque práctico. La investigación empleó análisis descriptivos, correlacionales y explicativos a nivel descriptivo. El estudio empleó un diseño experimental, longitudinal, retrospectivo y de cohorte con el objetivo de establecer una relación causal. Las probetas sin refuerzo presentaron una fuerza de compresiva alcanzada de 12 MPa según lo determinado por los ensayos realizados después de 28 días. Por el contrario, las probetas de concreto que fueron completamente reforzadas con CFRP (polímero reforzado con fibra de carbono) mostraron un aumento significativo de resistencia, alcanzando 32,04 MPa, que es 2,67 veces más. De manera similar, las muestras que se reforzaron a una tasa del 50% tuvieron un aumento de resistencia de 1,57 veces, lo que resultó en un valor de 18,84 MPa. Los hallazgos del estudio sugieren que la incorporación de CFRP (polímero reforzado con fibra de carbono) mejora significativamente la resistencia a la compresión y las características de deformación del concreto, lo que lo establece como una opción viable para el refuerzo. Además, se demostró que la técnica óptima para unir CFRP (polímero reforzado con fibra de carbono) a la superficie estructural es mediante chorro de arena y perforación. El resultado de este procedimiento es una fuerza de compresiva alcanzada de 55 MPa y una resistencia a la extracción de 2,8 MPa.

Según Challco y Tuesta (2021) este proyecto, denominado "Propuesta de diseño de concreto permeable reforzado con fibras de basalto (18mm, 17 μ m) para mejorar su desempeño aplicado en pavimentos urbanos", El rápido avance de la urbanización y la utilización extensiva de materiales impermeables han tenido un impacto adverso en el ciclo hidrológico. La menor resistencia eléctrica de este material en comparación con el concreto estándar restringe su uso en pavimentos rígidos. Por tanto, la incorporación de fibras aumentaría sus características mecánicas. Después de realizar un análisis cualitativo exhaustivo de muchos factores, se determinó que la incorporación de fibras de basalto al concreto permeable podría mejorar significativamente su rendimiento en pavimentos urbanos. Además, los investigadores tuvieron en cuenta la composición predominante del suelo en la zona de estudio, que es principalmente grava, así como la tasa de infiltración



específica requerida de 192,22 mm/h. El diseño de mezcla de referencia en esta región de estudio exhibe características comparables y requiere valores numéricos precisos para el diseño de investigación. Las cantidades son las especificadas: El cemento tiene una densidad de 443,12 kg/m³, el agua tiene un volumen de 130,43 l/m³, el agregado fino tiene una densidad de 135,16 kg/m³, el agregado grueso tiene una densidad de 1312,04 kg/m³, y el aditivo superplastificante tiene una densidad de 3,99 kg/m³. Además, el diseño de la mezcla implica añadir fibras de basalto en diferentes proporciones, concretamente 0%, 0,1%, 0,2% y 0,3%.

2.1.3 *Antecedentes locales*

Para Apaza (2022) El objetivo principal de esta investigación "Análisis técnico económico de la fibra de basalto como sustituto del agregado grueso para el concreto $f_c=280\text{kg/cm}^2$ Carabaya - Puno, 2022" Se realizó un examen exhaustivo de las características físicas y mecánicas del concreto tanto en su estado inicial como en su estado solidificado. Las características físicas alcanzaron sus valores máximos en 9,58 cm, 2,37%, 2208,21 Kg/cm², 14,75°C y 2,01%. Los valores mostraron variaciones de 1,43 cm, 0,27%, 15,18 Kg/m³, 2,25°C y 2,01% en comparación con el diseño convencional para propiedades como consistencia, exudación, peso unitario, temperatura y contenido de aire. Las inconsistencias ocurrieron cuando se utilizó 100% sienita como reemplazo del agregado grueso. También se descubrió la correlación entre la durabilidad mecánica del concreto y la sustitución de sienita. Los resultados alcanzados luego de un período de 28 días fueron 318,88Kg/cm², 32,81Kg/cm² y 42,67Kg/cm² en las pruebas de compresión, tracción y flexión, respectivamente. Sustituya la cantidad total de sienita con diferentes proporciones de 25,24%, 3,74% y 4,62% en comparación con la configuración normal. Es importante enfatizar el impacto beneficioso de la forma angular y la textura cristalina rugosa del grano mediano-grande (fenocristales) de la sienita. El agregado sienita, conocido por su textura rugosa, tiene un costo unitario de S/ 62,92 en función de sus propiedades físicas y mecánicas al ser utilizado en el concreto. El costo de la cantera Macusani es de S/ 78,67,

cifra superior en S/ 15,75 al monto anterior. Además, la utilización de sienita en el concreto resulta en una disminución de costos de S/ 12,52 en comparación con el concreto tradicional. Los precios unitarios del concreto sienita y convencional son S/ 444,71 y S/ 457,23 respectivamente, para el concreto con una fuerza de compresiva alcanzada $f_c=280\text{Kg/cm}^2$.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Concreto permeable

El concreto permeable es una variante especializada del concreto que está diseñado específicamente para facilitar el paso del agua a través de él, en lugar de impedir el flujo de agua como el concreto convencional. Esta permeabilidad se consigue integrando áridos específicos y ajustando el contenido de agua en la mezcla durante su fabricación.(Ayala et al. 2022)

Los aditivos que ayudan a crear poros uniformemente dispersos en toda su estructura, lo que da como resultado una porosidad controlada. Los poros poseen un tamaño suficiente para facilitar el paso del agua, preservando al mismo tiempo la integridad estructural del material (Wang et al., 2019).

Mayor tamaño de agregado: al usar partículas más grandes en lugar del concreto tradicional, se crean huecos entre los agregados (Challco y Tuesta, 2021). El concreto permeable se regula meticulosamente para lograr un nivel bajo que mejore la cohesividad sin saturar completamente la mezcla. Este proceso ayuda a prevenir la creación de una sustancia diminuta que tiene el potencial de obstruir los poros y disminuir la permeabilidad.

La exclusión de finos implica excluir deliberadamente partículas finas de la mezcla para evitar la obstrucción de los poros y preservar la permeabilidad del concreto. El concreto permeable comúnmente se coloca encima de un sistema de drenaje, como grava o material geotextil, lo que ayuda a eliminar el agua que se ha filtrado al suelo o a los sistemas de recolección de aguas pluviales (Challco y Tuesta, 2021).

El concreto permeable, si bien permite el paso del agua, está diseñado para poseer suficiente resistencia estructural para usos particulares, como senderos, aceras, áreas de estacionamiento y áreas con menos actividad vehicular.

2.2.1.1 Definición y características del concreto permeable

En lugar de obstruirlo como el concreto tradicional. La permeabilidad del material se logra empleando una combinación distintiva de productos químicos y una regulación meticulosa de la disposición de los poros en su estructura. Los siguientes párrafos proporcionan una explicación completa de la definición y las características esenciales del concreto permeable. (Amorós y Bendezú, 2019)

El concreto permeable es una mezcla de cemento, agregados y aditivos que promueven la creación de poros espaciados uniformemente en toda su estructura, lo que da como resultado una porosidad controlada. Los diámetros de estos poros son suficientes para facilitar el paso del agua, preservando al mismo tiempo la integridad estructural del material (Challco y Tuesta, 2021).

Al emplear partículas más grandes en lugar de los estándares presentes en el concreto, el uso de una granulometría particular da como resultado la creación de espacios entre los agregados. Estas aberturas promueven el flujo de agua a través del material. Además, el proceso de elección de la clasificación de agregados se lleva a cabo con gran atención para mejorar la permeabilidad suficiente y lograr una resistencia estructural óptima.

El concreto permeable se regula meticulosamente para mantener un nivel bajo que mejore la cohesividad y evite la saturación completa de la mezcla. Esto ayuda a prevenir la creación de una sustancia diminuta que tiene el potencial de obstruir los poros y disminuir la permeabilidad.

El concreto permeable comúnmente se coloca encima de un sistema de drenaje, como grava o material geotextil, lo que ayuda a eliminar el agua que se ha filtrado en el

concreto. Posteriormente, este sistema transporta el agua al suelo subterráneo o sistemas de recolección de aguas pluviales (Challco y Tuesta, 2021).

El concreto permeable, si bien es permeable, está diseñado para tener suficiente resistencia estructural para usos particulares, como caminos, aceras, espacios de estacionamiento y áreas con menos tráfico automovilístico.

2.2.1.2 Proceso de fabricación del concreto permeable

El proceso de fabricación de concreto permeable implica una serie de pasos separados con el objetivo de crear una combinación que promueva la infiltración de agua. El procedimiento comienza con la cuidadosa selección de los componentes, incluidos cemento, agregados gruesos y aditivos. Los componentes se combinan en proporciones precisas según lo indica el diseño de la mezcla, el cual se establece en base a los atributos deseados del concreto final, como permeabilidad, resistencia mecánica y durabilidad. (López y Ignacio, 2021)

Una vez seleccionados y medidos con precisión los materiales, se prepara la combinación. Esta técnica consiste en amalgamar los componentes en una hormigonera para conseguir una dispersión uniforme y homogénea. Durante este proceso, se puede ajustar la cantidad de agua para lograr la viscosidad deseada de la mezcla (Challco y Tuesta, 2021).

- **Selección de materiales:** Es necesaria una deliberación minuciosa al elegir los materiales para la mezcla de concreto permeable. Esta mezcla se compone de cemento, áridos gruesos, agua y aditivos. Para lograr una disposición ideal de los poros en la mezcla, es imperativo utilizar partículas gruesas que tengan un tamaño constante y posean un grado designado (Silva et al. 2021).
- **Diseño de la Mezcla:** El proceso de formulación de la mezcla de concreto permeable implica establecer las proporciones adecuadas de cada material constituyente, tomando en cuenta las propiedades deseadas del producto final, como permeabilidad, resistencia mecánica y durabilidad. Es importante considerar factores como la relación

agua-cemento, la cantidad de agregado grueso y la inclusión de aditivos, ya que estos factores pueden afectar potencialmente la permeabilidad y resistencia del concreto.

- **Preparación de la mezcla:** Una vez completado el diseño de la mezcla, se procede a su montaje. Los componentes se combinan en una hormigonera según las proporciones indicadas en el diseño de la mezcla. Para mantener la uniformidad y consistencia de las cualidades del concreto permeable, es crucial tener una combinación homogénea y uniformemente mezclada (Silva et al. 2021).
- **Colocación y compactación:** Una vez realizada la mezcla, se deposita en el área designada y se compacta utilizando maquinaria compactadora adecuada, como rodillos vibratorios o placas compactadoras. La compactación se realiza para conseguir la máxima densidad y eliminar el exceso de aire y espacios en la mezcla, mejorando así la permeabilidad del concreto.
- **Curado:** Luego del proceso de colocación y compactación, es fundamental curar adecuadamente el concreto permeable para garantizar su resiliencia y vida útil prolongada. El procedimiento de curado puede implicar la utilización de compuestos de curado, la aplicación de mantas de curado o irrigación constante para mantener los niveles ideales de humedad y temperatura durante las etapas de fraguado y endurecimiento.

2.2.1.3 Ventajas y desventajas del concreto permeable

Reduce la escorrentía superficial y ayuda a prevenir inundaciones facilitando la penetración natural del agua. También ayuda a rellenar los acuíferos subterráneos y mejora la calidad del agua eliminando eficientemente los contaminantes. Requiere un mantenimiento más frecuente y tiene un coste inicial más elevado. Además, su aplicación puede verse limitada en situaciones de mucho tráfico y su resistencia a la compresión puede ser menor que la del concreto convencional. (Atencio, 2019)

Beneficios del concreto permeable:

- La gestión del agua mejora el proceso natural de precipitación que se filtra en la tierra, lo que disminuye la cantidad de escorrentía de agua y ayuda a reponer las fuentes de agua subterránea. Esto puede ayudar a reducir el impacto de las inundaciones y abordar los problemas de drenaje urbano (Wang et al., 2019).
- Una forma de reducir el calentamiento urbano es fomentando la infiltración de agua en el suelo. Esta agua luego se evapora y ayuda a enfriar el entorno urbano circundante. Esto ayuda a reducir el efecto isla de calor (Silva et al. 2021).
- Calidad mejorada del agua: Elimina eficazmente los contaminantes de las aguas pluviales, como limo, hidrocarburos y metales peligrosos, antes de su entrada a los cuerpos de agua.
- Durabilidad: Este material tiene una vida útil más larga que el concreto normal porque puede resistir daños causados por la congelación y descongelación del agua, así como la exposición a productos químicos y sales utilizados para quitar la nieve y el hielo.
- Recarga mejorada de acuíferos: mejora el proceso de reposición de los acuíferos subterráneos al facilitar la absorción de la precipitación en el suelo. Esto es particularmente ventajoso en regiones susceptibles a la escasez de agua.

Restricciones del concreto permeable:

- El concreto permeable puede suponer un mayor coste inicial, debido a la necesidad de utilizar materiales y procedimientos constructivos particulares.
- El mantenimiento regular es crucial para garantizar la eficacia a largo plazo. Esto puede implicar destapar los poros obstruidos y restaurar las superficies dañadas.
- Resistencia a la compresión restringida: normalmente, presenta una fuerza de compresiva alcanzada menor en comparación con el concreto tradicional, lo que podría restringir su aplicación en escenarios que exigen una resistencia estructural significativa (Silva et al. 2021).

- En climas fríos, la penetración de agua en el concreto permeable puede provocar congelación y expansión, lo que potencialmente puede generar dificultades. La implementación insuficiente de procesos adecuados podría resultar en daño o destrucción.
- Este material no es apropiado para aplicaciones de mucho tráfico debido a su susceptibilidad a la abrasión constante, que puede provocar erosión de la superficie y obstrucción de los poros. En consecuencia, su eficacia como pavimento permeable disminuye (Amorós y Bendeزú, 2019).

El concreto permeable tiene varios beneficios, incluida la gestión eficaz del agua, la mitigación del efecto de isla de calor urbana y la mejora de la calidad del agua. Sin embargo, existen desventajas asociadas con el uso de esta tecnología, incluidos altos gastos iniciales, requisitos de mantenimiento continuo y limitaciones en casos de uso específicos. Antes de seleccionar concreto permeable, es crucial evaluar minuciosamente las características del proyecto y el entorno circundante.

2.2.2 Fibra de poliacrilonitrilo (PAN)

Las fibras sintéticas llamadas poliacrilonitrilo (PAN) están hechas de acrilonitrilo, un monómero que proviene del propeno. Se producen filamentos delgados y fuertes polimerizando acrilonitrilo y luego sometiéndolos a una secuencia de operaciones de hilado y estiramiento. (Botonero y Rojas, 2020)

Muchas de las características destacadas de las fibras de PAN pueden atribuirse a su estructura química. Para empezar, pueden soportar fuertes fuerzas de tracción sin romperse, gracias a su gran resistencia a la tracción. Esta característica los hace apropiados para usos donde se necesita durabilidad y robustez, como la producción de cuerdas de alta resistencia, materiales compuestos y tejidos técnicos (Amorós y Bendeزú, 2019).

Las fibras PAN son bien conocidas por su estabilidad dimensional o su capacidad para mantener su tamaño y forma bajo una variedad de circunstancias ambientales y de

uso, además de su resistencia mecánica. Esto los convierte en una buena opción para procesos que requieren precisión y coherencia, como la fabricación de piezas técnicas y componentes estructurales.

La capacidad de las fibras PAN para resistir la contaminación y la corrosión es otra característica crucial. Estas fibras son útiles en circunstancias en las que podrían estar expuestas a compuestos cáusticos o agresivos porque son naturalmente inertes a una amplia variedad de productos químicos y solventes (Amorós y Bendezú, 2019).

Para mejorar aún más sus cualidades, las fibras de PAN pueden recubrirse y recibir diversos tratamientos químicos. Pueden recubrirse, por ejemplo, con sustancias que retardan las llamas para aumentar su resistencia al fuego o con productos químicos antimicrobianos para evitar el crecimiento de bacterias y hongos (Wang et al., 2019).

Las fibras de poliacrilonitrilo son importantes por su resistencia mecánica, estabilidad dimensional y resistencia química. Son un material muy útil y adaptable. Entre sus diversos usos se encuentran los textiles técnicos y los componentes de ingeniería, donde se aprecian sus especiales cualidades y su capacidad para cumplir con las especificaciones más exigentes (Wang et al. 2022).

2.2.2.1 Descripción y propiedades de la fibra de poliacrilonitrilo

A menudo se denomina cianuro de vinilo o cianoetileno. Los monómeros de acrilonitrilo se polimerizan, lo que da como resultado la formación de cadenas poliméricas extendidas. Posteriormente, las cadenas se hacen girar para generar filamentos de fibra ininterrumpidos. (Slebi et al., 2022)

La fibra de poliacrilonitrilo demuestra características complejas como:

- La fibra PAN demuestra una resistencia mecánica excepcional, lo que le permite soportar fuerzas de tracción sustanciales sin fracturarse ni distorsionarse. Su notable resistencia lo hace ideal para aplicaciones que requieren un material resistente y duradero.

- La fibra de poliacrilonitrilo (PAN) posee resistencia y flexibilidad, lo que la hace adecuada para diversas aplicaciones que requieren un cierto nivel de flexibilidad y durabilidad después de deformarse (Wang et al. 2022).
- Se expone a diferentes condiciones ambientales, como fluctuaciones de temperatura y humedad. Su excepcional estabilidad dimensional lo hace ideal para aplicaciones que requieren exactitud dimensional precisa y una forma consistente.
- La fibra PAN tiene una baja densidad, lo que contribuye a su naturaleza liviana. Esta característica lo hace ideal para situaciones que exigen un material liviano sin sacrificar la dureza (Wang et al., 2019).
- La fibra PAN exhibe una notable resistencia a la corrosión inducida por agentes químicos y biológicos hostiles, lo que la hace muy apropiada para su uso en áreas propensas a la corrosión (Wang et al. 2022).
- La fibra PAN exhibe una notable resistencia térmica, manteniendo sus propiedades mecánicas esenciales incluso en temperaturas suaves. Sin embargo, la resistencia al calor de la fibra puede variar según su composición y tratamiento.

La fibra de poliacrilonitrilo es un material excepcionalmente adaptable que demuestra una combinación distintiva de características mecánicas, físicas y químicas. Sus diversos atributos lo hacen adecuado para un amplio espectro de usos en muchos sectores, como el aeroespacial, el automotriz, el textil y el de materiales. Compuestos químicos.

2.2.2.2 Aplicaciones de la fibra de poliacrilonitrilo en la industria de la construcción

- Las fibras se distribuyen uniformemente por toda la mezcla de concreto, asegurando una dispersión homogénea. Esta dispersión ayuda a reducir la aparición de grietas causadas por la contracción plástica y el impacto de las tensiones dinámicas (Wang et al. 2022).

- Prevención de grietas: La adición de fibras de poliacrilonitrilo al concreto reduce las grietas causadas por la contracción plástica y térmica, mejorando así la longevidad y resistencia de las estructuras de concreto. Esto es particularmente ventajoso (Wu et al. 2022).
- El refuerzo de suelos implica mejorar las características mecánicas de suelos débiles o fácilmente erosionables mediante la incorporación de fibras de poliacrilonitrilo. Esto mejora su resistencia al corte, plataformas industriales e instalaciones de almacenamiento (Wang et al., 2019).
- Estos compuestos se utilizan en revestimientos, aislamientos y componentes estructurales para (Wang et al. 2022).

Sirve como material de refuerzo del concreto y la tierra, a la vez que ofrece protección contra incendios, aislamiento térmico y acústico. Debido a su versatilidad y capacidad para mejorar las cualidades de los materiales, juega un papel crucial en varias aplicaciones de construcción.

2.2.2.3 Efectos de la adición de fibra de poliacrilonitrilo en las propiedades del concreto

- Esta característica ayuda a inhibir la propagación de fisuras y mejorar la capacidad del concreto para soportar cargas, particularmente en construcciones que experimentan cargas dinámicas o impactos (Wu et al. 2022).
- La incorporación de fibras de PAN en el concreto disminuye la aparición y propagación de grietas resultantes tanto de la deformación plástica como de la contracción térmica. Esto mejora la resiliencia del concreto y minimiza la necesidad de reparaciones adicionales, lo que es especialmente ventajoso en proyectos que sufren fluctuaciones de temperatura o cargas repetitivas.
- Las fibras de poliacrilonitrilo (PAN) mejoran la durabilidad del concreto al aumentar su resistencia al impacto y la abrasión. Esto lo hace especialmente ideal para aplicaciones

que exigen más resistencia a la abrasión, como pisos industriales, pisos de almacenes y lugares con mucho tránsito peatonal (Wu et al. 2022).

- La utilización de fibras PAN permite una gestión eficaz de la contracción y expansión térmica del concreto, reduciendo así la aparición de grietas causadas por cambios de temperatura. Esto es particularmente crucial en regiones caracterizadas por variaciones significativas de temperatura.
- Las fibras de poliacrilonitrilo (PAN) mejoran la manipulabilidad del concreto recién mezclado, facilitando su colocación y compactación. Esto puede conducir a una mejor calidad de la superficie y una mayor comodidad en el manejo durante el proceso de construcción (Wu et al. 2022).

La adición de fibras de poliacrilonitrilo al concreto puede tener una serie de efectos ventajosos en sus propiedades. Estos factores incluyen fortalecer la durabilidad y la elasticidad, minimizar las grietas, mejorar la resistencia al impacto y al desgaste, gestionar la expansión y contracción térmica y facilitar el manejo y la conformación. Los efectos antes mencionados hacen del concreto que contiene fibras PAN una opción deseable para diversas aplicaciones arquitectónicas que necesitan un material más resistente y robusto.

2.2.3 Fibras de basalto

La fibra de basalto está compuesta principalmente de fibras inorgánicas que se crean mediante el proceso de fusión de la roca basáltica. La fabricación de estas fibras implica un proceso de extrusión, en el que la roca basáltica se licúa a altas temperaturas y posteriormente se alarga en delgados filamentos. La automoción, la fabricación de compuestos y otras industrias que requieren excelentes propiedades mecánicas y resistencia al calor (Wu et al. 2022).

2.2.3.1 Características y propiedades de la fibra de basalto

Creado al fundir roca de basalto y darle forma de hilos delgados y flexibles mediante extrusión. Estas fibras proporcionan una amplia gama de cualidades y capacidades que las hacen adecuadas para una amplia variedad de aplicaciones.

- Cargas sustanciales y resistir la deformación. Este atributo lo hace muy adecuado para mejorar la integridad estructural en aplicaciones de construcción e ingeniería civil (Wang et al., 2019).
- La fibra de basalto es liviana, lo que la hace más fácil de manipular y transportar en comparación con materiales más pesados como el acero. Sin embargo, todavía tiene una fuerza significativa.
- La fibra de basalto demuestra una notable resistencia a la corrosión y la oxidación, lo que la hace ideal para entornos desafiantes, como situaciones marítimas o industriales, que implican una exposición frecuente a la humedad y a productos químicos (Zhan y Yin, 2024).
- Compatibilidad medioambiental: Ya que proviene de roca natural y no requiere el uso de productos químicos nocivos en su proceso de fabricación. Además, tiene la capacidad de reciclarse y utilizarse para otros fines.

La fibra de basalto es una sustancia muy flexible con una combinación única de propiedades, que incluyen una excelente resistencia mecánica, resistencia a la corrosión y a las altas temperaturas, un eficaz aislamiento térmico y acústico y respeto al medio ambiente.

2.2.3.2 Usos y aplicaciones de la fibra de basalto en la construcción

- Se agregan fibras de basalto al concreto para aumentar su capacidad para resistir fuerzas de tracción, reducir la aparición de grietas y mejorar su durabilidad, especialmente en estructuras que experimentan cargas dinámicas o impactos, como pavimentos, losas y secciones prefabricadas (Zhan y Yin, 2024).
- Refuerzo del suelo: la fibra de basalto se utiliza en aplicaciones geotécnicas para mejorar la resistencia de suelos blandos o susceptibles a la erosión. Se mezcla tierra con él para mejorar sus propiedades mecánicas, como su capacidad para resistir

fuerzas de corte y soportar grandes cargas. Esta técnica es ventajosa para estabilizar taludes, terraplenes y áreas susceptibles a la erosión (Wang et al., 2019).

- La fibra de basalto se emplea en la fabricación de materiales aislantes térmicos y acústicos para edificios y estructuras. Estos materiales sirven como capa protectora para paredes, techos y suelos, bloqueando eficazmente la transferencia de calor y sonido. Esto contribuye a la mejora de la eficiencia energética y mejora el confort general del interior (Zhan y Yin, 2024).
- La fibra de basalto se emplea en la fabricación de paneles y láminas de construcción que se utilizan para revestimientos exteriores e interiores de edificios. Estos materiales proporcionan una combinación de resistencia, durabilidad y resistencia al calor, proporcionando una protección eficaz contra las condiciones climáticas y mejorando el atractivo estético de la construcción.
- La fibra de basalto se incluye en morteros y revestimientos de construcción y acabado de mampostería para aumentar su robustez y longevidad. Estos materiales se utilizan con el fin de envolver paredes, pisos y techos para crear una superficie que sea impermeable al daño, la humedad y la corrosión (Zhan y Yin, 2024).
- La fibra de basalto se emplea en la fabricación de componentes estructurales prefabricados como vigas, columnas y paneles debido a su notable resistencia y durabilidad.

La fibra de basalto se utiliza ampliamente en la construcción para diversas aplicaciones, incluido el refuerzo de concreto y pisos, proporcionando aislamiento térmico y acústico, generando paneles y láminas, creando morteros y revestimientos, y fabricando elementos estructurales prefabricados. Su distintiva combinación de características la convierte en una sustancia versátil y eficaz para mejorar.

2.2.3.3 Beneficios de utilizar fibra de basalto en el concreto permeable

La utilización de fibra de basalto en concreto permeable aporta múltiples ventajas que mejoran tanto la funcionalidad del material como su sostenibilidad ecológica. Las ventajas de utilizar fibra de basalto en concreto permeable:

- La fibra de basalto sirve como refuerzo mecánico en el concreto permeable, mejorando su resistencia a la tracción y su dureza. Este método mejora la resistencia a la fractura y mejora la durabilidad del material, lo que da como resultado una superficie más robusta y duradera (Zhang et al. 2023).
- La incorporación de fibra de basalto al concreto permeable mitiga la creación de grietas resultantes tanto de la deformación plástica como de la contracción térmica. Esto mejora la robustez estructural del material y prolonga su vida útil al reducir la probabilidad de rotura (Wang et al., 2019).
- Resiliencia: Más apropiada para áreas de mucho tráfico a menudo atravesadas por peatones o automóviles. Como resultado, esto da como resultado una superficie extremadamente resistente y que necesita muy poco mantenimiento a largo plazo (Zhang et al. 2023).
- Permeabilidad mejorada: el concreto permeable mantiene su capacidad para facilitar el movimiento del agua a través de él, incluso cuando se añaden fibras de refuerzo. La fibra de basalto no obstruye los poros del concreto, lo que permite un drenaje eficaz del agua y reduce la acumulación de agua superficial, disminuyendo así la probabilidad de inundaciones.
- Mayor durabilidad: el concreto permeable reforzado con fibra de basalto requiere menos mantenimiento durante su periodo de vida.

La adición de fibra de basalto al concreto permeable tiene varias ventajas, como un refuerzo mecánico mejorado, menos grietas, mayor resistencia al desgaste, mejor permeabilidad, sostenibilidad ambiental y menores necesidades de mantenimiento. El concreto permeable reforzado con fibra de basalto ofrece numerosas ventajas, lo que lo

convierte en una opción convincente para aplicaciones que requieren robustez, longevidad y capacidad de drenaje.

2.2.4 Propiedades mecánicas del concreto permeable reforzado

El concreto permeable reforzado incorpora las propiedades beneficiosas del concreto permeable y al mismo tiempo proporciona mayor durabilidad y longevidad mediante el uso de materiales como la fibra de basalto (Niu et al., 2019).

- Las cargas perpendiculares sin romperse. Al utilizar fibras de basalto como refuerzo, se pueden mejorar las características del material, aumentando así su durabilidad general (Zhang et al. 2023).
- Agregar fibras de basalto al concreto poroso mejora significativamente su resistencia a la tracción. Estas fibras sirven como refuerzo para soportar las fuerzas de tracción que pueden surgir de la contracción, la expansión térmica o la carga dinámica.
- La tenacidad es la capacidad del concreto armado permeable para absorber energía antes de romperse. Al integrar fibras de basalto, se mejora la durabilidad del material, ya que adquiere otras cualidades (Zhang et al. 2023).
- Las fibras de basalto mejoran la ductilidad del material fortaleciéndolo contra el agrietamiento y permitiendo una mayor deformación antes de romperse.
- El concreto permeable reforzado con fibra de basalto tiene una mayor durabilidad en comparación con el concreto convencional. Las fibras funcionan como refuerzo para soportar la abrasión y la erosión, lo que da como resultado una superficie más resistente y duradera en regiones susceptibles al desgaste, como pavimentos y lugares de mucho tráfico (Zhang et al. 2023).
- Permeabilidad controlada: a pesar de tener propiedades mecánicas mejoradas, el concreto armado permeable aún deja pasar el agua. La permeabilidad regulada del concreto permeable es fundamental para mantener su capacidad de drenaje,

reduciendo así la captación de agua superficial y mitigando el riesgo de inundaciones (Niu et al., 2019).

El concreto permeable armado se crea combinando un refuerzo de fibra de basalto, que mejora las propiedades mecánicas, con la capacidad de drenaje natural del concreto permeable. En consecuencia, el material demuestra una robustez y longevidad notables, al tiempo que mantiene su capacidad para gestionar eficazmente el agua en pavimentos y usos de construcción de infraestructura.

2.2.4.1 Impacto de la fibra de poliacrilonitrilo en la resistencia mecánica del concreto

La incorporación de fibra de poliacrilonitrilo (PAN) al concreto puede tener una influencia sustancial en su resistencia mecánica, alterando así sus características esenciales.

Agregar fibra PAN al concreto mejora significativamente su resistencia a la tracción, lo que brinda un beneficio muy útil. El concreto ha mostrado consistentemente importantes debilidades en su capacidad para soportar tensiones, lo que lo hace susceptible a agrietarse y fracturarse bajo tensión. La incorporación de fibras de PAN al concreto mejora enormemente su resistencia, aumentando así su capacidad para soportar cargas de tracción y dificultar el desarrollo y propagación de grietas (Aref et al. 2015).

La fibra de poliacrilonitrilo (PAN) mejora la integridad estructural del concreto al actuar como un refuerzo que inhibe eficazmente la propagación de grietas. Esto permite que el concreto asimile una mayor cantidad de energía antes de fracturarse, lo que aumenta la resiliencia contra impactos y tensiones recurrentes.

Resiliencia mejorada: La incorporación de fibra PAN al concreto mejora su capacidad para soportar daños al disminuir la formación de grietas y limitar el agrandamiento de fisuras preexistentes. Como resultado, esto conduce a la formación de una estructura que muestra una mayor resiliencia contra la intemperie, la abrasión y otros elementos ambientales que pueden contribuir a la degradación del concreto durante un período de tiempo (Aref et al. 2015).

La fibra de poliacrilonitrilo (PAN) mejora la durabilidad del concreto al soportar cargas dinámicas, como las inducidas por el tráfico automovilístico o las vibraciones sísmicas. Agregar fibras al concreto armado mejora la redistribución y absorción de cargas externas (Niu et al., 2019).

La incorporación de fibra de poliacrilonitrilo al concreto mejora su resistencia mecánica al reforzar su resistencia a la tracción, dureza, durabilidad, resistencia a las grietas por contracción y capacidad para soportar cargas dinámicas. Los efectos antes mencionados hacen del concreto reforzado con fibra PAN una opción convincente para muchas aplicaciones que necesitan un material más resistente y duradero (Aref et al. 2015).

2.2.4.2 Mejoras en la durabilidad del concreto permeable con fibra de basalto

La adición de fibra de basalto al concreto permeable puede aumentar considerablemente su durabilidad. A continuación, se describen detalladamente las mejoras en la resistencia:

- Las fibras de basalto mejoran la resistencia al agrietamiento del concreto poroso al reforzarlo, inhibiendo así la creación y propagación de grietas. La fibra de basalto es particularmente crucial en regiones caracterizadas por importantes fluctuaciones de temperatura, ya que tiene la capacidad de mitigar las grietas de contracción térmica y mejorar la integridad estructural del concreto (Aref et al. 2015).
- Esto es especialmente ventajoso en situaciones en las que el concreto está sometido a un tráfico peatonal o de vehículos significativo, ya que disminuye la abrasión de la superficie y prolonga la durabilidad del material.
- Mayor durabilidad: Cuando se trata de lugares propensos a condiciones climáticas desfavorables, como la exposición química o los efectos de los agentes atmosféricos, es crucial tener en cuenta el deterioro gradual del concreto (Aref et al. 2015).

- La fibra de basalto demuestra una resistencia excepcional a la corrosión y la oxidación, lo que la hace muy adecuada para su utilización en condiciones difíciles, como regiones costeras o industriales. La incorporación de fibras de basalto al concreto permeable mejora su resistencia a la corrosión y prolonga su durabilidad en condiciones exigentes (Niu et al., 2019).
- Mayor aguante ante golpes: La incorporación de fibras de basalto mejora la durabilidad del concreto permeable para resistir impactos y esfuerzos repetidos. La resistencia al impacto es esencial en situaciones en las que el concreto es vulnerable a impactos o colisiones, como en aceras o lugares donde se realizan cargas y descargas. Es imperativo aplicar precauciones para evitar cualquier daño a la estructura (Aref et al. 2015).

La inclusión de fibra de basalto en el concreto permeable mejora enormemente su durabilidad y longevidad. Estos atributos incluyen una mayor resistencia a la fractura, una menor abrasión, una mayor resistencia al desgaste, una mayor durabilidad en condiciones difíciles y una mayor resistencia al impacto. Estas mejoras convierten al concreto permeable reforzado con fibra de basalto.

2.2.4.3 Evaluación de la resistencia a la compresión y tracción del concreto permeable reforzado

La evaluación de la resistencia a la compresión y a la tracción del concreto permeable reforzado es un procedimiento esencial para determinar su aceptabilidad y eficacia en diferentes aplicaciones estructurales (Merin et al., 2023).

- Como parte de estos experimentos, se crean probetas de concreto en forma de cilindros o cubos. Estas probetas se exponen a esfuerzos de compresión cada vez mayores hasta que el material se rompe. La resistencia a la compresión del concreto es la mayor fuerza que puede soportar antes de romperse. Se realizan experimentos

con concreto permeable reforzado, empleando metodologías idénticas a las utilizadas para el concreto convencional, pero considerando la presencia de fibras de refuerzo.

- El ensayo de tracción indirecta emplea una disposición particular para proporcionar una fuerza de tracción al concreto. La resistencia a la tracción del concreto permeable reforzado se determina midiendo la carga máxima aplicada antes de que el material se rompa (Merin et al., 2023).
- Cuando se realizan pruebas de resistencia a la compresión y a la tracción en concreto permeable reforzado. Este procedimiento consiste en fabricar probetas de concreto con una cantidad adecuada de fibras y someterlas a cargas de ensayo que simulen fielmente las condiciones reales de carga en su uso previsto.
- Análisis de datos y resultados: Tras realizar los ensayos, se examinan los datos adquiridos para determinar sus valores de soporte compresivo.

Para evaluar la resistencia a la compresión y a la tracción del concreto permeable reforzado, es esencial realizar experimentos de laboratorio convencionales. En ocasiones, puede ser necesario modificar las técnicas de ensayo para tener en cuenta la presencia de fibras de refuerzo. Esto permite evaluar la idoneidad y eficacia del material en diversas aplicaciones estructurales (Niu et al., 2019).

2.2.5 Aplicaciones de la tecnología de concreto permeable

La tecnología del concreto permeable implica el uso de un tipo de concreto poroso que permite que el agua lo atraviese. El agua de lluvia, controlar la escorrentía, reducir la acumulación de agua y facilitar la restauración del agua subterránea (Merin et al., 2023).

2.2.5.1 Casos de estudio de aplicaciones exitosas de concreto permeable

Los estudios de casos de aplicaciones exitosas del concreto permeable ponen de relieve proyectos específicos en los que este material se ha utilizado eficazmente y ha demostrado su eficacia en diversas aplicaciones. He aquí una explicación detallada:

Los estudios de casos proporcionados ilustran la aplicación del concreto permeable en la construcción de carreteras y zonas de aparcamiento. El estudio examina las ventajas del concreto permeable para gestionar eficazmente las precipitaciones, reducir la escorrentía superficial y evitar la acumulación de aguas superficiales. En consecuencia, esto mejora la seguridad vial y disminuye la probabilidad de inundaciones urbanas (Merin et al., 2023).

Los estudios de caso que aquí se ofrecen analizan específicamente proyectos que emplean concreto permeable para el desarrollo de aceras y zonas peatonales. Este estudio examina los efectos del concreto permeable en la mejora del acceso peatonal, la reducción de los riesgos de resbalones y caídas y el fomento de la infiltración del agua en el suelo. Esta acción mejora el ecosistema y favorece la calidad del agua.

Estos estudios de casos analizan proyectos en entornos urbanos y paisajísticos en los que se ha empleado el concreto permeable para construir zonas públicas funcionales y estéticamente agradables. El estudio examina los efectos beneficiosos del concreto (Merin et al., 2023).

Los estudios de caso analizan proyectos de infraestructuras verdes que integran el concreto permeable como componente de soluciones de diseño urbano sostenible. Este estudio examina la influencia del concreto permeable en el desarrollo de espacios verdes adaptables, mejorando la calidad del agua, promoviendo la biodiversidad y proporcionando beneficios sociales y recreativos a la comunidad.

Los estudios de casos de aplicaciones exitosas del concreto permeable demuestran proyectos específicos en los que este material se ha empleado eficazmente en diversas aplicaciones, proporcionando soluciones eficientes para ir mejorando la calidad del entorno urbano y avanzando en la sostenibilidad medioambiental.

2.2.5.2 Utilización de concreto permeable en proyectos de infraestructura urbana

El concreto permeable se utiliza en proyectos de infraestructuras urbanas para resolver problemas relacionados con la gestión del agua de lluvia, la mitigación de

inundaciones y la creación de entornos urbanos sostenibles. Se trata de utilizar el mismo material en diferentes aplicaciones (W. Wang et al., 2023).

Además, el concreto permeable tiene el potencial de mejorar la seguridad vial al mitigar el deslizamiento y evitar la acumulación de agua en la superficie de la carretera (Niu et al., 2019).

Esta función mejora la construcción de espacios recreativos al aire libre seguros y agradables. Además, el concreto permeable contribuye a la conservación del agua al reabastecer los depósitos de agua subterráneos y fomentar la biodiversidad en los entornos urbanos.

En resumen, el uso de concreto permeable en proyectos de infraestructura urbana ofrece una opción eficiente y sustentable para resolver problemas relacionados con el manejo de aguas pluviales, la prevención de inundaciones y el desarrollo de entornos urbanos más sanos y resistentes (W. Wang et al., 2023).

2.2.5.3 Experiencias previas en la implementación de concreto permeable en diferentes regiones

La aplicación previa del concreto permeable en muchas regiones ha aportado información significativa sobre las ventajas, dificultades y métodos óptimos asociados a este material en diversas condiciones geográficas y climáticas (W. Wang et al., 2023).

El concreto permeable se ha utilizado en proyectos de pavimentación de calzadas, aceras y espacios peatonales en regiones urbanas densamente pobladas, especialmente en ciudades metropolitanas, con el fin concreto permeable reduce eficazmente la escorrentía superficial, alivia la carga de los sistemas de drenaje urbano y mejora el entorno urbano al facilitar la infiltración del agua en el suelo y la vegetación circundante (Niu et al., 2019).

El concreto permeable se ha utilizado en proyectos de infraestructura ubicados en regiones costeras y lugares propensos a inundaciones, como zonas costeras y deltas fluviales, con el propósito de aliviar los impactos de las inundaciones y mejorar la capacidad

de las comunidades para resistir las inundaciones. Fenómenos climáticos severos. La evidencia histórica ha demostrado que la utilización de concreto permeable mitiga eficazmente la acumulación de aguas superficiales, protege las infraestructuras vitales de los daños inducidos por las inundaciones y previene la erosión costera.

El concreto permeable se ha empleado en paisajismo y diseño urbano en regiones áridas y semiáridas para preservar el suministro de agua y promover la sostenibilidad medioambiental. Las pruebas empíricas demuestran que la utilización de concreto permeable es eficaz para capturar y retener las precipitaciones, reabastecer los acuíferos subterráneos y fomentar el establecimiento de vegetación autóctona en regiones urbanas áridas (W. Wang et al., 2023).

El concreto permeable se ha utilizado en infraestructuras verdes e iniciativas de drenaje sostenible en zonas afectadas por problemas de calidad del agua, concretamente en distritos urbanos afectados por la contaminación de las aguas pluviales. El objetivo de este proyecto es mejorar la gestión de las aguas pluviales y salvaguardar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Estudios empíricos han demostrado que la utilización de concreto permeable es eficaz para filtrar y depurar las aguas pluviales, reduciendo así la concentración de contaminantes en los depósitos de agua y mejorando la salud general del ecosistema acuático.

En resumen, los casos anteriores de incorporación de concreto permeable en diferentes áreas han aportado información significativa sobre sus aplicaciones, ventajas y dificultades en diversas condiciones geográficas y climáticas. Estas experiencias han dado lugar al establecimiento de legislación y políticas que abogan por la utilización sostenible del concreto permeable como solución viable para abordar los retos del agua y el desarrollo urbano (W. Wang et al., 2023).

2.2.6 Impacto ambiental del uso de concreto permeable

El impacto medioambiental de la utilización del concreto permeable se refiere a los efectos favorables que esta sustancia puede tener sobre el medio ambiente en contraste con el concreto tradicional (Niu et al., 2019).

El concreto permeable mitiga la escorrentía superficial al facilitar causas por las venidas de las venidas, evitando así la generación de escorrentía superficial que puede transportar contaminantes y residuos a las masas de agua vecinas. Este método contribuye a mitigar la erosión del suelo, disminuir la cantidad de contaminantes en los sistemas de drenaje urbano y salvaguardar la calidad de estas (W. Wang et al., 2023).

La recarga de acuíferos se ve facilitada por la infiltración del agua de lluvia en la tierra mediante el uso de concreto permeable. Este método es esencial para preservar la disponibilidad de agua dulce tanto en regiones urbanas como rurales. Esto es particularmente crucial en zonas donde las aguas subterráneas desempeñan un papel fundamental como fuente primaria de agua potable para la agricultura.

El concreto permeable mejora la calidad del agua al actuar como un sistema de filtración natural, atrapando y reteniendo eficazmente diversos contaminantes presentes en el agua de lluvia, como aceites, metales pesados y nutrientes. Esta acción mejora la calidad del agua al disminuir la cantidad de contaminantes en los cuerpos de agua adyacentes y salvaguardar el bienestar del ecosistema acuático.

El concreto permeable mitiga fenómenos de calor, reduciendo así la temperatura del entorno urbano. El concreto permeable mitiga el efecto de isla de calor urbano al mejorar la evapotranspiración, reduciendo así las temperaturas locales y mejorando el confort térmico en los entornos urbanos (Lou et al., 2024).

El concreto permeable mejora la biodiversidad al permitir la penetración del agua en el suelo y crear un hábitat favorable para la proliferación de vegetación autóctona en regiones urbanas y periurbanas. Esto favorece las condiciones de vida de la fauna autóctona, fomenta la diversidad de especies y mejora los aspectos visuales y prácticos del entorno construido (Niu et al., 2019).

En resumen, la utilización de concreto permeable puede producir resultados ambientales favorables, como la mitigación. Estos efectos hacen del concreto permeable una opción atractiva para la construcción de infraestructuras urbanas sostenibles y resistentes.

2.2.6.1 Evaluación de la reducción de la escorrentía superficial y recarga de acuíferos

Se requiere una evaluación exhaustiva para valorar el impacto del concreto permeable sobre el ciclo hidrológico y los recursos hídricos locales, concretamente en lo que se refiere a su capacidad para reducir la escorrentía superficial y recargar los acuíferos (Lou et al., 2024).

El estudio se centra en la capacidad del concreto permeable para mitigar el volumen de precipitación que se transforma en escorrentía superficial. Esto se consigue cuantificando la velocidad a la que el agua permea el pavimento de concreto permeable. Las pruebas de infiltración se realizan en un entorno controlado de laboratorio o en situaciones reales para determinar la velocidad a la que el agua permea el concreto y se filtra en el suelo subyacente. Además, se pueden utilizar modelos hidrológicos para prever la influencia del concreto permeable en la escorrentía superficial (Lou et al., 2024).

Reabasteciendo así los acuíferos subterráneos. Esto se consigue mediante el control regular de los niveles de agua subterránea, tanto antes como después de la colocación del concreto permeable. Se puede realizar un estudio hidrogeológico para evaluar la capacidad del suelo para absorber agua y la medida en que el concreto permeable ayuda a reponer el almacenamiento de agua subterránea en un lugar determinado. Además, se pueden emplear modelos hidrogeológicos para reproducir el movimiento de las aguas subterráneas y prever las consecuencias del concreto permeable en la restauración de los acuíferos a lo largo de un período prolongado (Niu et al., 2019).

Evaluación de la calidad del agua: Además de cuantificar el volumen de agua que permea a través del concreto permeable, es crucial examinar el calibre del agua que se filtra en el suelo subyacente. Se pueden realizar análisis de laboratorio para cuantificar los

niveles de contaminantes en el agua infiltrada, incluidos metales pesados, nutrientes y compuestos orgánicos. Los resultados pueden compararse con los requisitos de calidad del agua para evaluar si el concreto permeable mejora la calidad de las aguas subterráneas y preserva los recursos hídricos locales (Lou et al., 2024).

2.2.6.2 Efectos positivos en la calidad del agua y preservación de ecosistemas acuáticos

Para comprender plenamente los impactos positivos del concreto permeable sobre la calidad del agua y la preservación de los ecosistemas acuáticos, es crucial entender cómo este material puede mejorar la salud general y la eficacia de las masas de agua. He aquí una explicación exhaustiva:

El concreto permeable funciona como un sistema de filtración intrínseco al permitir que la lluvia penetre a través de él, eliminando así los contaminantes. A lo largo de este procedimiento, el concreto acumula y confina eficazmente diversos contaminantes que se encuentran en el agua, incluidos aceites, sedimentos, nutrientes y metales pesados. Este enfoque mitiga eficazmente la entrada de contaminantes en los sistemas de aguas superficiales y subterráneas, mejorando así su calidad general (Lou et al., 2024).

El concreto permeable permite mitigar la escorrentía de las aguas pluviales al permitir que las precipitaciones se infiltren en el suelo en lugar de generar escorrentía superficial. Como resultado, esto ayuda a disminuir la cantidad de contaminantes transportados por el flujo de agua a los ecosistemas acuáticos adyacentes. Esto reduce la entrada de sedimentos y contaminantes en los hábitats acuáticos, lo que tiene efectos positivos sobre las criaturas acuáticas y la preservación de la calidad del agua.

Recarga de acuíferos: El concreto permeable desempeña un papel vital en la recarga de los acuíferos y en garantizar niveles adecuados de agua subterránea. Preservar los entornos acuáticos y garantizar la accesibilidad del agua potable es de suma importancia (Niu et al., 2019).

El concreto permeable facilita la mitigación de las inundaciones al permitir la infiltración rápida y eficaz de las precipitaciones en el suelo. El concreto permeable mitiga la erosión del suelo, preserva los hábitats acuáticos y reduce los riesgos para la seguridad pública relacionados con las inundaciones al reducir la entrada de fluidos.

La aplicación de concreto permeable puede mejorar en gran medida la calidad del agua y ayudar a preservar los hábitats acuáticos. Alcanza estos objetivos eliminando eficazmente los contaminantes, disminuyendo la escorrentía de las aguas pluviales, rellenando los acuíferos y gestionando las consecuencias de las inundaciones (Lou et al., 2024).

2.2.6.3 Contribución a la mitigación del cambio climático y efecto isla de calor

Para comprender completamente el impacto del concreto permeable al abordar el cambio climático y el efecto isla de calor, es crucial reconocer las formas en que este material puede tener una influencia beneficiosa tanto en el clima local como global.

Al comparar el concreto permeable con otros tipos de concreto, queda claro que el concreto permeable requiere menos cemento en su composición. Como resultado, tiene la capacidad de disminuir las emisiones que se producen durante la fabricación de materiales de construcción. El concreto permeable ayuda a la conservación de los ecosistemas naturales que funcionan como sumideros de carbono al facilitar la infiltración de agua y reponer los acuíferos (Lou et al., 2024).

En consecuencia, las temperaturas en las regiones cercanas disminuyen, lo que lleva a una mejora del confort térmico general en las áreas metropolitanas.

Avance de técnicas de diseño sustentable: La utilización de concreto permeable facilita prácticas de diseño urbano sustentable que pueden aliviar las consecuencias del cambio climático y el efecto isla de calor. Esto abarca la incorporación de infraestructura verde, como techos verdes, jardines de lluvia y espacios ajardinados, que ayudan en la absorción de calor, la mitigación de la escorrentía de aguas pluviales y la mejora de la

calidad del aire. Además, el concreto permeable se puede incluir en iniciativas de diseño de paisajes urbanos que fomenten la biodiversidad y mejoren la resiliencia climática.

El concreto permeable ayuda a las regiones metropolitanas a gestionar condiciones climáticas extremas, como tormentas severas y olas de calor, mitigando la escorrentía superficial y mejorando la gestión de las aguas pluviales. El concreto permeable facilita la infiltración de agua en el suelo, disminuyendo así la probabilidad de inundaciones y deslizamientos de tierra. En consecuencia, salvaguarda la infraestructura y mejora la seguridad de las regiones urbanas (Zhang et al. 2024).

El concreto permeable puede ayudar a combatir los cambios suscitados por la contaminación, aliviar el calor urbano, fomentar principios de diseño sostenible y adaptarse a condiciones climáticas adversas (Niu et al., 2019).

2.2.6.4 Normas y estándares de prueba

Las normas y estándares de prueba aplicables al concreto son fundamentales para asegurar que este material cumpla con las expectativas de rendimiento y seguridad en proyectos de construcción. Estas normas son un conjunto de criterios técnicos establecidos que definen los procedimientos, métodos y equipos necesarios para evaluar de manera precisa y confiable las características del concreto en condiciones controladas. A través de estas regulaciones, se busca garantizar que el concreto utilizado en cualquier obra cumpla con las especificaciones deseadas en términos de resistencia, durabilidad, y desempeño bajo condiciones específicas. Dichos estándares están diseñados no solo para evaluar la calidad del concreto en su estado fresco y endurecido, sino también para ofrecer una base uniforme para la comparación entre diferentes mezclas y prácticas de prueba, asegurando la fiabilidad de los resultados (Zhang et al. 2024).

Los estándares de prueba son fundamentales para regular el proceso de producción y uso del concreto, ya que proporcionan un marco técnico para asegurar que el material cumpla con los requisitos de diseño y performance de cada proyecto de construcción. Estos estándares, establecidos por organismos de normalización

internacionalmente reconocidos como la ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), ACI (Instituto Americano de Concreto) o la ISO (Organización Internacional de Normalización), cubren una amplia gama de propiedades del concreto, desde la mezcla inicial hasta las pruebas finales. Entre las pruebas más comunes incluidas en estos estándares están la determinación de la resistencia a la compresión, que es una medida esencial para evaluar la capacidad de carga del concreto; el análisis de la permeabilidad, que permite determinar la capacidad del concreto para resistir la penetración de agua y otros líquidos; y la evaluación de la absorción de agua, que indica la porosidad del concreto y su susceptibilidad a la corrosión. Además, las pruebas de durabilidad, como las de resistencia a la abrasión o a ciclos de congelación y descongelación, son fundamentales para determinar la vida útil del concreto en condiciones climáticas extremas o agresivas.

Estas pruebas se realizan bajo condiciones estrictamente controladas para garantizar que los resultados sean representativos y reproducibles, asegurando que el concreto utilizado sea adecuado para su aplicación. La implementación de estos estándares no solo mejora la calidad del concreto, sino que también ayuda a prevenir posibles fallos estructurales y reduce los riesgos asociados con el uso de materiales defectuosos. En este sentido, las normas de prueba sirven como una herramienta de control de calidad esencial para cualquier proyecto de construcción, independientemente de su tamaño o complejidad. Además, el cumplimiento con estas normativas asegura que los proyectos se realicen de acuerdo con las regulaciones locales e internacionales, contribuyendo a la sostenibilidad y seguridad de las infraestructuras (Zhang et al. 2024).

El seguimiento riguroso de estas normativas también tiene un impacto significativo en la eficiencia de los procesos de construcción. Las pruebas de calidad ayudan a los ingenieros y constructores a tomar decisiones informadas sobre la mezcla y el uso del concreto, lo que reduce la posibilidad de errores en el diseño o en la ejecución de las obras. Esto se traduce en una mayor seguridad para los usuarios de las edificaciones y, al mismo tiempo, en un menor costo a largo plazo, al evitar reparaciones costosas o la necesidad de reponer materiales defectuosos. En última instancia, las normas y estándares de prueba

del concreto son una parte esencial del ciclo de vida de las construcciones, garantizando que el material utilizado cumpla con las condiciones necesarias para soportar las cargas estructurales y ambientales a lo largo del tiempo (Niu et al., 2019).

Además, la continua evolución de los estándares de prueba refleja el avance de la ciencia de materiales y la tecnología en el ámbito de la construcción. Los nuevos desarrollos en mezclas de concreto, como los concretos de alto rendimiento o los concretos ecológicos, han llevado a la creación de normas y pruebas especializadas que permiten evaluar propiedades adicionales, como la resistencia a los ataques químicos o el comportamiento frente a condiciones de alta temperatura. Esto demuestra la importancia de actualizar periódicamente estas normativas para adaptarse a las innovaciones tecnológicas y a los nuevos desafíos que surgen en el campo de la construcción. En resumen, las normas y estándares de prueba sobre los concretos no solo aseguran la calidad y durabilidad del material, sino que también proporcionan una base sólida para la innovación y mejora continua en la industria de la construcción (Flores, 2020).

2.3 Marco conceptual

- a. **Concreto Permeable.** - Esta propiedad se logra mediante el uso de agregados de mayor tamaño y la reducción de la cantidad de cemento, lo que genera un sistema de poros interconectados. Su aplicación es fundamental.
- b. **Fibra de Basalto.** - Es conocida por sus excelentes propiedades mecánicas, como alta resistencia a la tracción, compresión, y su gran resistencia al calor y agentes corrosivos. En la ingeniería civil, se utiliza como refuerzo en materiales como el concreto, mejorando sus características de durabilidad y resistencia.
- c. **Fibra de Poliacrilonitrilo (PAN).** - La fibra de poliacrilonitrilo (PAN) es un polímero sintético caracterizado por su alta resistencia mecánica y térmica. Su uso en la ingeniería civil se enfoca en mejorar la cohesión y resistencia de los materiales

compuestos, especialmente en el concreto, donde se integra para proporcionar mayor flexibilidad y durabilidad.

- d. **Concreto.** - Su aplicación es extensa en la construcción de infraestructuras debido a su capacidad para resistir cargas pesadas y su versatilidad en diferentes condiciones climáticas.
- e. **Material Compuesto.** - Un material compuesto se refiere a un material formado por la combinación de dos o más materiales que, al unirse, presentan propiedades superiores a las de los componentes individuales.
- f. **Módulo de Elasticidad.** - En el concreto, este valor determina su capacidad para resistir deformaciones bajo carga. Un concreto con un módulo de elasticidad más alto es más resistente a las deformaciones y proporciona mayor estabilidad estructural.
- g. **Porosidad.** - La porosidad se refiere al porcentaje de los vacíos en un material, como el concreto, que no están ocupados por partículas sólidas.
- h. **Propiedades Mecánicas del Concreto.** - El refuerzo con fibras puede mejorar estas propiedades, haciendo al concreto más resistente a las tensiones y deformaciones.
- i. **Resistencia a la Compresión.** - En el concreto, esta resistencia se evalúa a través de pruebas de compresión en muestras estándar, siendo fundamental para determinar su aplicabilidad en estructuras de gran carga.
- j. **Sostenibilidad en la Construcción.** - La incorporación de fibras recicladas o de origen natural en el concreto, como la fibra de basalto y de poliacrilonitrilo, busca promover la reducción del uso de materiales no renovables, mejorando la huella ecológica del sector de la construcción.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación es un conjunto de estrategias y procedimientos utilizados para llevar a cabo un estudio con el objetivo de obtener conocimiento nuevo o resolver un problema específico. Este enfoque abarca diversas técnicas y métodos que guían al investigador en el proceso de recopilación, análisis e interpretación de datos. La elección de la metodología depende del tipo de problema de investigación y del campo de estudio, ya sea cuantitativo, cualitativo o una combinación de ambos. A través de un diseño sistemático, la metodología asegura que los resultados obtenidos sean válidos, confiables y aplicables en contextos reales.

3.1 Enfoque de investigación

En el presente estudio el enfoque es **cuantitativo**, ya que se busca medir variables de manera objetiva y precisa, utilizando herramientas estadísticas para analizar datos numéricos. Este enfoque es adecuado cuando se pretende generalizar resultados sobre una población amplia a partir de una muestra representativa. El estudio lleva un enfoque cuantitativo porque se propone medir las propiedades del concreto permeable mediante pruebas numéricas de resistencia y durabilidad, lo que permite establecer correlaciones y patrones a partir de datos medibles y estadísticamente verificables.

En un enfoque cualitativo, se busca comprender fenómenos desde una perspectiva profunda y subjetiva, mientras que, en un enfoque cuantitativo, se intenta cuantificar variables y establecer relaciones entre ellas a través de mediciones precisas. El enfoque mixto combina ambos métodos para proporcionar una visión más completa de los fenómenos estudiados. (Arias et al. 2016)

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación **aplicada** se centra en la resolución de problemas prácticos mediante la implementación de soluciones concretas. A diferencia de la investigación básica, que busca expandir el conocimiento teórico, la investigación aplicada se orienta hacia el uso de dicho conocimiento en situaciones reales. Este estudio es de tipo aplicada porque tiene como objetivo evaluar el comportamiento del concreto permeable bajo condiciones específicas de la ciudad de Puno, buscando no solo entender sus propiedades, sino también mejorar la calidad de los materiales utilizados en la construcción local.

Existen investigaciones exploratorias, descriptivas, correlacionales y explicativas. Cada tipo se distingue por la profundidad con la que se aborda el problema de investigación y los objetivos que se buscan alcanzar. La investigación exploratoria busca indagar en un tema poco conocido, mientras que la descriptiva se enfoca en caracterizar un fenómeno. Las investigaciones correlacionales buscan identificar relaciones entre variables, y las explicativas tratan de determinar causas y efectos (Arias et al. 2016).

3.3 Nivel de investigación

El nivel **explicativo** busca entender las causas de los fenómenos investigados, es decir, intenta establecer relaciones causa-efecto entre variables. En este estudio, el nivel es explicativo porque se pretende no solo describir las propiedades del concreto permeable, sino también analizar cómo la inclusión de fibras de poliacrilonitrilo y basalto

afecta su resistencia y durabilidad, buscando así entender las razones detrás de las mejoras observadas en el material.

El nivel de investigación se refiere al grado de profundización que se le da al estudio del problema. Los niveles comunes incluyen exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo y experimental. Cada nivel tiene un propósito distinto, desde comprender un fenómeno de manera preliminar hasta (Arias et al. 2016).

3.4 Diseño de la investigación

La presente investigación lleva un diseño **cuasi experimental**, debido a que el investigador manipula una o más variables independientes para observar sus efectos sobre una o más variables dependientes. Este tipo de diseño es adecuado cuando se busca establecer relaciones causales entre variables. El estudio lleva un diseño experimental porque se manipulan las características del concreto (por ejemplo, la inclusión de fibras de poliacrilonitrilo y basalto) para evaluar sus efectos sobre la permeabilidad y resistencia del material en condiciones controladas.

El diseño puede ser experimental, no experimental, cuasi experimental, entre otros. Dependiendo del tipo de estudio, el diseño establece los procedimientos a seguir para recolectar información, establecer variables, y realizar análisis que ayuden a responder las preguntas de investigación (Alam, 2023).

3.5 Métodos de la investigación.

En el presente estudio el método **científico**, ya que es riguroso y sistemático para investigar fenómenos que involucra la observación, formulación de hipótesis, experimentación, recolección y análisis de datos, y la formulación de conclusiones. El estudio sigue el método científico porque se plantea una hipótesis sobre cómo la combinación de fibras de poliacrilonitrilo y basalto mejora las propiedades del concreto

permeable, y luego se somete a pruebas experimentales para verificar dicha hipótesis mediante métodos cuantitativos y análisis estadísticos.

El método elegido depende del tipo de enfoque y del propósito del estudio, y puede ser cualitativo, cuantitativo o mixto. Este método debe ser coherente con los objetivos del estudio y proporcionar resultados válidos y confiables. (Alam, 2023)

3.5 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

La población en una investigación hace referencia al conjunto completo de elementos o individuos que cumplen con ciertos criterios específicos y que son el foco del estudio. Este grupo representa a la totalidad de los casos o entidades que podrían ser observadas para obtener información relevante. Dependiendo del objetivo de la investigación, la población puede ser más amplia o estar restringida a ciertos parámetros, como características geográficas, demográficas o de comportamiento (Carrillo y Silva, 2016).

La población en este estudio está conformada por los concretos permeables producidos en la ciudad de Puno, además de los concretos permeables modificados con aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto.

3.6.2 Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población total, seleccionado con base en ciertos criterios de inclusión. El tamaño de la muestra debe ser suficiente para garantizar la validez y la precisión de los resultados. En un estudio, la muestra se selecciona de forma tal que permita hacer inferencias válidas sobre la población completa, manteniendo la representatividad y asegurando que los resultados puedan ser generalizados (Carrillo y Silva, 2016).

La muestra de este estudio está compuesta por un total de 120 especímenes de concreto permeable convencional y modificado, con 3 grupos experimentales, de concreto permeable convencional, concreto permeable con adición de fibras de poliacrilonitrilo en 0.30% y 0.60%, y fibra de basalto en 0.25% y 0.45%.

Tabla 2

Cantidad de especímenes de concretos permeables para resistencia

Descripción	Resistencia a la compresión			Cantidad de muestras
	Periodo de curado (días)			
	7	14	28	
Muestra patrón	5	5	5	15
M. P. + 0.30% FP	5	5	5	15
M. P. + 0.60% FP	5	5	5	15
M. P. + 0.25% FB	5	5	5	15
M. P. + 0.45% FB	5	5	5	15
Total	25	25	25	75 muestras

Nota. M.P. (Muestra Patrón), F.P. (fibra de poliacrilonitrilo), F.B. (fibra de basalto)

Tabla 3

Cantidad de especímenes de concretos permeables para permeabilidad

Descripción	Permeabilidad			Cantidad de muestras
	Periodo de curado (días)			
	7	14	28	
Muestra patrón	3	3	3	9
M. P. + 0.30% FP	3	3	3	9
M. P. + 0.60% FP	3	3	3	9
M. P. + 0.25% FB	3	3	3	9
M. P. + 0.45% FB	3	3	3	9
Total	15	15	15	45 muestras

Las tablas anteriores, presenta la distribución de las muestras de concreto destinadas a diferentes ensayos de acuerdo con el período de curado y la cantidad de muestras utilizadas para cada tipo de mezcla. Se incluyen diversas combinaciones de concreto con fibras de poliacrilonitrilo (FP) y fibra de basalto (FB), así como una muestra patrón de concreto sin fibra. Las muestras están clasificadas en diferentes períodos de curado (7, 14 y 28 días) y están destinadas a evaluar el coeficiente de permeabilidad del concreto. Cada categoría de mezcla (patrón, con FP y con FB) tiene una cantidad específica de muestras que varía según el período de curado, con un total de 75 muestras para todos los ensayos. De estas, 45 muestras están destinadas específicamente a evaluar el coeficiente de permeabilidad del concreto en los distintos tipos de mezcla.

3.7 Técnicas e instrumentos de investigación

3.7.1 Técnicas de recolección de datos

Las técnicas seleccionadas fueron adecuadas para el tipo de investigación y los objetivos específicos del estudio, permitiendo asegurar la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Una de las principales técnicas cuantitativas utilizadas fue la prueba experimental de laboratorio. En este proceso, se prepararon diferentes mezclas de concreto con las fibras mencionadas y se sometieron a ensayos para medir sus propiedades físicas y mecánicas, tales como la resistencia a la compresión, la permeabilidad y la durabilidad. Este enfoque experimental permitió recolectar datos numéricos de manera precisa, bajo condiciones controladas. Para ello, se prepararon 75 muestras de concreto con distintos tipos de fibras (fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto), las cuales se curaron durante 7, 14 y 28 días. Cada conjunto de muestras fue sometido a los ensayos correspondientes para medir el coeficiente de permeabilidad, con un total de 45 muestras dedicadas exclusivamente a este ensayo.

Además de las pruebas experimentales, se utilizó una observación directa durante los ensayos de laboratorio. Aunque esta técnica no involucró la intervención directa en los procesos, permitió a los investigadores realizar un seguimiento detallado de las condiciones en las que se llevaban a cabo los experimentos, garantizando que todas las muestras se prepararan según las especificaciones requeridas. Este enfoque de observación permitió asegurar la consistencia en el procedimiento experimental y detectar posibles inconsistencias en la preparación de las muestras.

La revisión documental también fue parte de las técnicas de recolección de datos empleadas. Se consultaron estudios previos sobre el uso de fibras en el concreto, así como investigaciones previas relacionadas con las propiedades de los concretos permeables. Esta técnica permitió contextualizar los resultados obtenidos y comparar los hallazgos del estudio con los de investigaciones anteriores, lo que contribuyó a validar la pertinencia de los métodos utilizados y a establecer las bases teóricas del estudio.

En resumen, el uso combinado de pruebas experimentales de laboratorio, observación directa y revisión documental permitió una recolección exhaustiva y válida de datos, asegurando que los resultados obtenidos fueran representativos y confiables para responder a los objetivos planteados en el estudio.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Los instrumentos utilizados fueron seleccionados de acuerdo con los objetivos del estudio y las condiciones disponibles en el laboratorio, permitiendo obtener resultados representativos a través de un proceso sistemático.

1. Prensa de Ensayo para Resistencia a la Compresión

Una de las principales herramientas empleadas en el estudio fue la prensa de ensayo para resistencia a la compresión, que se utilizó para evaluar la capacidad del concreto de soportar cargas de compresión. Las 75 muestras de concreto fueron preparadas según las especificaciones del diseño experimental, utilizando distintas combinaciones de fibras y períodos de curado de 7, 14 y 28 días. Una vez que las muestras

fueron curadas, se colocaron en la prensa de ensayo, donde se aplicó presión progresiva hasta que las muestras fallaron, es decir, se rompieron o deformaron bajo la carga. El instrumento registró la carga máxima soportada por cada muestra antes de la fractura, proporcionando datos cuantitativos sobre la resistencia a la compresión de cada mezcla de concreto.

2. Método Tradicional de Medición de Permeabilidad

Dado que no se disponía de equipos avanzados para medir la permeabilidad, se utilizó el método tradicional de permeabilidad para evaluar la capacidad del concreto para permitir el paso del agua a través de él. Este proceso consistió en preparar las muestras de concreto y someterlas a un ensayo de permeabilidad mediante un dispositivo convencional, utilizando un cilindro de permeabilidad y una columna de agua. Se colocaron las muestras dentro del cilindro y, mediante un flujo de agua controlado, se midió el tiempo que tardaba el agua en pasar a través de las muestras. Con base en la cantidad de agua que permeó el concreto en un tiempo determinado, se pudo calcular el coeficiente de permeabilidad de cada muestra. Este método, aunque más manual y tradicional, permitió obtener resultados confiables sobre la capacidad de filtración del concreto bajo las condiciones de laboratorio.

3. Reglas y Calibradores para Medición de Dimensiones

Para asegurar que todas las muestras de concreto tuvieran las dimensiones correctas y fueran consistentes en cuanto a tamaño y forma, se utilizaron reglas y calibradores de precisión. Antes de realizar las pruebas de compresión y permeabilidad, se midieron las dimensiones de las muestras (como el diámetro y la altura de los cilindros de concreto) utilizando herramientas de medición convencionales. Las mediciones fueron fundamentales para asegurar que todas las muestras cumplieran con las especificaciones del diseño experimental, lo cual es crucial para obtener resultados precisos y consistentes en los ensayos de resistencia y permeabilidad. Las mediciones se registraron cuidadosamente en una hoja de datos, y cualquier muestra que no cumpliera con las dimensiones establecidas fue descartada.

4. Software de Análisis de Datos Estándar (Excel y Programas Estadísticos)

Para el análisis y procesamiento de los datos obtenidos de los ensayos, se emplearon herramientas de software como Microsoft Excel y programas estadísticos. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión y permeabilidad, así como las mediciones de las dimensiones de las muestras, fueron ingresados en hojas de cálculo de Excel para su organización y análisis. En Excel se realizaron cálculos como promedios, desviaciones estándar y análisis preliminares de los datos. Posteriormente, se utilizaron programas estadísticos para realizar análisis más complejos, como la comparación de medias entre los diferentes tipos de mezcla de concreto y la determinación de las correlaciones entre las propiedades evaluadas. Estos programas permitieron interpretar los resultados y verificar las hipótesis planteadas en el estudio.

5. Bitácora de Laboratorio

Además de los instrumentos de medición directa, se utilizó una bitácora de laboratorio para registrar de manera detallada todas las actividades realizadas durante el proceso experimental. En la bitácora se anotaron las fechas de preparación de las muestras, las condiciones de curado, los resultados preliminares de las pruebas, las mediciones de dimensiones y cualquier otro detalle relevante relacionado con el ensayo. Esta herramienta permitió llevar un control minucioso de las muestras y el proceso experimental, lo que facilitó el seguimiento y la validación de los resultados obtenidos en cada etapa del estudio.

6. Cámara Fotográfica para Documentación Visual

La cámara fotográfica fue utilizada para documentar visualmente las muestras de concreto en diferentes etapas del proceso experimental. Las fotografías fueron tomadas antes y después de las pruebas de compresión y permeabilidad para capturar el estado de las muestras y cualquier posible deformación o fractura resultante de los ensayos. Esta documentación visual fue útil no solo para el análisis cualitativo de las muestras, sino también para verificar la coherencia de los resultados obtenidos a lo largo de los experimentos. Además, las imágenes fueron utilizadas para complementar los informes

finales del estudio y proporcionar una representación visual clara de los efectos observados en las muestras.

En resumen, los instrumentos de recolección de datos utilizados en este estudio fueron seleccionados en función de las necesidades del proyecto y las herramientas disponibles en el laboratorio. A pesar de las limitaciones en los equipos, como el uso del método tradicional para la medición de permeabilidad, el proceso de recolección de datos fue exhaustivo y riguroso, garantizando que los resultados obtenidos fueran fiables y representativos. La combinación de métodos convencionales y tecnología adecuada permitió realizar una investigación detallada y obtener resultados válidos para evaluar las propiedades del concreto permeable con fibras.

3.8 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.8.1 *Procedimiento del desarrollo de plan de investigación*

3.8.1.1. Búsqueda de información.

La búsqueda de información es un proceso clave en cualquier investigación científica, ya que permite obtener datos previos que respaldan y contextualizan el estudio. En este caso, la búsqueda de información para el estudio sobre las propiedades del concreto permeable con fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto se llevó a cabo mediante una serie de pasos estructurados que incluyeron la recopilación de información teórica, la revisión de estudios previos y la consulta de fuentes especializadas en materiales de construcción, propiedades del concreto y métodos de ensayo.

3.8.1.2. Consulta de Fuentes Académicas y Científicas

El primer paso en la búsqueda de información consistió en la consulta de bases de datos académicas y científicas. Se utilizaron plataformas en línea como Google Scholar, Scopus, y ResearchGate, donde se accedió a artículos, tesis y publicaciones especializadas que abordaban el uso de fibras en el concreto, así como los métodos tradicionales de medición de permeabilidad y resistencia. En estos recursos se buscaron

estudios previos sobre las propiedades del concreto permeable, con énfasis en las fibras de poliacrilonitrilo y basalto, los cuales son menos comunes en la literatura, pero de gran interés para este estudio. Se identificaron varios trabajos de investigación que detallaban cómo las fibras mejoran la resistencia y la durabilidad del concreto, además de contribuir a sus propiedades de permeabilidad.

3.8.1.3. Revisión de Normativas y Manuales Técnicos

Adicionalmente, se revisaron manuales técnicos y normativas relacionadas con el concreto, particularmente aquellos que describen los procedimientos de ensayo para medir la resistencia a la compresión y la permeabilidad. Se accedió a guías como la ASTM C231 y el manual de pruebas de concreto del American Concrete Institute (ACI). Estas normativas proporcionaron una base sólida para la estandarización de los métodos experimentales empleados en el estudio. También se consultaron publicaciones de instituciones académicas y organismos internacionales sobre el uso de fibras para mejorar las características del concreto, particularmente en zonas urbanas donde se busca mejorar la permeabilidad para la gestión de aguas pluviales.

3.8.1.4. Visitas a Bibliotecas Especializadas

La búsqueda de información también incluyó visitas a bibliotecas especializadas en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, donde se accedió a libros, tesis de maestría y doctorado, y revistas especializadas en ingeniería civil y materiales de construcción. En estas fuentes, se profundizó en los detalles técnicos sobre los diferentes tipos de fibra utilizados en la mejora de las propiedades del concreto, y se investigó sobre las características de los concretos permeables. La biblioteca proporcionó acceso a bases de datos físicas y archivos impresos que no se encuentran fácilmente en plataformas en línea, ofreciendo información clave sobre estudios previos realizados en el área de investigación.

3.8.1.5. Consulta de Revistas Científicas y Conferencias Especializadas

Además de las bases de datos académicas, se consultaron revistas científicas especializadas en materiales de construcción y tecnología del concreto, como la Revista

de Ingeniería Civil y el Journal of Materials in Civil Engineering. Estas publicaciones ofrecieron investigaciones recientes sobre el uso de materiales innovadores como las fibras en la industria de la construcción. Se buscaron específicamente artículos que describieran las pruebas de permeabilidad y resistencia en concreto con fibras, y cómo estos materiales pueden afectar las propiedades físicas del concreto permeable en entornos urbanos. A su vez, se revisaron actas de conferencias especializadas que reunían los últimos avances en tecnología del concreto, lo que permitió conocer enfoques contemporáneos y tendencias en la mejora de las propiedades del concreto.

3.8.1.6. Entrevistas y Consultas a Expertos Locales

La búsqueda de información también incluyó entrevistas y consultas informales con expertos locales en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, así como con profesionales del sector de la construcción en la ciudad de Puno. Estas entrevistas proporcionaron conocimientos prácticos sobre las aplicaciones locales de concreto permeable, especialmente en áreas con problemas de inundación debido a la alta permeabilidad de las lluvias. Se discutieron con ellos las características específicas de los materiales disponibles en la región y los métodos utilizados para realizar pruebas de resistencia y permeabilidad en concreto, lo que permitió ajustar los procedimientos del estudio a las condiciones locales.

3.8.1.7. Investigación de Materiales Locales y Disponibilidad de Fibras

Finalmente, se realizó una investigación sobre la disponibilidad local de materiales, específicamente las fibras de poliacrilonitrilo y basalto. Esta búsqueda incluyó la consulta con proveedores locales de materiales de construcción y distribuidores especializados en fibras para concreto. A través de entrevistas y visitas a las empresas, se identificó la disponibilidad de estos materiales en la región, lo que permitió realizar un estudio más ajustado a las condiciones del mercado local y los costos de producción. Esta investigación contribuyó a entender la viabilidad de la implementación de fibras en la fabricación de concreto permeable en la ciudad de Puno.

3.8.2 Materiales empleados para la investigación

3.8.2.1. Fibra de poliacrilonitrilo

El poliacrilonitrilo (PAN) es un polímero sintético conocido por sus propiedades fuertes, estables y duraderas. Se emplea en diversos sectores industriales, incluida la fabricación de fibras sintéticas como la fibra de carbono y la fibra de poliacrilonitrilo (PAN), así como en la producción de resinas y adhesivos.

La fibra de poliacrilonitrilo (PAN) es un material sintético altamente resistente, utilizado en diversas aplicaciones, incluido el refuerzo de materiales como el concreto. En el marco de este estudio, la fibra de poliacrilonitrilo se utilizó como un aditivo para mejorar las propiedades del concreto permeable. La adquisición de este material se realizó a través de un proceso detallado que incluyó la búsqueda de proveedores, la determinación de las cantidades necesarias y la logística para su transporte a las instalaciones del laboratorio.

La fibra de poliacrilonitrilo fue obtenida de un proveedor especializado en materiales compuestos y polímeros que opera en la ciudad de Puno y áreas cercanas. Se contactó con un distribuidor que trabaja directamente con fábricas nacionales que producen esta fibra, la cual es comúnmente utilizada en la fabricación de textiles técnicos y en aplicaciones industriales. Se decidió adquirir el material en su forma comercial, es decir, en forma de hilos o fibras secas, debido a que este formato es adecuado para su incorporación en la mezcla de concreto. La cantidad aproximada de fibra adquirida fue de 10 kilogramos, lo cual fue suficiente para realizar una serie de pruebas experimentales con varias mezclas de concreto. Esta cantidad fue determinada en función del número de muestras que se iban a preparar y las especificaciones de cada mezcla experimental.

Una vez adquirida la fibra de poliacrilonitrilo, el material fue entregado directamente en el almacén del proveedor, un centro logístico en Puno que se especializa en el acopio y distribución de materiales de construcción y polímeros industriales. En este centro, la fibra fue almacenada en condiciones adecuadas, lejos de la humedad y la luz directa, para mantener sus propiedades intactas. El proveedor también realizó una verificación de calidad del material, asegurando que la fibra cumpliera con las especificaciones requeridas

para su uso en el concreto. Se verificaron características como el grosor de las fibras y la longitud, aspectos clave para asegurar una distribución uniforme en la mezcla de concreto.

El transporte de la fibra de poliacrilonitrilo desde el almacén del proveedor hasta las instalaciones del laboratorio de suelos de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez se llevó a cabo utilizando camiones de carga ligera. Dado que la cantidad adquirida no era excesivamente grande, el material fue transportado en bolsas selladas para evitar cualquier tipo de daño o contaminación. El proceso de transporte fue supervisado para garantizar que la fibra llegara en óptimas condiciones. La logística fue sencilla, ya que el proveedor se encontraba ubicado a una distancia corta del laboratorio, lo que facilitó el traslado rápido y eficiente. La fibra de poliacrilonitrilo fue descargada en un área designada dentro del laboratorio, donde fue acondicionada para su posterior uso en las mezclas experimentales de concreto.

Figura 1

Fibra de poliacrilonitrilo



Nota. *Fibra de Ingeniería para Materiales de Construcción de Asfalto*

Al llegar al laboratorio, la fibra de poliacrilonitrilo fue almacenada en recipientes herméticos para protegerla de factores ambientales que pudieran afectar su calidad, como la humedad o la acumulación de polvo. Se preparó el material para su incorporación en las mezclas de concreto, donde fue dosificada en la cantidad específica para cada mezcla

experimental. La fibra fue medida cuidadosamente utilizando una balanza digital de alta precisión para asegurar que cada muestra de concreto tuviera la cantidad adecuada de fibra, con el fin de evaluar su impacto en las propiedades del concreto permeable.

3.8.2.2. Fibra de basalto

La fibra de basalto es una sustancia inorgánica producida al fundir roca de basalto y darle forma en hebras delgadas mediante extrusión. Comparte características similares con la fibra de vidrio, pero demuestra una mayor resistencia al calor y la corrosión. Se emplea en diversas industrias, incluido el refuerzo de materiales compuestos, el suministro de aislamiento térmico y acústico y los sectores de la construcción y la ingeniería civil.

La fibra de basalto utilizada en este estudio fue obtenida de manera convencional en la cantera San Juan, ubicada en las cercanías de la ciudad de Arequipa. En este lugar, la roca basáltica es extraída de manera manual y procesada localmente para su uso en diversas aplicaciones. La extracción del basalto comenzó con la remoción de grandes bloques de roca, que luego fueron transportados a una planta de procesamiento cercana. Allí, el basalto fue triturado y fundido a altas temperaturas en un horno especializado para convertirlo en fibra continua, un proceso que permite obtener el material en una forma adecuada para ser incorporado en el concreto. Se adquirieron 2 sacos de fibra de basalto, suficiente para llevar a cabo los ensayos de permeabilidad y resistencia en las muestras de concreto.

Una vez procesada, la fibra fue almacenada en sacos sellados en el almacén de la cantera, donde se mantuvo protegida de la humedad y otros factores ambientales que podrían afectar su calidad. El material fue transportado desde la cantera hasta las instalaciones del Laboratorio de Suelos de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez en camiones de carga mediana, utilizando un sistema de embalaje adecuado para evitar cualquier tipo de daño o contaminación durante el trayecto. La logística de transporte fue rápida, ya que la distancia entre la cantera y el laboratorio es relativamente

corta, lo que facilitó que la fibra llegara en perfectas condiciones para ser utilizada en las pruebas experimentales.

Una vez en el laboratorio, la fibra de basalto fue almacenada en un área seca y controlada hasta su uso. Para su incorporación en las mezclas de concreto, se procedió a medir con precisión la cantidad necesaria utilizando una balanza digital. La fibra fue distribuida uniformemente en cada muestra, siguiendo los parámetros establecidos en el diseño experimental. De esta manera, se aseguró que las propiedades del concreto fueran evaluadas de manera precisa, y que la fibra de basalto se integrara correctamente en las pruebas para analizar su efecto en la permeabilidad y resistencia del material.

Figura 2

Fibra de basalto



Nota. TIANMA

3.8.3 Etapa de campo

La etapa de campo fue una fase esencial en la realización del estudio, ya que consistió en la recopilación de muestras, el transporte de materiales y la implementación de los procedimientos experimentales en condiciones controladas, pero reales. Durante esta etapa, se realizaron diversas actividades relacionadas con la preparación de las muestras de concreto permeable, la incorporación de las fibras de poliacrilonitrilo y basalto,



y la preparación para los ensayos de resistencia y permeabilidad que se llevarían a cabo en el laboratorio.

En primer lugar, se llevó a cabo la recopilación de los materiales en el sitio de preparación, ubicado dentro del Laboratorio de Suelos de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. En esta etapa, se transportaron los agregados, cemento, agua y fibras (tanto de poliacrilonitrilo como de basalto) al área donde se prepararían las mezclas de concreto. Las fibras fueron medidas con precisión según las proporciones previamente establecidas en el diseño experimental. Para asegurar que las mezclas fueran homogéneas y consistentes, se utilizó una mezcladora de concreto que permitió integrar adecuadamente todos los materiales. En esta fase, se realizaron las mezclas de acuerdo con las diferentes configuraciones para cada muestra, utilizando las cantidades necesarias de fibra para evaluar su impacto en las propiedades del concreto permeable.

Una vez que las mezclas de concreto fueron preparadas, se procedió a llenar los moldes de las muestras que luego serían sometidas a los ensayos. Las muestras fueron moldeadas en cilindros de concreto de tamaño estándar y se etiquetaron adecuadamente para llevar un control riguroso de las pruebas. En esta etapa, se tomó especial cuidado en asegurar que las muestras fueran lo más homogéneas posible, garantizando que la distribución de las fibras dentro de la mezcla fuera uniforme. Posteriormente, las muestras fueron curadas en condiciones controladas para asegurar que el concreto alcanzara su resistencia óptima antes de ser sometido a las pruebas. El proceso de curado se llevó a cabo en un área protegida del laboratorio, con condiciones de temperatura y humedad constante, según los parámetros establecidos por las normativas internacionales para el concreto.

Una vez que las muestras de concreto estuvieron completamente curadas, se trasladaron a la siguiente fase del estudio: los ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad.

En resumen, la etapa de campo consistió en la recopilación y preparación de las muestras de concreto, la correcta incorporación de las fibras, y la curación y preparación

de las mismas para los ensayos experimentales. Durante este proceso, se prestó especial atención a los detalles y condiciones del ambiente de trabajo, asegurando que todos los procedimientos se llevaran a cabo de acuerdo con los estándares establecidos para garantizar la precisión y validez de los resultados obtenidos en el laboratorio.

3.8.4 Etapa de laboratorio

La etapa de laboratorio fue un proceso clave en la investigación, donde se realizaron varios ensayos esenciales para evaluar las propiedades del concreto permeable con fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto. Cada uno de estos ensayos fue realizado siguiendo normas establecidas y con procedimientos detallados, lo que permitió obtener los resultados necesarios para comprender cómo la inclusión de fibras influye en las propiedades del concreto.

i. Ensayo de Nivel de humedad

Específicamente en los agregados, que puede influir en la consistencia y la calidad final del concreto. Para ello, se tomó una muestra representativa de los agregados y se pesó antes y después de ser secada en un horno a 105°C durante un período de 24 horas.

ii. Ensayo de Límites de Consistencia

El ensayo de límites de consistencia se utilizó para determinar la trabajabilidad del concreto, lo que es fundamental para saber si la mezcla se puede manejar de manera adecuada durante el vertido y asentado. Se utilizó el ensayo de cono de Abrams, donde el concreto fue colocado en un cono truncado de 30 cm de altura. Luego, el cono fue retirado y se midió el asentamiento del concreto, que es la diferencia entre la altura del cono antes y después de retirarlo. Este valor proporcionó una medida de la fluidez de la mezcla y ayudó a asegurar que el concreto tuviera una trabajabilidad adecuada, ni demasiado seco ni demasiado fluido, lo cual es crucial para lograr una mezcla homogénea y evitar problemas durante el vertido.

iii. Ensayo de Análisis Granulométrico

El ensayo de análisis granulométrico consistió en clasificar los agregados según su tamaño de partícula, lo que afecta la densidad, la cohesión y la durabilidad del concreto.

iv. Diseño de Mezclas

El diseño de mezclas fue realizado para determinar las proporciones de los materiales que conforman el concreto, asegurando que la mezcla tuviera la resistencia y permeabilidad deseadas. Se utilizó un método de dosificación por volumen, donde se calcularon las proporciones adecuadas de cemento, agua, agregados y fibras (poliacrilonitrilo y basalto). Se realizaron varias mezclas con diferentes combinaciones de fibras, lo que permitió evaluar su impacto en las propiedades mecánicas y la permeabilidad del concreto. El diseño de las mezclas fue fundamental para ajustar las proporciones de cada material, garantizando que las muestras de concreto fueran consistentes y tuvieran la resistencia y la trabajabilidad adecuadas para los ensayos.

v. Ensayo de Asentamiento

El ensayo de asentamiento se realizó para medir la fluidez del concreto y su capacidad para ser manejado sin segregarse. Este ensayo también se realizó utilizando el concreto de cono de Abrams, donde el concreto fue colocado en un molde cónico. Tras retirar el molde, se midió el asentamiento del concreto, que es la diferencia entre la altura original del cono y la altura final del concreto después de ser retirado. Este ensayo proporcionó un indicador de la consistencia y la manejabilidad del concreto, ayudando a determinar si la mezcla tenía la trabajabilidad suficiente para ser vertida y manipulada sin perder sus propiedades.

vi. Ensayo de Resistencia a la Compresión

Este ensayo se llevó a cabo utilizando cilindros de concreto que fueron curados durante 7, 14 y 28 días. Las muestras fueron colocadas en una prensa de compresión,

donde se aplicó una carga progresiva hasta que el concreto se rompió. La resistencia a la compresión se calculó dividiendo la carga máxima soportada por la sección transversal de la muestra. Los resultados se expresaron en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), lo que permitió evaluar la resistencia del concreto a medida que las fibras de poliacrilonitrilo y basalto eran incorporadas en las mezclas. Este ensayo es crucial para determinar si el concreto tiene la resistencia necesaria para aplicaciones estructurales.

3.8.5 *Etapas de gabinete*

Esta etapa permite interpretar los resultados experimentales y, con base en ellos, generar conclusiones que puedan contribuir al avance del conocimiento en la materia investigada.

Cada conjunto de datos fue cuidadosamente etiquetado según el tipo de mezcla, las condiciones de curado (7, 14 y 28 días), y las cantidades de fibras utilizadas (fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto). La organización de estos datos permitió estructurarlos de manera adecuada para su posterior análisis y comparación.

En este archivo, se incluyeron columnas para las diferentes variables analizadas, como la resistencia a la compresión (kg/cm^2), el coeficiente de permeabilidad, el asentamiento (en centímetros) y las mediciones de los agregados. Esta organización facilitó el trabajo posterior de análisis, permitiendo que los datos fueran accesibles y ordenados por tipo de ensayo y mezcla.

Una vez organizados los datos, se procedió con el análisis estadístico para interpretar los resultados obtenidos y determinar la relación entre las diferentes variables. Para este propósito, se utilizaron herramientas estadísticas como Microsoft Excel y programas de análisis como SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Se realizaron cálculos de promedios, desviaciones estándar y rangos de variabilidad para evaluar la consistencia de los resultados obtenidos en las pruebas repetidas. Este análisis fue fundamental para garantizar que las muestras y los resultados fueran representativos

y no estuvieran sesgados por posibles errores de medición o variabilidad en los procesos experimentales.

Además, se utilizaron técnicas de regresión estadística para explorar las relaciones entre las variables independientes (como las cantidades de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto) y las propiedades del concreto (como la resistencia y la permeabilidad). A través de estos análisis, se identificaron tendencias y patrones que permitieron determinar el efecto de la inclusión de fibras en las propiedades mecánicas y de permeabilidad del concreto. El análisis estadístico también permitió determinar si las diferencias observadas entre las distintas mezclas de concreto eran estadísticamente significativas, lo que facilitó la toma de decisiones sobre la viabilidad del uso de las fibras en concreto permeable.

La interpretación de los resultados fue una parte crítica de la etapa de gabinete, ya que permitió establecer las conclusiones del estudio y comparar los efectos de las fibras de poliacrilonitrilo y basalto sobre el concreto permeable.

Asimismo, se analizó el coeficiente de permeabilidad del concreto con fibras, comparando los resultados obtenidos con los estándares internacionales para concreto permeable. Esto permitió determinar si la inclusión de fibras en la mezcla ayudaba a mejorar las propiedades de filtración del concreto, lo cual es fundamental para aplicaciones como pavimentos permeables y sistemas de drenaje urbano. La comparación de los resultados de los diferentes ensayos permitió identificar las proporciones óptimas de fibra que proporcionaban una mejora significativa en las propiedades del concreto, tanto en términos de resistencia como de permeabilidad.

Se observó que las mezclas con fibra de basalto tuvieron un impacto positivo en la resistencia a la compresión, mientras que las mezclas con fibra de poliacrilonitrilo presentaron mejoras en la trabajabilidad y la permeabilidad del concreto. Estos resultados fueron comparados con estudios previos encontrados en la búsqueda de información, lo que permitió validar los hallazgos del estudio y contribuir al cuerpo de conocimiento sobre el uso de fibras en concreto permeable.

Una parte importante de la etapa de gabinete fue la presentación visual de los resultados, lo que se realizó mediante la elaboración de gráficos y tablas que facilitaran la interpretación y comprensión de los datos. Se generaron gráficos de barras, gráficos de dispersión y tablas comparativas que permitieron visualizar de manera clara la relación entre las diferentes variables, como la cantidad de fibra y la resistencia a la compresión, el asentamiento o el coeficiente de permeabilidad. Estos gráficos no solo ayudaron a interpretar los resultados de manera más eficiente, sino que también facilitaron la comunicación de los hallazgos a otros investigadores y profesionales del sector.

Los gráficos y tablas fueron utilizados para identificar patrones en los datos, como la mejora de la resistencia a medida que se aumentaba la cantidad de fibra de basalto o la relación inversa entre asentamiento y trabajabilidad del concreto con diferentes proporciones de fibra. Este análisis visual fue crucial para destacar los efectos más significativos y las conclusiones clave del estudio, proporcionando una representación clara de los resultados experimentales.

Finalmente, con todos los datos organizados y analizados, se elaboraron las conclusiones del estudio, que fueron basadas en los resultados obtenidos de los ensayos y en los análisis estadísticos realizados. Las conclusiones abordaron la efectividad de las fibras de poliacrilonitrilo y basalto en mejorar las propiedades del concreto permeable, destacando las proporciones óptimas de fibra para obtener las mejores características de resistencia y permeabilidad. Además, se hicieron recomendaciones para futuras investigaciones, sugiriendo posibles mejoras en el proceso de mezcla o el uso de otros tipos de fibras, y se discutieron las implicaciones prácticas de los hallazgos para la construcción de pavimentos permeables y otros usos del concreto.

La etapa de gabinete fue fundamental para interpretar los resultados de los ensayos de laboratorio y analizar los efectos de las fibras de poliacrilonitrilo y basalto en el concreto permeable. A través del análisis estadístico, la interpretación de los datos y la creación de gráficos y tablas, se pudo validar la hipótesis del estudio y determinar las mejores proporciones de fibra para optimizar las propiedades del concreto. Esta fase permitió que



los datos experimentales fueran evaluados de manera rigurosa y que las conclusiones fueran sustentadas por un análisis detallado.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y discusión son una sección clave en cualquier estudio experimental, ya que permiten interpretar los datos obtenidos y compararlos con las hipótesis planteadas, así como con estudios previos en la literatura. mientras que la fibra de poliacrilonitrilo mostró mejoras significativas en la trabajabilidad y la permeabilidad del material, lo que es crucial para aplicaciones de pavimentos permeables y sistemas de drenaje urbano.

4.1 Resultados obtenidos de los ensayos

En este capítulo se procederá a presentar los resultados de recabados a lo largo del estudio como pueden ser los agregados gruesos y finos que son procedentes de la cantera de Isla, los materiales y como también las distintas muestras fueron sometidas a distintas pruebas para poder evaluar con exactitud su desempeño y sus distintas propiedades, para que pueda alcanzar un diseño.

a. Análisis granulométrico

Figura 3

Distribución de tamaños del agregado grueso

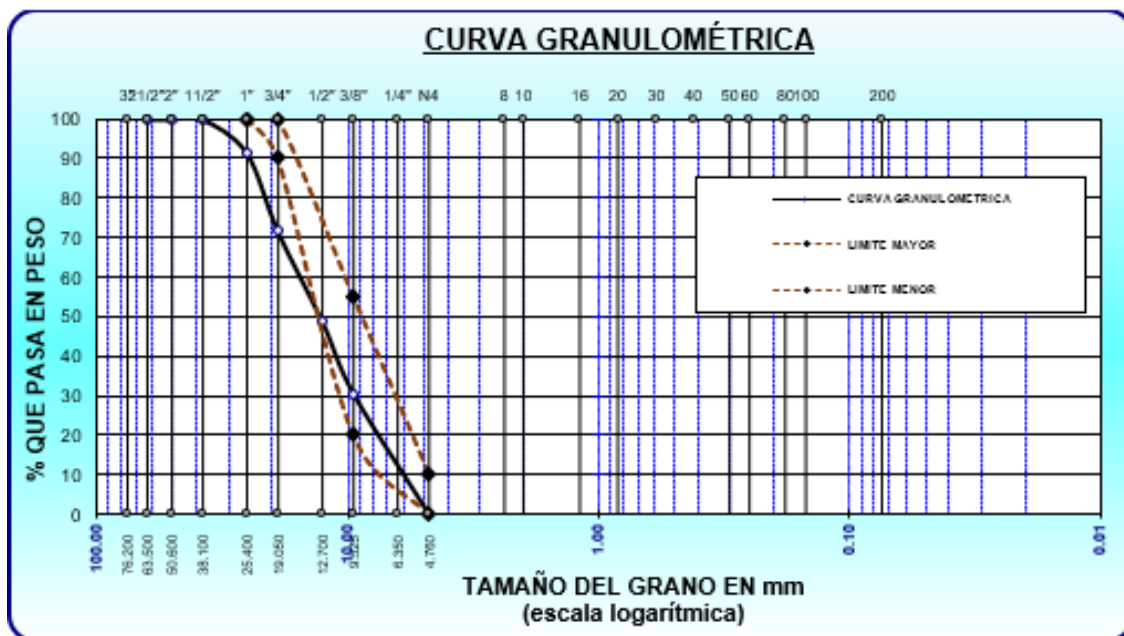
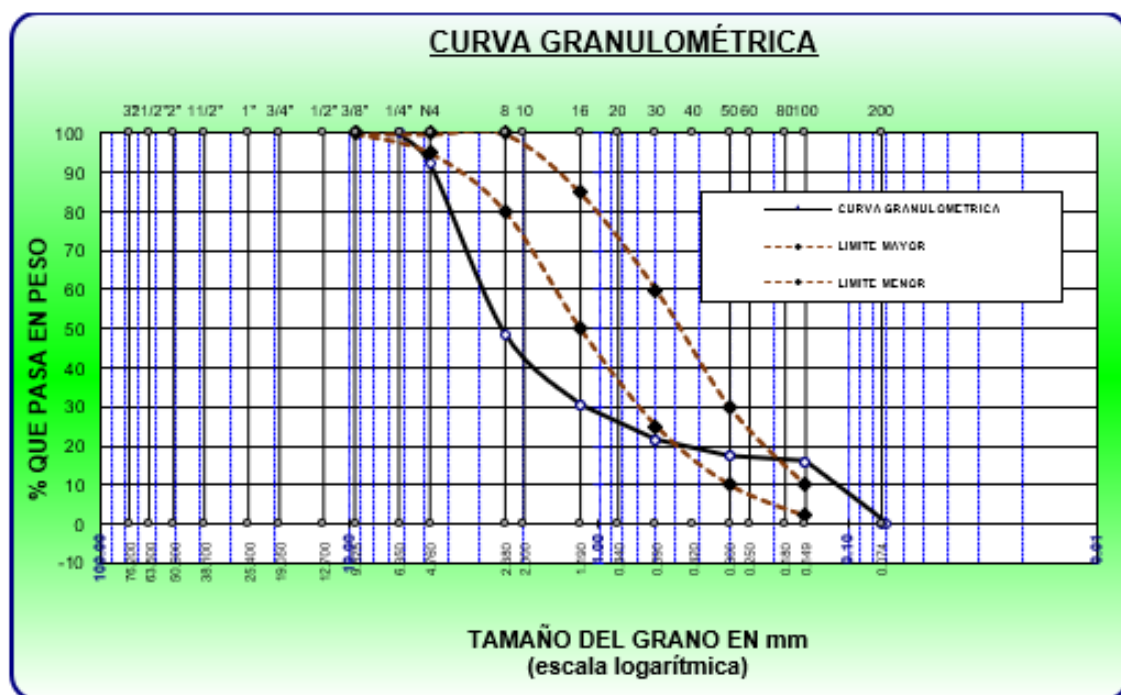


Figura 4

Distribución de partículas del agregado fino



b. Caracterización física de los agregados**Tabla 4***Caracterización de los agregados de la cantera Alto Puno*

Caracterización física de los agregados		
Propiedad	Ag. Grueso	Ag. Fino
Humedad (%)	2.53	5.26
Peso específico (gr/cm ³)	2.54	2.65
Absorción (%)	3.23	2.60
Peso unitario suelto (gr/cc)	1572	1646
Peso unitario varillado (gr/cc)	1668	1755
Módulo de Fineza	-	2.75

En la tabla anterior se muestra los resultados de la caracterización de los agregados provenientes de la cantera Alto Puno de la ciudad de Puno.

c. Diseño de mezcla $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ **i. Determinación factor cemento**

$$\text{Contenido de cemento} = 300.0 \text{ kg/m}^3$$

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

$$P_{AG} = 899 \text{ kg/m}^3$$

iii. Dosificación de materiales**Tabla 5***Diseño de mezclas del concreto para concreto permeable de 175 kg/cm²*

Agregado	Dosificación	Proporción Volumen	Dosificación
	Peso Seco (Kg/m ³)		Peso Húmedo (Kg/m ³)
Cemento	300.0	1.00	300.0
Agua	96.0	0.32	1.30
Ag. Grueso	899.0	3.00	3.47
Ag. Fino	51.0	0.17	92.80
Aire	22.0 %	-	22.0 %

Tabla 6*Cantidad requerida de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto*

Cantidad de fibras para 1 m3 de concreto permeable				
Agregado	0.3% FP	0.6% FP	0.25% FB	0.45% FB
Cemento	300.0	300.0	300.0	300.0
Agua	96.0	96.0	96.0	96.0
Ag. Grueso	899.0	899.0	899.0	899.0
Ag. Fino	51.0	51.0	51.0	51.0
Peso (kg)	0.90	1.80	0.75	1.35

La tabla muestra el detalle de la dosificación de aditivos en la mezcla de concreto, especificando las cantidades de los materiales utilizados por metro cúbico (kg/m^3), para la fibra de poliacrilonitrilo en dosificaciones de 0.3% y 0.6%, se requiere un total de 2.70 kg, y fibra de basalto en dosificaciones de 0.25% y 0.45%, se requiere un total de 2.10 kg.

4.1.1 Efecto de la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable

La influencia de las fibras de poliacrilonitrilo y basalto sobre la trabajabilidad hace referencia al impacto que tienen estos materiales cuando se incorporan en mezclas de concreto o mortero, específicamente en relación con su capacidad para reducir el asentamiento o la deformación del material fresco. Las fibras de poliacrilonitrilo, conocidas por sus propiedades de resistencia y durabilidad, mejoran la cohesión interna de la mezcla, lo que puede conducir a un asentamiento más controlado durante el proceso de fraguado.

Por otro lado, las fibras de basalto, derivadas de una roca volcánica, también tienen un efecto significativo en el comportamiento del asentamiento. En las mezclas de concreto, las fibras de basalto contribuyen a reducir el asentamiento debido a su rigidez y resistencia a la deformación, lo que a su vez mejora la resistencia y durabilidad del concreto a largo plazo.

Tabla 7

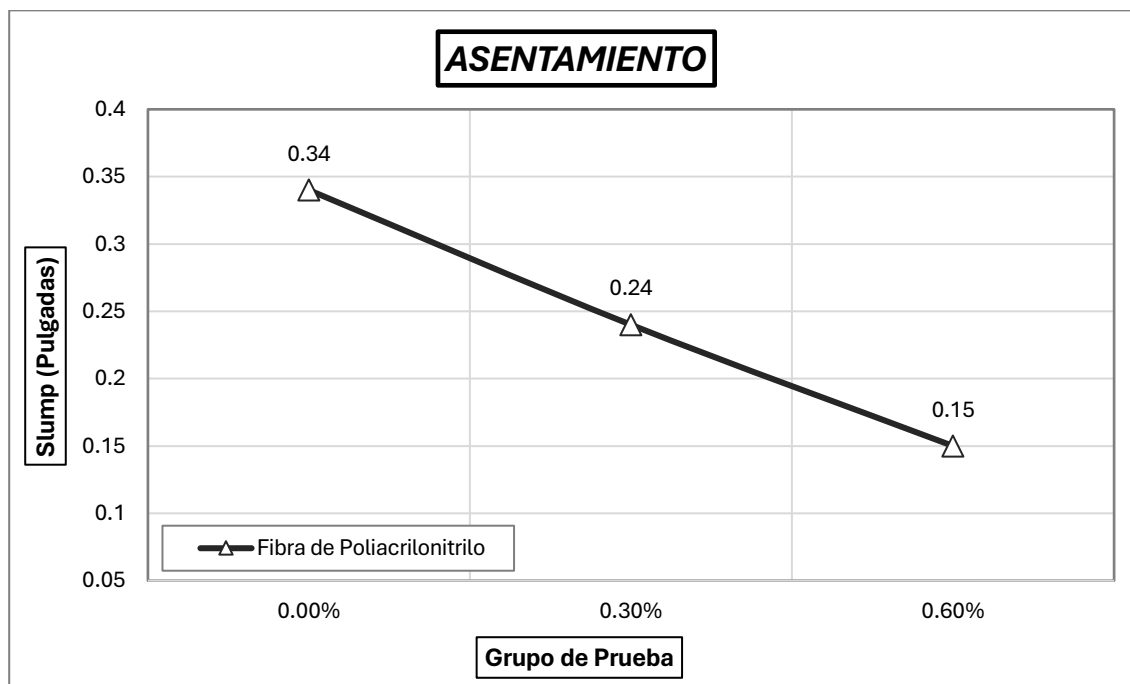
Variación de la trabajabilidad de las muestras

Grupo de prueba	Slump (pulg)	Trabajabilidad
MP	0.34	Poco trabajable
MP + 0.30% FP	0.24	Poco trabajable
MP + 0.60% FP	0.15	Poco trabajable
MP + 0.25% FB	0.24	Poco trabajable
MP + 0.45% FB	0.12	Poco trabajable

En la tabla anterior se muestran los resultados de los valores promedios obtenidos de los tres grupos de control para el ensayo de asentamiento, notándose que, para ambos materiales, mientras mayor es su incorporación, la trabajabilidad reduce progresivamente.

Figura 5

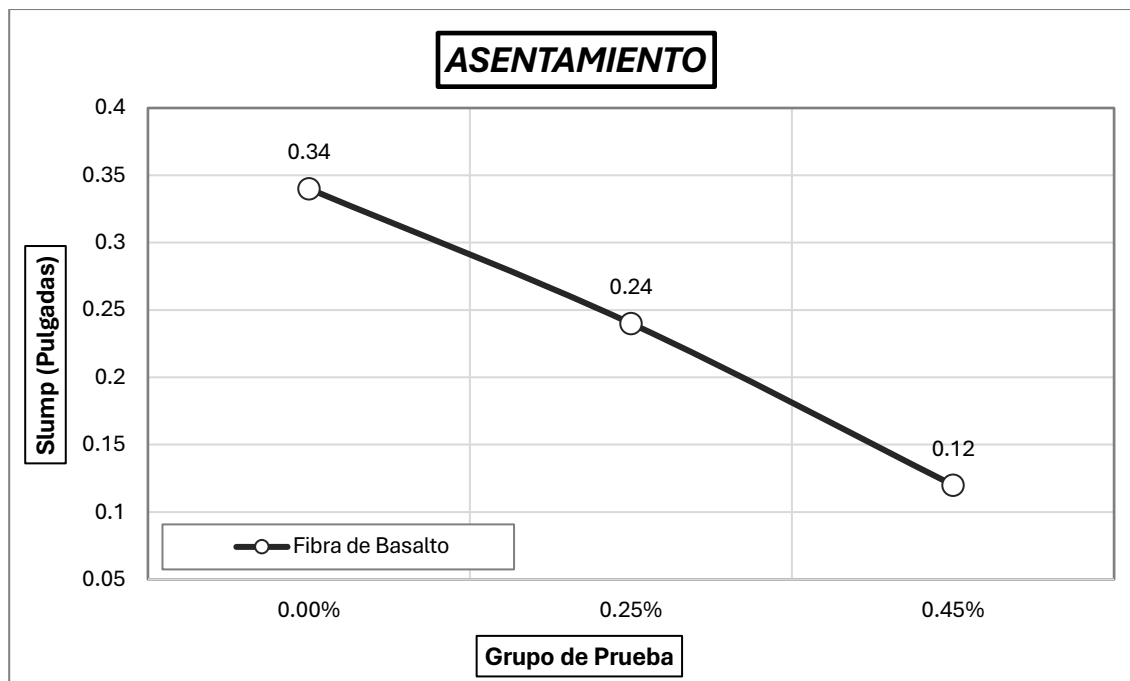
Comparativa de los asentamientos alcanzados muestra + fibra de poliacrilonitrilo



Se aprecia la variación del concreto con la incorporación de la fibra de poliacrilonitrilo en 2 dosificaciones, las cuales reducen la trabajabilidad del concreto.

Figura 6

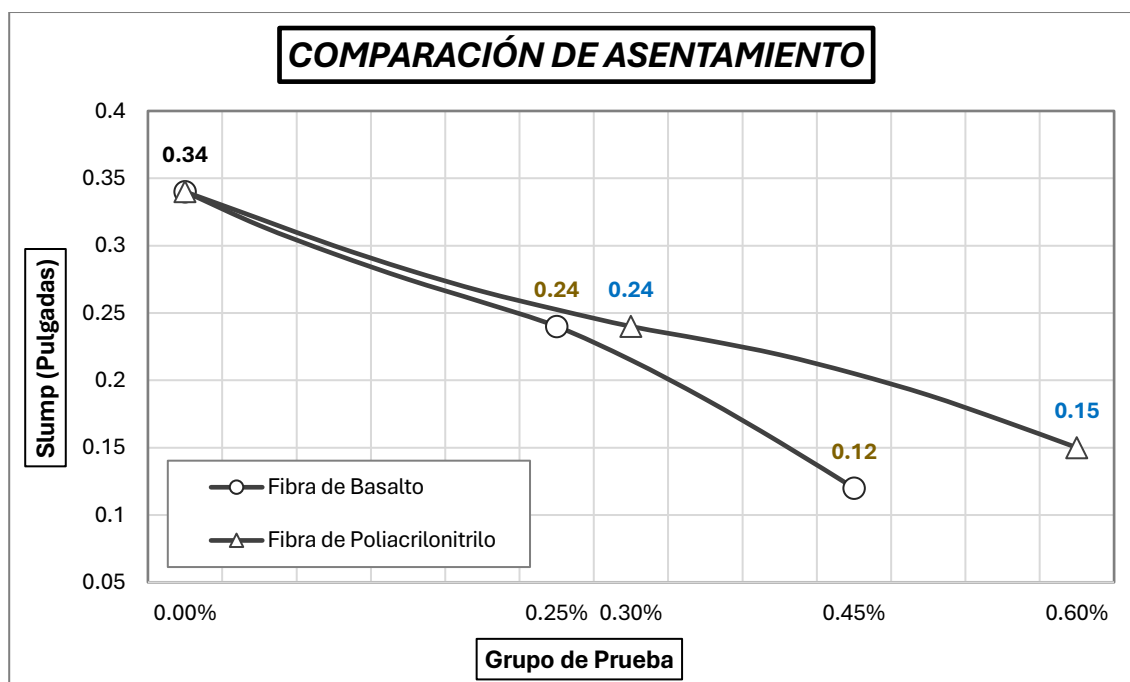
Comparativa de los asentamientos alcanzados + fibra de basalto



Se muestra el asentamiento de la muestra patrón (MP) con 0.34 pulgadas, mientras que con fibra basalto se exhiben un descenso progresivo en los valores de asentamiento.

Figura 7

Comparativo de la evolución del asentamiento entre ambos materiales



En la tabla anterior se muestra la comparación de la evolución del asentamiento de las mezclas con incorporación de fibra de basalto y fibra de poliacrilonitrilo, notándose que la aplicación el basalto reduce en mayor medida la trabajabilidad de la mezcla fresca.

4.1.2 Influencia de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la resistencia a la compresión del concreto permeable

La resistencia a la compresión de las muestras evaluadas CP (concreto patrón), FP (fibra de poliacrilonitrilo) y FB (fibra de basalto) se refiere a la capacidad de estas mezclas para soportar fuerzas de compresión sin sufrir fallos o deformaciones permanentes. En este contexto, las muestras de concreto patrón (CP) sirven como referencia para comparar el impacto que tienen las fibras de poliacrilonitrilo (FP) y las de basalto (FB) en las propiedades mecánicas del concreto. Las fibras incorporadas en la mezcla buscan mejorar la resistencia del material frente a cargas compresivas, lo cual es fundamental para la estabilidad estructural de elementos de concreto en condiciones de uso.

4.1.2.1. Resistencia a la compresión de grupos de concreto permeable a 7 días

Tabla 8

Resumen de resistencias alcanzadas por la muestra patrón a 7 días

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F ['] c (kg/cm ²)
B - 1	20654	116.72	175
B - 2	20845	118.27	175
B - 3	20915	118.20	175
B - 4	20635	117.08	175
B - 5	20777	117.42	175
Promedio:		117.54 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión de briquetas de concreto permeable patrón de 117.54 kg/cm².

Tabla 9

Resumen de resistencias con 0.30% de fibra poliacrilonitrilo a 7 días

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	22056	124.65	175
B - 2	22025	124.47	175
B - 3	22314	126.61	175
B - 4	22374	126.95	175
B - 5	22358	126.35	175
Promedio:		125.81 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 125.81 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.30% de fibra poliacrilonitrilo.

Tabla 10

Resumen de resistencias con 0.60% de fibra poliacrilonitrilo a 7 días

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	23043	130.22	175
B - 2	23316	131.77	175
B - 3	23973	135.48	175
B - 4	23561	133.15	175
B - 5	23965	135.43	175
Promedio:		133.21 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 133.21 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.60% de fibra poliacrilonitrilo.

Tabla 11*Resumen de resistencias con 0.25% de fibra de basalto a 7 días*

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	21965	124.13	175
B - 2	21795	123.17	175
B - 3	21937	123.97	175
B - 4	21891	123.71	175
B - 5	21964	124.13	175
Promedio:		123.82 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 123.82 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.25% de fibra de basalto.

Tabla 12*Resumen de resistencias con 0.45% de fibra de basalto a 7 días*

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	23275	131.53	175
B - 2	23945	135.32	175
B - 3	23999	135.63	175
B - 4	23246	131.37	175
B - 5	23965	135.43	175
Promedio:		133.86 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 133.86 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.45% de fibra de basalto.

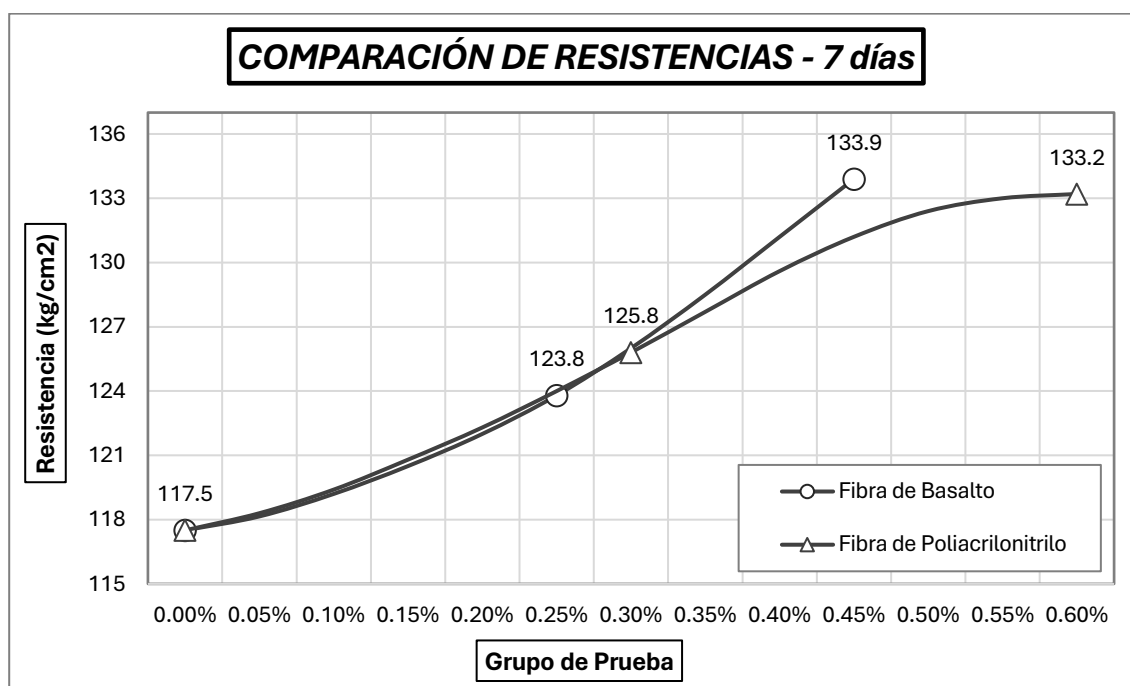
Tabla 13

Resumen de resistencias a compresión promedio a 7 días de curado

Comparación de Resistencias Promedio		
Descripción	Esfuerzo (kg/cm ²)	Días
Muestra Patrón	117.54	
MP + 0.30% Fibra de Poliacrilonitrilo	125.81	
MP + 0.60% Fibra de Poliacrilonitrilo	133.21	7
MP + 0.25% Fibra de Basalto	123.82	
MP + 0.45% Fibra de Basalto	133.86	

Figura 8

Evolución de resistencia a compresión a los 7 días de curado



La figura se aprecia la evolución de resistencias promedio a los 7 días de curado en los grupos de experimentación con fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto, en el que los mejores resultados se obtienen con 0.45% fibra de basalto y 0.60% fibra de poliacrilonitrilo.

4.1.2.2. Resistencia a la compresión de grupos de concreto permeable a 14 días**Tabla 14***Resumen de resistencias alcanzadas por la muestra patrón a 14 días*

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	27947	157.94	175
B - 2	27866	157.48	175
B - 3	27058	153.53	175
B - 4	27962	158.66	175
B - 5	28193	159.33	175
Promedio:		157.36 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión de briquetas de concreto permeable patrón de 157.36 kg/cm².

Tabla 15*Resumen de resistencias con 0.30% de fibra poliacrilonitrilo a 14 días*

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	29536	166.92	175
B - 2	29285	165.50	175
B - 3	29375	166.01	175
B - 4	29396	166.13	175
B - 5	29315	165.67	175
Promedio:		166.04 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 166.04 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.30% de fibra poliacrilonitrilo.

Tabla 16

Resumen de resistencias con 0.60% de fibra poliacrilonitrilo a 14 días

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	30936	174.83	175
B - 2	30475	172.22	175
B - 3	30285	171.15	175
B - 4	30121	170.22	175
B - 5	30436	172.00	175
Promedio:		172.09 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 172.09 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.60% de fibra poliacrilonitrilo.

Tabla 17

Resumen de resistencias con 0.25% de fibra de basalto a 14 días

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	29171	164.85	175
B - 2	29164	164.81	175
B - 3	29735	168.04	175
B - 4	29487	167.31	175
B - 5	29268	165.40	175
Promedio:		166.08 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 166.08 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.25% de fibra de basalto.

Tabla 18

Resumen de resistencias con 0.45% de fibra de basalto a 14 días

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	30125	170.25	175
B - 2	30145	170.36	175
B - 3	30727	173.65	175
B - 4	30496	173.03	175
B - 5	30236	170.87	175
Promedio:		171.63 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 171.63 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.45% de fibra de basalto.

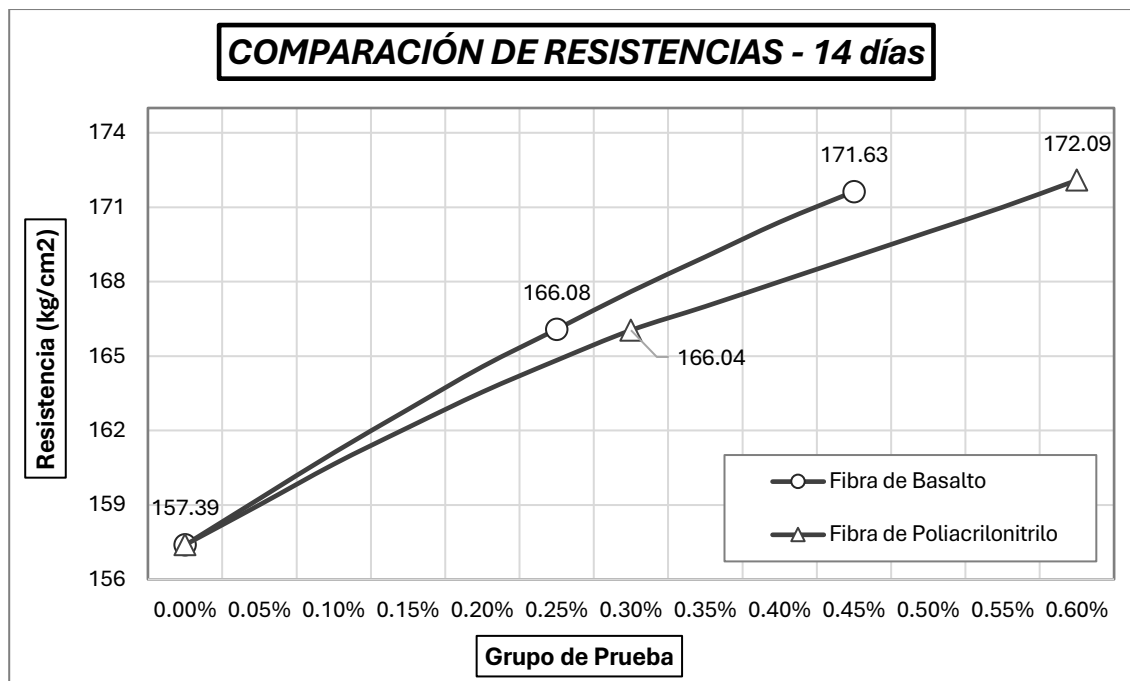
Tabla 19

Resumen de resistencias a compresión promedio a 14 días de curado

Comparación de Resistencias Promedio		
Descripción	Esfuerzo (kg/cm ²)	Días
Muestra Patrón	157.39	14
MP + 0.30% Fibra de Poliacrilonitrilo	166.04	
MP + 0.60% Fibra de Poliacrilonitrilo	172.09	
MP + 0.25% Fibra de Basalto	166.08	
MP + 0.45% Fibra de Basalto	171.63	

Figura 9

Evolución de resistencia a compresión a los 14 días de curado



La figura se aprecia la evolución de resistencias promedio a los 14 días de curado en los grupos de experimentación con fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto, en el que los mejores resultados se obtienen con 0.45% fibra de basalto y 0.60% fibra de poliacrilonitrilo.

4.1.2.3. Resistencia a la compresión de grupos de concreto permeable a 28 días

Tabla 20

Resumen de resistencias alcanzadas por la muestra patrón a 28 días

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	31026	175.34	175
B - 2	31336	177.09	175
B - 3	31171	176.16	175
B - 4	31243	177.27	175
B - 5	31421	177.57	175
Promedio:		176.69 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión de briquetas de concreto permeable patrón de 176.69 kg/cm².

Tabla 21

Resumen de resistencias con 0.30% de fibra poliacrilonitrilo a 28 días

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	32480	183.55	175
B - 2	32395	183.81	175
B - 3	32399	183.10	175
B - 4	32859	185.70	175
B - 5	33059	186.83	175
Promedio:		184.60 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 184.60 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.30% de fibra poliacrilonitrilo.

Tabla 22

Resumen de resistencias con 0.60% de fibra poliacrilonitrilo a 28 días

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	34091	192.66	175
B - 2	34285	193.76	175
B - 3	34175	193.13	175
B - 4	34059	193.25	175
B - 5	34559	195.30	175
Promedio:		193.62 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 193.62 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.60% de fibra poliacrilonitrilo.

Tabla 23*Resumen de resistencias con 0.25% de fibra de basalto a 28 días*

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	32202	181.98	175
B - 2	32541	183.90	175
B - 3	32035	181.04	175
B - 4	32508	184.45	175
B - 5	32203	181.99	175
Promedio:		182.67 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 182.67 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.25% de fibra de basalto.

Tabla 24*Resumen de resistencias con 0.45% de fibra de basalto a 28 días*

Detalle del testigo	Carga (kg)	Esf. rotura (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
B - 1	33236	187.83	175
B - 2	33542	189.56	175
B - 3	33689	190.39	175
B - 4	33589	190.58	175
B - 5	33954	191.88	175
Promedio:		190.05 Kg/cm²	

La tabla anterior muestra una resistencia a la compresión promedio de 190.05 kg/cm² en el grupo experimental de briquetas de concreto permeable modificada con la aplicación de 0.45% de fibra de basalto.

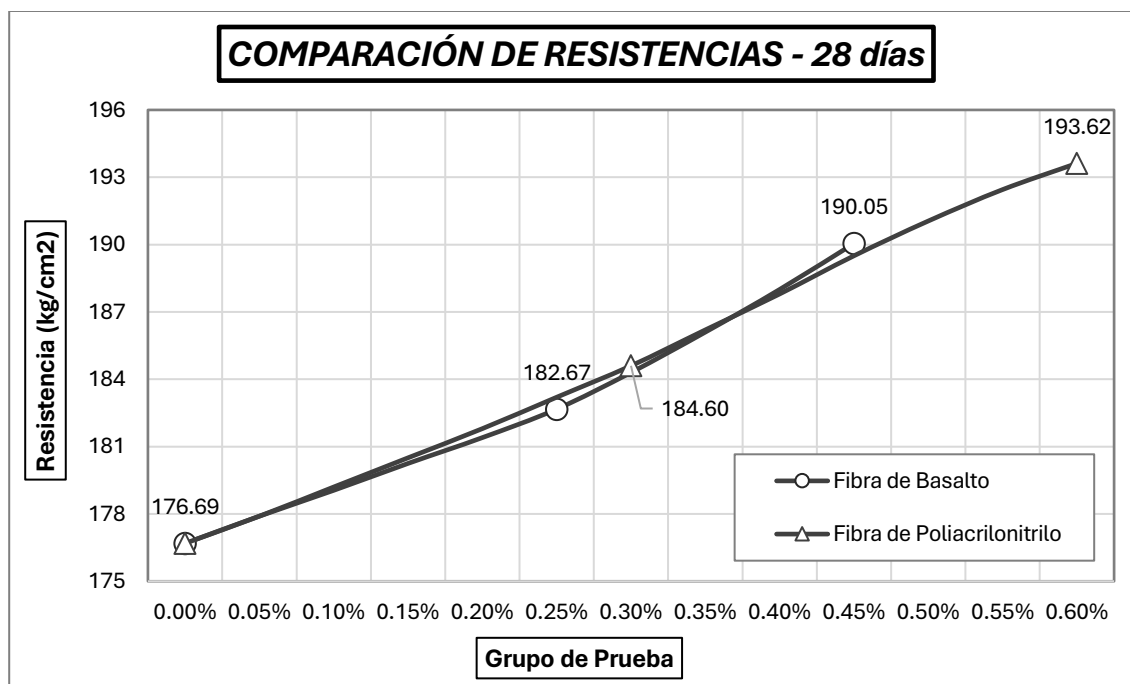
Tabla 25

Resumen de resistencias a compresión promedio a 28 días de curado

Comparación de Resistencias Promedio		
Descripción	Esfuerzo (kg/cm ²)	Días
Muestra Patrón	176.69	
MP + 0.30% Fibra de Poliacrilonitrilo	184.60	
MP + 0.60% Fibra de Poliacrilonitrilo	193.62	28
MP + 0.25% Fibra de Basalto	182.67	
MP + 0.45% Fibra de Basalto	190.05	

Figura 10

Evolución de resistencia a compresión a los 28 días de curado



La figura se aprecia la evolución de resistencias promedio a los 28 días de curado en los grupos de experimentación con fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto, en el que los mejores resultados se obtienen con 0.45% fibra de basalto y 0.60% fibra de poliacrilonitrilo.

4.1.3 Efecto del empleo de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la permeabilidad del concreto permeable

La prueba de permeabilidad con fibras de poliacrilonitrilo y fibras de basalto es un enfoque utilizado para medir la capacidad de un material compuesto con estas fibras para facilitar el tránsito de fluidos. La prueba consiste en introducir el material compuesto en un aparato especializado diseñado para cuantificar con precisión la velocidad y el volumen del fluido que puede atravesarlo en determinadas condiciones de presión y temperatura.

4.1.3.1. Permeabilidad de un concreto permeable patrón

Tabla 26

Permeabilidad del concreto permeable patrón

Permeabilidad del concreto					
Muestra	Edad (días)	F'c (kg/cm ²)	Tiempo (Seg)	Coef. de perm. (cm/seg)	Promedio (cm/seg)
CP	M-01	175	14	1.26	1.26
	M-02	7	14	1.21	
	M-03	175	13	1.31	
CP	M-01	175	14	1.21	1.20
	M-02	14	15	1.12	
	M-03	175	13	1.27	
CP	M-01	175	15	1.09	1.17
	M-02	28	13	1.28	
	M-03	175	14	1.14	

El concreto permeable convencional presenta el coeficiente de permeabilidad más alto en el día 7, como se logra apreciar en la siguiente tabla, logrando un promedio de 1.26 cm/seg.

4.1.3.2. Permeabilidad de un concreto permeable con fibra de poliacrilonitrilo

Tabla 27

Permeabilidad del concreto con 0.30% de fibra de poliacrilonitrilo

Permeabilidad del concreto					
Muestra	Edad (días)	F'c (kg/cm ²)	Tiempo (Seg)	Coef. de perm. (cm/seg)	Promedio (cm/seg)
C + 0.30% FP	M-01	175	13	1.34	1.30
	M-02	175	13	1.33	
	M-03	175	14	1.24	
C + 0.30% FP	M-01	175	14	1.19	1.26
	M-02	175	13	1.23	
	M-03	175	12	1.37	
C + 0.30% FP	M-01	175	12	1.26	1.17
	M-02	175	14	1.17	
	M-03	175	15	1.09	

El concreto con poliacrilonitrilo presenta el coeficiente de permeabilidad más alto en el día 7, como se logra apreciar en la siguiente tabla, logrando un promedio de 1.30 cm/seg.

Tabla 28

Permeabilidad del concreto con 0.60% de fibra de poliacrilonitrilo

Permeabilidad del concreto					
Muestra	Edad (días)	F'c (kg/cm ²)	Tiempo (Seg)	Coef. de perm. (cm/seg)	Promedio (cm/seg)
C + 0.60% FP	M-01	175	13	1.30	1.23
	M-02	175	14	1.22	
	M-03	175	14	1.19	
C + 0.60% FP	M-01	175	14	1.18	1.21
	M-02	175	13	1.24	
	M-03	175	13	1.22	
C + 0.60% FP	M-01	175	15	1.10	1.19
	M-02	175	14	1.20	
	M-03	175	13	1.27	

El concreto con poliacrilonitrilo presenta el coeficiente de permeabilidad más alto en el día 7, como se logra apreciar en la siguiente tabla, logrando un promedio de 1.23 cm/seg.

4.1.3.3. Permeabilidad de un concreto permeable con fibra de basalto

Tabla 29

Permeabilidad del concreto con 0.25% de fibra de basalto

Permeabilidad del concreto					
Muestra	Edad (días)	F'c (kg/cm ²)	Tiempo (Seg)	Coef. de perm. (cm/seg)	Promedio (cm/seg)
C + 0.25% FB	M-01	175	15	1.07	1.14
	M-02	175	13	1.21	
	M-03	175	14	1.13	
C + 0.25% FB	M-01	175	14	1.13	1.16
	M-02	175	15	1.10	
	M-03	175	13	1.24	
C + 0.25% FB	M-01	175	13	1.29	1.18
	M-02	175	15	1.09	
	M-03	175	14	1.17	

El concreto con fibra de basalto presenta el coeficiente de permeabilidad más alto en el día 28, como se logra apreciar en la siguiente tabla, logrando un promedio de 1.18 cm/seg.

Tabla 30

Permeabilidad del concreto con 0.45% de fibra de basalto

Permeabilidad del concreto					
Muestra	Edad (días)	F'c (kg/cm ²)	Tiempo (Seg)	Coef. de perm. (cm/seg)	Promedio (cm/seg)
C + 0.45% FB	M-01	175	13	1.23	1.14
	M-02	175	14	1.06	
	M-03	175	14	1.13	
C + 0.45% FB	M-01	175	14	1.15	1.17
	M-02	175	13	1.10	
	M-03	175	13	1.25	
C + 0.45% FB	M-01	175	15	1.39	1.22
	M-02	175	14	1.09	
	M-03	175	13	1.18	

El concreto con fibra de basalto presenta el coeficiente de permeabilidad más alto en el día 28, como se logra apreciar en la siguiente tabla, logrando un promedio de 1.22 cm/seg.

4.1.3.4. Comparativo de permeabilidad del concreto permeable a 7 días

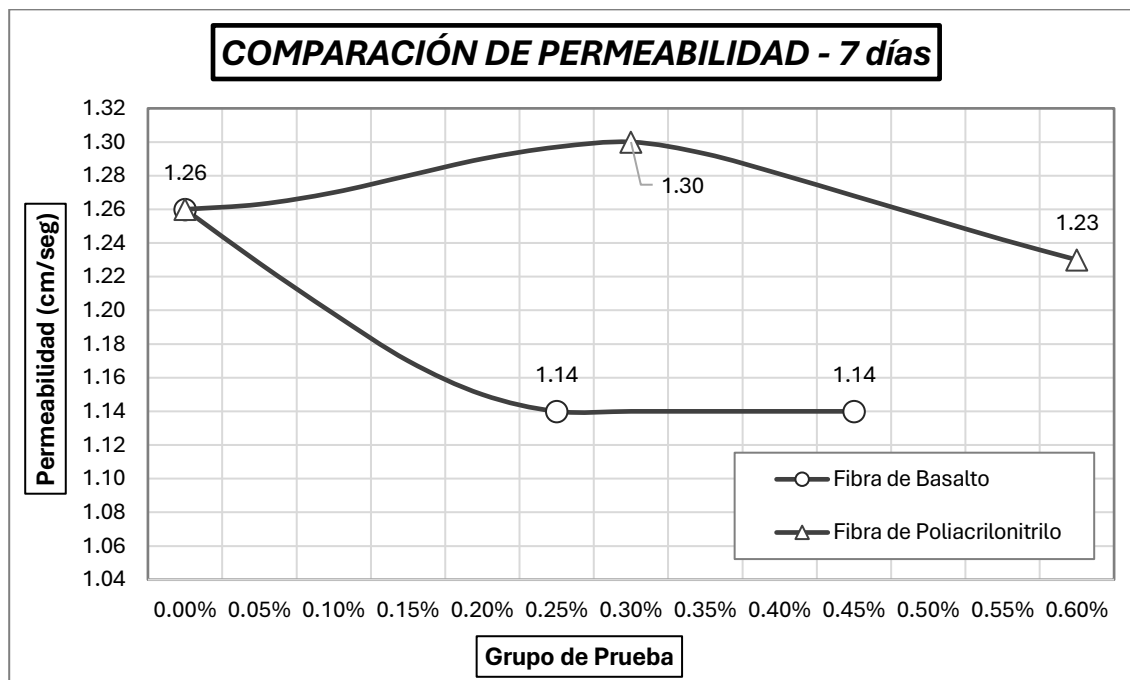
Tabla 31

Resumen de permeabilidad promedio a 7 días de curado

Comparación de Permeabilidad Promedio		
Descripción	Permeabilidad (cm/seg)	Curado
Muestra Patrón	1.26	
MP + 0.30% Fibra de Poliacrilonitrilo	1.30	
MP + 0.60% Fibra de Poliacrilonitrilo	1.23	7 días
MP + 0.25% Fibra de Basalto	1.14	
MP + 0.45% Fibra de Basalto	1.14	

Figura 11

Evolución de la permeabilidad a los 7 días de curado



La figura muestra la comparación de las permeabilidades alcanzadas a los 7 días de curado del concreto permeable en los 3 grupos experimentales, mostrándose una mayor permeabilidad con la aplicación de 0.30% de fibra de poliacrilonitrilo.

4.1.3.5. Comparativo de permeabilidad del concreto permeable a 14 días

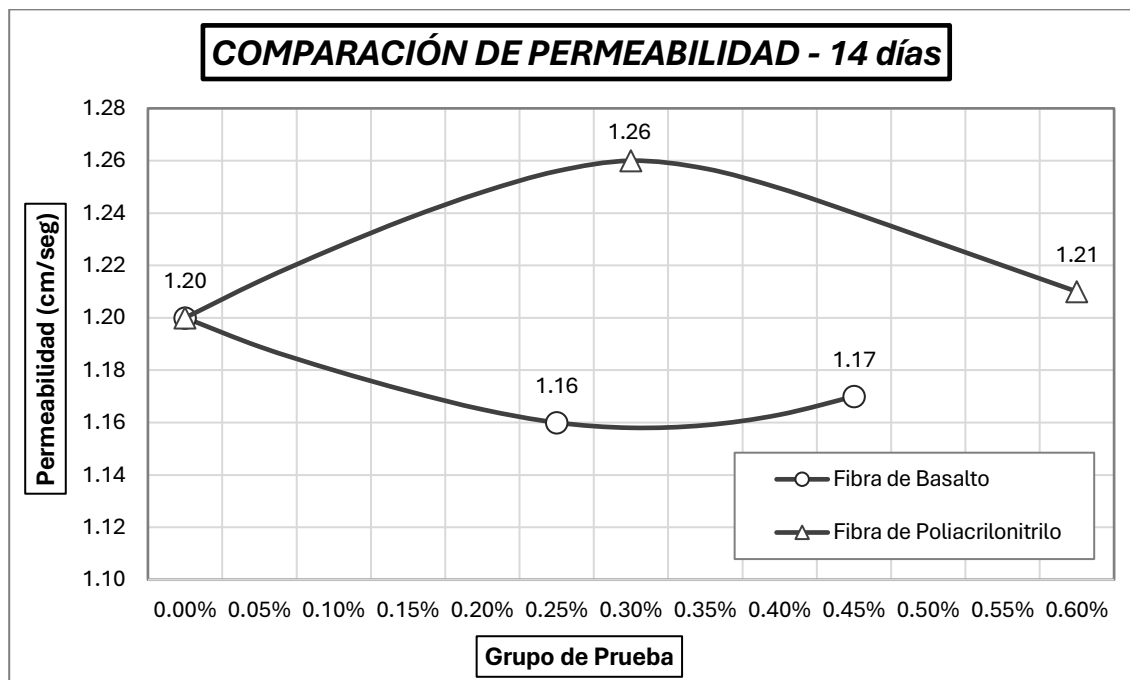
Tabla 32

Resumen de permeabilidad promedio a 14 días de curado

Comparación de Permeabilidad Promedio		
Descripción	Permeabilidad (cm/seg)	Curado
Muestra Patrón	1.20	
MP + 0.30% Fibra de Poliacrilonitrilo	1.26	
MP + 0.60% Fibra de Poliacrilonitrilo	1.21	14 días
MP + 0.25% Fibra de Basalto	1.16	
MP + 0.45% Fibra de Basalto	1.17	

Figura 12

Evolución de la permeabilidad a los 14 días de curado



La figura muestra la comparación de las permeabilidades alcanzadas a los 14 días de curado del concreto permeable en los 3 grupos experimentales, mostrándose una mayor permeabilidad con la aplicación de 0.30% de fibra de poliacrilonitrilo.

4.1.3.6. Comparativo de permeabilidad del concreto permeable a 28 días

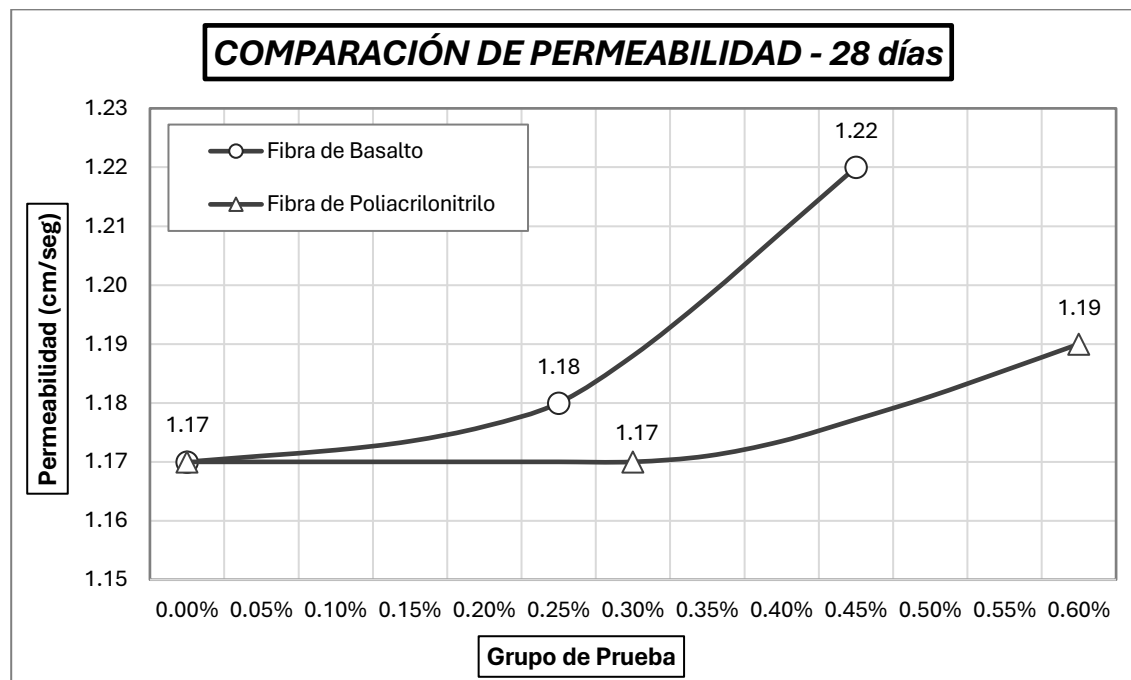
Tabla 33

Resumen de permeabilidad promedio a 28 días de curado

Comparación de Permeabilidad Promedio		
Descripción	Permeabilidad (cm/seg)	Curado
Muestra Patrón	1.17	
MP + 0.30% Fibra de Poliacrilonitrilo	1.17	
MP + 0.60% Fibra de Poliacrilonitrilo	1.19	28 días
MP + 0.25% Fibra de Basalto	1.18	
MP + 0.45% Fibra de Basalto	1.22	

Figura 13

Evolución de la permeabilidad a los 28 días de curado



La figura muestra la comparación de las permeabilidades alcanzadas a los 28 días de curado del concreto permeable en los 3 grupos experimentales, mostrándose una mayor permeabilidad con la aplicación de 0.45% de fibra de basalto.

4.2 Discusión de resultados

La investigación sobre las propiedades de un concreto permeable con la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en el Distrito de Puno ha permitido obtener valiosos datos sobre el comportamiento del material frente a diversos ensayos, especialmente aquellos enfocados en la permeabilidad y la resistencia. A lo largo de los ensayos realizados, se observó que tanto la fibra de poliacrilonitrilo como la fibra de basalto tienen un impacto directo en las propiedades de permeabilidad del concreto, con incrementos progresivos en la capacidad de paso de agua conforme aumentaba la concentración de estos aditivos.

En cuanto al análisis de la permeabilidad, los resultados mostraron un comportamiento creciente en ambas fibras, aunque con ciertas diferencias notables. El concreto con fibra de poliacrilonitrilo presentó un incremento moderado en la permeabilidad a medida que aumentaba la concentración de la fibra, alcanzando un valor de 1.19 kg/cm^2 con el 0.60% de fibra en comparación con 1.17 kg/cm^2 en la muestra de control (0%). Esto sugiere que la fibra de poliacrilonitrilo, al ser incorporada en concentraciones más altas, puede contribuir a un aumento en la porosidad del concreto, lo que facilita el paso del agua, pero sin comprometer de manera significativa la resistencia estructural del material.

Por otro lado, el concreto con fibra de basalto mostró un incremento ligeramente superior en la permeabilidad, alcanzando 1.22 cm/s con una dosificación de 0.45% de fibra, comparado con 1.17 cm/s en la mezcla sin aditivos. Este comportamiento podría explicarse por las características físico-químicas de la fibra de basalto, que, al ser incorporada en el concreto, parece tener una influencia más marcada en la estructura interna del material, probablemente creando un mayor número de espacios interconectados entre las partículas, lo que permite un mayor flujo de agua.

En cuanto a la resistencia mecánica, si bien la investigación no se centró exclusivamente en este aspecto, los datos indirectos sobre la evolución de la permeabilidad sugieren que tanto la fibra de poliacrilonitrilo como la de basalto tienen un

efecto moderado en las propiedades mecánicas del concreto. Si bien la permeabilidad aumentó con la inclusión de estas fibras, es probable que la resistencia a compresión y tracción no se vea seriamente afectada a menos que las concentraciones de fibra sean excesivas. De hecho, la fibra de basalto, al ser un material más rígido, podría incluso haber mejorado algunas propiedades mecánicas, como la resistencia a la tracción, sin que se generaran pérdidas significativas en cuanto a la capacidad de carga del concreto.

Una de las principales ventajas que se observó en este estudio es la posibilidad de ajustar las propiedades de permeabilidad del concreto sin comprometer drásticamente su resistencia estructural. Esto es particularmente relevante para aplicaciones en las que el concreto permeable se utilice para gestionar aguas pluviales o mejorar la infiltración del agua en superficies impermeables, como pavimentos y estructuras de drenaje. La combinación de fibras recicladas como el poliacrilonitrilo y el basalto también aporta un enfoque ecológico al estudio, ya que ambos materiales contribuyen a la sostenibilidad del concreto, mejorando sus características de permeabilidad y durabilidad, y reduciendo el impacto ambiental del concreto.

Los resultados obtenidos destacan la viabilidad de incorporar fibras de poliacrilonitrilo y de basalto en la mezcla de concreto para mejorar la permeabilidad sin comprometer su resistencia estructural. Esto abre nuevas posibilidades para el diseño de pavimentos más sostenibles y funcionales, particularmente en áreas urbanas donde la gestión del agua es crucial. Sin embargo, sería recomendable continuar con investigaciones adicionales que evalúen otros aspectos del comportamiento del concreto con estos aditivos, como su durabilidad a largo plazo, su resistencia al desgaste y su comportamiento bajo diferentes condiciones climáticas, lo cual podría proporcionar un panorama más completo sobre su aplicabilidad en proyectos de gran escala.

CONCLUSIONES

General, los resultados obtenidos en los ensayos de trabajabilidad, resistencia a la compresión y permeabilidad demuestran que la incorporación de fibras de poliacrilonitrilo y basalto mejora notablemente las propiedades del concreto sin comprometer su funcionalidad. La fibra de poliacrilonitrilo, en particular, mostró un leve decremento en el asentamiento, manteniendo una buena trabajabilidad y mejorando la resistencia a la compresión, mientras que la fibra de basalto presentó la mejor mejora en la permeabilidad, alcanzando un coeficiente de 1.22 cm/seg.

Primera, la trabajabilidad de la muestra patrón tuvo un asentamiento promedio de 0.34 pulgadas, mientras que las fibras de poliacrilonitrilo en porciones de 0.30% alcanzo un asentamiento promedio de 0.24 pulgadas, y la fibra de basalto con mejor comportamiento fue la de 0.25% alcanzando un asentamiento promedio de 0.24 pulgadas.

Segunda, la resistencia a la compresión se mejora significativamente, ya que la muestra patrón logra alcanzar una resistencia media de 176.69 kg/cm², seguidamente el de fibra de poliacrilonitrilo con mejor comportamiento fue de 0.60% con una resistencia de 193.62 kg/cm² y finalmente la fibra de basalto con mejor comportamiento fue la de 0.45% alcanzando una resistencia media de 190.05 kg/cm².

Tercera, la permeabilidad de todas las muestras estudiadas, en cuanto a la muestra patrón tenemos un coeficiente permeabilidad de 1.17 cm/seg, la fibra de poliacrilonitrilo en 0.60% tuvo el mejor coeficiente permeabilidad 1.19 cm/seg y en cuanto a la fibra de basalto con mejor comportamiento fue la de 0.45% con un 1.22 cm/seg.



RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda la incorporación de fibras de poliacrilonitrilo y basalto en mezclas de concreto, especialmente en concentraciones de 0.60% y 0.45% respectivamente, para mejorar las propiedades de permeabilidad y resistencia a la compresión, sin comprometer la trabajabilidad del material.

Segunda, se recomienda ampliar el alcance del estudio incorporando materiales o aditivos que puedan mejorar la trabajabilidad del concreto permeable con la intención de compensar la trabajabilidad perdida al adicionar los distintos tipos de fibras.

Tercera, se recomienda tener un seguimiento más a profundidad y un estudio más a profundidad variando proporciones de fibra de basalto y fibras de poliacrilonitrilo sobre las ventajas que aporta en cuanto a la resistencia a la compresión de un concreto permeable.

Cuarta, se recomienda para una comprensión más profunda del concreto permeable en cuanto a los ensayos de permeabilidad se recomienda continuar con más estudios en distintas proporciones de las fibras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alam, M. (2023, septiembre 8). ¿Qué es un diseño de investigación? Definición, tipos, métodos y ejemplos. *IdeaScale*. <https://ideascale.com/es/blogs/que-es-el-diseno-de-la-investigacion/>
- Alvarez Bautista, F., & Martinez Moncada, Y. A. (2023). Influencia de fibra de poliacrilonitrilo con adición de fibra de vidrio en las propiedades mecánicas concreto $f'c$ 280 kg/cm², Lambayeque. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/131273>
- Amorós Morote, C. E., & Bendezú Ulloa, J. C. (2019a). Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm². *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626313>
- Amorós Morote, C. E., & Bendezú Ulloa, J. C. (2019b). Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm². *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626313>
- Apaza Quispe, E. S. (2022). Análisis técnico económico de la fibra de basalto como sustituto del agregado grueso para el concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ Carabaya—Puno, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96284>
- Aref M. al-Swaidani, Mohammad K. Baddoura, Samira D. Aliyan, & Walid Choeb. (2015). Acid Resistance, Water Permeability and Chloride Penetrability of Concrete Containing Crushed Basalt as Aggregates. *Journal of Materials Science and Engineering A*, 5(8). <https://doi.org/10.17265/2161-6213/2015.7-8.005>



- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda-Navales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: La población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), Article 2. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- Atencio Santiago, G. (2019). Fabricación de concreto permeable $f'c=210$ kg/cm² a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 en la ciudad de Cerro de Pasco – 2018. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1710>
- Ayala-López, J. E., Gil-Ahumada, E., Cornejo-Ramos, R. D., Muñoz-Pérez, S. P., Ayala-López, J. E., Gil-Ahumada, E., Cornejo-Ramos, R. D., & Muñoz-Pérez, S. P. (2022). Metodologías empleadas para la producción de concreto permeable usando parcialmente materiales reciclados como agregados: Una revisión literaria. *TecnoLógicas*, 25(53). <https://doi.org/10.22430/22565337.2080>
- Berru Tineo, J. M., & Garcia Berru, H. A. (2023). Incorporación de fibra de basalto a una viga de concreto $f'c=210$ kg/cm² para reducir su fisuración, Piura-2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/132722>
- Botonero Barrientos, C. D. A., & Rojas Libia, C. A. (2020). Sistemas compuestos de polímeros reforzados con fibra para mejorar el desempeño mecánico de elementos estructurales de concreto. *Repositorio institucional - URP*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3679>
- Carrillo, J., & Silva-Páramo, D. (2016). [Http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-77432016000300317&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-77432016000300317&lng=es&nrm=iso&tlng=es). *Ingeniería, investigación y tecnología*, 17(3), 317-330. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-77432016000300317&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Challco Estrada, B. F., & Tuesta Gonzales Zúñiga, L. R. (2021a). Propuesta de diseño de concreto permeable reforzado con fibras de basalto (18mm, 17 μ m) para mejorar su



- desempeño aplicado en pavimentos urbanos. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654957>
- Challco Estrada, B. F., & Tuesta Gonzales Zúñiga, L. R. (2021b). Propuesta de diseño de concreto permeable reforzado con fibras de basalto (18mm, 17 μ m) para mejorar su desempeño aplicado en pavimentos urbanos. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654957>
- Flores, D. Q. (2020). EFECTO DEL RECICLADO DE LAS FIBRAS DE LAS BOTELLAS PET EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO NORMAL. *Revista de Investigaciones*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.26788/riepg.v9i3.1734>
- López, V., & Ignacio, C. (2021). *Estudio de aplicación de concreto permeable en zonas urbanas*. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/2084>
- Lou, H., Ma, C., & Hong, Q. (2024). Influence of Fly Ash and Basalt Fibers on the Properties of Recycled Pervious Concrete. En A. Bieliatynskiy, D. Komyshev, & W. Zhao (Eds.), *Proceedings of Conference on Sustainable Traffic and Transportation Engineering in 2023* (pp. 62-75). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-97-5814-2_6
- Merin Philip, P., Joseph, A., Zachariah Koshy, R., & Jossy, A. (2023). Mechanical and permeability properties of basalt fibre Reinforced concrete. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.133>
- Niu, D., Huang, D., & Fu, Q. (2019). Experimental investigation on compressive strength and chloride permeability of fiber-reinforced concrete with basalt-polypropylene fibers. *Advances in Structural Engineering*, 22(10), 2278-2288. <https://doi.org/10.1177/1369433219837387>
- Sika Perú. (2019). *SikaCem® Acelerante PE*.
- Silva-Juarez, J. F., Chavez-Alegria, O., Gaxiola-Camacho, J. R., & Millan-Almaraz, J. R. (2021). Diseño de concreto permeable para absorción de metales pesados en carreteras sustentables. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 12(4), 293-334. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-04-07>

- Slebi-Acevedo, C. J., Lastra-González, P., Castro-Fresno, D., & Vega-Zamanillo, Á. (2022). Experimental evaluation and recyclability potential of asphalt concrete mixtures with polyacrylonitrile fibers. *Construction and Building Materials*, 317, 125829. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125829>
- Wang, D., Ju, Y., Shen, H., & Xu, L. (2019). Mechanical properties of high performance concrete reinforced with basalt fiber and polypropylene fiber. *Construction and Building Materials*, 197, 464-473. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.181>
- Wang, W., Zhu, J., Cheng, X., Jiang, D., Shi, G., & Chen, X. (2023). Study and prediction analysis on road performance of basalt fiber permeable concrete. *Science and Engineering of Composite Materials*, 30(1). <https://doi.org/10.1515/secm-2022-0223>
- Wang, W., Zhu, J., Cheng, X., Liu, S., Jiang, D., & Wang, W. (2022). Numerical simulation of strength of basalt fiber permeable concrete based on CT technology. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01348. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01348>
- Wu, J., Pang, Q., Lv, Y., Zhang, J., & Gao, S. (2022). Research on the Mechanical and Physical Properties of Basalt Fiber-Reinforced Pervious Concrete. *Materials*, 15(19), 6527. <https://doi.org/10.3390/ma15196527>
- Zapana Bustincio, R. A. (2022). Estabilización de suelos arcillosos con polímeros reciclados a nivel de la subrasante de la carretera que une el C.P. de Santa María con la av. Circunvalación del distrito de San Miguel—San Román—Puno. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12316>
- Zeng, Y., & Tang, A. (2021). Comparison of effects of basalt and polyacrylonitrile fibers on toughness behaviors of lightweight aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 282, 122572. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122572>



- Zeng, Z., Li, C., Chen, Z., & Ke, L. (2022). Study on Mechanical Properties and Optimum Fiber Content for Basalt/Polyacrylonitrile Hybrid Fiber Reinforced Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022, e4181638. <https://doi.org/10.1155/2022/4181638>
- Zhan, Q., & Yin, C. (2024). A Novel Pervious Concrete Improved by Hexagonal Boron Nitride and Basalt Fiber in Mechanical Properties, Permeability, and Micro-Mechanisms. *Buildings*, 14(3), 778. <https://doi.org/10.3390/buildings14030778>
- Zhang, J., Jin, J., Guo, B., Wang, J., Fu, C., & Zhang, Y. (2023). Effect of mixed basalt fiber and calcium sulfate whisker on chloride permeability of concrete. *Journal of Building Engineering*, 64, 105633. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105633>
- Zhang, J., Zhou, L., Nie, Q., Wu, H., & Wu, L. (2024). Effects of calcium sulfate whiskers and basalt fiber on gas permeability and microstructure of concrete. *Construction and Building Materials*, 411, 134369. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134369>



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Título de tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿Cuáles son las propiedades de un concreto permeable con la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la ciudad de Puno?	Objetivo General: Evaluar las propiedades de un concreto permeable con la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la ciudad de Puno.	Hipótesis General: Las propiedades de un concreto permeable se optimizarán con la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la ciudad de Puno.	Variable Independiente: FIBRAS DE POLIACRILONITRILO FIBRA DE BASALTO Indicadores: Adición de FP en 0.30% y 0.60% Adición de FB en 0.25% y 0.45% Variable Dependiente: PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE Dimensiones: Trabajabilidad Resistencia a la compresión Permeabilidad	Software e implementos del laboratorio de suelos Ensayos realizados en el laboratorio de suelos.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuál es el efecto de la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm ² en la ciudad de Puno?	Evaluar el efecto de la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm ² en la ciudad de Puno.	El efecto de la incorporación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto mejorará la trabajabilidad de la mezcla de concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm ² en la ciudad de Puno.		
¿Cuál es la influencia de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm ² en la ciudad de Puno?	Explicar la influencia de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm ² en la ciudad de Puno.	La influencia de la aplicación de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto incrementará la resistencia a la compresión del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm ² en la ciudad de Puno.		
¿Cuál es el efecto del empleo de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm ² en la ciudad de Puno?	Explicar el efecto del empleo de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto en la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm ² en la ciudad de Puno.	El efecto del empleo de fibra de poliacrilonitrilo y fibra de basalto mantendrá la permeabilidad del concreto permeable de $f'c=175$ kg/cm ² en la ciudad de Puno.		



ESTUDIO MECANICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACION, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgaracruz Tito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

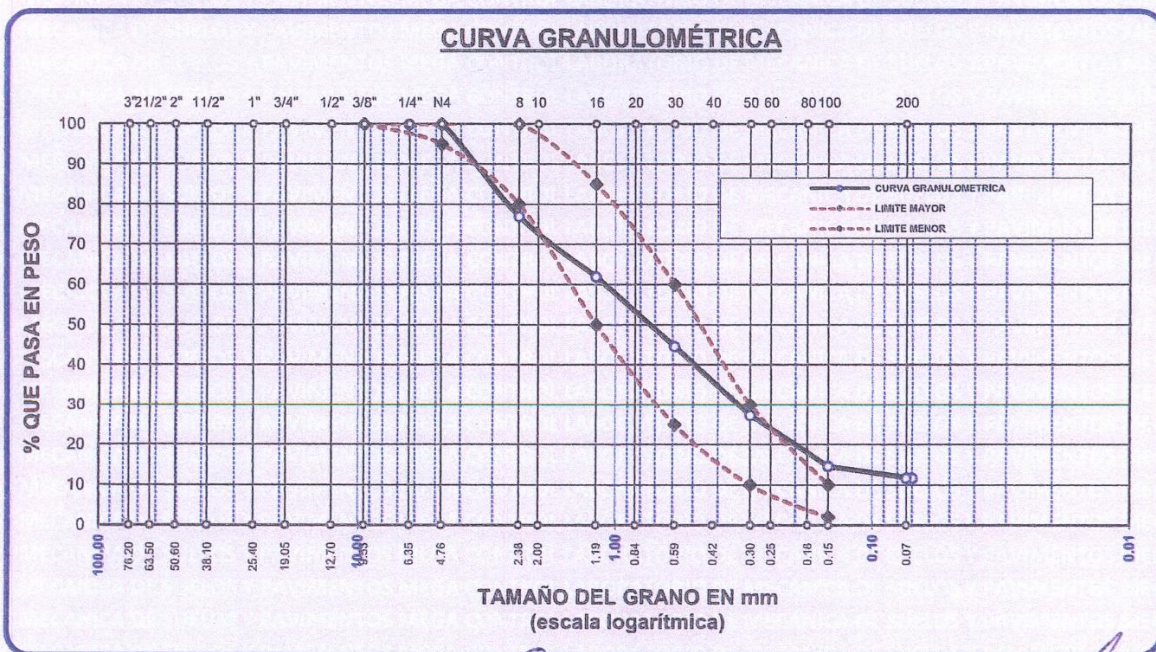
SOLICITANTE : Bach. ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

CANTERA : ALTO PUNO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FECHA : 10 DE SETIEMBRE DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 2.75
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 %	
No8	2.380	115.21	23.04	23.04	76.96		OBSERVACIONES:
No10	2.000						
No16	1.190	75.32	15.06	38.11	61.89	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	86.32	17.26	55.37	44.63	25 - 60 %	
No40	0.420						
No 50	0.300	86.32	17.26	72.63	27.37	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	64.00	12.80	85.43	14.57	2-10%	
No200	0.074	15.00	3.00	88.43	11.57		
BASE		57.83	11.57	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		11.57					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cobuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REF: 84573



ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACIÓN, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcrutzito@gmail.com
DIRECCIÓN: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMÁN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRIL Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

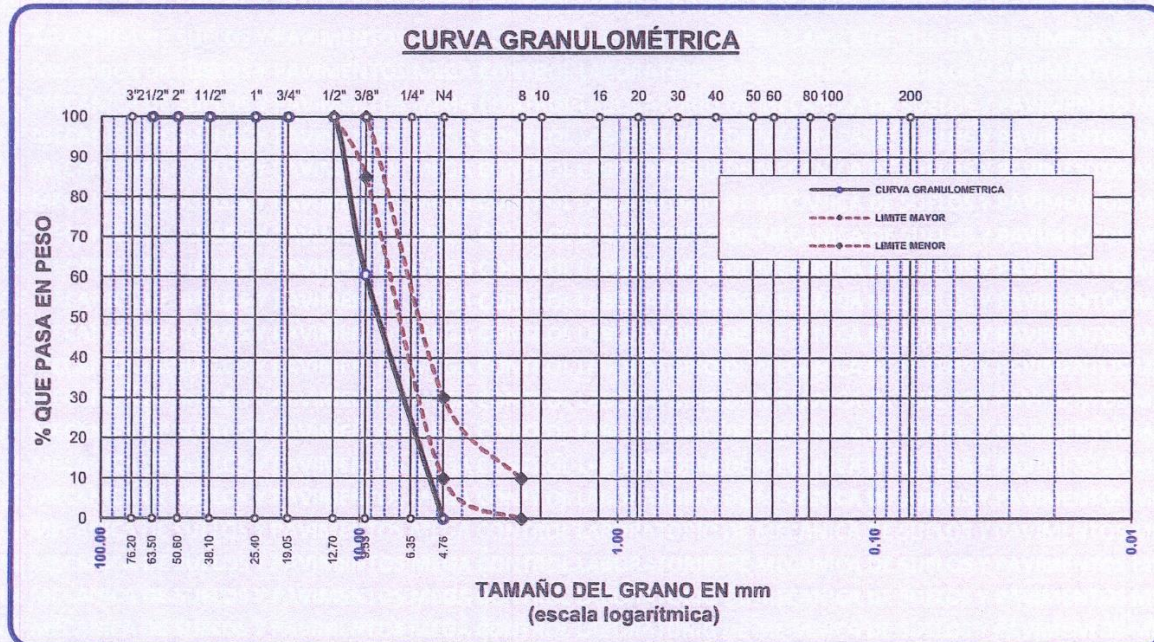
SOLICITANTE : Bach. ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

CANTERA : ALTO PUNO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FECHA : 10 DE SETIEMBRE DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/8"
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
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	100%T	
3/8"	9.525	1375.00	39.29	39.29	60.71	85 - 100 %	
1/4"	6.350						
No4	4.760	2125.00	60.71	100.00	0.00	10 - 30 %	
BASE		0.00	0.00	100.0	0.0		OBSERVACIONES:
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Zahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG: 84973



CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

CANTERA : ALTO PUNO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FECHA : 10 DE SETIEMBRE DEL 2025

MUESTRA : AGREGADO FINO

N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	502.07
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	479.16
PESO DEL TARRO (gr.)	43.75
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	458.32
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	435.41
PESO DEL AGUA (gr.)	22.91
% HUMEDAD	5.26

MUESTRA : AGREGADO GRUESO

N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	647.98
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	633.14
PESO DEL TARRO (gr.)	45.63
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	602.35
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	587.51
PESO DEL AGUA (gr.)	14.84
% HUMEDAD	2.53

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
R.G. 845/3



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

RUC: 20610697004

ESTUDIO MECANICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACION, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruzito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : Bach: ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

CANTERA : ALTO PUNO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FECHA : 10 DE SETIEMBRE DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	502.07
P.T.M. SECO	479.16
P.TARRO	43.75
P AGUA	22.91
P.S.SECO	435.41
% HUMEDAD	5.26

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	647.98
P.T.M. SECA	633.14
P.TARRO	45.63
P AGUA	14.84
P.S.SECO	587.51
% HUMEDAD	2.53

PESOS UNITARIOS

AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
5996	1597	2722	1616
6042	1597	2722	1633
6196	1597	2722	1690
			1646

AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
7137	1860	3524	1497
7872	1860	3524	1706
7195	1860	3524	1514
			1572

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
6373	1597	2722	1755
6385	1597	2722	1759
6363	1597	2722	1751
			1755

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
7669	1860	3524	1648
7776	1860	3524	1679
7769	1860	3524	1677
			1668

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



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG 84513



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

RUC: 20610697004

ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACIÓN, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcrutzito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 – SAN MIGUEL – SAN ROMAN – PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

CANTERA : ALTO PUNO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FECHA : 10 DE SETIEMBRE DEL 2025

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	1597 gr	1597 gr	1597 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2722 cm ³	2722 cm ³	2722 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	5996.00 gr	6042.00 gr	6196.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4399.00 gr	4445.00 gr	4599.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.616 gr/cm ³	1.633 gr/cm ³	1.690 gr/cm ³
PROMEDIO	1.646 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	1597 gr	1597 gr	1597 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2722 cm ³	2722 cm ³	2722 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	6373.00 gr	6385.00 gr	6363.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	4776.00 gr	4788.00 gr	4766.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.755 gr/cm ³	1.759 gr/cm ³	1.751 gr/cm ³
PROMEDIO	1.755 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 389518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. 84273



ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACIÓN, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruz Tito@gmail.com
DIRECCIÓN: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMÁN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRIL Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

CANTERA : ALTO PUNO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FECHA : 10 DE SETIEMBRE DEL 2025

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	1860 gr	1860 gr	1860 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3524 cm ³	3524 cm ³	3524 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	7137.00 gr	7872.00 gr	7195.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	5277.00 gr	6012.00 gr	5335.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.497 gr/cm ³	1.706 gr/cm ³	1.514 gr/cm ³
PROMEDIO			1.572 gr/cm ³

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	1860 gr	1860 gr	1860 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3524 cm ³	3524 cm ³	3524 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	7669.00 gr	7776.00 gr	7769.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5809.00 gr	5916.00 gr	5909.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.648 gr/cm ³	1.679 gr/cm ³	1.677 gr/cm ³
PROMEDIO			1.668 gr/cm ³

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG-84573



ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACIÓN, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcrutzito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRIL Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO
SOLICITANTE : Bach. ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI
CANTERA : ALTO PUNO
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
FECHA : 10 DE SETIEMBRE DEL 2025

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno 487.32
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) 500.00
N° 8	115.21	23.04	23.04	76.96	Wc	-Peso del picnómetro con agua 1312.44
N° 16	75.32	15.06	38.11	61.89	W	-Peso del Pic. + muestra + agua 1623.78
N° 30	86.32	17.26	55.37	44.63	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	86.32	17.26	72.63	27.37	Wc+B =	1812
N° 100	64.00	12.80	85.43	14.57	Wc+B-W =	189
N° 200	15	3.00	88.43	11.57	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.65 \text{ gr/cm}^3$
FONDO	57.83	11.57	100.00	0.00	ABSORCIÓN	
SUMA	500.00	100.00			B =	500.00
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					B-A =	12.68
Mf = MÓDULO DE FINEZA 2.75					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 2.60 \%$

AGREGADO GRUESO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno 775.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) 800.00
1"	0	0.00	0.00	100.00	Wc	-Peso del picnómetro con agua 1312.44
3/4"	0	0.00	0.00	100.00	W	-Peso del Pic. + muestra + agua 1797.00
1/2"	0	0.00	0.00	100.00	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	1375	39.29	39.29	60.71	Wc+B =	2112
1/4"	0	0.00			Wc+B-W =	315
N° 4	2125	60.71	100.00	0.00	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.54 \text{ gr/cm}^3$
FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00	ABSORCIÓN	
SUMA	3500.00	100.00			B =	800.00
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					B-A =	25.00
					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 3.23 \%$

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



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
RFC: 84573



ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACIÓN, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruz Tito@gmail.com
DIRECCIÓN: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 – SAN MIGUEL – SAN ROMÁN – PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE: ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
FECHA: SETIEMBRE DEL 2025

ENSAYO DE PERMEABILIDAD CONCRETO BASE

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm²)	Área del cilindro de carga (cm²)	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/cm²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	15.07	14.00	30.00	171.94	19.63	170.00	1.00	1.26	12.56
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.96	14.00	30.00	171.76	19.63	140.00	1.00	1.21	12.10
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.89	13.00	30.00	172.82	19.63	150.00	1.00	1.31	13.13
											1.26	

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm²)	Área del cilindro de carga (cm²)	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/cm²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.07	14.00	30.00	176.95	19.63	160.00	1.00	1.21	12.06
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.96	15.00	30.00	175.76	19.63	150.00	1.00	1.12	11.19
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.89	13.00	30.00	176.96	19.63	140.00	1.00	1.27	12.65
											1.20	

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm²)	Área del cilindro de carga (cm²)	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/cm²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	15.07	15.00	30.00	180.62	19.63	150.00	1.00	1.09	10.89
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.96	13.00	30.00	181.78	19.63	170.00	1.00	1.28	12.80
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.89	14.00	30.00	182.95	19.63	140.00	1.00	1.14	11.36
											1.17	



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG 045/13



ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACIÓN, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruzito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE: ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
FECHA: SETIEMBRE DEL 2025

ENSAYO DE PERMEABILIDAD CONCRETO + 0.30% DE POLIACRILONITRILLO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm2)	Área del cilindro de carga (cm2)	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/cm2	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	15.07	13.00	30.00	171.01	19.63	160.00	1.00	1.34	13.44
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.96	13.00	30.00	170.19	19.63	150.00	1.00	1.33	13.34
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.89	14.00	30.00	172.73	19.63	160.00	1.00	1.24	12.36
1.30												

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm2)	Área del cilindro de carga (cm2)	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/cm2	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.07	14.00	30.00	177.16	19.63	150.00	1.00	1.19	11.90
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.96	13.00	30.00	181.74	19.63	140.00	1.00	1.23	12.32
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.89	12.00	30.00	177.36	19.63	140.00	1.00	1.37	13.67
1.26												

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm2)	Área del cilindro de carga (cm2)	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/cm2	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	15.07	12.00	30.00	186.62	19.63	120.00	1.00	1.26	12.59
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.96	14.00	30.00	174.75	19.63	130.00	1.00	1.17	11.72
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.89	15.00	30.00	174.85	19.63	130.00	1.00	1.09	10.93
1.17												



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG 84579



ESTUDIO MECANICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACION, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruzito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE: ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
FECHA: SETIEMBRE DEL 2025

ENSAYO DE PERMEABILIDAD CONCRETO + 0.60% DE POLIACRILONITRILLO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	15.07	13.00	30.00	174.85	19.63	150.00	1.00	1.30	12.98
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.96	14.00	30.00	174.74	19.63	160.00	1.00	1.22	12.22
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.89	14.00	30.00	175.66	19.63	140.00	1.00	1.18	11.83

1.23

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.07	14.00	30.00	176.48	19.63	140.00	1.00	1.18	11.78
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.96	13.00	30.00	177.42	19.63	130.00	1.00	1.24	12.43
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.89	13.00	30.00	178.48	19.63	120.00	1.00	1.22	12.15

1.21

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	15.07	15.00	30.00	174.49	19.63	130.00	1.00	1.10	10.95
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.96	14.00	30.00	175.65	19.63	150.00	1.00	1.20	12.00
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.89	13.00	30.00	175.86	19.63	140.00	1.00	1.27	12.73

1.19



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG 84573



ESTUDIO MECANICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACION, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruz Tito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC M2 B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE: ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FECHA: SETIEMBRE DEL 2025

ENSAYO DE PERMEABILIDAD CONCRETO + 0.25% FIBRA DE BASALTO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	15.07	15.00	30.00	178.25	19.63	130.00	1.00	1.07	10.72
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.96	13.00	30.00	179.64	19.63	120.00	1.00	1.21	12.07
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.89	14.00	30.00	178.75	19.63	120.00	1.00	1.13	11.27

1.14

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.07	14.00	30.00	177.79	19.63	120.00	1.00	1.13	11.33
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.96	15.00	30.00	176.08	19.63	140.00	1.00	1.10	11.02
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.89	13.00	30.00	178.13	19.63	130.00	1.00	1.24	12.38

1.16

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	15.07	13.00	30.00	178.73	19.63	160.00	1.00	1.29	12.86
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.96	15.00	30.00	177.46	19.63	140.00	1.00	1.09	10.93
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.89	14.00	30.00	179.51	19.63	150.00	1.00	1.17	11.74

1.18



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG 845/3



ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACIÓN, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL. CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruz Tito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 – SAN MIGUEL – SAN ROMAN – PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE: ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
FECHA: SETIEMBRE DEL 2025

ENSAYO DE PERMEABILIDAD CONCRETO + 0.45% FIBRA DE BASALTO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F°C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	15.07	13.00	30.00	179.46	19.63	130.00	1.00	1.23	12.29
2	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.96	15.00	30.00	178.13	19.63	120.00	1.00	1.06	10.55
3	BRIQUETA DE PRUEBA	7	175	14.89	14.00	30.00	177.73	19.63	120.00	1.00	1.13	11.33

1.14

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F°C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	15.07	14.00	30.00	175.16	19.63	120.00	1.00	1.15	11.50
2	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.96	15.00	30.00	175.64	19.63	140.00	1.00	1.10	11.05
3	BRIQUETA DE PRUEBA	14	175	14.89	13.00	30.00	176.79	19.63	130.00	1.00	1.25	12.47

1.17

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Días	F°C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coefficiente de permeabilidad (cm/seg)	Coefficiente de permeabilidad (mm/seg)
			Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	15.07	12.00	30.00	179.79	19.63	160.00	1.00	1.39	13.85
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.96	15.00	30.00	177.64	19.63	140.00	1.00	1.09	10.92
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	175	14.89	14.00	30.00	178.19	19.63	150.00	1.00	1.18	11.83

1.22



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG 84573



ESTUDIO MECANICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACION, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruz Tito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

DISEÑO DE MEZCLA F'c = 175 Kg./cm.²

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

CANTERA : ALTO PUNO

UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FECHA : 10 DE SETIEMBRE DEL 2025

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI-R522r-10

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 175 Kg./cm.² a los 28 días
entonces la resistencia promedio F'cr = 245 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	2.54	2.65
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1668	1755
P.U. Suelto	1572	1646
% de Absorción	3.23	2.60
% de Humedad Natural	2.53	5.26
Modulo de Fineza	-	2.75

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1. La relación agua cemento se obtiene de las tablas proporcionadas por el ACI 522: 0.32
2. Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un TMN: 3/8" (9.53mm)
3. Contenido de vacíos: **USO N° 8** Cv = 22 %
4. Determinación de volumen de pasta: = 0.216 Ligeramente compactado
5. Cálculo de volúmenes

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

$$0.56$$



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
RUC: 98571



A. grueso = 937 kg

6. Cantidad de cemento

Cemento = 300 kg
Volumen de cemento = 0.095 m³
Cont. de Agua = 96 kg
Vol. de Agua = 0.096 m³
Volumen total de sólidos = 0.191 m³

7. Considerando un Porcentaje de Finos

Porcentaje de Finos: 5 %

Vol. A. Grueso (Vag) = 0.540 Vol. A. Grueso (Vag): = 0.03

A grueso = 899 kg A. fino = 51 kg

Confirmar porcentajes de vacíos

22 % OK

8. Corrección por absorción, humedad y aportes

Aporte A. Grueso 891 * 0.0323 = 28.78

Aporte A. Fino 891 * 0.0333 = 29.67

Total Aportes = 58.450

Agua Efectiva 1.3 lt/m³

Valores de diseño corregidos por humedad:

A Grueso Húmedo 49 * 0.0708 = 3.469 kg/m³

Agua * = 92.8 kg/cm³

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO
	(Kg/m ³)	PESO SECO	(Kg/m ³)
Cemento	300.00	1.00	300.00
Agua	96.00	0.32	1.30
Agreg. Grueso	899.00	3.00	3.47
Agreg. Fino	51.00	0.17	92.80
Aire	22.00 %		22.00 %

7.06 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

OBSERVACIONES:

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



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cabuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

REF: 845/3



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

FECHA : 29 - SETIEMBRE - 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	20654	15.01	176.95	116.72	175	20/08/2025	27/08/2025	7	66.70
2	B - 2	20845	14.98	176.24	118.27	175	20/08/2025	27/08/2025	7	67.59
3	B - 3	20915	15.01	176.95	118.20	175	20/08/2025	27/08/2025	7	67.54
4	B - 4	20635	14.98	176.24	117.08	175	20/08/2025	27/08/2025	7	66.90
5	B - 5	20777	15.01	176.95	117.42	175	20/08/2025	27/08/2025	7	67.10
Promedio De Esf. Rotura					117.54					67.16

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	27947	15.01	176.95	157.94	175	20/08/2025	03/09/2025	14	90.25
2	B - 2	27866	15.01	176.95	157.48	175	20/08/2025	03/09/2025	14	89.99
3	B - 3	27058	14.98	176.24	153.53	175	20/08/2025	03/09/2025	14	87.73
4	B - 4	27962	14.98	176.24	158.66	175	20/08/2025	03/09/2025	14	90.66
5	B - 5	28193	15.01	176.95	159.33	175	20/08/2025	03/09/2025	14	91.04
Promedio De Esf. Rotura					157.39					89.93

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	31026	15.01	176.95	175.34	175	20/08/2025	17/09/2025	28	100.19
2	B - 2	31336	15.01	176.95	177.09	175	20/08/2025	17/09/2025	28	101.19
3	B - 3	31171	15.01	176.95	176.16	175	20/08/2025	17/09/2025	28	100.66
4	B - 4	31243	14.98	176.24	177.27	175	20/08/2025	17/09/2025	28	101.30
5	B - 5	31421	15.01	176.95	177.57	175	20/08/2025	17/09/2025	28	101.47
Promedio De Esf. Rotura					176.69					100.96

OBSERVACIONES:

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



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. 84573



ESTUDIO MECANICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACION, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruzito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

FECHA : 29 - SETIEMBRE - 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON POLIACRILONITRILO 0.30%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	22056	15.01	176.95	124.65	175	20/08/2025	27/08/2025	7	71.23
2	B - 2	22025	15.01	176.95	124.47	175	20/08/2025	27/08/2025	7	71.13
3	B - 3	22314	14.98	176.24	126.61	175	20/08/2025	27/08/2025	7	72.35
4	B - 4	22374	14.98	176.24	126.95	175	20/08/2025	27/08/2025	7	72.54
5	B - 5	22358	15.01	176.95	126.35	175	20/08/2025	27/08/2025	7	72.20
Promedio De Esf. Rotura					125.81					71.89

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	29536	15.01	176.95	166.92	175	20/08/2025	03/09/2025	14	95.38
2	B - 2	29285	15.01	176.95	165.50	175	20/08/2025	03/09/2025	14	94.57
3	B - 3	29375	15.01	176.95	166.01	175	20/08/2025	03/09/2025	14	94.86
4	B - 4	29396	15.01	176.95	166.13	175	20/08/2025	03/09/2025	14	94.93
5	B - 5	29315	15.01	176.95	165.67	175	20/08/2025	03/09/2025	14	94.67
Promedio De Esf. Rotura					166.04					94.88

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	32480	15.01	176.95	183.55	175	20/08/2025	17/09/2025	28	104.89
2	B - 2	32395	14.98	176.24	183.81	175	20/08/2025	17/09/2025	28	105.03
3	B - 3	32399	15.01	176.95	183.10	175	20/08/2025	17/09/2025	28	104.63
4	B - 4	32859	15.01	176.95	185.70	175	20/08/2025	17/09/2025	28	106.11
5	B - 5	33059	15.01	176.95	186.83	175	20/08/2025	17/09/2025	28	106.76
Promedio De Esf. Rotura					184.60					105.48



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Lahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REC: 64573



ESTUDIO MECANICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACION, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruzito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

FECHA : 29 - SETIEMBRE - 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON POLIACRILONITRILO 0.60%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	23043	15.01	176.95	130.22	175	20/08/2025	27/08/2025	7	74.41
2	B - 2	23316	15.01	176.95	131.77	175	20/08/2025	27/08/2025	7	75.29
3	B - 3	23973	15.01	176.95	135.48	175	20/08/2025	27/08/2025	7	77.42
4	B - 4	23561	15.01	176.95	133.15	175	20/08/2025	27/08/2025	7	76.09
5	B - 5	23965	15.01	176.95	135.43	175	20/08/2025	27/08/2025	7	77.39
Promedio De Esf. Rotura					133.21					76.12

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	30936	15.01	176.95	174.83	175	20/08/2025	03/09/2025	14	99.90
2	B - 2	30475	15.01	176.95	172.22	175	20/08/2025	03/09/2025	14	98.41
3	B - 3	30285	15.01	176.95	171.15	175	20/08/2025	03/09/2025	14	97.80
4	B - 4	30121	15.01	176.95	170.22	175	20/08/2025	03/09/2025	14	97.27
5	B - 5	30436	15.01	176.95	172.00	175	20/08/2025	03/09/2025	14	98.29
Promedio De Esf. Rotura					172.09					98.33

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	34091	15.01	176.95	192.66	175	20/08/2025	17/09/2025	28	110.09
2	B - 2	34285	15.01	176.95	193.76	175	20/08/2025	17/09/2025	28	110.72
3	B - 3	34175	15.01	176.95	193.13	175	20/08/2025	17/09/2025	28	110.36
4	B - 4	34059	14.98	176.24	193.25	175	20/08/2025	17/09/2025	28	110.43
5	B - 5	34559	15.01	176.95	195.30	175	20/08/2025	17/09/2025	28	111.60
Promedio De Esf. Rotura					193.62					110.64



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG 84573



ESTUDIO MECANICA DE SUELOS, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIOS CON FINES DE CIMENTACION, DISEÑO DE BASE Y SUB BASE GRANULAR, DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, DISEÑO DE ASFALTO Y OTROS EN GENERAL.
CELULAR: 983300680. EMAIL: edgarcruzito@gmail.com
DIRECCION: JR. MANCO CAPAC MZ B3 LT 17 - SAN MIGUEL - SAN ROMAN - PUNO. (REF. SALIDA HUANCANE).

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILLO Y FIBRA DE BASALTO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : ALAN GROBER HUANCOLLO MAMANI

FECHA : 29 - SEPTIEMBRE - 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON FIBRA DE BASALTO 0.45%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	23275	15.01	176.95	131.53	175	20/08/2025	27/08/2025	7	75.16
2	B - 2	23945	15.01	176.95	135.32	175	20/08/2025	27/08/2025	7	77.33
3	B - 3	23999	15.01	176.95	135.63	175	20/08/2025	27/08/2025	7	77.50
4	B - 4	23246	15.01	176.95	131.37	175	20/08/2025	27/08/2025	7	75.07
5	B - 5	23965	15.01	176.95	135.43	175	20/08/2025	27/08/2025	7	77.39
Promedio De Esf. Rotura					133.86					76.49

	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	30125	15.01	176.95	170.25	175	20/08/2025	03/09/2025	14	97.28
2	B - 2	30145	15.01	176.95	170.36	175	20/08/2025	03/09/2025	14	97.35
3	B - 3	30727	15.01	176.95	173.65	175	20/08/2025	03/09/2025	14	99.23
4	B - 4	30496	14.98	176.24	173.03	175	20/08/2025	03/09/2025	14	98.88
5	B - 5	30236	15.01	176.95	170.87	175	20/08/2025	03/09/2025	14	97.64
Promedio De Esf. Rotura					171.63					98.08

	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	33236	15.01	176.95	187.83	175	20/08/2025	17/09/2025	28	107.33
2	B - 2	33542	15.01	176.95	189.56	175	20/08/2025	17/09/2025	28	108.32
3	B - 3	33689	15.01	176.95	190.39	175	20/08/2025	17/09/2025	28	108.79
4	B - 4	33589	14.98	176.24	190.58	175	20/08/2025	17/09/2025	28	108.90
5	B - 5	33954	15.01	176.95	191.88	175	20/08/2025	17/09/2025	28	109.65
Promedio De Esf. Rotura					190.05					108.60

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

EDGAR GERARDO CRUZ TITO
ING. CIVIL CIP: 359518
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Edilberto Cahuapaza Velarde
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG 845/3



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☐

Fecha de entrega: _____

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ALAN GROBER HUANCUILLO MAMANI
Dirección: AV. NACIONES UNIDAS MZ.S LT. 20
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 45391870
Teléfono: 999333941 email: ALANGHM16@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL
Asesor: Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE CON LA
APLICACIÓN DE FIBRA DE POLIACRILONITRILO Y FIBRA DE BASALTO EN EL DISTRITO
DE PUNO 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): FIBRA, BASALTO, CONCRETO PERMEABLE, POLIACRILONITRILO

¿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.

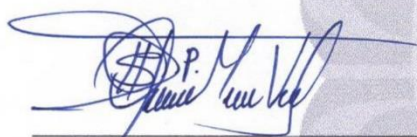
La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

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: TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17


Firma de Autor



huella digital

23/12/2025

Fecha