



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR
FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE
LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO
HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

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
EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR
FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE
LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO
HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. LEONEL SUASACA PBLINCO

SEGUNDO MIEMBRO

:

Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 914-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-1843 presentado por el (la) Bachiller: **JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE** 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. **JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

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

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: **JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 04 de setiembre del 2025
- * **HORA** : 09:30 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 CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIANORTE GALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1372-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 012874 por el señor (a): JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1258 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 227- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 227- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTRON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

cc.
Archivo
interesado (s)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1025-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 011012, presentado el señor (a) JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 951 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 281-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE ha presentado su propuesta de investigación Titulado: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 281-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS
Dr. Efraín Vallejo Rosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo 2024
Interesado (a)



EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	zagan.unizar.es Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41838767
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-0123-3312
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: San Miguel Latitud: S 15° 28' 43" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/sRv2M7R1wK3qI4nL7</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2024 - Agosto 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p> <p>Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00</p>



INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA DE MATERIALES
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES
[Firma]
Dr. Frida Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE, identificado con DNI

Nro. 41838767, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE

NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE

CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 30 de setiembre del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, pilares fundamentales en mi formación personal y profesional, cuya confianza incondicional, guía constante y apoyo permanente fueron esenciales en cada etapa de este proceso. También expreso mi profundo agradecimiento a mis amistades más leales, quienes, con firmeza y solidaridad, me acompañaron tanto en los momentos de logro como en los desafíos más complejos.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes y asesores de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, por compartir su conocimiento, orientación académica y apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Mi gratitud también se extiende a mis colegas y amistades cercanas, quienes con su aliento y colaboración contribuyeron significativamente en los momentos más exigentes del proceso formativo.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática.....	17
1.2	Planteamiento del problema	18
1.2.1	Problema general.....	18
1.2.2	Problemas específicos.....	18
1.3	Objetivos de la investigación	19
1.3.1	Objetivo general.....	19
1.3.2	Objetivos específicos	19
1.4	Justificación de la investigación.....	19
1.4.1	Justificación técnica	19
1.4.2	Justificación económica	20
1.4.3	Justificación social	21
1.4.4	Justificación ambiental.....	23
1.5	Hipótesis de la investigación.....	23
1.5.1	Hipótesis general	23
1.5.2	Hipótesis específicas	23
1.6	Variables e indicadores.....	24
1.6.1	Variable independiente	24
1.6.2	Variable dependiente.....	24
1.7	Operacionalización de variables	25

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



2.1	Antecedentes de la investigación	26
2.1.1	Antecedentes internacionales	26
2.1.2	Antecedente nacional	28
2.1.3	Antecedente local	29
2.2	Bases teóricas	30
2.2.1	Adoquín de concreto	30
2.2.2	Pavimentos de adoquines	38
2.2.3	Concreto	39
2.2.4	Ensayos a compresión y flexión	40
2.2.5	Métodos de prueba a mezcla	41
2.2.6	Neumáticos reciclados	42
2.2.7	Efectos neumáticos reciclados el concreto hidráulico	43
2.2.8	Usos neumáticos reciclados el concreto hidráulico	47
2.2.9	Aportes con el uso de fibra de acero de neumáticos reciclados en la fabricación de concretos	55
2.3	Marco conceptual.....	62

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Enfoque de investigación	65
3.2	Tipo de la investigación	66
3.3	Nivel de la investigación	66
3.4	Diseño de la investigación	66
3.5	Método de la investigación	67
3.6	Población y muestra de la investigación.....	67
3.6.1	Población	67
3.6.2	Muestra	68
3.7	Técnicas e instrumentos	69
3.7.1	Técnicas.....	69
3.7.2	Instrumentos	69
3.7.3	Proceso de obtención del material	70
3.8	Validación y confiabilidad del instrumento	74
3.8.1	Validación	74
3.8.2	Confiabilidad	74

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados	75
4.1.1	Propiedades físicas de adoquines de concreto con fibra de acero reciclado	81



4.1.2	Resistencia a la compresión para adoquines de concreto con fibra de acero reciclado	
	104	
4.1.3	Resistencia a la flexión para adoquines de concreto con fibra de acero reciclado ...	120
4.2	Discusión de Resultados	144
CONCLUSIONES		147
RECOMENDACIONES		149
REFERENCIAS		150
ANEXOS		155



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	25
Tabla 2 Numero de muestras – propiedades mecánicas.....	68
Tabla 3 Numero de muestras – propiedades físicas.....	69
Tabla 4 Agregado fino - Granulometría.....	75
Tabla 6 Peso suelto – Agregado fino	76
Tabla 7 Peso compactado – Agregado fino	77
Tabla 8 Análisis granulométrico - agregado grueso.....	77
Tabla 10 Peso unitario suelto – Agregado grueso	79
Tabla 11 P.U.C.del agregado grueso.....	79
Tabla 12 Resultados generales - Agregados.....	80
Tabla 13 Dosificación de materiales	80
Tabla 14 Absorción de adoquín convencional	81
Tabla 15 Absorción de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático.....	82
Tabla 16 Absorción de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático.....	83
Tabla 17 Absorción de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático.....	84
Tabla 18 Succión de adoquín convencional	86
Tabla 19 Succión de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático.....	87
Tabla 20 Succión de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático.....	88
Tabla 21 Succión de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático.....	89
Tabla 22 Alabeo de adoquín convencional	90
Tabla 23 Alabeo de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático	91
Tabla 24 Alabeo de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático	92
Tabla 25 Alabeo de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático	93
Tabla 26 Variación dimensional de adoquín convencional	95
Tabla 27 Variación dimensional de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático	96
Tabla 28 Variación dimensional de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático	96
Tabla 29 Variación dimensional de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático	97
Tabla 30 Slump – Muestra patrón.....	99
Tabla 31 Slump muestra patrón + 40% de acero de neumático	100



Tabla 32 Asentamiento muestra patrón + 50% de acero de neumático	101
Tabla 33 Asentamiento muestra patrón + 60% de acero de neumático	102
Tabla 34 Comparación de asentamientos promedio	103
Tabla 35 f'c – 7 días – muestra patrón.....	104
Tabla 36 f'c –14 das – muestra patrón.....	105
Tabla 37 f'c – 28 das – muestra patrón.....	106
Tabla 38 f'c 7 días – muestra patrón + 40% de FAN	108
Tabla 39 f'c 14 días – muestra patrón + 40% de FAN	109
Tabla 40 f'c 28 días – muestra patrón + 40% de FAN	110
Tabla 41 f'c 7 días – muestra patrón + 50% de FAN	112
Tabla 42 f'c 14 días – muestra patrón + 50% de FAN	113
Tabla 43 f'c 28 días – muestra patrón + 50% de FAN	114
Tabla 44 f'c 7 días – muestra patrón + 60% de FAN	116
Tabla 45 f'c 14 días – muestra patrón + 60% de FAN	117
Tabla 46 f'c 28 días – muestra patrón + 60% de FAN	118
Tabla 47 f'r – 7 días – muestra patrón	120
Tabla 48 F'r– 14 días – muestra patrón	121
Tabla 49 F'c – 28 días – muestra patrón	122
Tabla 50 F'r - 7 días + 40% de FAN.....	124
Tabla 51 Resistencia a flexión 14 días – muestra patrón + 40% de FAN.....	125
Tabla 52 Resistencia a flexión 28 días – muestra patrón + 40% de FAN.....	126
Tabla 53 F'r - 7 días + 50% de FAN.....	128
Tabla 54 F'r - 14 días + 50% de FAN.....	129
Tabla 55 Resistencia a flexión 28 días – muestra patrón + 50% de FAN.....	130
Tabla 56 F'r - 7 días + 60% FAN.....	132
Tabla 57 F'r - 14 días + 60% de FAN.....	133
Tabla 58 F'r 28 días + 60% de FAN.....	134
Tabla 59 Comparativa de las muestras a los 7 días	135
Tabla 60 Comparativa de las muestras a los 14 días	136
Tabla 61 Comparativa de las muestras a los 28 días	137
Tabla 62 Comparativa de las muestras general (evolución).....	138
Tabla 63 Comparativa de las muestras a los 7 días	139



Tabla 64 Comparativa de las muestras a los 14 días	140
Tabla 65 Comparativa de las muestras a los 28 días	142
Tabla 66 Comparativa de las muestras general (evolución)	143



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de adoquines de concreto	31
Figura 2 Estructuración de un pavimento	37
Figura 3 Diseño de pavimento con adoquines (peatonales).....	37
Figura 4 Diseño de pavimento con adoquines (vehiculares)	38
Figura 5 Diseño de pavimento con adoquines (vehículos pesados).....	38
Figura 6 Representación grafico de gradación del agregado fino	76
Figura 7 Representación grafica de la gradación del agregado grueso	78
Figura 8 Niveles de absorción de adoquín convencional.....	82
Figura 9 Niveles de absorción de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático	83
Figura 10 Niveles de absorción de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático	84
Figura 11 Niveles de absorción de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático	85
Figura 12 Comparación de absorción de adoquines con fibra de acero de neumático	85
Figura 13 Niveles de succión del adoquín convencional	86
Figura 14 Niveles de succión del adoquín con 40% de fibras de acero de neumático	87
Figura 15 Niveles de succión del adoquín con 50% de fibras de acero de neumático	88
Figura 16 Niveles de succión del adoquín con 60% de fibras de acero de neumático	89
Figura 17 Comparativo de succión del adoquín con fibras de acero de neumático reciclado	90
Figura 18 Medidas de alabeo del adoquín convencional.....	91
Figura 19 Medidas de alabeo del adoquín con 40% de fibra de acero reciclado	92
Figura 20 Medidas de alabeo del adoquín con 50% de fibra de acero reciclado	93
Figura 21 Medidas de alabeo del adoquín con 60% de fibra de acero reciclado	94
Figura 22 Comparativo de valores de alabeo (cara superior).....	94
Figura 23 Comparativo de valores de alabeo (cara inferior).....	95
Figura 24 Comparativo de valores de variación dimensional (Largo).....	97
Figura 25 Comparativo de valores de variación dimensional (Ancho).....	98
Figura 26 Comparativo de valores de variación dimensional (Alto).....	98
Figura 27 Asentamientos promedio muestra patrón	99
Figura 28 Slump + 40% FAN	100
Figura 29 Slump + 50% FAN	101



Figura 30 Slump + 60% FAN	102
Figura 31 Variación de asentamientos promedio de los grupos de control	103
Figura 32 Carga - resistencia, muestra patrón 7 días	104
Figura 33 Carga - resistencia-muestra patrón-14 días	106
Figura 34 Carga – resistencia - muestra patrón - 28 días.....	107
Figura 35 Factores de carga y resistencia, MP + 40% FAN - 7 días	108
Figura 36 Factores de carga y resistencia, MP + 40% FAN - 14 días	110
Figura 37 Factores de carga y resistencia, MP + 40% FAN - 28 días	111
Figura 38 Carga - resistencia, MP + 50% FAN - 7 días	112
Figura 39 Carga - resistencia, MP + 50% de fibras de acero de neumático - 14 días.....	114
Figura 40 Carga - resistencia, MP + 50% de fibras de acero de neumático - 28 días.....	115
Figura 41 Factores de carga y resistencia, MP + 60% FAN - 7 días	116
Figura 42 Factores de carga y resistencia, MP + 60% FAN - 14 días	118
Figura 43 Factores de carga y resistencia, MP + 60% FAN -28 días	119
Figura 44 Dial – flexión 7 días – muestra patrón	120
Figura 45 Dial - flexión, 14 días - muestra patrón	122
Figura 46 Factores de dial y flexión, muestra patrón a los 28 días.....	123
Figura 47 Factores de dial y flexión, MP + 40% de fibras de acero de neumático - 7 días	124
Figura 48 F`r - MP + 40% FAN - 14 días	126
Figura 49 Factores de dial y flexión, MP + 40% de fibras de acero de neumático - 28 días	127
Figura 50 Factores de dial y flexión, MP + 50% FAN - 7 días	128
Figura 51 Factores de dial y flexión, MP + 50% FAN - 14 días	130
Figura 52 Factores de dial y flexión, MP + 50% de fibras de acero de neumático - 28 días	131
Figura 53 Factores de dial y flexión, MP + 60% de fibras de acero de neumático - 7 días	132
Figura 54 Factores de dial y flexión, MP + 60% FAN - 14 días	133
Figura 55 Factores de dial y flexión, MP + 60% de fibras de acero de neumático - 28 días	135
Figura 56 Comparativa de las muestras a los 7 días.....	136
Figura 57 Comparativa de las muestras a los 14 días	137
Figura 58 Comparativa de las muestras a los 28 días	138
Figura 59 Resultados de la evolución de los testigos en diferentes edades	139
Figura 60 Comparativa de las muestras a los 7 días.....	140
Figura 61 Comparativa de las muestras a los 14 días.....	141



Figura 62 Comparativa de las muestras a los 28 días	142
Figura 63 Resultados de la evolución de los testigos en diferentes edades	143



RESUMEN

El presente estudio denominado "Efecto de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados sobre las propiedades de adoquines de concreto hidráulico en el distrito de San Miguel 2024" tiene como objetivo general analizar el impacto de la incorporación de fibras de acero recicladas en las propiedades de los adoquines de concreto hidráulico, los objetivos específicos incluyen la evaluación de absorción, succión, alabeo, variación dimensional, asentamiento, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión de las muestras con diferentes proporciones de fibras recicladas (40%, 50% y 60%). La investigación se lleva a cabo bajo un enfoque cuantitativo, tipo aplicada, dirigida nivel explicativo, diseño experimental. Los resultados mostraron que la muestra con un 40% de fibras recicladas presentó las mejores resistencias a la compresión (356.63 kg/cm²) y a la flexión (65.29 kg/cm²) a los 28 días. Finalmente, se concluye que la sustitución del 40% de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados mejora significativamente las propiedades del concreto sin comprometer su desempeño.

Palabras Clave: Agregados, fino, adoquín de concreto, fibra de neumático



ABSTRACT

The present study, entitled "Effect of replacing fine aggregate with recycled tire steel fiber on the properties of hydraulic concrete pavers in the district of San Miguel 2024," has the overall objective of analyzing the impact of incorporating recycled steel fibers on the properties of hydraulic concrete pavers. The specific objectives include evaluating the absorption, suction, warping, dimensional variation, settlement, compressive strength, and flexural strength of samples with different proportions of recycled fibers (40%, 50%, and 60%). The research is conducted using a quantitative, applied, explanatory, experimental design approach. The results showed that the sample with 40% recycled fibers had the best compressive strength (356.63 kg/cm^2) and flexural strength (65.29 kg/cm^2) at 28 days. Finally, it is concluded that replacing 40% of the fine aggregate with recycled steel fiber significantly improves the properties of the concrete without compromising its performance.

Keywords: Concrete pavers, fine aggregate, recycled tire steel fiber.



INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del aumento de la urbanización y de la creciente demanda de infraestructuras en diversos lugares, el sector de la construcción ha experimentado una extraordinaria expansión en las últimas décadas. Debido a las ventajas que ofrecen las pavimentadoras de concreto hidráulico en términos de durabilidad, resistencia y adaptación a una gran variedad de condiciones ambientales y de carga, el distrito de San Miguel ha experimentado un aumento en el despliegue de estas pavimentadoras. Por otra parte, la utilización continua de áridos finos naturales, como la arena, plantea problemas tanto en términos de disponibilidad a largo plazo de estos materiales como de protección del medio ambiente. La extracción de estos materiales no sólo tiene una influencia significativa en el medio ambiente, ya que contribuye a la destrucción de los ecosistemas y a la pérdida de biodiversidad, sino que también tiene el potencial de provocar un aumento de los gastos de los proyectos de construcción.

El estudio tiene como propósito analizar el impacto que tiene la sustitución de agregado fino por fibra de acero proveniente de neumáticos reciclados en las propiedades de adoquines de concreto hidráulico. Esta investigación responde a la necesidad de encontrar alternativas sostenibles para mejorar la calidad de los materiales de construcción, al mismo tiempo que se busca reducir la acumulación de residuos de neumáticos. En el distrito de San Miguel, un área con alta actividad constructiva, la implementación de esta solución innovadora podría traer beneficios tanto en términos de sostenibilidad como en el rendimiento mecánico de los adoquines. Se pretende evaluar cómo la incorporación de fibra de acero afecta propiedades clave como la resistencia a la compresión, la flexión y el asentamiento en el diseño de mezcla, lo que puede tener un impacto directo en la durabilidad y el desempeño de las infraestructuras viales de la zona.



El objetivo de este estudio es investigar los cambios que se producen en las cualidades de los adoquines hidráulicos de concreto en el distrito de San Miguel 2024 como resultado del uso de fibra de acero reciclada de neumáticos como agregado fino. Para lograr este objetivo, las metas precisas que deben alcanzarse son: determinar la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre el asentamiento en el diseño de mezcla de adoquines de concreto; evaluar cómo la sustitución influye en la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto; y finalmente, analizar la incidencia de la fibra de acero reciclada sobre la resistencia a flexión de los adoquines de concreto en el mismo contexto geográfico.

Con el fin de determinar el efecto que tiene la fibra de acero reciclada en las propiedades mecánicas de los adoquines, el enfoque de la investigación será cuantitativo por naturaleza. En lo que respecta a la construcción de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel, emplearemos la investigación aplicada con la intención de encontrar soluciones a retos reales. La comprensión de las relaciones causales entre variables, como la cantidad de fibra de acero reciclada de neumáticos y las cualidades mecánicas del concreto, se logrará mediante la utilización del nivel explicativo. En el diseño experimental, se modificarán las cantidades de fibra de acero reciclada de neumáticos en las mezclas de concreto y se estudiará el impacto que estas manipulaciones tienen en las cualidades físicas y mecánicas de los adoquines. El modelo experimental será experimental. Al final, se utilizará el método científico, que implica la formulación de una hipótesis, la realización de experimentos y el análisis estadístico de los datos recopilados para determinar la veracidad de los resultados.

Capítulo I: El problema de investigación

Este capítulo introduce el tema del estudio sobre la sustitución de agregado fino por fibra de acero reciclada en adoquines de concreto hidráulico. Se explica la importancia de utilizar materiales reciclados para mejorar las propiedades del concreto y reducir



residuos. También se detallan los objetivos generales y específicos, y la relevancia del estudio en el distrito de San Miguel en 2024.

Capítulo II: Marco Teórico

Se presenta una revisión de literatura sobre el uso de fibra de acero reciclada en concreto. Se abordan las propiedades del concreto, como resistencia y asentamiento, y cómo estas pueden verse afectadas por la fibra de acero. También se exploran estudios previos sobre el uso de materiales reciclados en la construcción.

Capítulo III: Metodología

Este capítulo describe el enfoque cuantitativo y el diseño experimental del estudio. Se explica cómo se manipularán las proporciones de fibra de acero de neumáticos reciclados en las mezclas de concreto y cómo se medirán las propiedades mecánicas, como resistencia a compresión, flexión y asentamiento, a través de ensayos en laboratorio.

Capítulo IV: Resultados y Discusión

Se presenta una exposición sobre los resultados de los experimentos realizados con adoquines que contenían fibra de acero reciclada. Para evaluar el efecto que tiene la fibra de acero en las propiedades del concreto, se analizan los datos y se comparan con los objetivos del estudio. Se debate la importancia de estos resultados para las prácticas de construcción respetuosas con el medio ambiente.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel internacional, el problema del manejo de residuos de neumáticos ha alcanzado proporciones alarmantes, con millones de toneladas de neumáticos desechados cada año. Estos desechos representan un desafío ambiental significativo debido a su difícil descomposición y su capacidad para generar contaminación en su disposición final. A pesar de las iniciativas para promover el reciclaje de neumáticos, gran parte de ellos aún terminan en vertederos o son incinerados, lo que contribuye a la emisión de gases tóxicos. Esta situación ha llevado a muchos países a investigar formas de utilizar estos residuos en la industria de la construcción, particularmente en la fabricación de materiales como concreto, donde la fibra de acero reciclada podría mejorar las propiedades mecánicas del material mientras se reduce la acumulación de residuos (Zia et al., 2023).

En el ámbito nacional, Perú enfrenta serios problemas relacionados con la gestión de residuos sólidos, especialmente los neumáticos fuera de uso. Según informes, la falta de infraestructura adecuada para el reciclaje de estos materiales y la escasa regulación sobre su manejo contribuyen a que una gran parte de los neumáticos desechados se acumulen en vertederos o sean quemados. A pesar de los esfuerzos del gobierno y de diversas organizaciones por implementar soluciones de reciclaje, aún no se ha logrado

establecer un sistema eficiente que aproveche los neumáticos reciclados en diversas industrias, como la construcción. En este contexto, la industria de la construcción podría desempeñar un papel fundamental al integrar materiales reciclados, como la fibra de acero de neumáticos, en la fabricación de productos como los adoquines de concreto, lo que ayudaría a reducir el impacto ambiental y a fomentar una economía más circular (Macedo y Quiza, 2025).

En el distrito de San Miguel, uno de los principales problemas relacionados con la construcción es la falta de sostenibilidad en el uso de los materiales, lo que afecta tanto a la calidad de las infraestructuras como al medio ambiente. Si bien la actividad constructiva ha crecido de manera significativa, las soluciones sostenibles, como el uso de materiales reciclados, no se han adoptado de manera generalizada. Los residuos de neumáticos son una preocupación creciente, y su disposición incorrecta contribuye a la contaminación. La incorporación de fibra de acero reciclada de neumáticos en la fabricación de adoquines de concreto podría ser una solución innovadora y localmente aplicable, ya que no solo aprovecharía un material que de otro modo sería desechado, sino que también mejoraría las propiedades del concreto, contribuyendo a una infraestructura más resistente y ecológica en el distrito (Benavides, 2019).

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados sobre las propiedades de adoquines de concreto hidráulico en el distrito de San Miguel 2024?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre las propiedades físicas de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel?

2. ¿Cuál es la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel?
3. ¿Cuál es la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a flexión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Analizar el efecto de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclado sobre las propiedades de adoquines de concreto hidráulico en el distrito de San Miguel 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre las propiedades físicas de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel.
2. Determinar la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel.
3. Determinar la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a flexión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

Desde una perspectiva estructural, en matrices de concreto ha demostrado en estudios previos un incremento los ciclos de carga y agentes ambientales agresivos. Estos



atributos técnicos son críticos en la fabricación de adoquines, que deben soportar cargas vehiculares y peatonales, así como resistir el desgaste causado por las condiciones climáticas locales del distrito de San Miguel. Las fibras de acero podrían actuar como refuerzo, distribuyendo las tensiones de manera más uniforme, lo que contribuye a una mayor estabilidad dimensional y a la reducción de fisuras o deformaciones durante el uso prolongado de los adoquines.

A nivel de sostenibilidad, el uso de neumáticos reciclados, permitiendo la reutilización. Técnicamente, las fibras de acero extraídas de neumáticos fuera de uso presentan características físicas y mecánicas que las hacen adecuadas como refuerzo en mezclas de concreto, aportando rigidez y mejorando el comportamiento del adoquín bajo cargas dinámicas. Además, la reducción en el uso de agregados naturales disminuye el impacto ambiental de la extracción de estos materiales, sin comprometer las propiedades del concreto.

Finalmente, desde el punto de vista técnico-económico, la sustitución parcial del agregado fino por fibras recicladas podría resultar en una solución eficiente en costos, considerando que los neumáticos fuera de uso son un recurso abundante y de bajo costo, en contraste con los agregados finos que deben ser extraídos, transportados y procesados. Esto implica que la incorporación de estas fibras no solo tiene el potencial de mejorar el desempeño técnico de los adoquines, sino también de reducir el costo de producción y promover prácticas de construcción más sostenibles en el distrito de San Miguel.

1.4.2 Justificación económica

En primer lugar, la recolección y procesamiento de neumáticos usados, particularmente la extracción de fibras de acero de su interior, es una práctica más económica en comparación con la extracción y procesamiento de agregados finos naturales, que implica costos asociados a la explotación de canteras, transporte, clasificación y tratamiento de materiales. Los neumáticos usados son un residuo

abundante y de bajo costo, y la reutilización de sus componentes no solo reduce el impacto económico de los insumos, sino que también alivia los costos relacionados con la gestión de residuos sólidos. Esto podría generar un ahorro en los costos totales.

Además, la utilización de fibras de acero recicladas podría disminuir la dependencia de insumos naturales cada vez más escasos y costosos. En un contexto en el que la demanda de materiales de construcción sigue en aumento, la explotación de recursos naturales está sujeta a precios fluctuantes que pueden encarecer los costos de los proyectos. En cambio, el aprovechamiento de neumáticos reciclados implica una fuente estable y accesible de material, lo que contribuye a la estabilidad de los costos de producción y facilita una mejor planificación financiera de los proyectos de construcción.

Desde el punto de vista de los costos de mantenimiento, la inclusión de fibras de acero en el concreto ha demostrado mejorar la durabilidad y resistencia de los adoquines, reduciendo la frecuencia de reparaciones o reemplazos. Esto supone una disminución en los costos de mantenimiento a largo plazo, lo cual es un factor determinante en la evaluación económica de la infraestructura urbana. Un adoquín de mayor durabilidad soportará mejor las condiciones de uso intenso y la exposición a agentes climáticos, reduciendo así los gastos asociados al mantenimiento preventivo y correctivo.

1.4.3 Justificación social

En primer lugar, el manejo inadecuado de los neumáticos fuera de uso representa un problema ambiental y de salud pública, especialmente en áreas urbanas donde la acumulación de residuos es más visible. Los neumáticos abandonados en vertederos o espacios abiertos contribuyen a la contaminación del suelo y del agua, ya la proliferación de enfermedades al convertirse en criaderos de insectos y plagas. En este contexto, la reutilización de neumáticos reciclados como fibras de acero en la fabricación de adoquines proporciona una solución socialmente responsable, ya que contribuye a la reducción de residuos sólidos y mejora la calidad de vida de las comunidades al promover un entorno más limpio y saludable.



Además, el uso de este tipo de materiales reciclados en la construcción de infraestructura pública, como calles, plazas y zonas peatonales, envía un mensaje importante sobre la adopción de prácticas sostenibles y la responsabilidad ambiental en el diseño urbano. Al incorporar fibras de acero de neumáticos reciclados, se fomenta una cultura de reciclaje y de reutilización de recursos, que puede tener un efecto multiplicador en la sociedad al sensibilizar a los ciudadanos sobre la importancia de la gestión adecuada de residuos y la conservación de los recursos naturales. Este enfoque promueve una mayor conciencia social y ambiental en la comunidad del distrito de San Miguel, impulsando un cambio en los hábitos de consumo y disposición de residuos.

Desde una perspectiva socioeconómica, la implementación de este tipo de soluciones puede generar oportunidades de empleo en sectores relacionados con el reciclaje y la gestión de residuos, lo que beneficiaría especialmente a poblaciones vulnerables. La creación de empleos locales en la recolección, procesamiento y distribución de neumáticos reciclados puede convertirse en un motor de desarrollo económico, mejorando la calidad de vida de las familias involucradas y reduciendo las tasas de desempleo. Al mismo tiempo, la inversión en infraestructura urbana más resistente y duradera mediante el uso de estos adoquines puede traducirse en un ahorro de recursos públicos a largo plazo, que podría ser redirigido a programas sociales o de bienestar comunitario.

Finalmente. El uso de tecnologías innovadoras y sostenibles en la construcción de espacios públicos puede elevar el nivel de satisfacción de los ciudadanos con su entorno urbano, fomentando un mayor cuidado y uso responsable de las infraestructuras. Al ver reflejada en su entorno la aplicación de soluciones ecológicas y eficientes, la comunidad puede sentirse parte activa de un proceso de mejora y transformación urbana, lo que fortalece los lazos entre los residentes y las autoridades locales.

1.4.4 Justificación ambiental

En primer lugar, la explotación de recursos naturales, como los agregados finos usados en la fabricación de concreto, ejerce una gran presión sobre los ecosistemas, particularmente en áreas donde la extracción de materiales de cantera provoca la alteración del paisaje, la pérdida de biodiversidad, la erosión del suelo y la contaminación de cuerpos de agua. Al sustituir estos agregados por fibras de acero de neumáticos reciclados, se reduce la necesidad de extracción de materiales vírgenes, contribuyendo a la conservación de los ecosistemas y disminuyendo el impacto negativo que la industria de la construcción tiene sobre el medio ambiente.

La disposición inadecuada de neumáticos fuera de uso es otro grave problema ambiental que esta investigación busca mitigar. Los neumáticos son residuos difíciles de manejar debido a su tamaño, composición y resistencia a la descomposición natural, lo que los convierte en un contaminante persistente en el ambiente. Su acumulación en vertederos genera focos de contaminación del suelo y agua, además de ser una fuente potencial de incendios que liberan gases tóxicos a la atmósfera. A través de la valorización de estos residuos, específicamente el aprovechamiento de sus fibras de acero, se promueve una solución efectiva para reducir la cantidad de neumáticos desechados, disminuyendo así el impacto ambiental de estos materiales.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El efecto de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclado sobre las propiedades de adoquines de concreto hidráulico en el distrito de San Miguel 2024, mejorara sus características.

1.5.2 Hipótesis específicas

1. La incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre las propiedades físicas de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel, variara con respecto a la muestra inicial.



2. La incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel, cambiara con respecto a la muestra patrón.
3. La incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a flexión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel, cambiara con respecto a la muestra patrón.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable independiente

Fibra de acero de neumáticos reciclado

Indicadores:

- Dosificación 40% con fibra de acero de neumático reciclado.
- Dosificación 50% con fibra de acero de neumático reciclado.
- Dosificación 60% con fibra de acero de neumático reciclado.

1.6.2 Variable dependiente

Adoquines de concreto hidráulico

Indicadores:

- Propiedades mecánicas
- Propiedades físicas



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable independiente	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Fibra de acero de neumáticos reciclados	Operacionalmente, estas fibras son definidas por su longitud, diámetro, resistencia a la tracción y su capacidad para la resistencia a la tracción, flexión y control de fisuración.	Dosificación con fibra de acero de neumáticos reciclado	Dosificación con 40% Dosificación con 50% Dosificación con 60%	Fichas de diseño de mezclas
Variable Dependiente Adoquines de concreto hidráulico	Operacionalmente, se definen por sus dimensiones estandarizadas (forma, tamaño y espesor), su resistencia a la compresión, capacidad de absorción de agua, y su resistencia al desgaste y a las cargas mecánicas.	Propiedades físicas. Propiedades mecánicas.	Asentamiento Alabeo Absorción Succión Variación dimensional Resistencia a compresión Resistencia a flexión	Equipos y herramientas de laboratorio



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Awolusi *et al.* (2020). "Fibra de acero de neumáticos usados en concreto". La aparición de la fibra de acero de neumáticos de desecho (WTSF), un recurso infravalorado, surgió de la necesidad de extraer los materiales útiles presentes en los neumáticos de desecho, considerando el gran volumen de este recurso que se desecha en vertederos a nivel mundial. Estas fibras se utilizan en revestimientos de túneles, estructuras hidráulicas, tableros de puentes, pavimentos y estabilización de taludes. La longitud de la fibra influye positivamente en la resistencia a la compresión (incremento de más del 10%), la resistencia a la flexión (incremento de más del 50%) y la resistencia a la tracción parcial (incremento de más del 30%), mientras que el asentamiento y la fluencia (incremento de más del 80%) se redujeron, pero pueden evitarse mediante una mezcla cuidadosa, la reducción de agregados gruesos y el uso de fibras cortas. El uso de WTSF contribuye a la sostenibilidad de la industria de la construcción. Este artículo se centra en revisar la gestión contemporánea de los neumáticos de desecho, las propiedades frescas y endurecidas de las fibras de acero extraídas de los neumáticos de desecho, el uso de las fibras de acero y la durabilidad del concreto que contiene estas fibras.



.Según Sambucci y Valente (2021). "Caucho de neumáticos de desecho molido como sustituto total de los áridos naturales en mezclas de concreto: aplicación para adoquines ligeros", El uso de materiales de desecho como áridos alternativos en mezclas cementosas es una de las prácticas más investigadas para mejorar la eco sostenibilidad en los sectores civil y de la construcción. Para aplicaciones específicas, estas materias primas secundarias pueden garantizar un rendimiento tecnológico adecuado, minimizando la explotación de recursos naturales y fomentando la gestión circular de residuos industriales o municipales. Con el objetivo de diseñar y desarrollar adoquines ligeros para uso peatonal o de tráfico muy ligero (estacionamientos, garajes, aceras o superficies deportivas), este artículo presenta la caracterización material de morteros de cemento cauchutado que utilizan caucho de neumático de desecho molido (polvo de caucho de 0-1 mm y gránulos de caucho de 1-3 mm) para sustituir totalmente los áridos minerales. Considerando los requisitos recomendados para elementos de pavimento de concreto en términos de resistencia mecánica, drenaje de agua, atenuación acústica y comportamiento dinámico y de absorción de energía, se propone un ensayo de laboratorio exhaustivo para cinco formulaciones diferentes, variando el nivel de sustitución de arena y caucho y la proporción entre ambas fracciones de caucho. Los ensayos arrojaron resultados positivos y prometedores para convertir muestras de laboratorio en elementos prefabricados. El hallazgo "caliente" del trabajo fue demostrar la viabilidad de obtener morteros totalmente cauchutados (0 v / v % de arena) con adecuadas prestaciones ingenieriles y características ecológicas mejoradas.

Según Su *et al.* (2023). En este trabajo se investiga "Comportamiento mecánico y de durabilidad del concreto con fibras de acero de neumáticos reciclados". El creciente descarte de neumáticos de desecho y la contaminación ambiental relacionada han llevado a una mayor exploración del uso de fibra de acero de neumáticos reciclados (RTSF) para reemplazar la fibra de acero industrial (ISF) para una producción de concreto más rentable. Este estudio compara la trabajabilidad, las propiedades mecánicas y la durabilidad del



concreto reforzado con RTSF (RSC) con las del concreto reforzado con ISF (ISC) comercial. Las siguientes muestras se fabricaron de acuerdo con las especificaciones: muestras de concreto liso, muestras ISC conocidas como IS05 e IS05R (que contienen un 0,5 % de ISF en volumen) y muestras RSC conocidas como RS05, RS10 y RS15 con tres porcentajes diferentes de volumen de RTSF (0,5 %, 1,0 % y 1,5 %). Tras la adición del mismo porcentaje en volumen de fibras, los resultados indican que el RSC posee un mayor nivel de fluidez en comparación con el ISC. En cuanto a las cualidades mecánicas, la incorporación de RTSF da lugar a una mejora marginal de la resistencia a la compresión después de 28 días. Además, la adición de RTSF puede dar lugar a un aumento de hasta el 15,4 % en la resistencia a la tracción por hendidura, lo que se aproxima mucho al aumento del ISF (16,9 %). Con respecto al rendimiento de flexión, las muestras RS15 muestran un efecto de mejora muy cercano a las muestras IS05 con mayor resistencia residual y energía de fractura. Los resultados de la prueba de velocidad de pulso ultrasónico también indican que tanto el RTSF como el ISF aumentan ligeramente el módulo del concreto. En términos de durabilidad, las muestras RS10 reducen la contracción por secado hasta en un 9,2%, lo cual es mejor que las muestras IS05 (6,3%). El RTSF también mejora la resistencia al ciclo de congelación y descongelación al reducir el porcentaje de cambio del módulo dinámico relativo y aumentar el factor de durabilidad hasta en un 4,6%. En general, los RTSF en el concreto tienen un refuerzo mecánico ligeramente menor y una mejor trabajabilidad en comparación con un tipo de ISF delgados. Estos hallazgos pueden facilitar el uso de RTSF en mezclas de concreto como refuerzos mecánicos y proporcionar otro mercado para el reciclaje de fibras de neumáticos de desecho.

2.1.2 Antecedente nacional

Según Alata (2019), su investigación titulada "Diseño de bloquetas de concreto con caucho reciclado de neumáticos para uso en muros de albañilería confinada, Lima-2019",



La presente propuesta se orienta a la fabricación de bloques o unidades constructivas prefabricadas elaboradas a partir de una mezcla de concreto que incluye en su composición caucho reciclado, derivado del reprocesamiento de neumáticos en desuso. Este material alternativo se incorpora como, principalmente en forma de partículas finas, con el objetivo de analizar su desempeño físico-mecánico y su aptitud para ser utilizado en edificaciones. El estudio se enmarca en un enfoque de sostenibilidad y aprovechamiento de residuos sólidos, promoviendo soluciones innovadoras para la industria de la construcción que contribuyan a reducir el impacto ambiental sin comprometer la resistencia, estabilidad ni funcionalidad de los elementos estructurales empleados en obras civiles.

Según Guzmán (2020). "Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-2015". A continuación, se crearán muestras de concreto en forma de cilindros y se llevarán a cabo las pruebas pertinentes de acuerdo a la (ASTM) y la (NTP), ambos ejemplos de normas. En este momento, aún se están evaluando la consistencia, la densidad, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción indirecta, el módulo de elasticidad, el comportamiento frente al fuego y la microestructura del material. Con el fin de determinar la calidad de cada mezcla, tanto en su forma fresca como endurecida, se utilizarán todas estas pruebas y mediciones. Además, la información recopilada de cada porcentaje de sustitución de áridos se utilizará en el proceso de realización de un análisis estructural de un edificio típico de doce plantas. Esta prueba se llevará a cabo con el fin de determinar si la utilización de caucho en estructuras de concreto armado es viable y/o eficaz.

2.1.3 Antecedente local

Según Alvarez (2022). "Incorporación de Relave Triturado de Naturaleza No Tóxica como Componente en la Dosificación de Mezclas para la Fabricación de Adoquines de Concreto: Caso de Estudio en la Localidad de Ollachea, Región Puno – Año 2022". Los residuos de la extracción minera que se llevó a cabo en las afueras de la ciudad de



Ollachea, ubicada en la región de Puno, fueron objeto de esta investigación, realizada con la intención de darles un uso. La utilización de los residuos como materia prima y su incorporación a la mezcla para la fabricación de adoquines de concreto es la solución a los problemas medioambientales que se han puesto de manifiesto. En este estudio, basado en la investigación científica y experimental, se utilizan métodos de investigación comparativos y descriptivos. Para determinar las cualidades mecánicas y físicas del concreto tras la adición de residuos mineros, se llevaron a cabo experimentos de laboratorio. Además, se realizó una evaluación de la viabilidad del uso del concreto. Se añadieron residuos a la mezcla en varias concentraciones (10 %, 30 %, 50 % y 75 %), con la intención de producir un adoquín de concreto. La mezcla se dosificó con la intención de lograr este efecto. Además, se realizaron dosificaciones sin la adición de residuos, siendo este el principal punto de referencia considerado. A los siete, catorce y veintiocho días, respectivamente. Para cumplir con las normas establecidas por el estándar NTP, es necesario alcanzar un diseño promedio favorable después de 28 días de $f'c=380,28 \text{ kg/cm}^2$ utilizando un 10 % de adición de residuos. El valor $f'c$ para los adoquines de tipo II es de 380 kilogramos por centímetro cuadrado, según lo especificado por la norma 399.611, de acuerdo con la norma. A continuación, se fabricaron quince adoquines de concreto, uno de los cuales tenía exactamente la cantidad adecuada de residuos añadidos, mientras que el otro no tenía ningún residuo añadido. Posteriormente, se evaluaron la absorción de agua, la fluctuación dimensional y la densidad de estos adoquines mediante una serie de experimentos. Durante la etapa siguiente, se llevó a cabo una investigación sobre el precio unitario de los adoquines normales y los que contenían residuos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Adoquín de concreto

2.2.1.1. Definición

Las unidades individuales de concreto que han sido moldeadas y sometidas a procesos de compactación mecánica, lo cual mejora sus propiedades físicas y

estructurales. Esta característica permite que las superficies construidas con este material faciliten un tránsito fluido, cómodo y seguro, siendo además una opción rentable en términos económicos. Asimismo, presenta un buen desempeño frente a condiciones ambientales como la lluvia, manteniendo su funcionalidad en escenarios de humedad (Cárdenas Y Guncay, 2023).

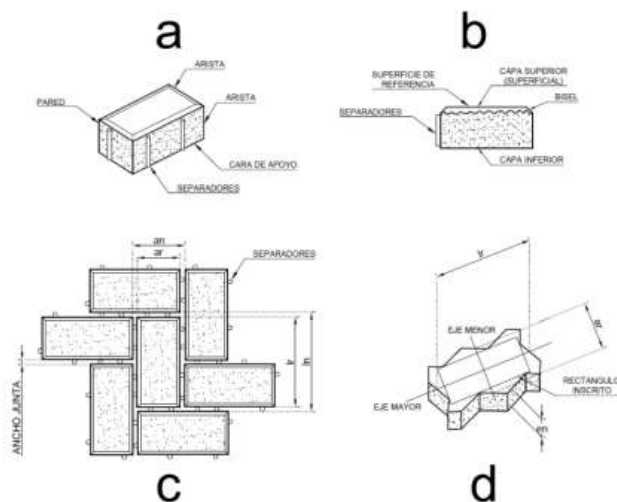
Por otro lado, el pavimento conformado por concreto prefabricado representa una solución versátil y eficiente en el ámbito de la infraestructura urbana, siendo ampliamente utilizado en la ejecución de vías vehiculares, veredas, senderos, plazas, patios y zonas ajardinadas. A su vez, destaca por su apariencia visual atractiva, ya que permite variedad de colores, formas y texturas, lo cual aporta un valor estético adicional a los espacios donde se implementa (Cuyo Y Yngles, 2024).

2.2.1.2. Adoquín de concreto

El adoquín prefabricado de concreto, con una estructura de bases poligonales, se emplea para la construcción de superficies continuas dentro de un sistema de pavimentación modular. Estos elementos pueden presentarse en versiones bicapa o monocapa, según las especificaciones del diseño y los requerimientos del proyecto (Cárdenas Y Guncay, 2023).

Figura 1

Tipos de adoquines de concreto



2.2.1.3. Pavimentos articulados

Debido a que las unidades se mantienen en su sitio por fricción y transmisión de cargas entre adoquines, estos adoquines destacan por su capacidad para soportar cargas sin necesidad de utilizar materiales adhesivos. Un factor importante que contribuye a la resistencia de los elementos es su diseño articulado, que les permite aceptar pequeños movimientos o asentamientos del terreno sin romperse (Cuyo Y Yngles, 2024).

Principales características de los pavimentos articulados:

- Los adoquines, que suelen ser de concreto o arcilla, se componen de piezas individuales moldeadas de forma geométrica y colocadas siguiendo un patrón que les permite entrelazarse unas con otras. Esto es lo que les confiere su potencial articulado. Este diseño modular no sólo facilita la instalación y sustitución de las piezas dañadas, sino que también elimina la necesidad de retirar grandes secciones de pavimento.
- Los pavimentos articulados, que son flexibles en contraste con los pavimentos rígidos, como el concreto colocado in situ, permiten un mayor grado de flexibilidad ante los cambios del terreno, como ligeras deformaciones o asentamientos. En regiones con suelos expansivos o donde se producen cambios en el nivel de las aguas subterráneas, esta función es muy valiosa (Cuyo Y Yngles, 2024).
- Gracias a su resistencia al desgaste, los pavimentos articulados son apropiados tanto para aplicaciones peatonales como vehiculares. Están diseñados para soportar cargas severas y circunstancias de tráfico frecuente.
- El uso de pavimentos articulados permite mejorar el drenaje de la superficie gracias a las pequeñas juntas que existen entre los adoquines. Esto permite que el agua de lluvia penetre más fácilmente en el subsuelo y sea absorbida por el terreno. La reducción de los encharcamientos y la prevención de los problemas de escorrentía, además de la contribución a la recarga de los acuíferos, son ventajas de todo ello (Cuyo Y Yngles, 2024).



- La longevidad de los pavimentos articulados es una de las ventajas más significativas que ofrecen, junto con su facilidad de mantenimiento y durabilidad. Al no estar sujetos a fracturas continuas, como las que se producen en las superficies pavimentadas, su vida útil puede abarcar muchas décadas, con unas necesidades de mantenimiento mínimas.
- Los adoquines articulados son bellos en contextos urbanos, parques, plazas y zonas residenciales porque permiten crear una amplia variedad de formas y patrones estéticos. Esto los hace versátiles y adecuados para una gran variedad de aplicaciones. Además, se ofrecen en una gran variedad de tonalidades, texturas y dimensiones, lo que les permite ser muy versátiles a la hora de satisfacer los requisitos de los proyectos arquitectónicos y paisajísticos (Cárdenas Y Guncay, 2023).

Ventajas.

- Esto les proporciona una ventaja significativa en regiones con actividad sísmica o suelos inestables (Cuyo Y Yngles, 2024).
- Esto hace que la instalación y reparación de estos pavimentos sea muy sencilla.
- Esto se consigue permitiendo que el agua penetre en las juntas con mayor eficacia.
- Es posible reducir los problemas medioambientales, como los efectos permeables en pavimentos articulados. Esto puede ayudar a garantizar la sostenibilidad del proyecto. Además, algunos adoquines se construyen a partir (Cárdenas Y Guncay, 2023).

Aplicación:

- Por su resistencia y capacidad para soportar las cargas que transportan los vehículos, las calles y carreteras se utilizan en áreas metropolitanas que experimentan un tráfico moderado o intenso (Zamorano, 2016).
- Aparcamientos: Son típicos en aparcamientos comerciales e industriales, que son lugares donde hay un flujo constante de tráfico de vehículos y donde es necesario tener una superficie que sea duradera y sencilla de mantener.

- Los pavimentos articulados son una opción popular para zonas peatonales y plazas por su estética y versatilidad. Ofrecen una superficie a la vez atractiva y útil para aceras, paseos y plazas.
- Debido a su facilidad de instalación y mantenimiento, los adoquines articulados se utilizan con frecuencia en entornos residenciales para construir paseos, terrazas o zonas de recreo (Cárdenas Y Guncay, 2023).

2.2.1.4. Arena de sellos

La construcción de pavimentos, más concretamente los sistemas de pavimento articulado, hace uso de este material, que es un gránulo granular fino. Con el fin de proporcionar un sellado que añada estabilidad y durabilidad a la superficie, su principal cometido es rellenar las juntas o bloques que componen la estructura del pavimento (Zamorano, 2016).

Características principales de la arena de sellos:

- Es importante que la arena de sellado tenga un tamaño de partícula suficiente. El material debe ser pequeño, pero no tan fino como el polvo. El tipo de arena que se suele utilizar en esta aplicación concreta es la arena de sílice, que normalmente consta de partículas cuyo diámetro oscila entre 0,1 mm y 2 mm. Esta arena lo que garantiza que encajen correctamente.
- El uso de arena de sellado en los espacios entre los adoquines sirve para limitar el desplazamiento lateral de los adoquines, lo que a su vez proporciona resistencia a las cargas que aplican los vehículos y, en consecuencia, contribuye a la estabilidad general de la estructura. Gracias a su capacidad de compactación en las juntas, garantiza que los adoquines seguirán firmemente adheridos en su lugar, reduciendo así la probabilidad de desplazamientos o desalineaciones que podrían tener un impacto perjudicial en la vida útil del pavimento (Zamorano, 2016).



- La arena de sellado es capaz de permitir el drenaje del agua, que es una de las características más cruciales que posee. Permite que el agua pase a través de las juntas, ya que está formada por partículas microscópicas que no están totalmente compactadas. Esto ayuda a drenar la superficie del pavimento y evita que se produzcan encharcamientos (Cárdenas Y Guncay, 2023).
- Cuando la arena de sellado se compacta, reduce la cantidad de partículas que entran en las capas inferiores del pavimento. Esta es otra de las funciones de la arena de sellado. Como resultado de ello, se utiliza como sustancia para el sellado de juntas. Debido a que la penetración de agua en el pavimento puede provocar daños como consecuencia de los ciclos de congelación y descongelación, esta característica es de suma importancia en regiones sometidas a importantes fluctuaciones climáticas.

Proceso de aplicación.

- Tras la colocación de los adoquines sobre la base del pavimento, la arena de sellado se dispersa por toda la superficie. A continuación, se realiza con sumo cuidado para garantizar que penetra uniformemente en las juntas presentes entre los adoquines.
- A continuación, los adoquines se aplastan con un vibrador o compactador, lo que permite que la arena se asiente firmemente en las juntas. Este paso se produce después de que la arena se haya esparcido entre los adoquines. De este modo, el pavimento será más estable, ya que se garantizará que los componentes estén bien unidos (Cárdenas Y Guncay, 2023).
- Para rellenar las juntas que han perdido material, puede ser necesario volver a aplicar arena una vez completada la compactación inicial. Esto puede ser necesario a lo largo del tiempo. Gracias a este esfuerzo de conservación, se preservan tanto el funcionamiento como la estética del pavimento (Zamorano, 2016).

Ventajas arena de sellos:

- La arena ayuda a mantener una superficie homogénea y dura rellenando las juntas del pavimento, lo que contribuye a evitar que los adoquines se desplacen. Esto contribuye a mejorar la estabilidad del pavimento (Zamorano, 2016).
- Además de facilitar el drenaje del agua, esta característica también permite que el agua penetre en el pavimento, lo que a su vez minimiza la probabilidad de que se produzcan encharcamientos.
- Es posible evitar el crecimiento de vegetación entre las juntas de los adoquines aplicando arena de sellado de la forma adecuada. Esta aplicación también ayuda a mantener el pavimento limpio y libre de malas hierbas que de otro modo serían indeseables. El sellado con arena también ayuda a evitar el crecimiento de vegetación.

Consideraciones.

- La arena utilizada debe tener un alto grado de pureza y carecer de cualquier contaminante que pueda obstaculizar su rendimiento, como partículas de polvo, residuos de arcilla o materiales orgánicos, ya que éstos podrían mermar la capacidad de la arena para absorber agua y afectar a la estabilidad del pavimento (Jácome Y Maldonado, 2023).
- Sustitución periódica: Es esencial inspeccionar las juntas del pavimento y sustituir la arena cuando sea necesario, sobre todo en regiones que experimentan un tráfico peatonal considerable o están sometidas a la intemperie de forma constante (Zamorano, 2016).

2.2.1.5. Adoquines en la pavimentación

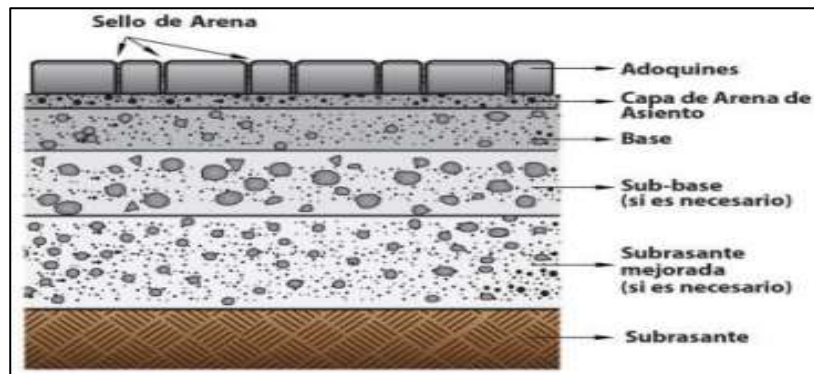
En pavimentación debido a su capacidad para agilizar el proceso constructivo. Gracias a su método de instalación sencillo, es posible completar y poner a prueba todo el pavimento en el mismo día, lo que reduce considerablemente el tiempo de interrupción del

tráfico. Esto, a su vez, disminuye los costos financieros y sociales asociados con el tiempo, los equipos, los materiales, entre otros recursos (Jácome Y Maldonado, 2023).

2.2.1.6. Apreciación de la estructura

Figura 2

Estructuración de un pavimento



2.2.1.7. Normas en adoquines de concreto

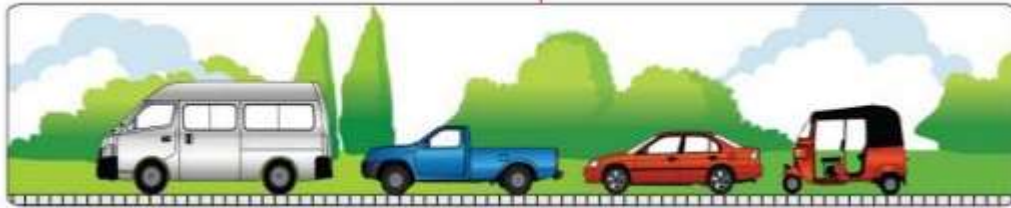
Tipo I: Está destinado exclusivamente al tránsito peatonal, áreas de uso público y, en ciertos casos, al desplazamiento de motocicletas, bicicletas o coches para bebés. Este tipo de superficie está diseñada para soportar desde un flujo peatonal muy bajo hasta una afluencia peatonal intensa, como la que se observa en zonas céntricas de la ciudad, donde la densidad de personas en circulación es considerablemente elevada (Zamorano, 2016).

Figura 3

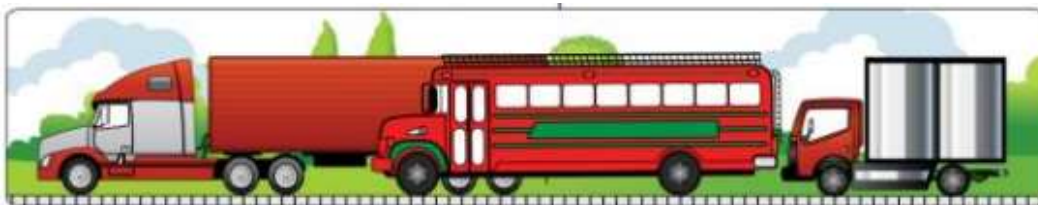
Diseño de pavimento con adoquines (peatonales)



Tipo II: Está diseñado para áreas con tráfico vehicular ligero, como garajes, estacionamientos, ciclovías y otros espacios donde circulan vehículos de bajo peso.

Figura 4*Diseño de pavimento con adoquines (vehiculares)*

Tipo III: Es apropiado para su uso en lugares susceptibles de soportar cargas vehiculares significativas, como terminales portuarias, aeropuertos, zonas de carga y descarga en regiones manufactureras, estaciones de autobuses y arterias clave como avenidas y calles urbanas. Está construido para uso industrial y entornos con mucho tráfico, por lo que es ideal para su uso en estas zonas (Jácome Y Maldonado, 2023).

Figura 5*Diseño de pavimento con adoquines (vehículos pesados)***2.2.2 Pavimentos de adoquines**

El pavimento es una estructura compuesta por diversos elementos que se instalan en calles o caminos con el objetivo de facilitar el tránsito de manera más segura y cómoda, reduciendo el desgaste de los vehículos. Además, ofrece beneficios tanto a los peatones como a los residentes de la zona.

Existen distintos tipos de pavimentos, tales como los de asfalto, concreto, adoquín, entre otros. Este estudio se centra específicamente en la fabricación de adoquines, en los que se incorpora una pequeña cantidad de polvo de llanta como parte del agregado fino, el cual será objeto de análisis en las siguientes secciones (Lasluisa Y Montoya, 2022).

2.2.3 Concreto

2.2.3.1. Clasificación del concreto

- La clasificación de los concretos se realiza comúnmente en función de los valores obtenidos a los 28 días. Esta clasificación depende del uso específico al que se destinará el concreto. Para cada caso, se diseña la mezcla con el objetivo de alcanzar la resistencia requerida a esa edad (Jácome Y Maldonado, 2023).
- La clasificación del concreto según su peso unitario es comúnmente determinada por el tipo de agregado utilizado. En nuestra región, lo más frecuente es emplear concreto elaborado con agregados naturales, cuyo peso unitario se encuentra alrededor de los 2300 kg/m³. No obstante, también se han desarrollado tecnologías avanzadas que permiten la fabricación de concretos de menor peso (concreto ligero) o de mayor densidad (concreto pesado).

2.2.3.2. Componentes de concretos

1. Cementos

Tiene propiedades adhesivas y cohesivas, lo que le permite unir partículas para producir concreto. Cuando el concreto se crea con cemento Portland normal, tarda unos 28 días en alcanzar su resistencia nominal. Sin embargo, después de eso, sigue ganando resistencia, aunque a un ritmo más lento. (Lasluisa Y Montoya, 2022).

2. Agua

El concreto debe fabricarse con agua limpia que no contenga contaminantes peligrosos como aceites, ácidos, álcalis, sales, compuestos orgánicos y otras sustancias que puedan dañar la resistencia o durabilidad del concreto. El agua que se utiliza en el proceso de fabricación del concreto debe estar purificada (Jácome Y Maldonado, 2023).

3. Agregados

Los agregados constituyen alrededor de tres cuartas partes del volumen total del concreto. Dado que el costo de los agregados es inferior al del cemento, resulta

conveniente utilizar la mayor cantidad posible de estos materiales para optimizar los costos.

4. Aire

Cuando se mezcla el concreto, el aire se integra quedan atrapadas dentro de la masa. Por eso el aire es un componente tan importante en las mezclas de concreto. El aire se extrae de la pasta mediante un proceso de compactación, que consiste en vibrar el concreto después de haberlo colocado, una vez que se ha fraguado. (Lasluisa Y Montoya, 2022).

2.2.3.3. Diseño de mezcla

Una vez finalizado el proceso de verificación para garantizar que los áridos poseen las propiedades químicas, físicas y mecánicas necesaria teniendo en cuenta estos criterios. Los materiales que componen la mezcla se dosifican cuidadosamente para asegurar que el concreto obtenido posea la resistencia necesaria, una manejabilidad adecuada para su colocación y, a la vez, un costo reducido. Este último aspecto impone la necesidad de usar la menor cantidad posible de cemento, siempre garantizando que se mantengan las propiedades requeridas para el concreto (Ramírez-Pico et al., 2020).

2.2.4 Ensayos a compresión y flexión

2.2.4.1. Resistencia a compresión

Este ensayo se lleva a cabo sobre muestras preparadas previamente con el material que se desea evaluar. Las muestras tendrán una forma cilíndrica, con diámetros específicos según los requisitos del ensayo. Ambas bases del cilindro deben ser completamente paralelas. La prueba se efectúa utilizando prensas especializadas, una de cuyas placas se mantiene fija para asegurar que los esfuerzos se distribuyan de manera uniforme sobre la muestra (Lasluisa Y Montoya, 2022).

2.2.4.2. Resistencia a flexión

Con el fin de determinar el límite de resistencia a la flexión de un determinado material, se requiere la elaboración de probetas con geometría rectangular o cilíndrica. En el desarrollo del ensayo, estas muestras son colocadas dentro del equipo de prueba, asegurando que sus extremos se apoyen de manera libre sobre dispositivos de soporte fabricados en acero (Ramírez-Pico et al., 2020).

2.2.5 Métodos de prueba a mezcla

2.2.5.1. Método de prueba normalizada ASTM C 143

La finalidad del ensayo de asentamiento consiste en medir el grado de consistencia del concreto fresco. Para su ejecución, se procede a humedecer un molde metálico con forma de tronco de cono, el cual se ubica sobre una base firme, plana, húmeda y que no sea absorbente (Allicca Y Gomez, 2024).

2.2.5.2. Método de prueba normalizada ASTM C 1064

La temperatura es un factor crucial que afecta a la calidad. Sin un control adecuado de la temperatura, resulta complicado, si no imposible, predecir su desempeño. Un concreto que comienza con una temperatura elevada, es probable que adquiera una resistencia mayor de lo habitual en sus primeras etapas, pero con el tiempo, esa resistencia disminuirá más de lo esperado en etapas posteriores. Esto, a su vez, podría comprometer la calidad final del concreto (Lasluisa Y Montoya, 2022).

2.2.5.3. Método de prueba normalizada ASTM C 138

La densidad o peso unitario del concreto hace referencia a la relación entre la masa del material y el volumen que ocupa. Este parámetro depende de diversos factores, tales como la cantidad y la densidad de los agregados utilizados, el contenido de aire —ya sea atrapado o incorporado. Este valor es especialmente relevante en concretos

convencionales destinados a estructuras como pavimentos peatonales y edificaciones (Ramírez-Pico et al., 2020).

2.2.5.4. Método de prueba normalizada ASTM C 231

La incorporación de aire en el concreto es esencial cuando éste se encuentra expuesto a ciclos de congelación y descongelación, así como a productos químicos descongelantes. Los pequeños vacíos de aire incorporados actúan como un medio para aliviar la presión interna dentro del concreto, permitiendo que se manejen las tensiones generadas cuando los cristales de hielo se forman en los poros y capilares del material (Allcca Y Gomez, 2024).

2.2.6 Neumáticos reciclados

El **neumático reciclado en la construcción** se ha convertido en una alternativa sostenible y eficiente para reducir en particular los neumáticos fuera de uso, que tardan cientos de años en degradarse. Los neumáticos reciclados se utilizan principalmente en diversas formas: triturados como agregado para concreto, en la fabricación de asfalto modificado, o como refuerzos en la producción de materiales de construcción, como bloques o adoquines (Allcca Y Gomez, 2024). La goma triturada de los neumáticos puede reemplazar parcialmente los agregados naturales en mezclas de concreto, mejorando algunas propiedades como la flexibilidad, absorción de impactos y la capacidad de amortiguación. Además, las fibras de acero que refuerzan la estructura interna de los neumáticos son recuperadas y reutilizadas como refuerzo en concretos, incrementando la resistencia a la tracción y reduciendo la formación de grietas. El uso de neumáticos reciclados en la construcción no solo contribuye a una gestión más responsable de los residuos, sino que también reduce la explotación de recursos naturales, como el uso de agregados vírgenes, y ayuda a disminuir las emisiones de CO₂ al minimizar la necesidad de extracción y transporte de materiales. Esta práctica se alinea con los principios de la economía circular, promoviendo la reutilización de desechos y generando materiales de

construcción más sostenibles y con mejor desempeño en condiciones específicas, como pavimentos urbanos o estructuras de bajo impacto ambiental (Ramírez-Pico et al., 2020).

2.2.6.1. Aplicaciones de neumáticos reciclado

Una proporción considerable de neumáticos reutilizados se destina como fuente de energía en procesos industriales como la fabricación de cemento y ladrillos, debido a su elevado poder calorífico, que alcanza aproximadamente los 15,000 BTU por libra, superando en hasta un 200% al poder energético de combustibles convencionales como el carbón. No obstante, para que su uso térmico no genere subproductos peligrosos ni comprometa la calidad ambiental, es imprescindible que su combustión se realice a temperaturas próximas a los 1,100 °C, además de contar con sistemas eficientes de control y tratamiento de los gases emitidos durante el proceso (Collanqui Y Gamarra, 2023).

2.2.7 Efectos neumáticos reciclados el concreto hidráulico

El uso de neumáticos reciclados en el concreto hidráulico ha ganado interés en la ingeniería civil como una alternativa para mejorar el desempeño del material y reducir el impacto ambiental. Incorporar componentes en la mezcla de concreto hidráulico no solo responde a la necesidad de gestionar adecuadamente los residuos sólidos, sino que también introduce cambios en sus características. A continuación, se describen los principales efectos que los neumáticos reciclados pueden tener sobre el concreto hidráulico (Allcca Y Gomez, 2024).

2.2.7.1. Modificación de las características mecánicas

- **Resistencia a la compresión:** El reemplazo de agregados naturales por extraídas de neumáticos puede disminuir ligeramente. Sin embargo, esta reducción puede ser compensada mediante ajustes en la proporción de la mezcla o el uso de otros aditivos que fortalezcan el concreto (Allcca Y Gomez, 2024).

- **Resistencia a la tracción y flexión:** de los neumáticos pueden mejorar significativamente su resistencia flexión del concreto hidráulico, dado que actúan como refuerzos internos que distribuyen mejor las tensiones dentro del material. Esto es especialmente útil en aplicaciones que requieren alta resistencia al agrietamiento o que están sujetas a cargas dinámicas (Collanqui Y Gamarra, 2023).
- **Modulación del módulo de elasticidad:** El caucho reciclado aporta una mayor flexibilidad al concreto, lo que reduce su rigidez y aumenta su capacidad de deformarse antes de fracturarse. Esto puede ser ventajoso en aplicaciones donde se requiere resistencia al impacto o absorción de vibraciones, como pavimentos urbanos o estructuras que están sometidas a movimientos sísmicos.

2.2.7.2. Efectos sobre la durabilidad

- **Absorción de energía e impactos:** El concreto hidráulico que incorpora neumáticos reciclados presenta una mayor capacidad de absorción de impactos y vibraciones. Esto lo convierte en una opción ideal para superficies sometidas a tráfico pesado, áreas peatonales o zonas donde se prevea un desgaste significativo. El caucho actúa como amortiguador, distribuyendo mejor las tensiones y minimizando el riesgo de fisuras (Neyra, 2019).
- **Reducción de la propagación de grietas:** Las fibras de acero extraídas de los neumáticos no solo refuerzan la mezcla, sino que también limitan el crecimiento y la propagación de microgrietas. A largo plazo, esto contribuye a un mayor tiempo de vida útil de las estructuras (Collanqui Y Gamarra, 2023).
- **Resistencia a la intemperie y a productos químicos:** Los componentes de caucho en el concreto hidráulico también pueden mejorar la resistencia del material, salinidad, o productos químicos. Este efecto se debe a la baja permeabilidad del caucho y su capacidad para aislar la matriz de concreto de estos agentes externos.

2.2.7.3. Efectos sobre el comportamiento térmico

- **Aislamiento térmico:** El caucho es un excelente aislante térmico, lo que puede modificar las propiedades del concreto hidráulico al incorporar este material reciclado. Esto se traduce en un comportamiento más eficiente frente a las variaciones de temperatura, manteniendo más estable la temperatura interna de las estructuras y reduciendo los efectos de dilatación y contracción del concreto (Neyra, 2019).
- **Mitigación del efecto de isla de calor:** En zonas urbanas, el uso de concreto con partículas de caucho reciclado podría al calor gracias a sus propiedades aislantes y su capacidad para reflejar menos calor que los materiales convencionales. Esto resulta en superficies más frescas en comparación con las construidas con concreto tradicional (Collanqui Y Gamarra, 2023).

2.2.7.4. Impacto de sostenibilidad ambiental

- **Minimización de residuos sólidos:** El uso de neumáticos reciclados en el concreto hidráulico es la mitigación del problema ambiental que representa la acumulación de neumáticos usados en vertederos o espacios abiertos. Estos neumáticos tardan décadas en degradarse y, a menudo, causan problemas, así como la proliferación de enfermedades transmitidas por insectos que se crían en los neumáticos desechados (Neyra, 2019).
- **Menor explotación de recursos naturales:** Al utilizar caucho, se reduce la necesidad de extraer agregados naturales, disminuyendo el impacto ambiental de la minería de canteras y la degradación de los ecosistemas. Esto contribuye a una gestión más eficiente de los recursos y a una disminución de la huella ecológica del sector de la construcción (Collanqui Y Gamarra, 2023).
- **Contribución a la economía circular:** Este enfoque promueve la reutilización de materiales desechados, alineándose con los principios de la economía circular. Al incorporar residuos en el ciclo productivo, se minimiza el desperdicio, se extiende la

vida útil de los materiales y se fomenta la sostenibilidad en la industria de la construcción.

2.2.7.5. Aplicaciones y desafíos en la construcción

- **Aplicaciones prácticas:** El concreto hidráulico con neumáticos reciclados tiene múltiples aplicaciones en la construcción, especialmente en obras de pavimentación, calles urbanas, estacionamientos, áreas peatonales, pavimentos permeables y en la construcción de carreteras con tráfico intenso. Sus propiedades mejoradas lo hacen ideal para superficies sometidas a desgaste por uso repetido o condiciones ambientales adversas (Neyra, 2019).
- **Desafíos técnicos:** A pesar de sus múltiples beneficios, el uso de neumáticos reciclados en concreto hidráulico presenta algunos desafíos. Uno de ellos es la posible reducción de la resistencia a la compresión, lo cual debe abordarse mediante la correcta proporción de los materiales o la adición de otros componentes que compensen dicha pérdida. Otro desafío es la necesidad de un tratamiento adecuado de los neumáticos reciclados, garantizando que el caucho y las fibras de acero estén debidamente procesados y libres de contaminantes para asegurar un rendimiento óptimo (Collanqui Y Gamarra, 2023).

El uso de neumáticos reciclados en el concreto hidráulico representa una solución innovadora y ambientalmente responsable que mejora ciertas propiedades del concreto tradicional, como la flexibilidad, la durabilidad y la resistencia a impactos. Aunque puede haber limitaciones en términos de resistencia a la compresión, estos inconvenientes pueden gestionarse a través de ajustes complementarios. Desde una perspectiva ambiental, esta práctica contribuye a reducir el volumen de residuos de neumáticos y a disminuir la presión sobre los recursos naturales, promoviendo un enfoque más sostenible en la construcción. Además, el concreto hidráulico mejorado con componentes reciclados tiene un potencial significativo para ser utilizado en aplicaciones urbanas e



infraestructurales, donde la durabilidad, el bajo mantenimiento y el desempeño frente a condiciones adversas son requisitos esenciales (Neyra, 2019).

2.2.8 Usos neumáticos reciclados el concreto hidráulico

2.2.8.1. El concreto como material compuesto: composición, propiedades y aplicaciones en elementos prefabricados

El concreto en estado fresco o endurecido son los componentes que intervienen en la fabricación del concreto, que es un material compuesto. Existen ciertas restricciones en cuanto a las tensiones de tracción y flexión, pero la interacción entre estos componentes da lugar a la formación de una matriz cementosa capaz de soportar importantes cargas de compresión. La trabajabilidad, la resistencia mecánica, la durabilidad y la variedad de aplicaciones son algunas de las características más excepcionales que posee. El concreto es un material que se convierte en un material estratégico en el campo de las piezas prefabricadas, como los adoquines, ya que permite que la producción se realice en condiciones reguladas, lo que da como resultado piezas homogéneas y de la misma calidad. El concreto es un material clave para lograr soluciones sostenibles y eficaces en la industria de la construcción, ya que ofrece ventajas en términos de rapidez de construcción, reducción de residuos y optimización de costes. La prefabricación es otra ventaja que aporta la prefabricación. (Neyra, 2019).

2.2.8.2. Los adoquines de concreto: definición, características y comportamiento estructural

Los espacios públicos, las zonas peatonales, las entradas para vehículos y los pavimentos urbanos son los principales lugares donde se utilizan los adoquines de concreto. Los adoquines son piezas pequeñas prefabricadas. Su diseño tiene como objetivo combinar la resistencia mecánica del producto con la facilidad de instalación y mantenimiento. El hecho de que estos bloques estén disponibles en una amplia gama de formas permite crear una gran variedad de patrones de colocación muy versátiles y que



mejoran la integridad estructural de las superficies. Alta resistencia a la compresión, baja absorción de agua y buena resistencia al desgaste superficial son algunas de las propiedades que deben poseer para ser considerados adecuados. Tanto la resistencia individual de cada pieza como el sistema de enclavamiento que se forma por el conjunto de adoquines, la capa de arena y la base granular son factores que influyen en el comportamiento estructural de estas estructuras. Por consiguiente, la longevidad y el rendimiento de los adoquines de concreto están relacionados con la calidad del material, así como con la correcta ejecución del proceso de construcción. (Neyra, 2019).

2.2.8.3. Propiedades mecánicas y físicas requeridas en los adoquines de concreto según normativas internacionales y nacionales

Los requisitos específicos que deben cumplir los adoquines de concreto para garantizar su rendimiento están establecidos por normas internacionales como la ASTM C936 y normas nacionales como las especificaciones técnicas para la infraestructura vial en varios países latinoamericanos. La resistencia a la compresión es una de las cualidades mecánicas más importantes y, dependiendo de la aplicación, debe ser siempre superior a 35 MPa. Además, algunos de los parámetros que se regulan son la resistencia a la flexión, el desgaste por abrasión, la estabilidad dimensional y la durabilidad frente a los ciclos de congelación-descongelación. Reducir la susceptibilidad a la degradación por humedad es un requisito en el ámbito físico, y es necesario limitar la absorción de agua, que suele ser inferior al 8 %. Con el fin de cumplir los requisitos del tráfico automovilístico y peatonal en diversos entornos, estos criterios garantizan que los adoquines mantendrán su integridad estructural y visual incluso cuando se utilicen en condiciones de servicio. (Collanqui Y Gamarra, 2023).

2.2.8.4. Problemas y limitaciones en la fabricación convencional de adoquines de concreto

En lo que respecta a la calidad de los materiales utilizados, los costes de producción y las implicaciones medioambientales que conlleva su creación, la fabricación tradicional de adoquines de concreto tiene limitaciones. En muchos casos, el uso de áridos naturales conlleva un consumo significativamente mayor de recursos no renovables, lo que a su vez compromete la sostenibilidad del proyecto. Los adoquines convencionales, cuando se someten a condiciones de carga extremas, son susceptibles de sufrir grietas prematuras, baja resistencia a la flexión y rápido desgaste de la superficie, lo que reduce su vida útil a nivel técnico. Además, la producción convencional se limita con frecuencia a diseños rígidos que no incorporan los avances en materiales alternativos. Esto significa que es difícil responder a las nuevas demandas de durabilidad, sostenibilidad y sistemas de economía circular. Debido a estas limitaciones, existe la posibilidad de que se utilicen componentes reciclados, como fibras de acero procedentes de neumáticos, para mejorar el rendimiento estructural de los neumáticos y reducir su impacto en el medio ambiente. (Collanqui Y Gamarra, 2023).

2.2.8.5. Residuos de neumáticos como problema ambiental y su potencial de aprovechamiento en la industria de la construcción

Debido a su volumen, resistencia al deterioro y propensión a generar contaminación ambiental, los neumáticos que han llegado al final de su vida útil se encuentran entre los tipos de residuos sólidos más difíciles de gestionar a escala mundial. Su gran durabilidad hace que tarden cientos de años en descomponerse en los vertederos. Esto provoca su acumulación, lo que a su vez genera problemas como la propagación de vectores biológicos y accidentes. Teniendo en cuenta las circunstancias actuales, la industria de la construcción tiene una capacidad significativa para absorber estos residuos. Esto se debe a que el sector de la construcción consume una cantidad importante de recursos y existe la opción de añadir componentes reciclados a las mezclas de concreto y a las piezas

prefabricadas. El concreto se refuerza adicionalmente mediante la utilización de fibras de acero obtenidas de neumáticos reciclados, lo que no solo ayuda a reducir la contaminación, sino que también contribuye a la mejora de las características mecánicas del concreto y a la promoción de un modelo de economía circular. (Collanqui Y Gamarra, 2023).

2.2.8.6. Fibras de acero provenientes de neumáticos reciclados: obtención, morfología y características físico-mecánicas

El proceso de reciclaje de neumáticos, en el que se separan los componentes principales (caucho, acero y textiles), es el método principal mediante el cual se crean las fibras de acero. Para facilitar su anclaje mecánico en la matriz cementosa, estas fibras tienen una morfología irregular, con longitudes y diámetros variables. Debido a su alta resistencia a la tracción, que puede ser superior a 1200 MPa, y a su buena ductilidad, estos refuerzos son eficaces para combatir la fragilidad del concreto. Entre sus cualidades físicas y mecánicas se incluyen estas características. Su irregularidad geométrica puede proporcionar un mayor efecto de anclaje, lo que aumenta la adhesión y reduce la propagación de grietas. Esto es así a pesar de que no tienen la uniformidad de las fibras industriales que se fabrican específicamente. Las fibras de acero recicladas, una alternativa práctica y rentable a los materiales tradicionales, se caracterizan por estas características. (Allcca Y Gomez, 2024).

2.2.8.7. Influencia de las fibras en la matriz del concreto: adherencia, refuerzo y mecanismos de transferencia de carga

La inserción de fibras metálicas en el concreto provoca un cambio sustancial en el comportamiento de la matriz cementosa. En las zonas donde se forman microfisuras, estas fibras actúan como puentes de unión, lo que inhibe la propagación de las microfisuras y distribuye las tensiones de manera más uniforme. Debido a la capacidad del refuerzo para transferir cargas, el mecanismo de adhesión que existe entre la fibra y la pasta de cemento es de suma importancia. Gracias a la presencia de las fibras, la concreta mejora su

ductilidad, resistencia y comportamiento tras la fisuración, lo que en última instancia da como resultado un concreto más duradero y resistente. Esta influencia se traduce en una mayor resistencia a las cargas de impacto y una menor susceptibilidad a la rotura frágil en elementos prefabricados, como los adoquines en la industria de la construcción. (Allcca Y Gomez, 2024).

2.2.8.8. Efecto de la adición de fibras de acero en la resistencia a la compresión, flexión y tracción del concreto

Se ha demostrado en varios estudios que la incorporación de fibras de acero recicladas en el concreto puede, en diversos grados, mejorar las cualidades mecánicas del material. Dado que la función principal de las fibras no es soportar cargas axiales, sino inhibir la propagación de grietas, los resultados tienden a mostrar aumentos moderados en la resistencia a la compresión. Esto se debe a que las fibras están diseñadas para ello. Dado que las fibras funcionan como un refuerzo disperso que absorbe las tensiones de tracción, el impacto es más significativo. Esto mejora la capacidad de deformación sin comprometer la integridad estructural de toda la estructura. Estas mejoras, cuando se aplican a los adoquines, dan como resultado una mayor durabilidad frente al tráfico repetitivo y una menor probabilidad de que se produzcan grietas prematuras. (Allcca Y Gomez, 2024).

2.2.8.9. Comportamiento del concreto reforzado con fibras frente a la fisuración y el alabeo en elementos prefabricados

El concreto que se utiliza en la construcción tradicional es un material delicado que tiende a agrietarse cuando se somete a presiones de flexión y tracción. Las fibras metálicas, por otro lado, aumentan la capacidad del material para absorber energía, lo que a su vez retrasa la aparición de grietas y limita la propagación de esos defectos. Dado que los materiales prefabricados, como los adoquines, están sujetos a cargas dinámicas y condiciones de soporte desiguales, lo que puede provocar deformaciones, esta mejora es

absolutamente necesaria para ellos. Además de mejorar el rendimiento bajo presiones repetitivas y condiciones climáticas adversas, las fibras de acero sirven como refuerzos tridimensionales que mantienen la estructura intacta incluso después de que hayan aparecido grietas. Como consecuencia, el concreto adquiere una mayor resistencia y dureza, lo que se traduce en un mejor rendimiento durante su vida útil. (Allcca Y Gomez, 2024).

2.2.8.10. Variaciones en la absorción, permeabilidad y durabilidad del concreto con adiciones de fibras de acero recicladas

Las propiedades de durabilidad del concreto pueden mejorarse; sin embargo, el alcance de esta mejora depende de la cantidad de fibras utilizadas y de cómo se distribuyen por todo el concreto. En términos de absorción de agua, se ha descubierto que las fibras, al ocupar espacio dentro de la matriz, podrían restringir la creación de poros conectados, lo que a su vez disminuye la permeabilidad. Esto es importante, ya que los poros conectados son necesarios para la absorción de agua. El aumento de la resistencia a sustancias agresivas como los sulfatos y los cloruros es el resultado de esta propiedad. Sin embargo, una cantidad excesiva de fibras o una falta de dispersión podrían dar lugar a fallos internos que afecten a la longevidad del material. La resistencia del concreto al deterioro medioambiental mejora cuando se incorporan adecuadamente fibras metálicas al material. Esto, a su vez, prolonga el tiempo durante el que los adoquines pueden utilizarse de forma eficaz. (Allcca Y Gomez, 2024).

2.2.8.11. Estudios experimentales internacionales sobre el uso de fibras de acero recicladas en concretos y prefabricados

La integración de fibras de acero recicladas en mezclas de concreto y piezas prefabricadas ha sido objeto de investigaciones a escala mundial, han mejorado significativamente en pruebas realizadas en Europa y Asia, por ejemplo. Se ha determinado que el uso de fibras recicladas en suelos industriales ha dado lugar a una

reducción de la necesidad de refuerzos tradicionales en países como Italia y España. Las investigaciones realizadas en México, Brasil y Estados Unidos han demostrado que la utilización de fibras derivadas de neumáticos reciclados es una opción viable y sostenible, capaz de competir con las fibras industriales sin sacrificar la calidad del producto final. Estas investigaciones se llevaron a cabo en América. (Allicca Y Gomez, 2024).

2.2.8.12. Investigaciones nacionales y regionales sobre la aplicación de fibras metálicas de neumáticos en la construcción

La cantidad de investigaciones que se están realizando sobre las fibras metálicas recicladas está aumentando en América Latina. Investigaciones llevadas a cabo en países como Perú, Colombia y Chile han demostrado un aumento de la resistencia a la tracción indirecta y la durabilidad del concreto que contiene fibras recicladas. Se ha centrado principalmente en la producción de piezas no estructurales y prefabricadas en la región andina, como adoquines y bloques. Este es el uso principal de la tecnología. Al reducir la cantidad de neumáticos usados que se acumulan, esta investigación ha puesto de manifiesto no solo las ventajas técnicas, sino también los efectos favorables para el medio ambiente. El potencial de desarrollo tecnológico es grande y representa una oportunidad para consolidar la sostenibilidad en la industria de la construcción regional. A pesar de que los avances aún se encuentran en fase de desarrollo, el potencial de desarrollo tecnológico es considerable. (González, 2022)

2.2.8.13. Ventajas y limitaciones del empleo de fibras de acero recicladas frente a fibras industriales convencionales

En comparación con las fibras industriales, las fibras de acero recicladas ofrecen una serie de ventajas importantes. Una de sus principales ventajas es que son económicas y beneficiosas para el medio ambiente, ya que reciclan residuos que, de otro modo, se tirarían a la basura. Su forma irregular también contribuye a un mayor grado de anclaje mecánico en la matriz de cemento en la que se incrustan. La falta de uniformidad en las

dimensiones y cualidades, que puede afectar a la reproducibilidad de los resultados, es una de las limitaciones asociadas a estos materiales. Por otro lado, las fibras industriales proporcionan un mayor nivel de control de calidad y uniformidad, a pesar de que su precio es más elevado. En vista de ello, la decisión entre fibras recicladas y fibras industriales debe basarse en un equilibrio entre el rendimiento técnico, la viabilidad económica y el compromiso con la sostenibilidad medioambiental, respectivamente. (González, 2022)

2.2.8.14. Implicancias ambientales y sostenibilidad en la reutilización de neumáticos mediante su incorporación en concretos

El uso de fibras de acero recicladas procedentes de neumáticos ofrece importantes beneficios medioambientales. En primer lugar, contribuye a reducir la cantidad de residuos sólidos que suelen depositarse en vertederos y basureros ilegales. Se trata de una contribución significativa. Como resultado, también se reduce la extracción de recursos vírgenes, como el acero industrial, lo que a su vez reduce la huella de carbono asociada a la fabricación del acero. Estas ideas, que intentan poner fin a los ciclos de producción y aprovechar al máximo los residuos generados por otras industrias, están en consonancia con esta estrategia, que se ajusta a los conceptos de economía circular y arquitectura sostenible. La colocación de piedras formadas a partir de fibras metálicas recicladas no solo tiene una finalidad estructural, sino que también se convierte en un producto respetuoso con el medio ambiente capaz de satisfacer las expectativas que actualmente se plantean en materia medioambiental. (González, 2022)

2.2.8.15. Perspectivas de innovación en la fabricación de adoquines de concreto con fibras metálicas recicladas

Se espera que los adoquines de concreto reforzados con fibras metálicas recicladas experimenten un importante desarrollo en cuanto a técnicas y materiales en un futuro próximo. El desarrollo de combinaciones más eficaces que optimicen las características mecánicas y de durabilidad, al tiempo que reduzcan su impacto en el medio

ambiente, está ganando popularidad este año. Se podría mejorar la compactación y la resistencia del concreto mediante la utilización de fibras recicladas junto con aditivos minerales, como cenizas volantes o sílice activa. En lo que respecta a la construcción, los avances en la impresión 3D podrían permitir la fabricación de piezas prefabricadas con geometrías optimizadas y reforzadas con fibras metálicas. Esto abriría un nuevo campo de posibilidades. Estas perspectivas son indicativas de un cambio de paradigma en la producción de adoquines, que implica la integración de la sostenibilidad y la tecnología con el fin de producir soluciones más seguras, rentables y menos perjudiciales para el medio ambiente. (González, 2022)

2.2.9 Aportes con el uso de fibra de acero de neumáticos reciclados en la fabricación de concretos

2.2.9.1. Fundamentos y limitaciones mecánicas

Con el fin de producir una estructura heterogénea que posea diversas propiedades mecánicas, el concreto es un material compuesto que se crea combinando una matriz cementosa con partículas finas y gruesas. Debido a su resistencia a la compresión, donde muestra valores elevados, es un material esencial para la construcción. Su resistencia a la compresión es su principal fortaleza. La naturaleza del material, que es frágil y de baja ductilidad, da lugar a un comportamiento deficiente cuando se somete a tensión, flexión e impacto. La durabilidad y la vida útil de los elementos estructurales se ven reducidas como resultado de estas limitaciones, que generan una alta susceptibilidad a la creación y propagación de grietas. Se han desarrollado técnicas de refuerzo con fibras, que incluyen el uso de fibras metálicas, con el fin de mejorar la resistencia del concreto, prevenir el agrietamiento y mejorar su rendimiento en diversas circunstancias de carga. (Cárdenas Y Guncay, 2023).

2.2.9.2. Problemática de los neumáticos fuera de uso y su potencial aprovechamiento en la construcción

Debido a la lentitud con la que se degradan y a los peligros que conlleva su eliminación inadecuada, los neumáticos que han llegado al final de su vida útil suponen un importante riesgo medioambiental a escala mundial. La acumulación de estos residuos suele producirse en vertederos ilegales o basureros, donde ocupan una gran cantidad de espacio y generan fuentes de contaminación debido a la propagación de vectores biológicos y incendios. Gracias a que permite incorporar componentes reciclados en mezclas de cemento y elementos prefabricados, la industria de la construcción se ha convertido rápidamente en un sector con una gran capacidad para absorber residuos. El concreto se refuerza técnicamente mediante el uso de fibras de acero derivadas de neumáticos reciclados, lo que no solo sirve para reducir el impacto del concreto en el medio ambiente, sino que también mejora cualidades como la resistencia al impacto, la ductilidad y el control de grietas. (Cárdenas Y Guncay, 2023).

2.2.9.3. Características físico-mecánicas de las fibras de acero recicladas de neumáticos

Para diferenciarse de las fibras industriales, las fibras de acero derivadas de neumáticos reciclados poseen una serie de propiedades distintivas. Su morfología irregular, que incluye diámetros y longitudes variables, les confiere una capacidad eficaz de anclaje en la matriz cementosa. Con una resistencia a la tracción que puede alcanzar los 1200 MPa y una ductilidad aceptable, estas fibras son un refuerzo adecuado para el concreto, ya que son capaces de contrarrestar la fragilidad de este material. Además, debido a su composición metálica, son capaces de soportar deformaciones y absorber tensiones dinámicas sin romperse, lo que contribuye a aumentar la resistencia del material. En comparación con las fibras convencionales, son una alternativa viable y ecológica debido a su bajo coste y origen reciclado, a pesar de su irregularidad. (Cuyo Y Yngles, 2024).

2.2.9.4. Interacción entre la fibra de acero reciclada y la matriz cementicia del concreto

Su interacción con la matriz de cemento es un factor importante que determina la eficacia de las fibras de acero recicladas en el concreto. La adhesión mecánica y química entre la fibra y la pasta de cemento es lo que determina esta interacción entre ambos. Las fibras recicladas, con su morfología irregular y superficie rugosa, son capaces de generar una mayor cantidad de anclaje, lo que mejora su capacidad para transferir la carga de forma eficaz. Gracias a este mecanismo, las fibras pueden funcionar como puentes, lo que limita la apertura de microfisuras y su capacidad de propagación. La dispersión tridimensional de las fibras dentro de la mezcla también proporciona un refuerzo isotrópico, lo que aumenta la capacidad del concreto para soportar tensiones multiaxiales. Esta es una ventaja adicional de la mezcla. Tanto el comportamiento mecánico como la durabilidad general del material se ven mejorados gracias a la presencia de las fibras. (Cuyo Y Yngles, 2024).

2.2.9.5. Efectos de la adición de fibras de acero recicladas en la resistencia a compresión, tracción y flexión del concreto

Las propiedades mecánicas del concreto se ven afectadas de diversas maneras por la adición de fibras de acero recicladas al material. Debido a que la función principal de las fibras no es resistir cargas axiales, sino actuar como restrictores de grietas, las ganancias en resistencia a la compresión suelen ser de bajas a moderadas. Por otro lado, en lo que respecta a la resistencia a la tracción y a la flexión, las ventajas más notables se observan en los lugares donde las fibras contribuyen a la redistribución de la tensión y a la absorción de energía en zonas críticas. Los elementos de concreto se benefician de una mayor ductilidad y seguridad estructural como resultado de sus contribuciones, lo que se traduce en una mayor capacidad de deformación sin fractura rápida. (Zamorano, 2016).



2.2.9.6. Influencia de las fibras metálicas en el control de fisuración y aumento de la tenacidad del concreto

Las fibras metálicas en el concreto tienen la capacidad de controlar el agrietamiento, lo que constituye una de las ventajas más significativas de su uso. Las microfisuras que tienden a formarse en la matriz de cemento son interceptadas por las fibras durante el proceso de carga. Las fibras absorben y redistribuyen las tensiones, lo que garantiza que estas no se propaguen más. La tenacidad se define como la capacidad de un material para absorber energía antes de fracturarse, y este mecanismo no solo limita la apertura de grietas, sino que también mejora la tenacidad. Al incorporar fibras de acero recicladas en el concreto, el material muestra un comportamiento más dúctil, una mayor resistencia tras la fisuración y un mejor rendimiento en condiciones de servicio. (Zamorano, 2016).

2.2.9.7. Comportamiento del concreto con fibras de acero recicladas frente a cargas dinámicas e impacto

En construcciones sometidas a circunstancias extremas, el uso del concreto tradicional está restringido debido a su comportamiento frágil cuando se somete a cargas dinámicas e impactos. Estas fibras actúan como disipadores de energía, lo que reduce la propagación de grietas y aumenta la capacidad del material para absorber deformaciones. La adición de fibras de acero recicladas da como resultado una mejora significativa en esta reacción. Se ha descubierto que el concreto reforzado con fibras recicladas tiene una mayor durabilidad y resistencia al deterioro, como lo demuestran los resultados de las pruebas de impacto y fatiga. Los pavimentos, los suelos industriales y las estructuras sometidas a cargas repetitivas o impactos directos son ejemplos en los que este comportamiento resulta muy útil. (Zamorano, 2016).

2.2.9.8. Durabilidad y desempeño del concreto reforzado con fibras metálicas en ambientes agresivos

Especialmente en situaciones en las que se producen agentes agresivos como cloruros, sulfatos o ciclos de congelación-descongelación, la resistencia a la corrosión es un componente esencial del rendimiento del concreto. La reducción de la propagación de fracturas y la disminución de la permeabilidad del material son dos de las formas en que las fibras metálicas recicladas contribuyen a la mejora de esta característica. Las estructuras pueden prolongar su vida útil y reducir su deterioro prematuro si se protegen de la entrada de sustancias externas. Por otro lado, el carácter metálico de las fibras puede crear riesgos de corrosión. Por ello, es necesario un control adecuado en el diseño de la mezcla, así como en el revestimiento cementoso. Es fundamental tener esto en cuenta. (Jácome Y Maldonado, 2023).

2.2.9.9. Contribución de las fibras de acero recicladas en la resistencia al desgaste y la abrasión

El concreto que se utiliza en suelos industriales, pavimentos y zonas de alto tráfico a veces presenta problemas de desgaste y abrasión en la superficie. El refuerzo de la matriz de cemento y la limitación del desprendimiento de partículas son dos formas en las que las fibras de acero recicladas contribuyen a mejorar la resistencia a estos fenómenos. El resultado de este impacto son superficies más duraderas, con menos pérdida de material y un mejor rendimiento, incluso cuando se someten a un tráfico intenso. En elementos prefabricados sometidos a cargas de fricción, como los adoquines, la inserción de fibras recicladas es especialmente ventajosa, ya que mejora la vida útil del producto y reduce la frecuencia con la que es necesario realizar su mantenimiento. (Jácome Y Maldonado, 2023).

2.2.9.10. Estudios internacionales sobre el uso de fibras de acero recicladas en la fabricación de concretos

El uso de fibras de acero recicladas en el concreto ha demostrado ser técnicamente viable gracias a una serie de investigaciones realizadas a escala mundial. Se ha demostrado que el concreto fabricado con fibras recicladas presenta una mayor resistencia y un mejor comportamiento tras el agrietamiento en varios países europeos, concretamente en España e Italia. Según investigaciones realizadas en Corea y China, se ha demostrado que la resistencia al impacto y la durabilidad de los elementos creados con estas fibras aumentan. Investigadores de Brasil y México han demostrado que estas fibras tienen el potencial de sustituir parcialmente los refuerzos tradicionales del concreto, lo que daría lugar a un concreto más rentable y respetuoso con el medio ambiente. (Jácome Y Maldonado, 2023).

2.2.9.11. Investigaciones nacionales y regionales sobre concretos reforzados con fibras metálicas de neumáticos

El trabajo realizado con fibras de acero recicladas en América Latina aún se encuentra en una fase inicial, pero los resultados han sido alentadores. Las piezas prefabricadas, como los adoquines, han sido objeto de investigación en Perú, lo que ha revelado resultados positivos en términos de resistencia a la flexión y control de grietas. Sus efectos sobre el concreto estructural y no estructural se han investigado en Colombia y Chile, y los resultados sugieren que se ha logrado aumentar la resistencia al impacto y la durabilidad. El creciente interés de la región por soluciones creativas que integren la sostenibilidad y la eficiencia en la construcción queda demostrado por estos avances de la industria. (Lasluisa Y Montoya, 2022).

2.2.9.12. Comparación entre fibras de acero recicladas y fibras industriales en el refuerzo del concreto

La consistencia del tamaño y las cualidades mecánicas que poseen las fibras industriales es lo que las hace ideales para su uso en el concreto, ya que garantiza un

rendimiento predeterminado. Por otro lado, su alto coste y la necesidad de procedimientos industriales costosos son características que constituyen limitaciones. La irregularidad de las fibras de acero recicladas, por otro lado, podría dar lugar a variaciones en los resultados. Sin embargo, las fibras de acero recicladas son más rentables y ofrecen un valor añadido en términos medioambientales. Las fibras recicladas ofrecen un mejor equilibrio entre el rendimiento técnico y la sostenibilidad medioambiental que las fibras vírgenes, aunque ambos tipos de fibras son capaces de alcanzar el objetivo de mejorar la ductilidad, la resistencia y la resistencia posterior al agrietamiento. (Lasluisa Y Montoya, 2022).

2.2.9.13. Beneficios económicos y ambientales del uso de fibras metálicas recicladas en la industria del concreto

Además de los beneficios económicos, la utilización de fibras de acero recicladas también ofrece ventajas en el ámbito medioambiental. Mediante la utilización de un subproducto residual, es posible minimizar los precios en comparación con las fibras industriales, lo que supone un importante beneficio económico. En el ámbito medioambiental, contribuye de manera significativa a la reducción de los residuos sólidos, aliviando así los problemas relacionados con los neumáticos que han llegado al final de su vida útil. La conversión de residuos en un recurso que puede utilizarse para mejorar las cualidades de un material de uso generalizado, como el concreto, es otra forma de contribuir al desarrollo de una economía circular en el sector de la construcción. (Lasluisa Y Montoya, 2022).

2.2.9.14. Normativas y lineamientos técnicos aplicables al concreto reforzado con fibras metálicas

Todavía hay muchos países que no cuentan con leyes específicas para el uso de fibras recicladas, a pesar de que las fibras de acero industriales están sujetas a normas internacionales bien definidas, como las publicadas por la ASTM o la ACI. Por otro lado,

los parámetros generales que rigen la integración de las fibras metálicas en el concreto pueden modificarse cambiando las normas de dosificación, ensayo y control de calidad. Sin embargo, esto supone una oportunidad para establecer normas locales y mundiales que promuevan el uso de fibras recicladas en la construcción y garanticen su uso de forma segura. La ausencia de normativas exclusivas supone un reto para el uso generalizado de estas fibras. (Ramírez-Pico et al., 2020).

2.2.9.15. Perspectivas de innovación en el desarrollo de concretos con fibras de acero recicladas

El uso integrado de fibras de acero recicladas en concreto de alto rendimiento y el desarrollo de tecnologías de construcción es una de las perspectivas futuras para la utilización de fibras de acero recicladas. Como medio para mejorar la compactación y la durabilidad de la mezcla, se prevé que se combinen con aditivos minerales, como cenizas volantes o nanosílice. En la misma línea, el desarrollo de procesos de impresión 3D en concreto abre un campo de innovación en el que estas fibras podrían utilizarse para mejorar el rendimiento de los elementos arquitectónicos impresos. La utilización de fibras recicladas no solo se concibe como una alternativa técnica en este contexto, sino que también se prevé que sea un componente esencial de la construcción respetuosa con el medio ambiente y resistente en los próximos años. (Ramírez-Pico et al., 2020).

2.3 Marco conceptual

a. Adoquín. - Bloque prefabricado diseñado para pavimentar superficies mediante el uso de un mecanismo de enclavamiento, está compuesto por una mezcla de cemento, áridos y agua. Este material es perfecto para soportar el tráfico de automóviles y peatones en pavimentos articulados debido a su alta resistencia a la compresión y a la abrasión. También proporciona durabilidad, estabilidad y facilidad de mantenimiento.



- b. Absorción.** - La absorción en adoquines de concreto se refiere a la capacidad de estos elementos para retener agua en su estructura porosa. Esta propiedad es crucial para evaluar el desempeño de los adoquines en aplicaciones exteriores, donde la exposición a la humedad y las condiciones climáticas puede afectar su durabilidad y estabilidad.
- c. Alabeo.** Se refiere a la deformación o curvatura que pueden presentar estos elementos debido a factores como cambios de temperatura, humedad, o tensiones mecánicas. Esta deformación puede afectar la uniformidad y la estabilidad de la superficie pavimentada.
- d. Concreto hidráulico.** - Es un compuesto elaborado a partir de cemento, agua, agregados como arena y grava, y eventualmente aditivos, que adquiere su rigidez destaca por ofrecer una notable resistencia a los esfuerzos de compresión, además de presentar una alta durabilidad frente a condiciones ambientales y cargas estructurales.
- e. Caucho natural.** - Es un polímero elástico obtenido del látex de ciertas plantas, principalmente del árbol *Hevea brasiliensis*. Compuesto principalmente por poliisopreno, el caucho natural se caracteriza por su alta elasticidad, resistencia al desgaste y capacidad de recuperación tras la deformación, lo que lo hace ideal para aplicaciones industriales como neumáticos, juntas y componentes elásticos.
- f. Caucho sintético.** - Es un elastómero fabricado a partir de derivados del petróleo mediante procesos de polimerización. Presenta propiedades similares al caucho natural, como elasticidad y resistencia al desgaste, pero con mayor versatilidad en cuanto a resistencia química, térmica y al envejecimiento. Se utiliza en diversas aplicaciones industriales, como neumáticos, sellos y recubrimientos, debido a su capacidad para adaptarse a condiciones más exigentes que el caucho natural.
- g. Neumático.** - Es una estructura flexible de caucho y otros materiales compuestos, diseñada para revestir las ruedas de vehículos. Proporciona tracción, amortiguación y



soporte, y está compuesto por capas de caucho, tela y acero, que permiten la distribución del peso, la absorción de impactos y la adherencia al terreno.

- h. Neumático reciclado.** - Es un neumático usado que ha sido procesado para reutilizar sus componentes, como caucho, acero y fibras textiles. Este material se somete a tratamientos mecánicos o térmicos para convertirlo en productos reutilizables, como polvo de caucho, asfaltos modificados, o materiales de construcción, reduciendo su impacto ambiental y generando nuevas aplicaciones industriales.
- i. Succión.** - se refiere a la capacidad de estos elementos para atraer y retener agua a través de sus poros y microfisuras. Este fenómeno es importante para entender cómo los adoquines interactúan con el agua en su entorno, especialmente en aplicaciones de pavimentación.
- j. Variación dimensional.** - Se refiere a los cambios en las dimensiones físicas (largo, ancho y grosor) de los adoquines a lo largo del tiempo, provocados por factores como la humedad, temperatura, carga mecánica y procesos de curado. Este fenómeno es crucial para garantizar la calidad y el desempeño de los pavimentos.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

En el contexto de la investigación, el término «enfoque de investigación» se refiere a la orientación o perspectiva metodológica que guiará el proceso de investigación. La metodología de investigación cuantitativa tiene como objetivo medir variables y analizar datos numéricos con el fin de obtener resultados objetivos y generalizables. La investigación cualitativa, por su parte, se centra en obtener una comprensión profunda de los fenómenos mediante la interpretación de datos que no son numéricos. (Alfonso et al., 2020)

Dado que el objetivo principal del estudio es cuantificar el impacto de la fibra de acero reciclada en las propiedades mecánicas de los adoquines de concreto, tales como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y el asentamiento, la investigación se lleva a cabo en el contexto de una metodología cuantitativa. Con el fin de determinar si la fibra de acero es un material de construcción eficaz, este método permite recopilar datos numéricos precisos, que luego se someterán a un análisis estadístico para generar conclusiones objetivas y generalizables.

3.2 Tipo de la investigación

El tipo de investigación describe el propósito general de la misma. Puede ser exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa, dependiendo de los objetivos del estudio y el grado de profundidad de la investigación (González, 2022)

El estudio es de tipo aplicada porque busca resolver un problema concreto en la industria de la construcción, específicamente en el uso de fibra de acero reciclada para mejorar las propiedades del concreto hidráulico. La investigación tiene un enfoque práctico y se orienta a encontrar soluciones que puedan ser implementadas en la fabricación de adoquines de concreto, contribuyendo directamente a la mejora de materiales de construcción en el contexto local.

3.3 Nivel de la investigación

El alcance de la investigación de un tema se cuantifica según el nivel de investigación que se lleva a cabo. Según la naturaleza del tema que se examina y los objetivos que se han establecido, la investigación puede ser exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa. (Iglesias, 2021)

El estudio se clasifica como de nivel explicativo porque busca identificar y explicar la relación causal entre la sustitución de agregado fino por fibra de acero reciclada y las propiedades mecánicas del concreto. A través de experimentos controlados, se pretende comprender cómo esta modificación afecta directamente la resistencia y otras propiedades del concreto, proporcionando un análisis profundo de la causa y efecto de la intervención.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es el plan general que guía la recopilación, análisis e interpretación de datos. Los diseños más comunes incluyen el experimental, cuasi-experimental, no experimental, entre otros, dependiendo de cómo se controlan las variables y se realiza el estudio (Paitán, 2014)

El método de investigación utilizado es experimental, en el que se ajustan los factores independientes, que son las proporciones de fibra de acero reciclada, con el fin de observar la influencia que estas manipulaciones tienen en las variables dependientes, que son las propiedades mecánicas del concreto. El diseño del experimento permite controlar las condiciones del mismo y demostrar relaciones causales inequívocas entre las variables.

3.5 Método de la investigación

El método de investigación es el procedimiento sistemático que se sigue para recolectar y analizar los datos. Puede ser inductivo o deductivo, dependiendo de la lógica aplicada en el análisis de la información (Reyes, 2022)

El estudio sigue el método científico, ya que se basa en la observación, formulación de hipótesis, experimentación controlada y análisis de los resultados obtenidos. Este enfoque es esencial para garantizar que las conclusiones sean válidas, confiables y basadas en evidencia empírica. A través de este método, se pretende validar las hipótesis planteadas sobre el efecto de la fibra de acero reciclada en las propiedades del concreto hidráulico.

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

La población en un estudio de investigación se refiere al conjunto completo de elementos o individuos que poseen características comunes y son el objetivo de la investigación. La población es el grupo sobre el cual se desean hacer generalizaciones o conclusiones. Puede ser finita o infinita y su tamaño puede variar dependiendo del alcance de la investigación (Ojeda, 2020).

Son fabricados y utilizados en la pavimentación de espacios urbanos en el distrito de San Miguel, en el año 2024, específicamente aquellos en los cuales se sustituye el

agregado fino por fibra de acero proveniente de neumáticos reciclados. Dado que la investigación busca evaluar los efectos de dicha sustitución en las propiedades del concreto, se seleccionará una muestra representativa de adoquines fabricados bajo diversas proporciones de fibra de acero reciclada para su análisis.

3.6.2 Muestra

Debido a que estudiar toda la población puede ser costoso o inviable, se selecciona una muestra de manera que sus características reflejen las de la población en su conjunto. El tamaño y la forma de la muestra dependen del tipo de estudio, las técnicas de muestreo utilizadas y los objetivos de la investigación (Ojeda, 2020).

En este estudio se refiere a un subconjunto representativo de adoquines de concreto hidráulico, que se seleccionan de la población general para realizar las pruebas y análisis correspondientes. Estos adoquines serán fabricados con diferentes proporciones de fibra de acero reciclada.

Tabla 2

Numero de muestras – propiedades mecánicas

Ensayos	Muestra patrón	MP + 40% FAN	MP + 50% FAN	MP + 60% FAN	Total
F ^c	05	05	05	05	20
F ^r	05	05	05	05	20
	10	10	10	10	40

Los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión de los adoquines de concreto con diferentes proporciones de fibra de neumático reciclado. Se observa que cada tipo de muestra, desde el patrón base hasta aquellas con el 40%, 50% y 60% de fibra de neumático, tiene un total de 10 muestras por ensayo. Esto permite realizar una comparación en cuanto a cómo cada proporción de fibra influye en las propiedades mecánicas del concreto. En total, el estudio cuenta con 40 muestras distribuidas en los dos

ensayos, proporcionando una base suficiente para evaluar el impacto de las fibras de neumáticos reciclados en las propiedades de los adoquines de concreto hidráulico.

Tabla 3

Numero de muestras – propiedades físicas

Ensayos	Muestra patrón	MP + 40% FAN	MP + 50% FAN	MP + 60% FAN	Total
Absorción	04	04	04	04	16
Succión	04	04	04	04	16
Alabeo	04	04	04	04	16
Variación dimensional	04	04	04	04	16
	16	16	16	16	64

La tabla presentada muestra la distribución de muestras para los ensayos absorción, succión, alabeo, variación dimensional de los adoquines de concreto con diferentes proporciones de fibra de neumático reciclado. Se observa que cada tipo de muestra, desde el patrón base hasta aquellas con el 40%, 50% y 60% de fibra de neumático, tiene un total de 16 muestras por ensayo y un global de 64 ensayos a realizarse.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

- Inspección visual en campo.
- Evaluación de las propiedades de los componentes.
- Aplicación de expresiones matemáticas.
- Proceso de formulación y dosificación del concreto.
- Ensayos de laboratorio.

3.7.2 Instrumentos

- Información recopilada directamente en terreno
- Equipos de ensayo pertenecientes al laboratorio de mecánica de suelos.

- Contenedores especializados para la preservación de muestras
- Hojas de cálculo en Excel para el procesamiento de datos.
- Modelos o formatos prediseñados para el registro y análisis de información.

3.7.3 Proceso de obtención del material

Una cantera situada en el río Maravillas, en la región de San Miguel, fue la fuente de los áridos que se utilizaron en la producción de los adoquines de concreto hidráulico.

El proceso de obtención del material para la fabricación de los adoquines de concreto hidráulico con fibra de acero reciclada comienza con la recolección de neumáticos fuera de uso, los cuales se utilizarán como fuente principal de fibra de acero. Esta etapa es fundamental para garantizar la sostenibilidad del estudio, ya que se aprovecha un residuo sólido que comúnmente se desecha, contribuyendo así a la reducción de la contaminación ambiental.

3.7.3.1. Obtención de fibras de acero de neumático reciclado

Los neumáticos seleccionados fueron obtenidos de un centro de reciclaje local, ubicado en el distrito de San Miguel, que se encarga de procesar neumáticos desechados de vehículos. Estos centros de reciclaje reciben neumáticos viejos de diversas fuentes, como talleres de reparación, distribuidores de neumáticos y ciudadanos, quienes los entregan para su disposición adecuada. En el caso específico de este estudio, se adquirieron un total de 100 neumáticos de diferentes tamaños, lo cual fue suficiente para obtener la cantidad de fibra de acero necesaria para todas las pruebas de los adoquines.

3.7.3.2. Características generales de fibras de acero de neumático reciclado

- **Origen.** Se obtienen del troceado de neumáticos fuera de uso, extrayendo las bandas de acero de la carcasa.



- **Propiedades.** Son fragmentos planos, de forma irregular, con un material metálico de alta resistencia.
- **Función.** Al controlar el agrietamiento y la fisuración, proporcionan la función de un refuerzo estructural que mejora la resistencia a la tracción y la durabilidad del concreto.
- **Variabilidad de las fichas técnicas**

Dimensiones: El tamaño del material puede variar significativamente, desde partículas finas para mezclas asfálticas hasta fragmentos más grandes para rellenos.

Densidad: Varía según el tamaño de los fragmentos y si se compactan o no.

Contenido Metálico: El material puede contener o no trozos metálicos, y su pureza depende del proceso de reciclaje.

3.7.3.3. Aplicaciones de fibras de acero de neumático reciclado

- **Concreto:** Se incorporan en mezclas de concreto para mejorar sus propiedades mecánicas y durabilidad.
- **Rellenos:** Utilizadas en rellenos de ingeniería para aumentar la resistencia y estabilidad.
- **Mezclas Asfálticas:** El polvo de neumático y las fibras se utilizan en la producción de asfalto modificado.

3.7.3.4. Procesamiento de las fibras de acero de neumático reciclado

Una vez recibidos los neumáticos, el siguiente paso fue el proceso de separación de la fibra de acero del caucho. Este proceso se llevó a cabo utilizando maquinaria especializada en el reciclaje de neumáticos, que incluye trituradores y separadores magnéticos. Los neumáticos fueron triturados en fragmentos pequeños, y luego un imán de alta potencia extrajo las fibras de acero de cada uno de los pedazos de caucho. Las

fibras de acero obtenidas fueron entonces procesadas y limpiadas para eliminar cualquier residuo de caucho adherido.

En este punto, se separaron las fibras de acero por tamaños, ya que se utilizarían diferentes cantidades de fibra en las mezclas de concreto, con concentraciones del 40%, 50% y 60% en relación al agregado fino. La fibra de acero obtenida se clasificó en tres tamaños para adaptarse a las proporciones específicas que se emplearían en las mezclas experimentales.

3.7.3.5. Preparación del agregado fino y la mezcla

Una vez obtenida la fibra de acero de neumático reciclado, se procedió a preparar el agregado fino, que consistió en arena natural de la región de San Miguel, que cumplió con los requisitos establecidos por las normativas para la fabricación de concreto hidráulico. La cantidad de arena utilizada para cada mezcla fue de 20 kg por cada prueba de adoquín, y se midió cuidadosamente para garantizar una dosificación precisa.

El siguiente paso consistió en la incorporación de la fibra de acero reciclada al agregado fino. Según las proporciones establecidas para cada ensayo (40%, 50% y 60%), se utilizó 8 kg de fibra de acero para la mezcla con 40% de fibra, 10 kg para la mezcla con 50%, y 12 kg para la mezcla con 60%, manteniendo una relación proporcional con respecto al peso total del agregado fino. Esta fibra fue mezclada manualmente con el agregado fino, garantizando una distribución homogénea en la mezcla.

3.7.3.6. Mezcla del concreto

El proceso de preparación del concreto comenzó con la adición de los componentes básicos: cemento Portland, agua y el agregado grueso, que consistió en grava triturada de tamaño mediano, obtenida también de fuentes locales. El cemento fue añadido en una proporción del 15% respecto al peso total de los materiales secos, y el agua fue agregada en una cantidad equivalente al 45% del peso total de los materiales secos, de acuerdo con las especificaciones estándar para concretos de alta resistencia.

Una vez que se prepararon todos los materiales (fibra de acero reciclada, agregado fino, cemento, agua y agregado grueso), se procedió a la mezcla. Esta fue realizada en una mezcladora de concreto de 100 litros, durante un tiempo de aproximadamente 15 minutos para asegurar que todos los materiales estuvieran bien integrados. La mezcla fue evaluada continuamente en busca de la consistencia adecuada, utilizando el asentamiento de la mezcla como medida del contenido de agua y la fluidez del concreto.

3.7.3.7. Fabricación de los adoquines

Con la mezcla lista, se procedió a la fabricación de los adoquines. Se utilizaron moldes de acero con dimensiones estándar, que fueron previamente lubricados para facilitar la extracción de los adoquines una vez fraguados. Se vertió la mezcla en los moldes, asegurándose de compactar bien el concreto para evitar burbujas de aire y asegurar una buena densidad en el producto final. Cada mezcla fue colocada en 5 moldes, de acuerdo con los ensayos de resistencia a la compresión y flexión, y el proceso de vertido se repitió para cada proporción de fibra de acero.

Una vez vertida la mezcla, los moldes fueron dejados en un ambiente controlado a temperatura ambiente durante un periodo de 24 horas para que el concreto comenzara su proceso de fraguado inicial. Posteriormente, los adoquines fueron desmoldados y se dejaron curar en agua durante 7 días adicionales para asegurar que alcanzaran la resistencia adecuada antes de los ensayos.

3.7.3.8. Cantidad total utilizada y distribución de las muestras

En total, se produjeron 40 adoquines para realizar los ensayos correspondientes a la resistencia a la compresión y a la flexión. Para los ensayos de resistencia, se utilizaron 5 adoquines por cada una de las 4 condiciones experimentales, incluyendo el patrón sin fibra de acero y las mezclas con 40%, 50% y 60% de fibra de neumático reciclado.



3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación

La verificación de la confiabilidad de los instrumentos utilizados en este estudio resulta esencial para garantizar la precisión y consistencia de la información recolectada, la cual constituirá el fundamento para analizar el nivel de contaminación ambiental y, en consecuencia, diseñar estrategias adecuadas de gestión y mitigación (Suárez , 2022)

3.8.2 Confiabilidad

La fiabilidad de los equipos que se utilizarán en esta investigación representa un factor crucial para garantizar la contaminación ambiental. En este sentido, los dispositivos de medición, ya sean para evaluar la calidad del aire, del suelo o del agua, deben demostrar capacidad para proporcionar resultados estables y reproducibles, independientemente del momento o las condiciones en que se realicen las mediciones. (Suárez P. et al., 2023).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Tabla 4

Agregado fino - Granulometría

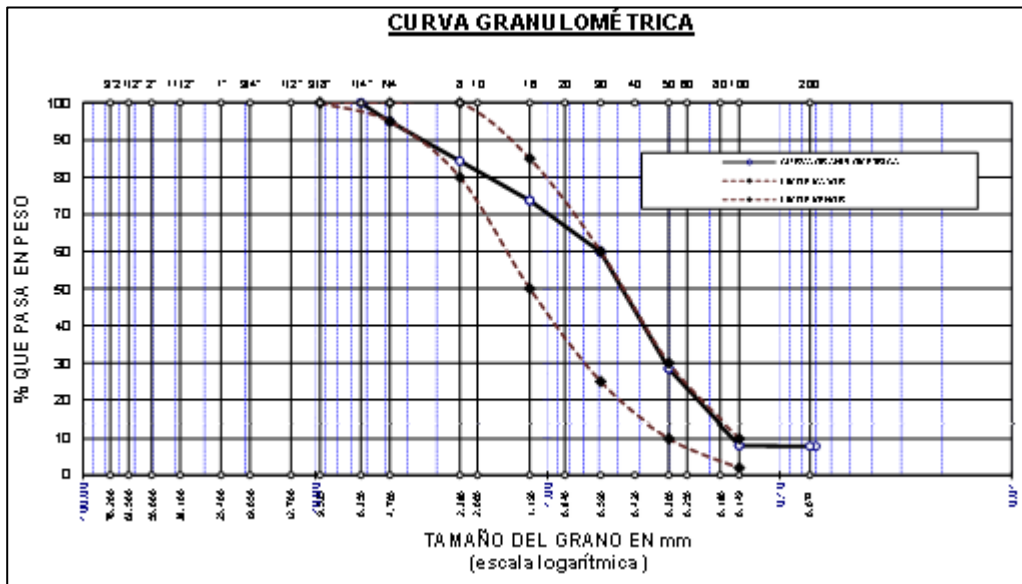
Malla	Peso retenido	% peso retenido	% Retenido acumulado	% que pasa
3/8"	0	0	0	100
N4	24.95	4.99	4.99	95.01
N8	53.30	10.66	15.65	84.35
N16	53.10	10.62	26.27	73.73
N30	69.45	13.89	40.16	59.84
N50	157.20	31.44	71.60	28.40
N100	101.45	20.29	91.89	8.11
N200	1.00	0.20	92.09	7.91
fondo	39.55	7.91	100	0
total	500	100		

La tabla presentada muestra la granulometría del agregado fino, detallando la distribución de las partículas de arena a través de diferentes mallas de tamiz. En ella, se especifica el peso retenido en cada malla, el porcentaje de peso retenido, el porcentaje acumulado de material retenido y el porcentaje de material que pasa a través de cada malla. Este análisis permite evaluar la clasificación y la uniformidad del agregado fino, un factor clave para determinar sus propiedades en la mezcla de concreto. Los resultados de la granulometría indican cómo las partículas del agregado se distribuyen en tamaños específicos, lo que influye directamente en la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad del concreto. De

acuerdo con esta distribución, se puede ajustar la mezcla de concreto para asegurar que cumpla con los requisitos técnicos establecidos para la fabricación de adoquines de alta calidad.

Figura 6

Representación gráfico de gradación del agregado fino



La curva granulométrica del agregado fino muestra la distribución del tamaño de las partículas del material. El gráfico presenta el porcentaje de material que pasa a través de diferentes mallas de tamiz en función del tamaño del grano, utilizando una escala logarítmica. Esto permite evaluar la uniformidad del agregado, lo cual es clave para controlar la trabajabilidad y las propiedades finales del concreto, asegurando que cumpla con los requisitos de calidad para la fabricación de adoquines.

Tabla 5

Peso suelto – Agregado fino

	A.F.	Promedio
	1.682 gr/cm ³	
P.U. Suelto	1.674 gr/cm ³	1.676gr/cm ³
	1.672 gr/cm ³	

La tabla indica la densidad del agregado fino (FA) en términos de gramos por centímetro cúbico (g/cm³). Esta densidad se muestra en la tabla. Para modificar las proporciones en

la mezcla de concreto, es esencial conocer la densidad aparente media, que es de 1676 g/cm³. Esto se debe a que la densidad aparente influye en la cantidad de agua y cemento. Para garantizar que el concreto tenga la trabajabilidad adecuada y las propiedades mecánicas deseadas, como la resistencia y la durabilidad de los adoquines, es esencial realizar esta medición, ya que es fundamental.

Tabla 6*Peso compactado – Agregado fino*

	A.F.	Promedio
	1.740gr/cm ³	
P.U. Compactado	1.743gr/cm ³	1.744gr/cm ³
	1.748gr/cm ³	

La tabla muestra el peso suelto del agregado fino (A.F.), indicando su densidad en unidades de gramos por centímetro cúbico (gr/cm³). El promedio del peso suelto es de 1.676gr/cm³ ya que influye en la cantidad de agua y cemento necesarios. Esta medición es crucial para asegurar que el concreto tenga la trabajabilidad adecuada y las propiedades mecánicas esperadas, como la resistencia y durabilidad de los adoquines.

Tabla 7*Análisis granulométrico - agregado grueso*

Mallas	Peso Ret.	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasante
2"	0.00	0.00	0.00	100.0
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.0
1"	0.00	0.00	0.00	100.0
3/4"	300	8.57	8.57	91.43
1/2"	1350	38.57	47.14	52.86
3/8"	700	20.00	67.14	32.86
1/4"				
N° 4	500	14.29	81.43	18.57
FONDO	650.00	18.57	100.00	0.00
SUMA	3500.00	100.00		

La tabla muestra el análisis granulométrico del agregado grueso, detallando la distribución del material según su tamaño. Cada malla de tamiz se utiliza para clasificar las partículas del agregado en diferentes rangos, y se presenta el peso retenido, el porcentaje retenido y el porcentaje acumulado de material en cada malla. La última columna muestra el porcentaje de material que pasa a través de cada malla. Este análisis permite evaluar la calidad del agregado grueso, garantizando que cumpla con los requisitos para la fabricación de concreto, influenciando su resistencia, trabajabilidad y durabilidad, lo cual es esencial para la producción de adoquines de concreto de alto rendimiento.

Figura 7

Representación gráfica de la gradación del agregado grueso

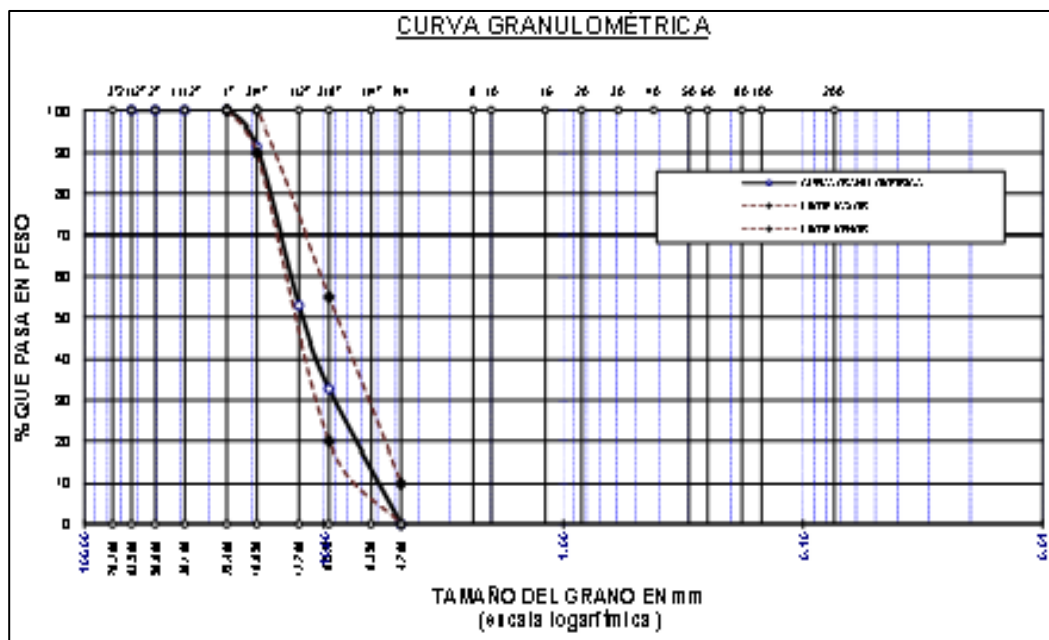


Tabla 8*Peso unitario suelto – Agregado grueso*

	Agregado grueso	Promedio
	1.303gr/cm ³	
P.U. Suelto	1.313gr/cm ³	1.310gr/cm ³
	1.315gr/cm ³	

La tabla muestra el peso unitario suelto del agregado grueso, indicando su densidad en gramos por centímetro cúbico (gr/cm³). El promedio del peso unitario suelto es de 1.310 gr/cm³, lo que es importante para determinar la cantidad de material necesario en la mezcla de concreto, la resistencia y durabilidad del concreto, permitiendo además la correcta dosificación del agua y los demás ingredientes en la fabricación de adoquines.

Tabla 9*P.U.C.del agregado grueso*

	Agregado grueso	Promedio
	1.460gr/cm ³	
P.U. Compactado	1.471gr/cm ³	1.466 gr/cm ³
	1.466gr/cm ³	

La tabla muestra el peso unitario compactado del agregado grueso, indicando su densidad en gramos por centímetro cúbico (gr/cm³). El promedio del peso unitario compactado es de 1.466 gr/cm³, lo que refleja la densidad del material cuando se encuentra compactado. Este valor es esencial para determinar la cantidad de agregado grueso necesario en la mezcla de concreto, ya que afecta la cantidad de otros ingredientes, como el agua y el cemento, para obtener un concreto de calidad con las propiedades mecánicas adecuadas.

D.M. $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ F'c = 320 kg/cm^2 F'cr = 404 kg/cm^2

Slump = 3" hasta 4"

Tamaño máximo = 3/4"

nominal

Tabla 10*Resultados generales - Agregados*

Características	Agregado grueso	Agregado fino
P.E SSS	2.560	2.560
Peso unitario compactado	1466.0	1744.0
Peso unitario suelto	1310.0	1676.0
Absorción (%)	1.750	2.810
Humedad (%)	2.450	9.370
mf(módulo de fineza)	-	2.510

La tabla presenta las características físicas de los agregados grueso (piedra chancada) y fino (arena). Ambos tienen un peso específico (P.E. SSS) de 2.560, con un peso unitario compactado (P.U. Compactado) de 1466.0 para el grueso y 1744.0 para el fino. El peso unitario suelto (P.U. Suelto) es 1310.0 para el grueso y 1676.0 para el fino. La absorción es 1.750% para el grueso y 2.810% para el fino, y la humedad es 2.450% para el grueso y 9.370% para el fino. El módulo de fineza del agregado fino es 2.510.

Tabla 11*Dosificación de materiales*

Material	Peso seco (Dosificación)	Peso en volumen	Peso húmedo (Dosificación)	Peso en volumen
Cemento	481	1.00	481	1.00
Agua	205	0.426	150	0.31
Ag. Grueso	849	1.76	870	1.81
Ag. Fino	746	2.55	855	1.78
Aire		2.0 %		2.0 %

La tabla muestra los valores están expresados en gramos y se presentan junto a las proporciones por volumen correspondientes. El cemento se dosifica en 481 g con una proporción de 1.00 por volumen. El agua se dosifica en 205 g con una proporción de 0.426 por volumen en peso seco, y 150 g con una proporción de 0.31 por volumen en peso húmedo. El agregado grueso se dosifica en 849 g (peso seco) y 870 g (peso húmedo), con proporciones de 1.76 y 1.81, respectivamente. El agregado fino se dosifica en 746 g (peso seco) y 855 g (peso húmedo), con proporciones de 2.55 y 1.78. Finalmente, el aire se encuentra en 2.0% de la mezcla. Estas dosificaciones son fundamentales para ajustar la consistencia y las propiedades del concreto, garantizando su rendimiento adecuado en la fabricación de adoquines.

4.1.1 Propiedades físicas de adoquines de concreto con fibra de acero reciclado

Tabla 12

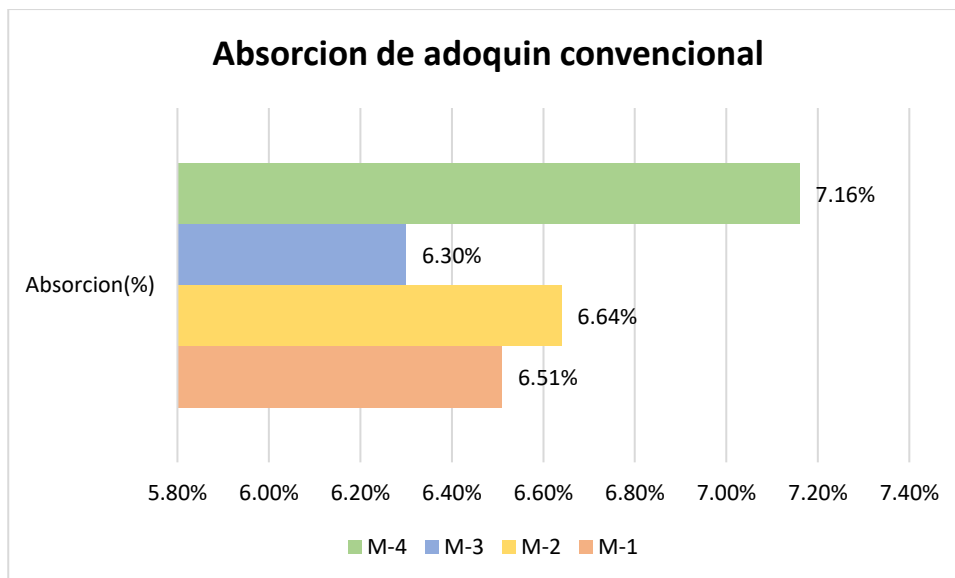
Absorción de adoquín convencional

#	Descripción	Muestra	Peso de adoquín seco	Peso de adoquín saturado	% absorción
1	ADOQUÍN CONVENCIONAL	M - 1	3225.00	3435.00	6.51
2	ADOQUÍN CONVENCIONAL	M - 2	3222.00	3436.00	6.64
3	ADOQUÍN CONVENCIONAL	M - 3	3223.00	3426.00	6.30
4	ADOQUÍN CONVENCIONAL	M - 4	3200.00	3429.00	7.16

Se puede apreciar que los porcentajes de absorción del adoquín convencional M1 = 6.51%, M2 = 6.64%, M3 = 6.30%, M4 = 7.16%, dichos valores están en los parámetros aceptables.

Figura 8

Niveles de absorción de adoquín convencional



Se puede apreciar que los porcentajes de absorción del adoquín convencional oscilan de entre 6.51% hasta los 7.16%, y nuestra absorción promedio de las cuatro muestras es de 6.65%.

Tabla 13

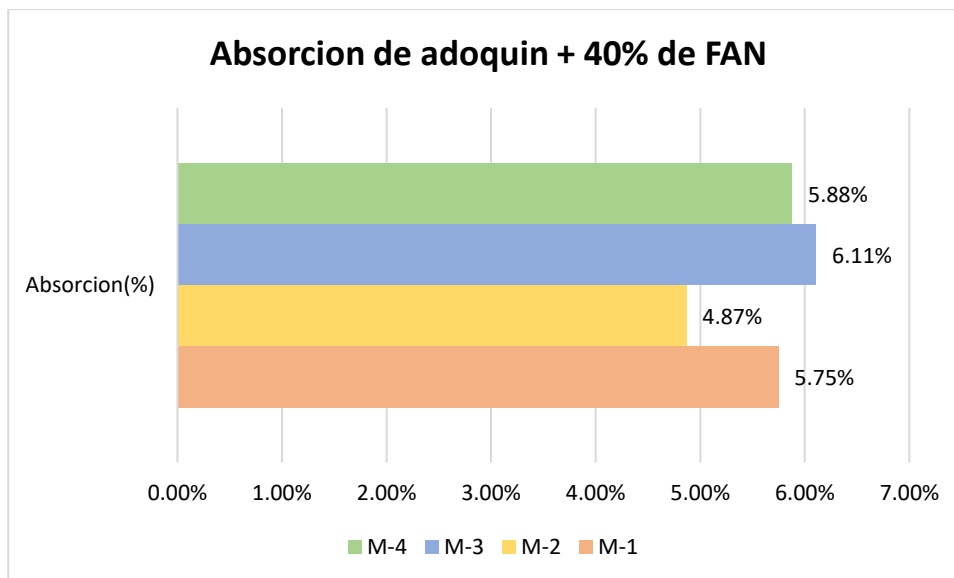
Absorción de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático

#	Descripción	Muestra	Peso de adoquín seco	Peso de adoquín Saturado	% absorción
1	ADOQUÍN + 40% FAN	M - 1	3215.00	3400.00	5.75
2	ADOQUÍN + 40% FAN	M - 2	3202.00	3358.00	4.87
3	ADOQUÍN + 40% FAN	M - 3	3275.00	3475.00	6.11
4	ADOQUÍN + 40%FAN	M - 4	3212.00	3401.00	5.88

Se puede apreciar que los porcentajes de absorción del adoquín con 40% de fibra de acero de neumático, M1 = 5.75%, M2 = 4.87%, M3 = 6.11%, M4 = 5.88%, dichos valores están en los parámetros aceptables.

Figura 9

Niveles de absorción de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático



Se puede apreciar que los porcentajes de absorción del adoquín con 40% de fibra de acero de neumático oscilan de entre 4.87% hasta los 6.11%, y nuestra absorción promedio de las cuatro muestras es de 5.65%.

Tabla 14

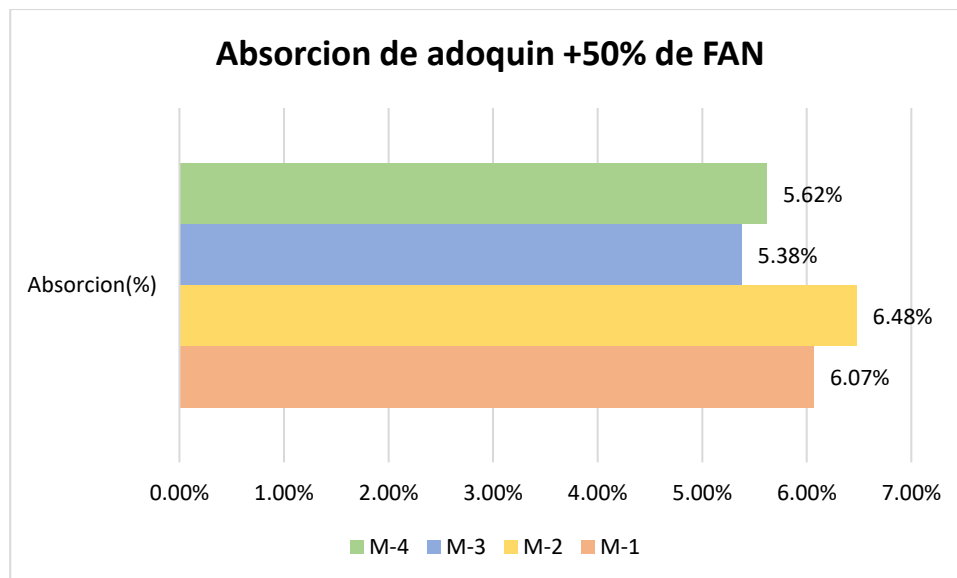
Absorción de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático

#	Descripción	Muestra	Peso de adoquín seco	Peso de adoquín Saturado	% absorción
1	ADOQUÍN + 50% FAN	M - 1	3210.00	3405.00	6.07
2	ADOQUÍN + 50% FAN	M - 2	3232.00	3409.00	5.48
3	ADOQUÍN + 50% FAN	M - 3	3233.00	3407.00	5.38
4	ADOQUÍN + 50% FAN	M - 4	3222.00	3403.00	5.62

Se puede apreciar que los porcentajes de absorción del adoquín con 50% de fibra de acero de neumático, M1 = 6.07%, M2 = 5.48%, M3 = 5.38%, M4 = 5.62%, dichos valores están en los parámetros aceptables

Figura 10

Niveles de absorción de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático



Se puede apreciar que los porcentajes de absorción del adoquín con 50% de fibra de acero de neumático oscilan de entre 5.38% hasta los 6.48%, y nuestra absorción promedio de las cuatro muestras es de 5.88%.

Tabla 15

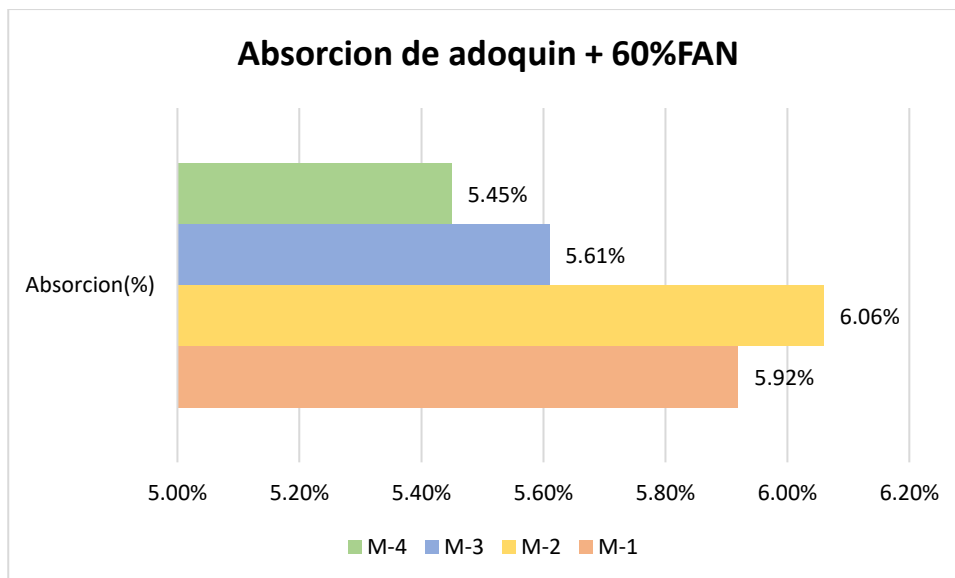
Absorción de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático

#	Descripción	Muestra	Peso de adoquín seco	Peso de adoquín saturado	% absorción
1	ADOQUÍN + 60% FAN	M - 1	3208.00	3398.00	5.92
2	ADOQUÍN + 60% FAN	M - 2	3203.00	3397.00	6.06
3	ADOQUÍN + 60% FAN	M - 3	3207.00	3387.00	5.61
4	ADOQUÍN + 60% FAN	M - 4	3210.00	3385.00	5.45

Se puede apreciar que los porcentajes de absorción del adoquín con 60% de fibra de acero de neumático, M1 = 5.92%, M2 = 6.06%, M3 = 5.61%, M4 = 5.45%, dichos valores están en los parámetros aceptables.

Figura 11

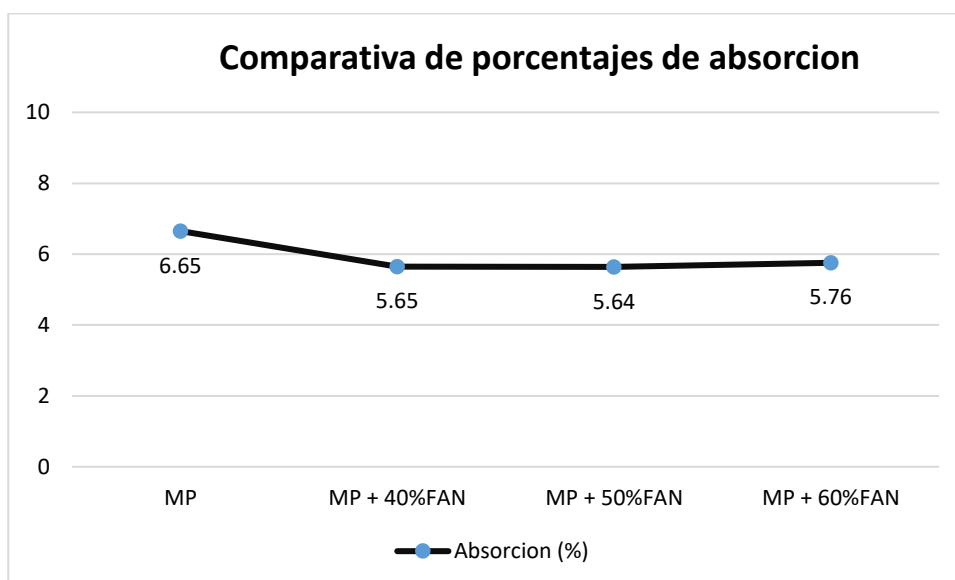
Niveles de absorción de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático



Se puede apreciar que los porcentajes de absorción del adoquín con 60% de fibra de acero de neumático oscilan de entre 5.45% hasta los 6.06%, y nuestra absorción promedio de las cuatro muestras es de 5.76%.

Figura 12

Comparación de absorción de adoquines con fibra de acero de neumático



Se puede apreciar que los porcentajes de absorción oscilan de entre 5.64% la menor y la mayor absorción de 5.76% la muestra patrón, siendo el recomendado el de 50% de FAN con 5.64% de absorción.

Tabla 16

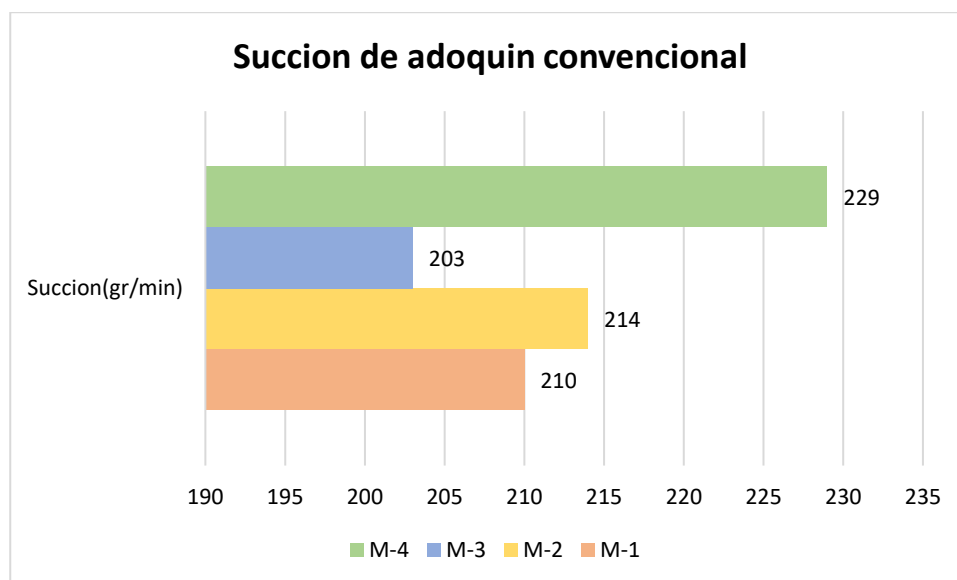
Succión de adoquín convencional

#	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCIÓN (gr/min)
		(L)	(B)	Pseco (gr)	Psaturado (gr)		
1	Adoquín patron	20.00	10.00	3225.00	3435.00	210.00	210.00
2	Adoquín patron	20.00	10.00	3222.00	3436.00	214.00	214.00
3	Adoquín patron	20.00	10.00	3223.00	3426.00	203.00	203.00
4	Adoquín patron	20.00	10.00	3200.00	3429.00	229.00	229.00

Se aprecia la succión del adoquín convencional, M1 = 210gr/min, M2 = 214gr/min, M3 = 203gr/min%, M4 = 229gr/min, dichos valores están en los parámetros aceptables.

Figura 13

Niveles de succión del adoquín convencional



Se aprecia que los valores de succión del adoquín convencional oscilan de entre 203gr/min hasta los 229gr/min, y nuestra succión promedio es de 214gr/min.

Tabla 17

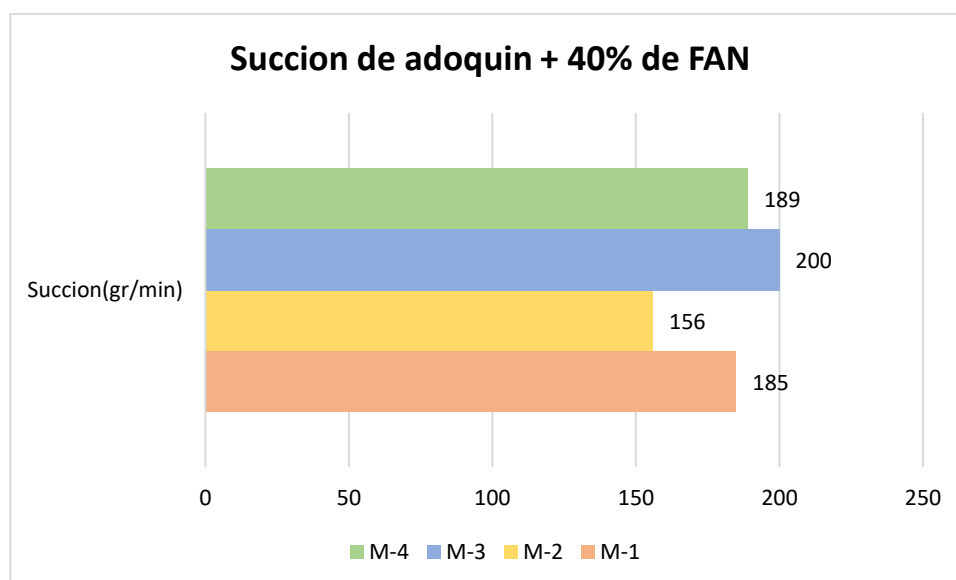
Succión de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático

#	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCIÓN (gr/min)
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		
1	ADOQUIN + 40% FAN	20.00	10.00	3215.00	3400.00	185.00	185.00
2	ADOQUIN + 40% FAN	20.00	10.00	3202.00	3358.00	156.00	156.00
3	ADOQUIN + 40% FAN	20.00	10.00	3275.00	3475.00	200.00	200.00
4	ADOQUIN + 40% FAN	20.00	10.00	3212.00	3401.00	189.00	189.00

Se aprecia la succión del adoquín con 40% de fibra de acero de neumático, M1 = 1.85gr/min, M2 = 156gr/min, M3 = 200gr/min, M4 = 189gr/min, dichos valores están en los parámetros aceptables.

Figura 14

Niveles de succión del adoquín con 40% de fibras de acero de neumático



Se aprecia que los valores de succión del adoquín con 40% de fibra de acero de neumático oscilan de entre 156gr/min hasta los 200gr/min, y nuestra succión promedio es de 183gr/min.

Tabla 18

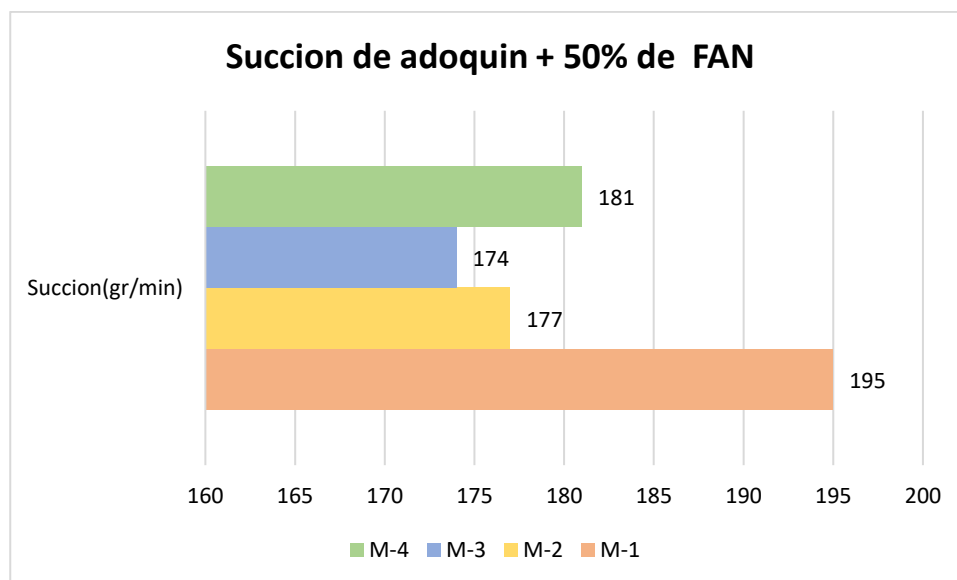
Succión de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCIÓN (gr/min)
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		
1	ADOQUIN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3210.00	3405.00	195.00	195.00
2	ADOQUIN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3232.00	3409.00	177.00	177.00
3	ADOQUIN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3233.00	3407.00	174.00	174.00
4	ADOQUIN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3222.00	3403.00	181.00	181.00

Se aprecia la succión del adoquín con 50% de fibra de acero de neumático, M1 = 195gr/min, M2 = 177gr/min, M3 = 174gr/min, M4 = 181gr/min, dichos valores están en los parámetros aceptables.

Figura 15

Niveles de succión del adoquín con 50% de fibras de acero de neumático



Se aprecia que los valores de succión del adoquín con 50% de fibra de acero de neumático oscilan de entre 174gr/min hasta los 195gr/min, y nuestra succión promedio es de 182gr/min.

Tabla 19

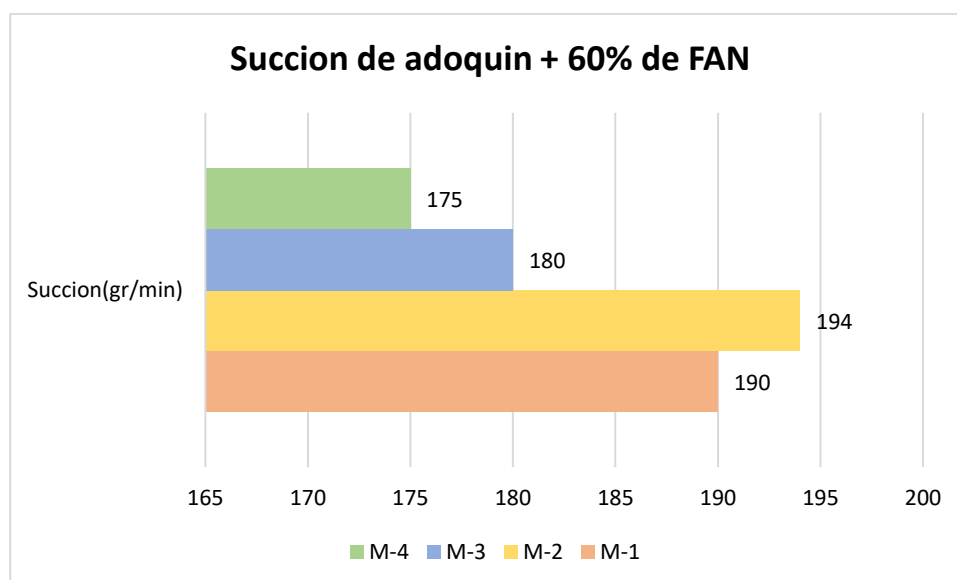
Succión de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático

#	Descripción	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCIÓN (gr/min)
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		
1	ADOQUIN + 60% FAN	20.00	10.00	3208.00	3398.00	190.00	190.00
2	ADOQUIN + 40% FAN	20.00	10.00	3203.00	3397.00	194.00	194.00
3	ADOQUIN + 40% FAN	20.00	10.00	3207.00	3387.00	180.00	180.00
4	ADOQUIN + 40% FAN	20.00	10.00	3210.00	3385.00	175.00	175.00

Se aprecia la succión del adoquín con 60% de fibra de acero de neumático, M1 = 190gr/min, M2 = 194gr/min, M3 = 180gr/min, M4 = 175gr/min, dichos valores están en los parámetros aceptables.

Figura 16

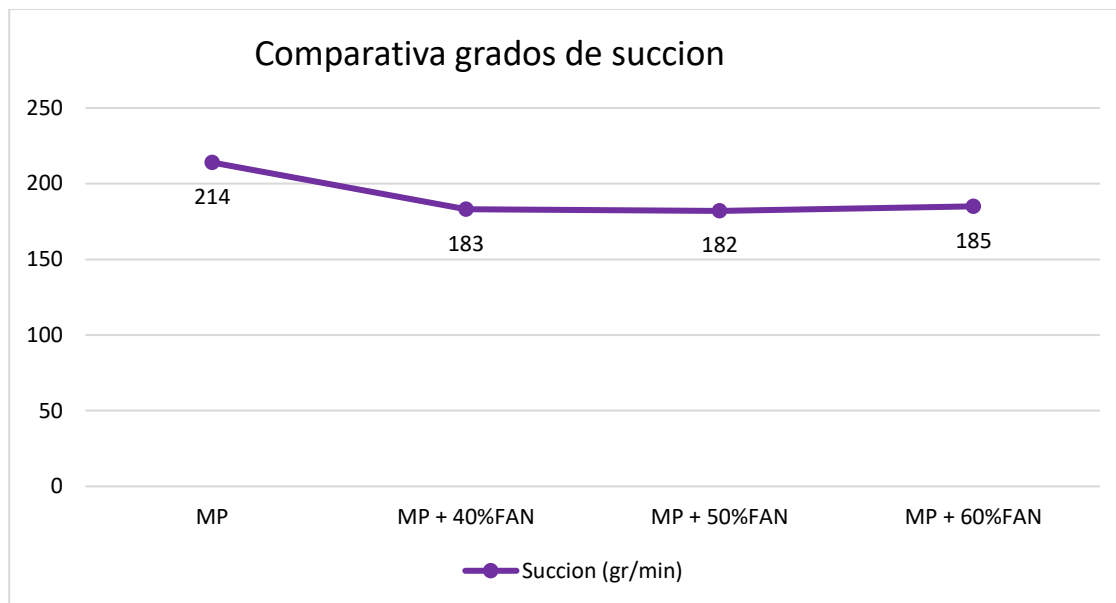
Niveles de succión del adoquín con 60% de fibras de acero de neumático



Se aprecia que los valores de succión del adoquín con 60% de fibra de acero de neumático oscilan de entre 175gr/min hasta los 194gr/min, y nuestra succión promedio es de 185gr/min.

Figura 17

Comparativo de succión del adoquín con fibras de acero de neumático reciclado



Se puede apreciar que los valores de succión oscilan de entre 182gr/min la menor con 50% de FAN y la mayor succión de 214gr/min la muestra patrón.

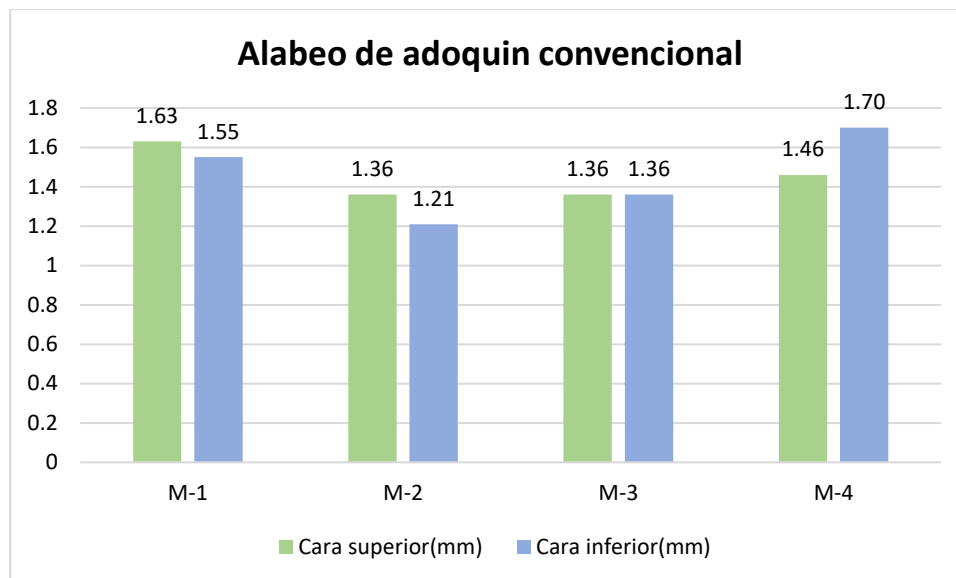
Tabla 20

Alabeo de adoquín convencional

Muestra	Caras	Lado (mm)	Medio (mm)	Lado (mm)	Alabeo (mm)
Adoquín convencional	C.S.	1.90	-	1.74	1.63
	C.I.	1.35	-	1.35	1.55
Adoquín convencional	C.S.	1.56	-	1.15	1.36
	C.I.	1.15	-	1.26	1.21
Adoquín convencional	C.S.	1.26	-	1.43	1.36
	C.I.	1.45	-	1.29	1.36
Adoquín convencional	C.S.	1.55	-	1.65	1.46
	C.I.	1.36	-	1.74	1.70

Figura 18

Medidas de alabeo del adoquín convencional



Se tomo en consideración cuatro muestras para realizar el alabeo de adoquines convencionales tanto en sus caras superiores e inferiores siendo la: M1=1.63,1.55; M2=1.36,1.21; M3=1.36,1.36; M4=1.46,1.70 respectivamente, medidas en (mm).

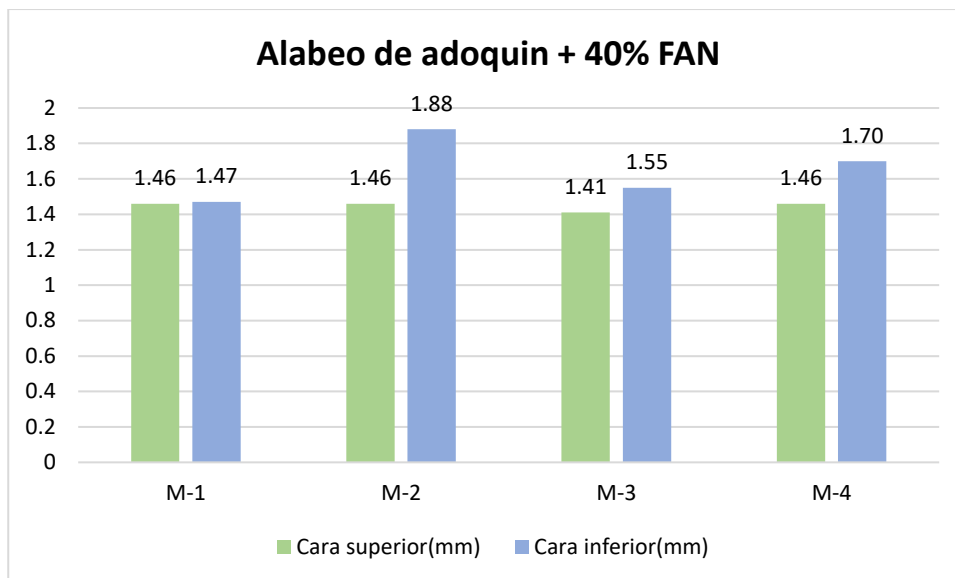
Tabla 21

Alabeo de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático

Muestra	Caras	Lado (mm)	Medio (mm)	Lado (mm)	Alabeo (mm)
Adoquín + 40% FAN	C.S.	1.35	-	1.66	1.46
	C.I.	1.56	-	1.28	1.47
Adoquín + 40% FAN	C.S.	1.57	-	2.01	1.46
	C.I.	1.35	-	1.74	1.88
Adoquín + 40% FAN	C.S.	1.46	-	1.63	1.41
	C.I.	1.36	-	1.46	1.55
Adoquín + 40% FAN	C.S.	1.46	-	1.66	1.46
	C.I.	1.46	-	1.74	1.70

Figura 19

Medidas de alabeo del adoquín con 40% de fibra de acero reciclado



Se tomo en consideración cuatro muestras para realizar el alabeo de adoquines con 40% de FAN tanto en sus caras superiores e inferiores siendo la: M1=1.46,1.47; M2=1.46,1.88; M3=1.41,1.55; M4=1.46,1.70 respectivamente, medidas en (mm).

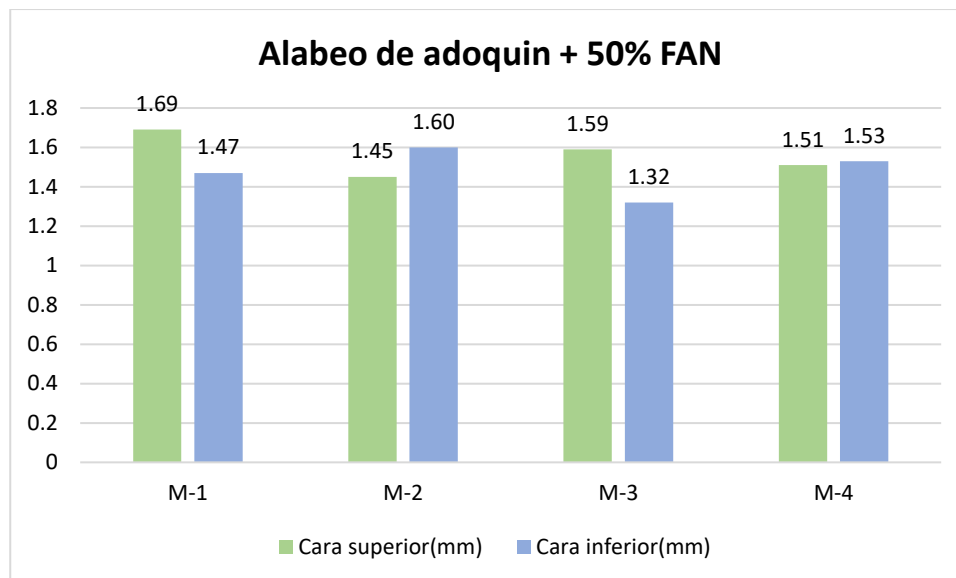
Tabla 22

Alabeo de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático

Muestra	Caras	Lado (mm)	Medio (mm)	Lado (mm)	Alabeo (mm)
Adoquín + 50% FAN	Cara superior	1.92	0.00	1.62	1.69
	Cara inferior	1.46	0.00	1.31	1.47
Adoquín + 50% FAN	Cara superior	1.47	0.00	1.84	1.45
	Cara inferior	1.43	0.00	1.35	1.60
Adoquín + 50% FAN	Cara superior	1.71	0.00	1.38	1.59
	Cara inferior	1.46	0.00	1.26	1.32
Adoquín + 50% FAN	Cara superior	1.63	0.00	1.59	1.51
	Cara inferior	1.38	0.00	1.46	1.53

Figura 20

Medidas de alabeo del adoquín con 50% de fibra de acero reciclado



Se tomo en consideración cuatro muestras para realizar el alabeo de adoquines con 50% de FAN tanto en sus caras superiores e inferiores siendo la: M1=1.69,1.47; M2=1.45,1.60; M3=1.59,1.32; M4=1.51,1.53 respectivamente, medidas en (mm).

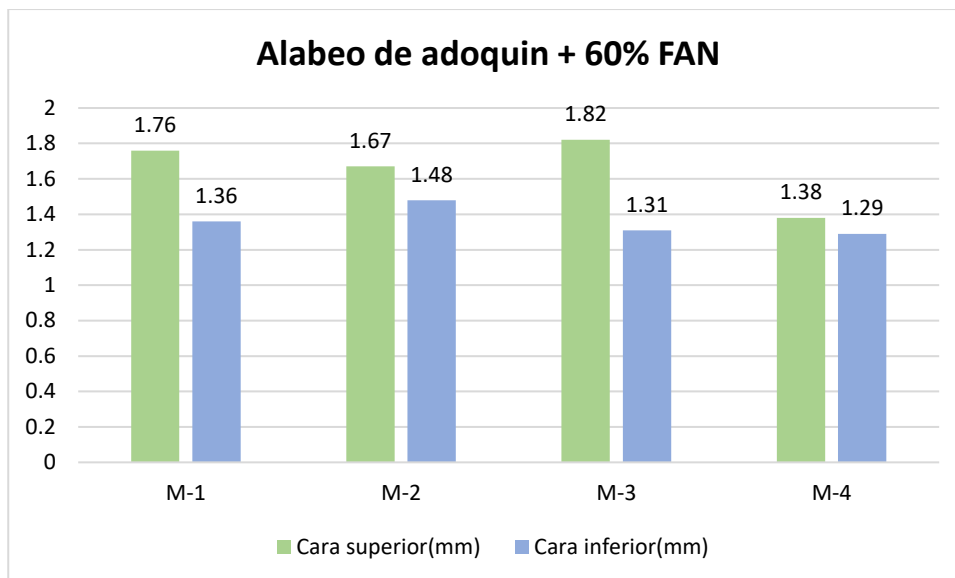
Tabla 23

Alabeo de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático

Muestra	Caras	Lado (mm)	Medio (mm)	Lado (mm)	Alabeo (mm)
Adoquín + 60% FAN	C.S.	1.99	-	1.26	1.76
	C.I.	1.53	-	1.45	1.36
Adoquín + 60% FAN	C.S.	1.86	-	1.63	1.67
	C.I.	1.48	-	1.32	1.48
Adoquín + 60% FAN	C.S.	1.86	-	1.20	1.82
	C.I.	1.77	-	1.41	1.31
Adoquín + 60% FAN	C.S.	1.53	-	1.46	1.38
	C.I.	1.22	-	1.11	1.29

Figura 21

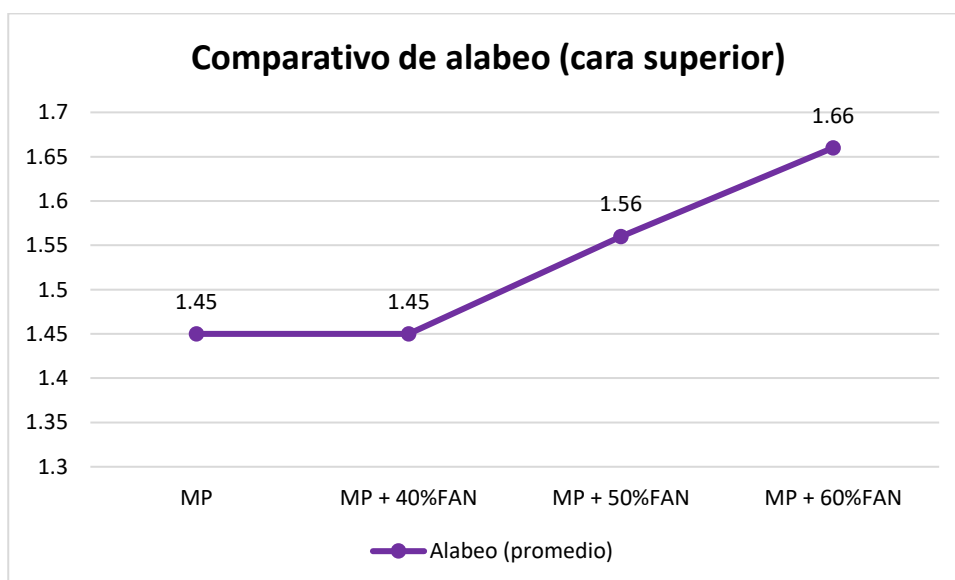
Medidas de alabeo del adoquín con 60% de fibra de acero reciclado



Se tomo en consideración cuatro muestras para realizar el alabeo de adoquines con 60% de FAN tanto en sus caras superiores e inferiores siendo la: M1=1.76,1.36; M2=1.67,1.48; M3=1.82,1.31; M4=1.38,1.29 respectivamente, medidas en (mm).

Figura 22

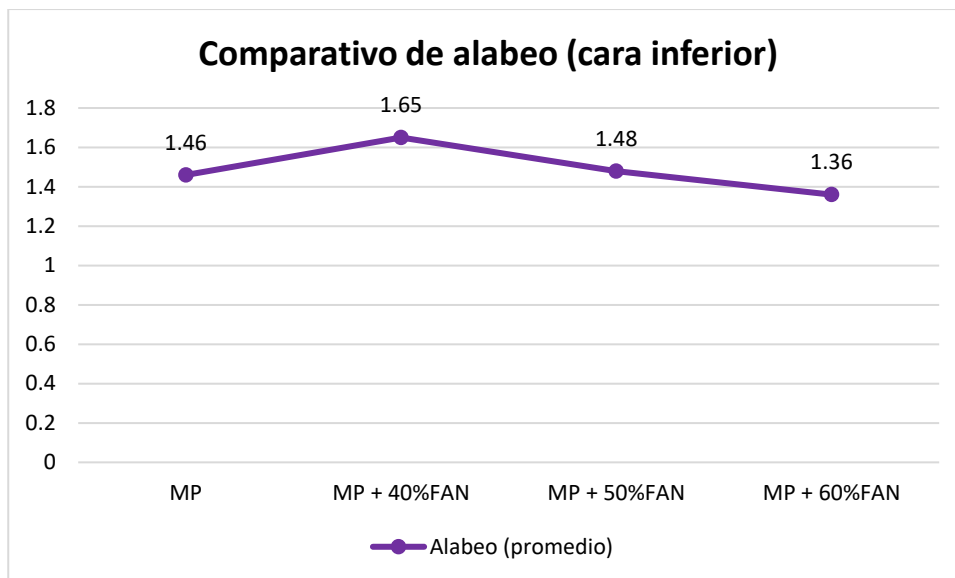
Comparativo de valores de alabeo (cara superior)



Se puede apreciar que los valores de alabeo de la cara superior oscilan de entre 1.45mm la menor muestra patrón y con 40% de FAN y el mayor alabeo de 166mm la muestra con 60% de FAN.

Figura 23

Comparativo de valores de alabeo (cara inferior)



Se puede apreciar que los valores de alabeo de la cara inferior oscilan de entre 1.36mm la menor muestra con 60% de FAN y el mayor alabeo de 165mm la muestra con 40% de FAN

Tabla 24

Variación dimensional de adoquín convencional

MUESTRA	DIMENSIÓN	PROMEDIO	V (%)
ADOQUÍN CONVENCIONAL	Largo	20.11	-0.53
	Ancho	10.06	-0.56
	Altura	8.10	-1.23
ADOQUÍN CONVENCIONAL	Largo	20.03	-0.16
	Ancho	10.16	-1.56
	Altura	8.03	-0.40
ADOQUÍN CONVENCIONAL	Largo	20.07	-0.34
	Ancho	10.07	-0.70
	Altura	8.04	-0.50
ADOQUÍN CONVENCIONAL	Largo	20.07	-0.34
	Ancho	10.09	-0.86
	Altura	8.08	-1.05

Se realizó la evaluación del adoquín convencional en sus diferentes dimensiones (largo, ancho, alto), respectivamente.

Tabla 25*Variación dimensional de adoquín con 40% de fibra de acero de neumático*

MUESTRA	DIMENSIÓN	PROMEDIO	V (%)
ADOQUÍN + 40 DE FAN	Largo	20.04	-0.20
	Ancho	10.03	-0.30
	Altura	8.08	-1.05
ADOQUÍN + 40 DE FAN	Largo	20.06	-0.28
	Ancho	10.05	-0.54
	Altura	8.04	-0.45
ADOQUÍN + 40 DE FAN	Largo	20.07	-0.35
	Ancho	10.04	-0.38
	Altura	8.03	-0.32
ADOQUÍN + 40 DE FAN	Largo	20.06	-0.32
	Ancho	10.06	-0.56
	Altura	8.05	-0.67

Se realizó la evaluación del adoquín con 40% de fibra de acero de neumático en sus diferentes dimensiones (largo, ancho, alto), respectivamente.

Tabla 26*Variación dimensional de adoquín con 50% de fibra de acero de neumático*

MUESTRA	DIMENSIÓN	PROMEDIO	V (%)
ADOQUÍN + 50 DE FAN	Largo	20.04	-0.20
	Ancho	10.02	-0.22
	Altura	8.05	-0.65
ADOQUÍN + 50 DE FAN	Largo	20.05	-0.24
	Ancho	10.06	-0.56
	Altura	8.04	-0.48
ADOQUÍN + 50 DE FAN	Largo	20.06	-0.28
	Ancho	10.04	-0.44
	Altura	8.02	-0.25
ADOQUÍN + 50 DE FAN	Largo	20.07	-0.36
	Ancho	10.04	-0.42
	Altura	8.07	-0.85

Se realizó la evaluación del adoquín con 50% de fibra de acero de neumático en sus diferentes dimensiones (largo, ancho, alto), respectivamente.

Tabla 27

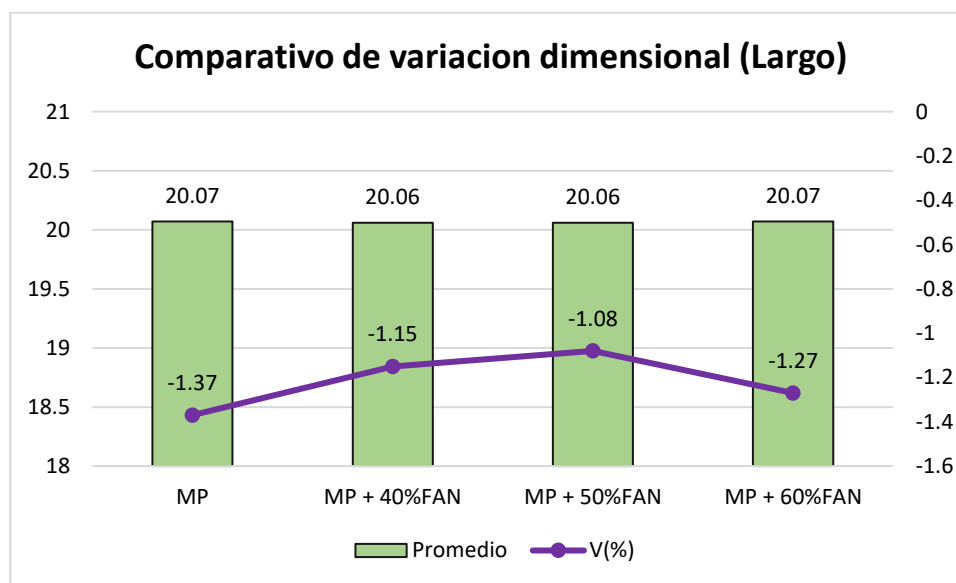
Variación dimensional de adoquín con 60% de fibra de acero de neumático

MUESTRA	DIMENSIÓN	PROMEDIO	V (%)
ADOQUÍN + 60 DE FAN	Largo	20.05	-0.23
	Ancho	10.04	-0.42
	Altura	8.10	-1.25
ADOQUÍN + 60 DE FAN	Largo	20.07	-0.35
	Ancho	10.06	-0.64
	Altura	8.03	-0.40
ADOQUÍN + 60 DE FAN	Largo	20.09	-0.43
	Ancho	10.04	-0.40
	Altura	8.07	-0.87
ADOQUÍN + 60 DE FAN	Largo	20.05	-0.26
	Ancho	10.06	-0.60
	Altura	8.07	-0.90

Se realizó la evaluación del adoquín con 60% de fibra de acero de neumático en sus diferentes dimensiones (largo, ancho, alto), respectivamente

Figura 24

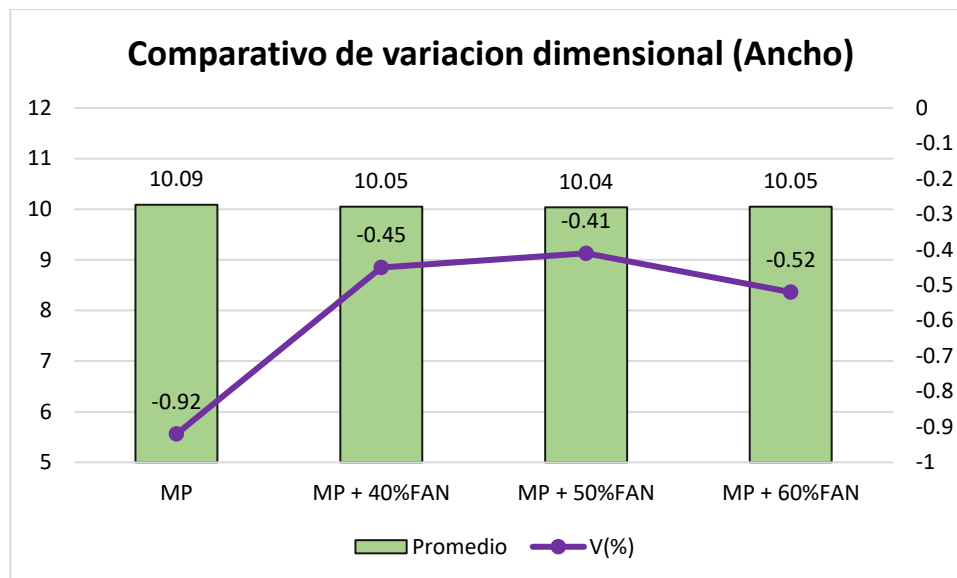
Comparativo de valores de variación dimensional (Largo)



Se observa que se realizó un comparativo de los valores de la variación dimensional en promedio y de V (%) de largo; lo cual no dio un promedio entre 20.07 hasta 20.06, las variaciones oscilan de entre -1.37 muestra patrón y -1.08 muestra con 50% de FAN.

Figura 25

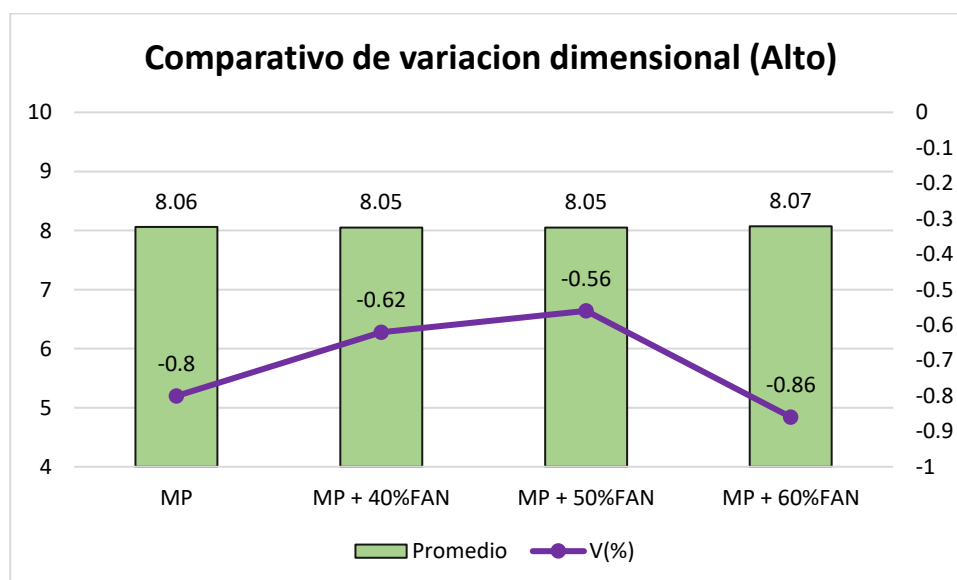
Comparativo de valores de variación dimensional (Ancho)



Se observa que se realizó un comparativo de los valores de la variación dimensional en promedio y de V (%) de ancho; lo cual nos dio un promedio entre 10.04 hasta 10.09, las variaciones oscilan de entre -0.92 muestra patrón y -0.41 muestra con 50% de FAN.

Figura 26

Comparativo de valores de variación dimensional (Alto)



Se observa que se realizó un comparativo de los valores de la variación dimensional en promedio y de V (%) de alto; lo cual nos dio un promedio entre 8.05 hasta 8.07, las variaciones oscilan de entre -0.86 muestra patrón y -0.56 muestra con 50% de FAN.

Considerando los resultados previos podemos considerar que las muestra patrón tienen una menor variación dimensional en sus lados (largo, ancho, alto)

Asentamiento de mezclas de adoquines de concreto con fibra de acero reciclado

a. Slump

Tabla 28

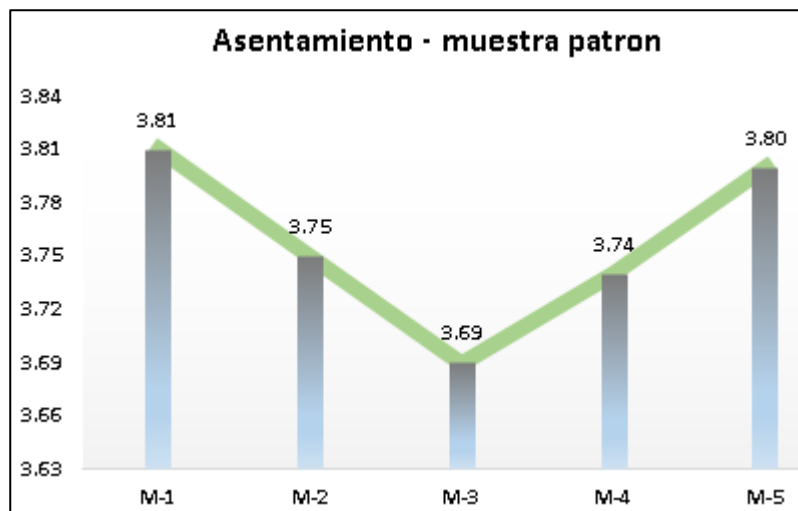
Slump – Muestra patrón

Muestras	Asentamiento	Slump
M1		3.81
M2		3.75
M3	3" - 4"	3.69
M4		3.74
M5		3.8

Estos valores indican la trabajabilidad del concreto, con un slump dentro de un rango adecuado para asegurar que el concreto tenga la consistencia requerida para ser utilizado en la fabricación de adoquines.

Figura 27

Asentamientos promedio muestra patrón



El mayor asentamiento registrado se encuentra en el punto M-1 con un valor de 3.81, mientras que el menor corresponde a M-3 con 3.69. A partir de M-3, los valores muestran una tendencia de recuperación, alcanzando en M-5 un valor cercano a la inicial (3.80). En términos generales, los asentamientos experimentan ligeras variaciones, manteniéndose en un intervalo reducido de 3.69 a 3.81 pulg.

Tabla 29

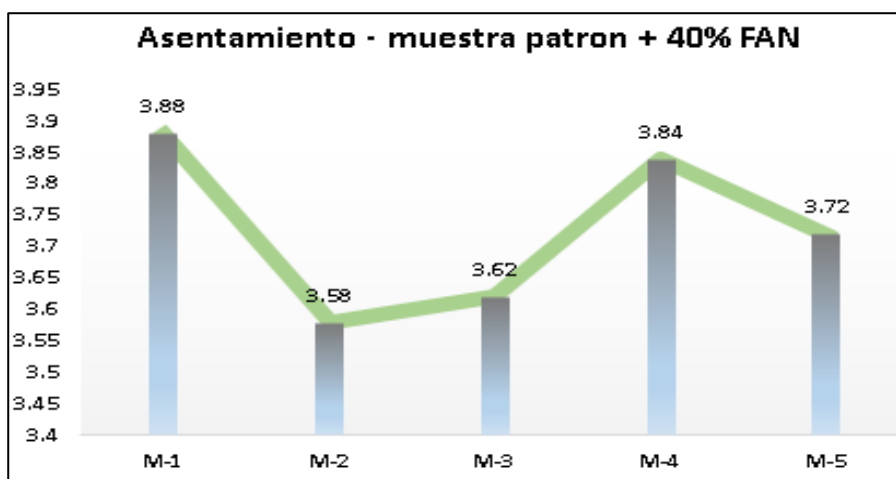
Slump muestra patrón + 40% de acero de neumático

Muestras	Asentamiento	Slump
M1		3.88
M2		3.58
M3	3" - 4"	3.62
M4		3.84
M5		3.72

El asentamiento de todas las muestras fue de 3"-4", y los valores de slump (promedio) oscilaron entre 3.58 y 3.88. Estos resultados indican que la mezcla con 40% de fibra de acero de neumáticos reciclados mantiene una trabajabilidad adecuada, lo que es importante para garantizar la facilidad de manipulación y colocación del concreto en la fabricación de adoquines.

Figura 28

Slump + 40% FAN



En el punto M-1 con un valor de 3.88, mientras que el mínimo se registra en M-2 con 3.58. Posteriormente, en M-3 se evidencia un incremento (3.62), seguido de un nuevo valor elevado en M-4 (3.84). No obstante, en M-5 se detecta una leve reducción, situándose en 3.72. En términos generales, los asentamientos varían dentro del rango de 3.58 a 3.88, reflejando una dispersión más acentuada en comparación con la gráfica anterior.

Tabla 30

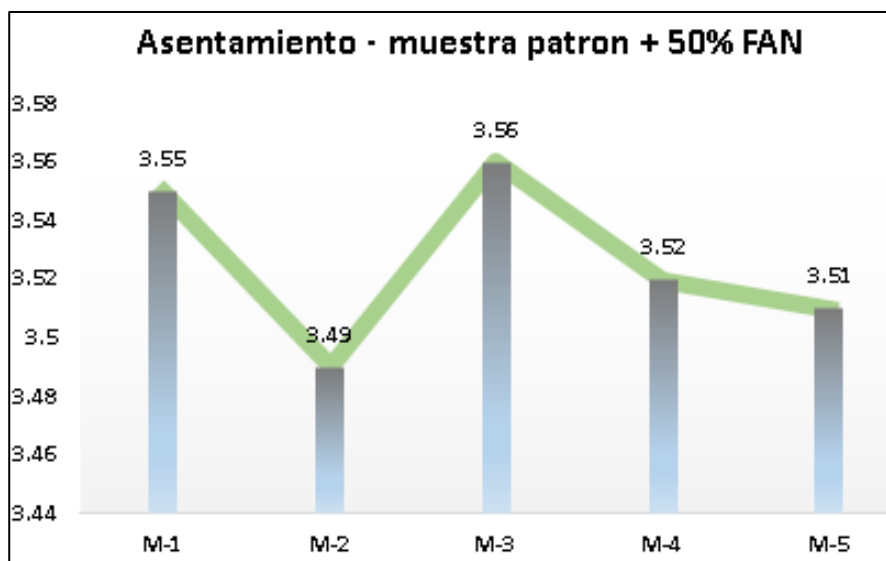
Asentamiento muestra patrón + 50% de acero de neumático

Muestras	Asentamientos	Slump
M1		3.55
M2		3.49
M3	3" - 4"	3.56
M4		3.52
M5		3.51

El asentamiento en todas las muestras fue de 3"-4", y los valores de slump (promedio) varían entre 3.49 y 3.55. Estos resultados muestran que la mezcla con 50% de fibra de acero de neumáticos reciclados tiene una trabajabilidad ligeramente menor en comparación con las mezclas anteriores, lo cual es importante para evaluar la facilidad de colocación del concreto en la fabricación de adoquines.

Figura 29

Slump + 50% FAN



El asentamiento empieza a descender progresivamente en M-4 (3,52) y M-5 (3,51) a partir de M-2 y hasta M-3. A partir de ahí, empieza a disminuir de forma constante. Después, empieza a disminuir de forma constante. Las diferencias registradas entre los distintos puntos son mínimas, manteniéndose dentro de un intervalo reducido que va de 3.49 a 3.56, lo cual sugiere una estabilidad considerable en los valores de asentamiento al incorporar un 50% de fibra de acero de neumáticos (FAN).

Tabla 31

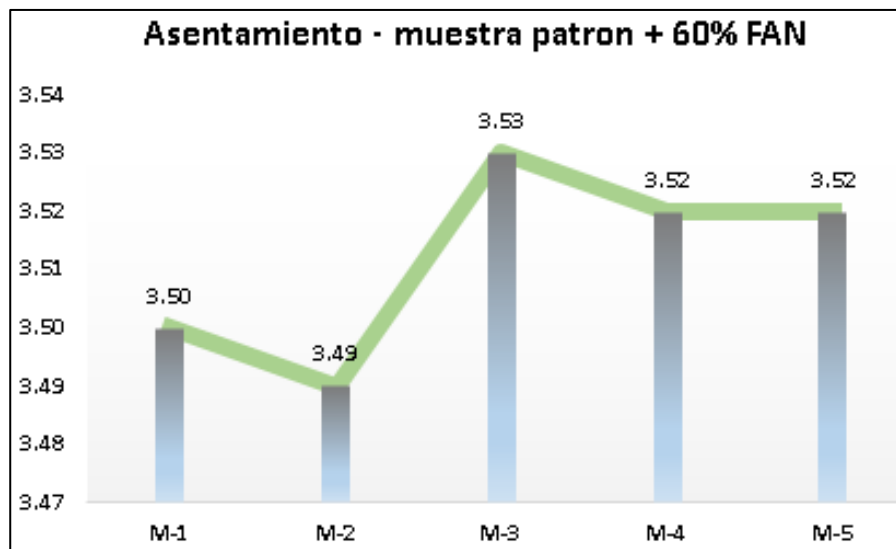
Asentamiento muestra patrón + 60% de acero de neumático

Muestras	Asentamientos	Slump
M1		3.50
M2		3.49
M3	3" - 4"	3.53
M4		3.52
M5		3.52

El asentamiento en todas las muestras fue de 3"-4", y los valores de slump (promedio) varían entre 3.49 y 3.53. Estos resultados indican que la mezcla con 60% de FAN reciclados presenta una trabajabilidad similar a las mezclas con menores porcentajes de fibra, lo que sugiere que el incremento en la proporción de acero no afectó significativamente la fluidez del concreto para los adoquines.

Figura 30

Slump + 60% FAN



Un 60% de FAN, tiene el valor más alto en M-3 (3,53), mientras que el valor más bajo se observa en M-2 (3,49). Tras alcanzar M-2, el asentamiento sigue aumentando hasta llegar a M-3, tras lo cual se estabiliza en M-4 y M-5, con un valor de 3,52 en ambos lugares. Las fluctuaciones en los asentamientos son pequeñas, oscilando entre 3.49 y 3.53.

Asentamientos promedios

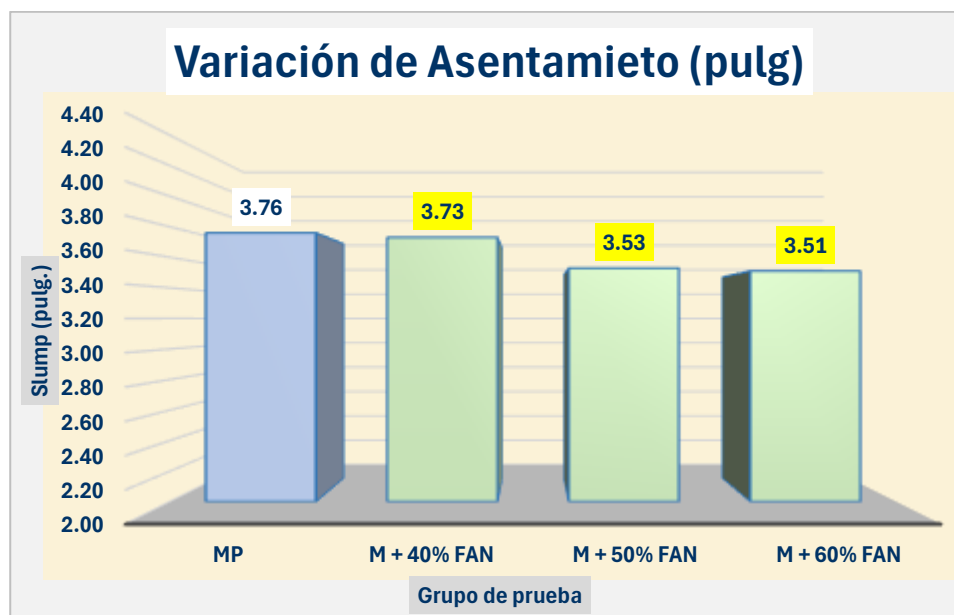
Tabla 32

Comparación de asentamientos promedio

Asentamientos promedio	
Muestra Patrón	3.76"
Muestra + 40% fibra acero de neumático	3.73"
Muestra + 50% fibra acero de neumático	3.53"
Muestra + 60% fibra acero de neumático	3.51"

Figura 31

Variación de asentamientos promedio de los grupos de control



El gráfico muestra la variación de asentamientos promedio, se compara el asentamiento (en pulgadas) de la muestra patrón (MP) con las muestras que contienen 40%, 50% y 60% de fibra de neumático reciclado. Los resultados indican que el asentamiento promedio de la muestra patrón es de 3.76", mientras que las muestras con 40%, 50% y 60% de FAN tienen asentamientos de 3.73", 3.53" y 3.51", respectivamente. Estos resultados sugieren que, a medida que aumenta la proporción de fibra de acero reciclada, el asentamiento del concreto disminuye ligeramente, lo que puede influir en la trabajabilidad del material.

4.1.2 Resistencia a la compresión para adoquines de concreto con fibra de acero reciclado

F'c - 7 días - muestra patron

Tabla 33

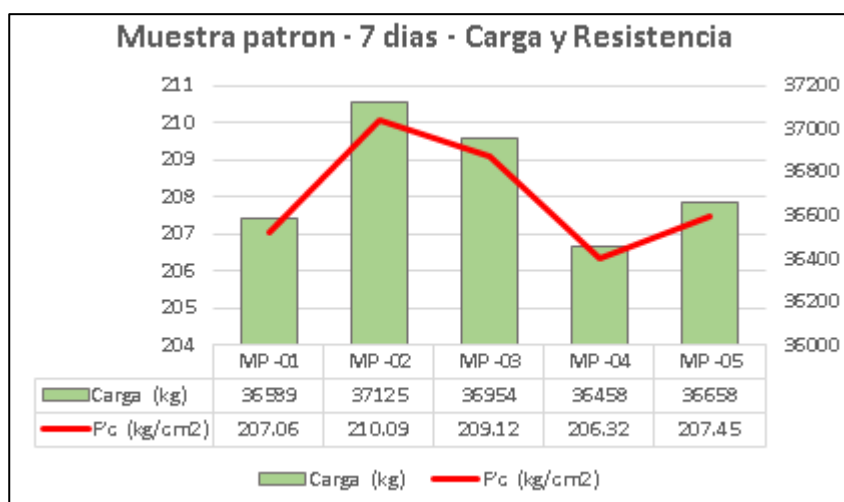
f' c – 7 días – muestra patrón

Muestra	Cargas (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c diseño	Curado Días
M.P. -1	36589	207.06		
M.P. -2	37125	210.09		
M.P. -3	36954	209.12	320	7
M.P. -4	36458	206.32		
M.P. -5	36658	207.45		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f'c) de cinco muestras patrón a los 7 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 36,458 kg y 37,125 kg. Las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras son 207.06 kg/cm², 210.09 kg/cm², 209.12 kg/cm², 206.32 kg/cm², y 207.45 kg/cm² para las muestras M.P.-1 a M.P.-5, respectivamente. El f'c diseño para las muestras es de 320 kg/cm², lo que indica el objetivo de resistencia en el diseño del concreto. Estas mediciones son cruciales para verificar si las propiedades del concreto cumplen con los estándares establecidos para la resistencia esperada después de 7 días de curado.

Figura 32

Carga - resistencia, muestra patrón 7 días



La carga (representada por las barras verdes) puede oscilar entre 36,458kg y 37,125kg, la resistencia (representada por la línea roja) puede oscilar entre 206.32kg/cm² y 210.09kg/cm². También se da el caso de que la muestra con la carga más alta (MP-02) demuestra la mayor capacidad. Las demás muestras, en cambio, presentan variaciones modestas en la relación carga/resistencia, lo que puede ser indicativo de variaciones en el comportamiento del material o en las condiciones en que se ensayó.

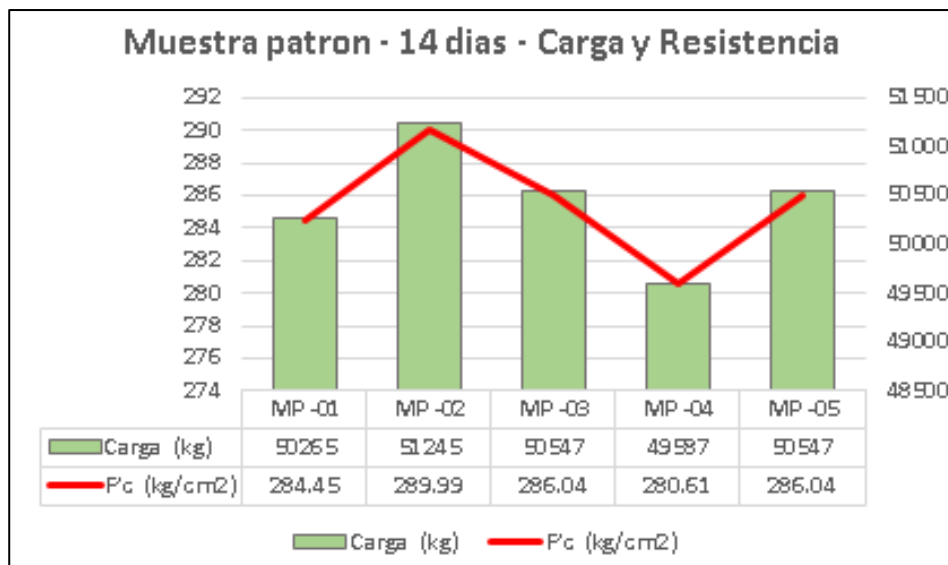
Tabla 34*f_c – 14 das – muestra patrón*

Muestra	Cargas (kg)	F _c (kg/cm ²)	F _c diseño	Curado días
M.P -1	50265	284.45		
M.P -2	51245	289.99		
M.P -3	50547	286.04	320	14
M.P -4	49587	280.61		
M.P -5	50547	286.04		

La tabla muestra los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras patrón a los 14 días de curado. Las cargas aplicadas oscilan entre 49,587 kg y 51,245 kg. Las resistencias a la compresión (f_c) para las muestras son 284.45 kg/cm², 289.99 kg/cm², 286.04 kg/cm², 280.61 kg/cm², y 286.04 kg/cm² para las muestras M.P.-1 a M.P.-5, respectivamente. El f_c diseño para las muestras es de 320 kg/cm², lo que indica el objetivo de resistencia en el diseño del concreto. Estos datos son esenciales para evaluar si las muestras cumplen con la resistencia esperada después de 14 días de curado.

Figura 33

Carga - resistencia-muestra patrón-14 días



De las pruebas de carga y resistencia que se realizaron en cinco muestras de ensayo estándar tras un periodo de catorce días. Tanto la carga, que se muestra con las barras verdes, como la resistencia, representada por la línea roja, pueden variar entre 280,61 kg/cm² (MP-04) y 289,99 kg/cm² (MP-02). La carga puede oscilar entre 49 587 kg (MP-04) y 51 245 kg (MP-02). Aunque la muestra MP-02 presenta los valores más altos de carga y resistencia, la muestra MP-04 presenta los valores más bajos para ambos parámetros. La muestra MP-02 presenta los valores más altos. Se observan valores más altos en la muestra MP-02 tanto para la carga como para la resistencia.

Tabla 35

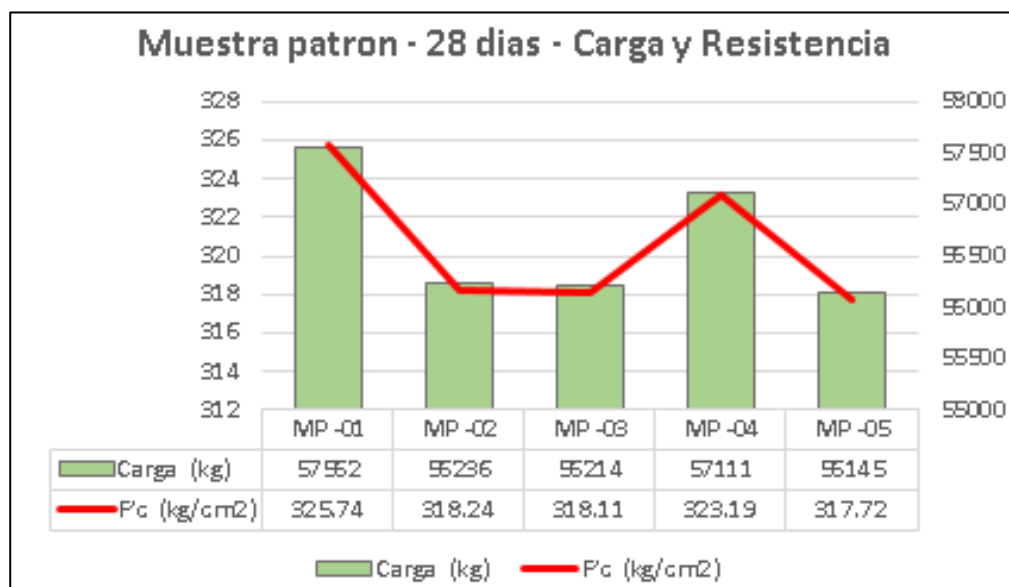
f_c – 28 das – muestra patrón

Muestras	Cargas (kg)	F _c (kg/cm ²)	F _c Diseño	Curado días
M.P -1	57562	325.74		
M.P -2	56236	318.24		
M.P -3	56214	318.11	320	28
M.P -4	57111	323.19		
M.P -5	56145	317.72		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras patrón a los 28 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 56,145 kg y 57,562 kg. Las resistencias a la compresión (f_c) para las muestras son 325.74 kg/cm², 318.24 kg/cm², 318.11 kg/cm², 323.19 kg/cm², y 317.72 kg/cm² para las muestras M.P.-1 a M.P.-5, respectivamente. La resistencia de diseño es de 320 kg/cm², lo que refleja la resistencia objetivo para el concreto. Estos resultados son cruciales para verificar que las muestras hayan alcanzado la resistencia esperada después de 28 días de curado.

Figura 34

Carga – resistencia - muestra patrón - 28 días



Mientras que la resistencia, que se muestra con la línea roja, pasa de 317,72 kg/cm² (en MP-05) a 325,74 kg/cm² (en MP-01), la carga, representada por las barras verdes, puede oscilar entre 56 145 kg (en MP-05) y 57 562 kg (en MP-01). La carga a la que se sometió cada espécimen está representada por las barras verdes. En MP-05 se registran los valores mínimos, mientras que MP-01 corresponde tanto a la carga máxima como a la mayor resistencia. La relación entre carga y resistencia sigue siendo clara y coherente, a pesar de que se han observado algunas diferencias menores entre las distintas probetas. Estas diferencias podrían atribuirse a pequeñas variaciones en la calidad del material o en el procedimiento de evaluación.

F'c + 40% de fibras de acero de neumático, 7 días

Tabla 36

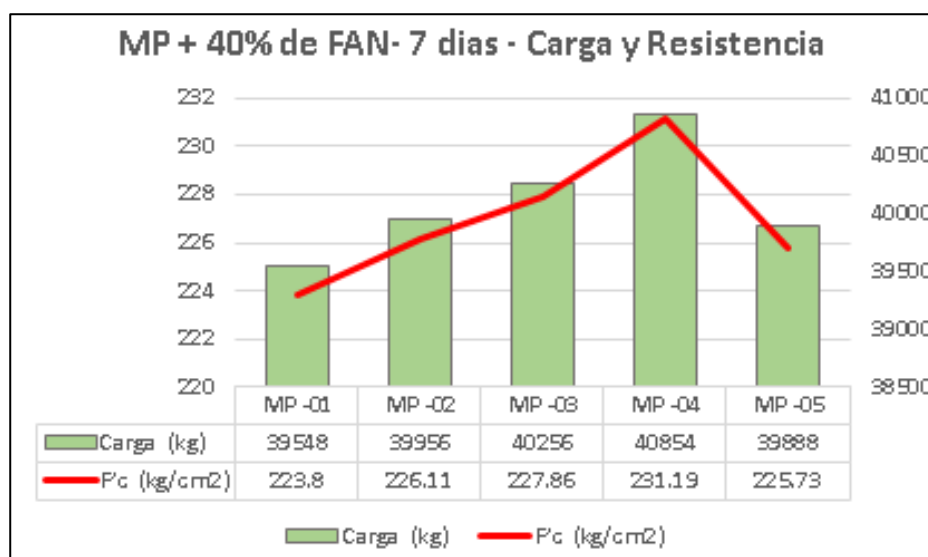
f'c 7 días – muestra patrón + 40% de FAN

Muestras	Cargas (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c diseño	Día de curado
M.1+40%	39548	223.80		
M.2+40%	39956	226.11		
M.3+40%	40256	227.86	320	7
M.4+40%	40854	231.19		
M.5+40%	39888	225.73		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras patrón con 40% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 7 días de curado. Las cargas aplicadas oscilan entre 39,388 kg y 40,854 kg. Las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras varían entre 223.80 kg/cm² y 231.19 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 320 kg/cm². Estos resultados muestran la capacidad del concreto con fibra reciclada para alcanzar una resistencia adecuada a los 7 días de curado, aunque no cumple con la resistencia de diseño esperada.

Figura 35

Factores de carga y resistencia, MP + 40% FAN - 7 días



A los siete días, se midieron la carga y la resistencia de cinco muestras de referencia al 40% de FAN. Por ejemplo, el peso, representado por las barras verdes, puede oscilar entre 39,588 kg (MP-05) y 40,854 kg (MP-04), y la resistencia, representada por la línea roja, puede oscilar entre 223,8 kg/cm² (MP-01) y 231,19 kg/cm² (MP-04). Las muestras MP-01 y MP-05 tienen los valores más bajos, mientras que la muestra MP-04 tiene la mayor carga y la mayor resistencia. En comparación, la muestra MP-04 tiene el voltaje más alto. Aunque hay algunas pequeñas variaciones entre las muestras, puede detectarse una tendencia general, según la cual la resistencia aumenta en proporción a la carga.

F'c + 40% de fibras de acero de neumático, 14 días

Tabla 37

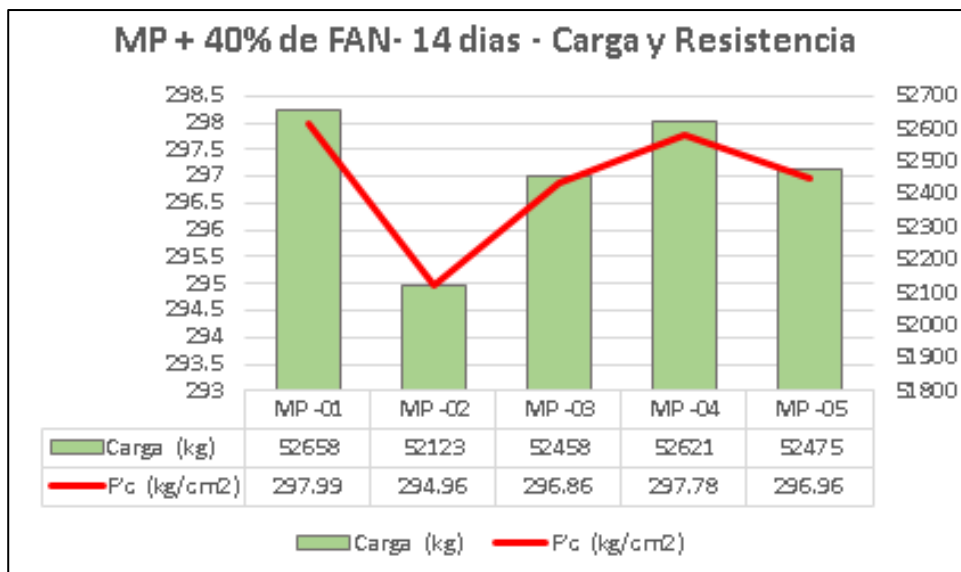
f'c 14 días – muestra patrón + 40% de FAN

Muestras	Cargas (kg)	F'c (kg/cm ²)	Resistencia de diseño	Curado
M.01+40%	52658	297.99		
M.02+40%	52123	294.96		
M.03+40%	52458	296.86	320	14
M.04+40%	52621	297.78		
M.05+40%	52475	296.96		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras patrón con 40% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 14 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 52,123 kg y 52,658 kg. Las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras oscilan entre 294.96 kg/cm² y 297.99 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 320 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 40% de fibra de acero reciclada muestran un rendimiento significativo en términos de resistencia, aunque no alcanzan el valor de diseño de 320 kg/cm² a los 14 días de curado.

Figura 36

Factores de carga y resistencia, MP + 40% FAN - 14 días



A los 14 días, se midieron la carga y la resistencia de cinco muestras de referencia con un cuarenta por ciento de FAN. El peso, representado por las barras verdes, varía de 52.123kg(MP-02) a 52.658kg(MP-01), mientras que la resistencia, representada por la línea roja, varía de 294.96kg/cm²(MP-02) a 297.99kg/cm²(MP-01). MP-2 presenta las cifras más bajas tanto para la carga como para la resistencia, a pesar de que MP-01 sí tiene la carga y la resistencia máximas. Una relación estrictamente lineal entre carga y resistencia no es rigurosamente respetada por el comportamiento del material, como se ve por las variaciones que se observan en los experimentos restantes.

F'c + 40% de fibras de acero de neumático, 28 días

Tabla 38

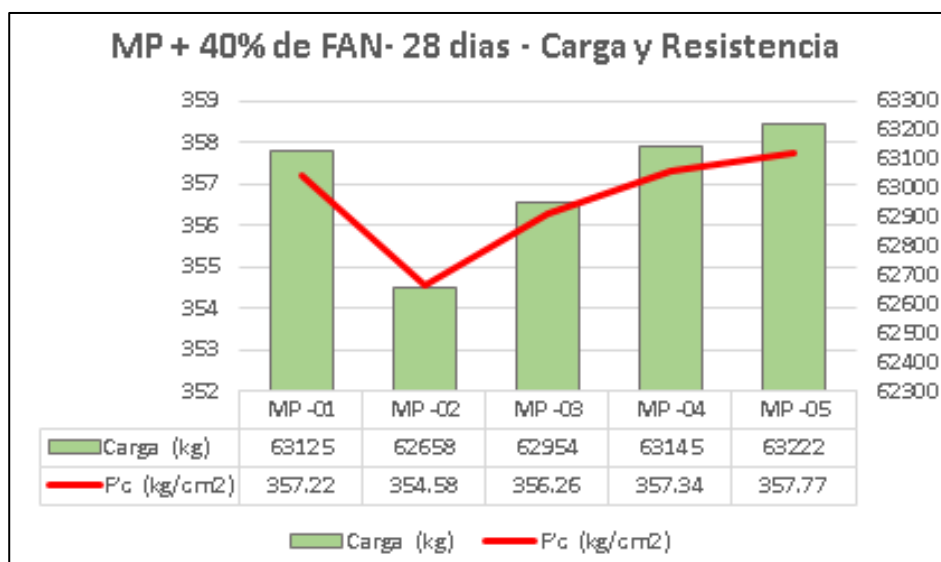
f'c 28 días – muestra patrón + 40% de FAN

Muestras	Cargas (kg)	F'c (kg/cm ²)	Resistencia de diseño	Curado
M.1 +40%	63125	357.22		
M.2 +40%	62658	354.58		
M.3 +40%	62954	356.26	320	28
M.4 +40%	63145	357.34		
M.5 +40%	63222	357.77		

La tabla muestra los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras patrón con 40% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 28 días de curado. Las cargas aplicadas oscilan entre 62,158 kg y 63,222 kg. Las resistencias a la compresión (f_c) varían entre 354.58 kg/cm² y 357.77 kg/cm², y la resistencia de diseño es de 320 kg/cm². Estos resultados muestran que las muestras con 40% de fibra de acero reciclada superan ampliamente la resistencia de diseño, alcanzando resistencias adecuadas y consistentes después de 28 días de curado.

Figura 37

Factores de carga y resistencia, MP + 40% FAN - 28 días



Se evaluaron la carga y la resistencia de cinco probetas estándar que contenían un cuarenta por ciento de fibras de acero de neumático reciclado (RSTF) tras un período de veintiocho días. La resistencia, representada por la línea roja, varía de 354.58 kg/cm²(MP-02) a 357.77kg/cm²(MP-05), mientras que la carga, representada por las barras verdes, varía de 62.568kg(MP-02) a 63.322kg(MP-05). Tanto MP-02 como MP-05 muestran los valores mínimos, mientras que MP-02 muestra los valores máximos en ambos escenarios. En la mayoría de las muestras, estos resultados indican que existe una clara correlación entre la carga y la resistencia; no obstante, se observan algunas variaciones modestas.

F'c + 50% de fibras de acero de neumático, 7 días

Tabla 39

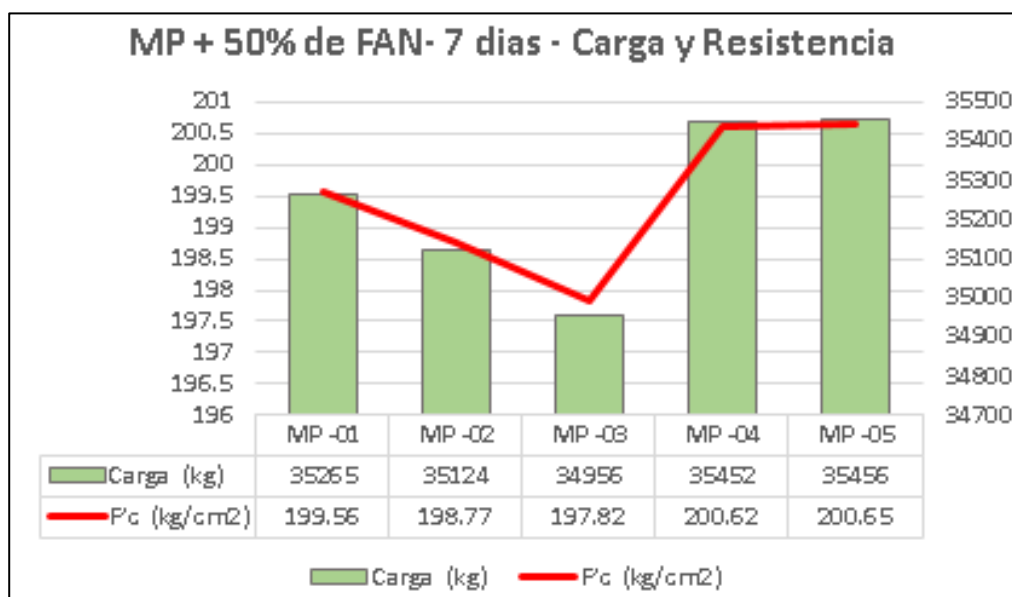
f'c 7 días – muestra patrón + 50% de FAN

Muestras	Cargas (kg)	F'c (kg/cm ²)	Resistencia de diseño	Días
M.01 +50%	35265	199.56		
M.02 +50%	35124	198.77		
M.03 +50%	34956	197.82	320	7
M.04 +50%	35452	200.62		
M.05 +50%	35456	200.65		

La tabla muestra los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras patrón con 50% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 7 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 34,956 kg y 35,456 kg. Las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras son 199.56 kg/cm², 198.77 kg/cm², 197.82 kg/cm², 200.62 kg/cm², y 200.65 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 320 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 50% de fibra de acero reciclada muestran una resistencia considerablemente baja en comparación con la resistencia de diseño esperada, lo que sugiere que se necesita ajustar la mezcla para mejorar su rendimiento.

Figura 38

Carga - resistencia, MP + 50% FAN - 7 días



Se sometieron cinco muestras de referencia que contenían un cincuenta por ciento de FAN a mediciones de carga y resistencia tras un periodo de siete días. Tanto la carga, que se muestra con las barras verdes, como la resistencia, representada por la línea roja, varían entre 197,82 kg/cm² (MP-03) y 200,65 kg/cm² (MP-05). La carga oscila entre 34,956 kg (MP-03) y 35,456 kg (MP-05). La muestra MP-05 presenta valores elevados, mientras que la muestra MP-03 presenta los valores más bajos. A pesar de que existen algunas diferencias menores entre las muestras, esto sugiere que existe una tendencia general a asociar una mayor carga con una mayor resistencia.

F'c + 50% de fibras de acero de neumático, 14 días

Tabla 40

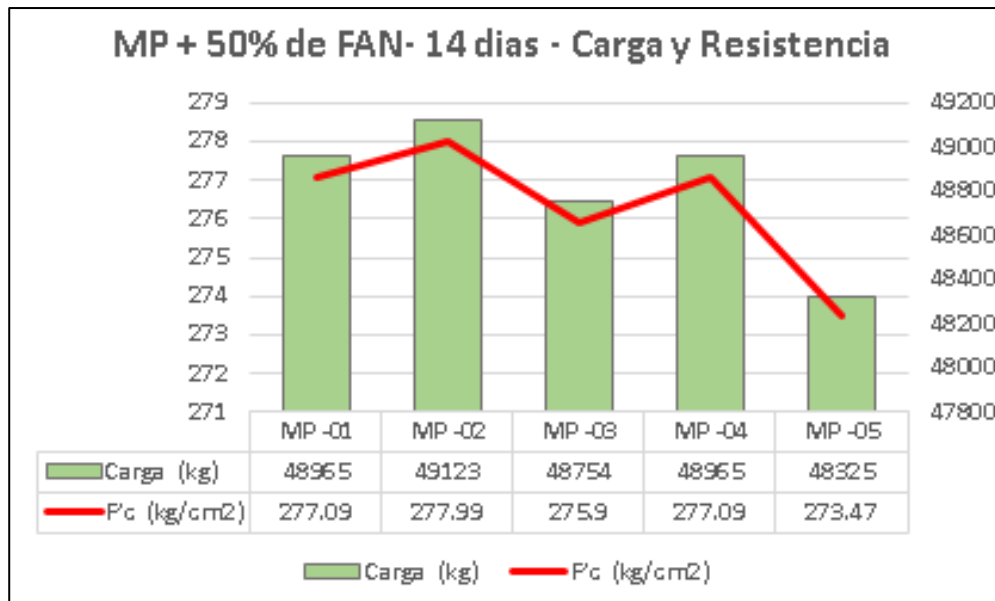
f'c 14 días – muestra patrón + 50% de FAN

Muestras	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c Diseño	Curado
M.1 +50%	48965	277.09		
M.2 +50%	49123	277.99		
M.3 +50%	48754	275.90	320	14
M.4 +50%	48965	277.09		
M.5 +50%	48325	273.47		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras patrón con 50% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 14 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 48,325 kg y 49,865 kg. Las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras oscilan entre 273.47 kg/cm² y 277.99 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 320 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 50% de fibra de acero reciclada presentan una resistencia más baja que la esperada, sugiriendo que se requiere una mejora en la mezcla para alcanzar la resistencia de diseño.

Figura 39

Carga - resistencia, MP + 50% de fibras de acero de neumático - 14 días



Durante el transcurso de catorce días, se registraron la carga y la resistencia de cinco especímenes de referencia con un cincuenta por ciento de FAN. El peso, representado por las barras verdes, varió de 48.325kg(MP-05) a 49.123kg(MP-02), y la resistencia, representada por la línea roja, varió de 273.47kg/cm²(MP-05) a 277.99kg/cm²(MP-02). La configuración MP-02 presenta los valores de carga y resistencia más elevados, mientras que la configuración MP-05 presenta los valores de carga y resistencia más bajos. A pesar de que existen diferencias notables entre las probetas, estos resultados sugieren que la resistencia aumenta en proporción a la carga que se aplica al material.

F'c+ 50% de fibras de acero de neumático, 28 días

Tabla 41

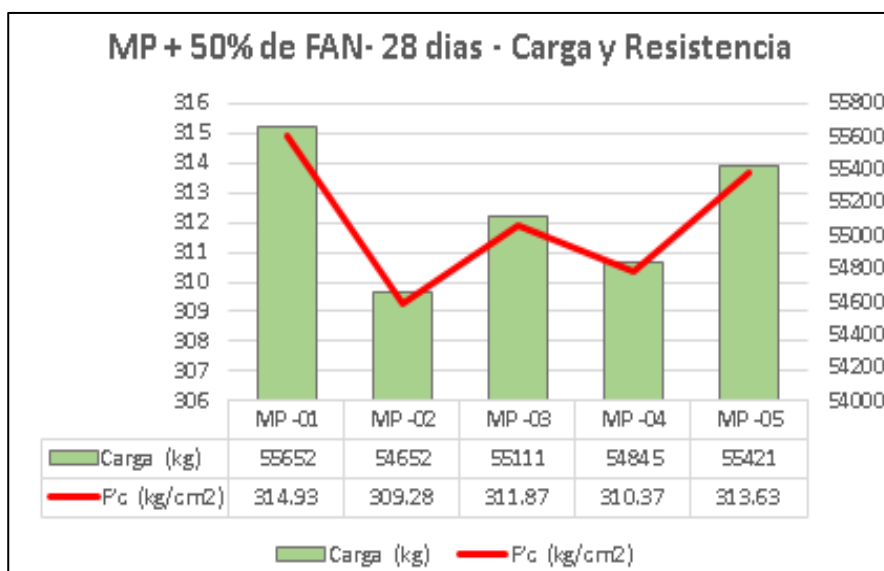
f'c 28 días – muestra patrón + 50% de FAN

Muestra	Cargas (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c Diseño	Curado
M.1 +50%	55652	314.93		
M.2 +50%	54652	309.28		
M.3 +50%	55111	311.87	320	28
M.4 +50%	54845	310.37		
M.5 +50%	55421	313.63		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras patrón con 50% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 28 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 51,111 kg y 55,652 kg. Las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras oscilan entre 309.28 kg/cm² y 314.93 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 320 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 50% de fibra de acero reciclada están cerca de alcanzar la resistencia de diseño, pero aún no logran superarla completamente después de 28 días de curado.

Figura 40

Carga - resistencia, MP + 50% de fibras de acero de neumático - 28 días



Se midieron y registraron tanto la carga como la resistencia de cinco probetas de referencia con un 50% de FAN al cabo de 28 días. La carga, representada por las barras verdes, varió de 54.562kg(MP-02) a 55.652kg(MP-01), y la resistencia, representada por la línea roja, varió de 309.28kg/cm²(MP-02) a 314.93kg/cm²(MP-01). Existe una discrepancia significativa entre los dos conjuntos de lecturas, ya que MP-01 muestra los valores máximos tanto de carga como de resistencia y MP-02 muestra los valores mínimos. Se descubrió que cuanto mayor era la carga, mayor era la resistencia, y esto era así a pesar de que se observó que las probetas mostraban diferentes características relacionadas con el material. Esto es cierto de forma generalizada.

F'c+ 60% de fibras de acero de neumático, 7 días

Tabla 42

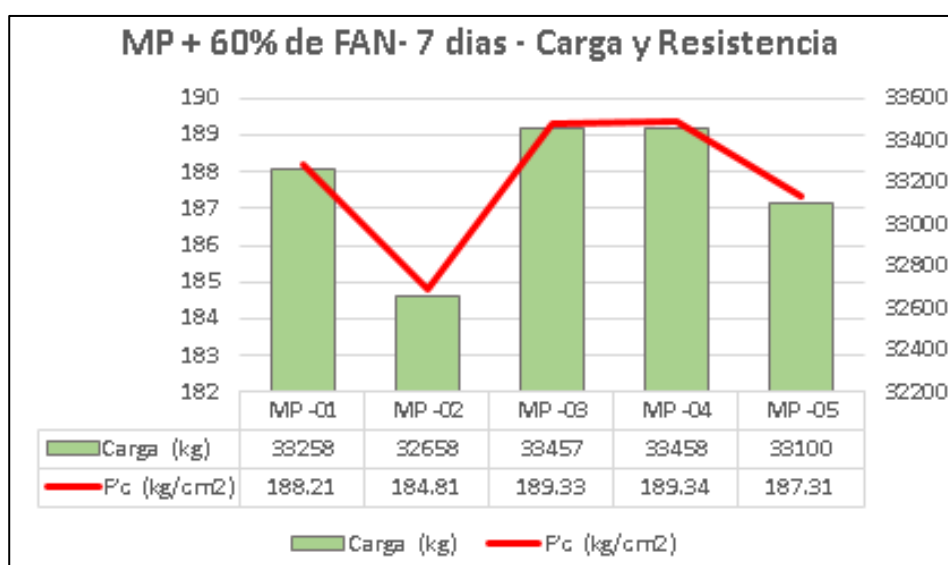
f'c 7 días – muestra patrón + 60% de FAN

Muestras	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c Diseño	Curado
M.1 + 60%	33258	188.21		
M.2 + 60%	32658	184.81		
M.3 + 60%	33457	189.33	320	7
M.4 + 60%	33458	189.34		
M.5 + 60%	33100	187.31		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras patrón con 60% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 7 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 32,258 kg y 33,458 kg. Las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras oscilan entre 180.21 kg/cm² y 189.34 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 320 kg/cm². Estos resultados muestran que las muestras con 60% de fibra de acero reciclada tienen una resistencia considerablemente baja en comparación con la resistencia de diseño, indicando que se requieren ajustes en la mezcla para mejorar las propiedades del concreto.

Figura 41

Factores de carga y resistencia, MP + 60% FAN - 7 días



A los siete días, se midieron la carga y la resistencia de cinco muestras de referencia al 60% de FAN. Por ejemplo, la carga (representada por las barras verdes) puede oscilar entre 32.100kg (MP-05) y 33.458kg (MP-04), mientras que la resistencia (representada por la línea roja) puede oscilar entre 184.81kg/cm²(MP-02) y 189.34kg/cm²(MP-04). Se ha descubierto que MP-03 y MP-04, que también presentan las cargas más elevadas, tienen respectivamente la resistencia más fuerte. Esto contrasta con el MP-02, que posee la carga y la resistencia más bajas. A pesar de que existen algunas diferencias entre las muestras, esto indica que existe una correlación general entre carga y resistencia.

F'c+ 60% de fibras de acero de neumático, 14 días

Tabla 43

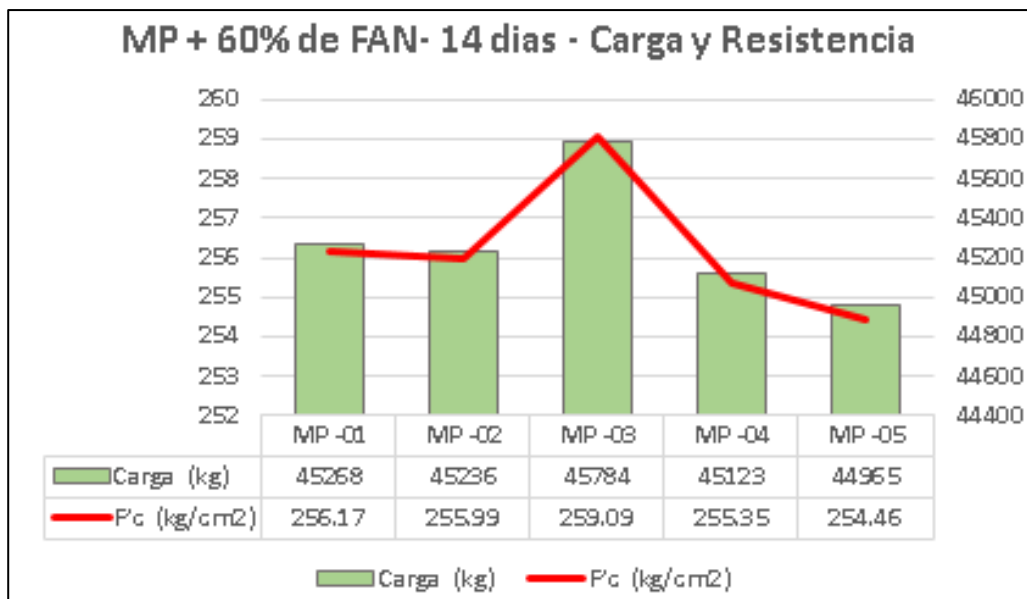
f'c 14 días – muestra patrón + 60% de FAN

Muestra	Cargas (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c diseño	Día de curado
M.1 +60%	45268	256.17		
M.2 +60%	45236	255.99		
M.3 +60%	45784	259.09	320	14
M.4 +60%	45123	255.35		
M.5 +60%	44965	254.46		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f'c) de las muestras patrón con 60% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 14 días de curado. Las cargas aplicadas oscilan entre 44,965 kg y 45,784 kg. Las resistencias a la compresión (f'c) varían entre 254.46 kg/cm² y 259.09 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 320 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 60% de fibra de acero reciclada aún no alcanzan la resistencia de diseño esperada, lo que sugiere la necesidad de ajustes en la mezcla para mejorar su desempeño.

Figura 42

Factores de carga y resistencia, MP + 60% FAN - 14 días



A los 14 días, se midieron la carga y la resistencia de cinco muestras de referencia con un sesenta por ciento de FAN. La carga, representada por las barras verdes, puede oscilar entre 44.965kg(MP-05) y 45.784kg(MP-03), mientras que la resistencia, representada por la línea roja, puede oscilar entre 254.46kg/cm²(MP-05) y 259.09kg/cm²(MP-03). La muestra MP-03 presenta los mayores valores de carga y resistencia, mientras que la muestra MP-05 tiene los valores más bajos para ambos parámetros. Los valores más altos se observan en la muestra MP-03. Se ha establecido que existe una clara correlación entre la carga y la resistencia, apareciendo algunas variaciones modestas entre las muestras.

F'c + 60% de fibras de acero de neumático, 28 días

Tabla 44

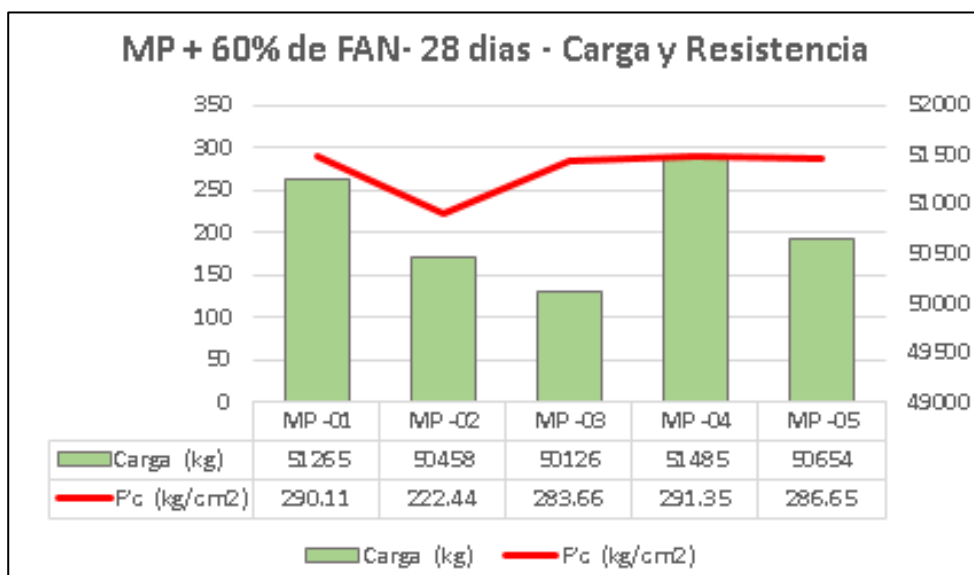
f'c 28 días – muestra patrón + 60% de FAN

Muestra	Cargas (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c diseño	Día de curado
M.1 +60%	51265	290.11		
M.2 +60%	50458	282.44		
M.3 +60%	50126	283.66	320	28
M.4 +60%	51485	291.35		
M.5 +60%	50654	286.65		

La tabla muestra los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras patrón con 60% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 28 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 50,126 kg y 51,265 kg. Las resistencias a la compresión (f_c) oscilan entre 282.44 kg/cm² y 291.35 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 320 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 60% de fibra de acero reciclada mejoran la resistencia del concreto, pero aún no alcanzan la resistencia de diseño después de 28 días de curado.

Figura 43

Factores de carga y resistencia, MP + 60% FAN -28 días



A los 28 días, se midieron la carga y la resistencia de cinco muestras de referencia con un sesenta por ciento de FAN. La resistencia varía de 222,44 kg/cm² (MP-02) a 291,35 kg/cm² (MP-04), mientras que la carga oscila entre 50 126 kg (MP-03) y 51 485 kg (MP-04). La carga va de 50 126 kg a 51 485 kg. En comparación con MP-02, que muestra los resultados más bajos en ambas categorías, MP-04 registra la mayor carga, así como la mayor resistencia jamás registrada. Se observa que existe una asociación general entre el aumento de la carga y el aumento de la resistencia; no obstante, MP-02 presenta una desviación considerable de la resistencia a pesar de estar cargando a un nivel bajo.

4.1.3 Resistencia a la flexión para adoquines de concreto con fibra de acero reciclado

Resistencia flexión– 7 días - muestra patron

Tabla 45

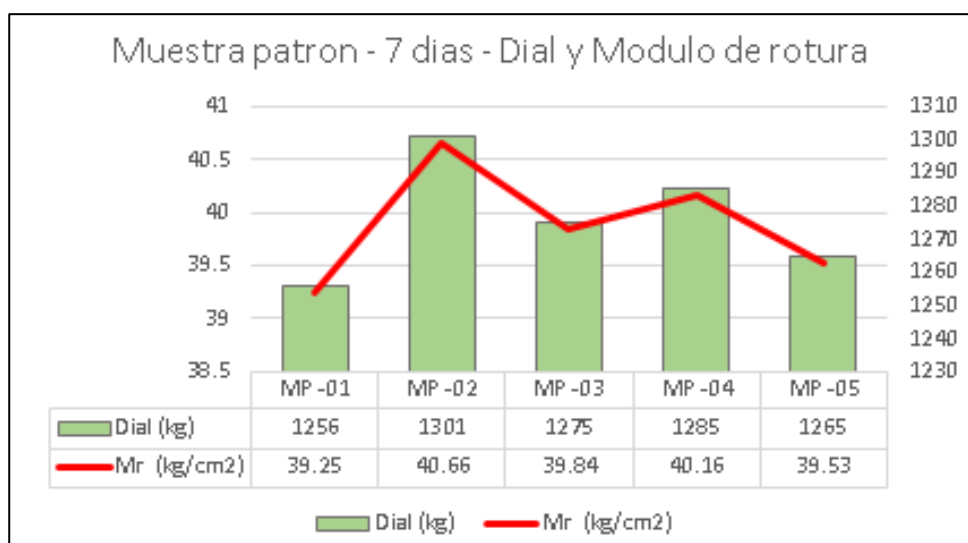
f_r – 7 días – muestra patrón

Muestra	Dial (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c diseño	Día de curado
M.Patrón -01	1256	39.25		
M.Patrón -02	1301	40.66		
M.Patrón -03	1275	39.84	64	7
M.Patrón -04	1285	40.16		
M.Patrón -05	1265	39.53		

La tabla muestra las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras patrón a los 7 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 1,256 kg y 1,301 kg. Las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras son 39.25 kg/cm², 40.66 kg/cm², 39.84 kg/cm², 40.16 kg/cm², y 39.53 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 64 kg/cm². Estos valores indican que las muestras patrón cumplen con la resistencia esperada, alcanzando una resistencia superior a la mínima requerida para los adoquines después de 7 días de curado.

Figura 44

Dial – flexión 7 días – muestra patrón



De acuerdo con el modelo, el peso esférico varía entre 1.256kg (MP.1) y 1.285kg (MP.5) en el transcurso de siete días. Además, el módulo de rotura varía entre 39.25kg/cm²(MP-01) y 40.66kg/cm²(MP-02). Durante la evaluación se tuvieron en cuenta los especímenes estándar. Por otro lado, MP-01 presenta los valores más bajos tanto en el módulo de rotura como en el indicador, mientras que MP-02 demuestra el registro más alto en ambas categorías. En consecuencia, parece evidente que un aumento del indicador va acompañado de un aumento del módulo de rotura, a pesar de que en algunos casos los distintos especímenes presentan ligeras variaciones.

F^r- 14 días, muestra patrón

Tabla 46

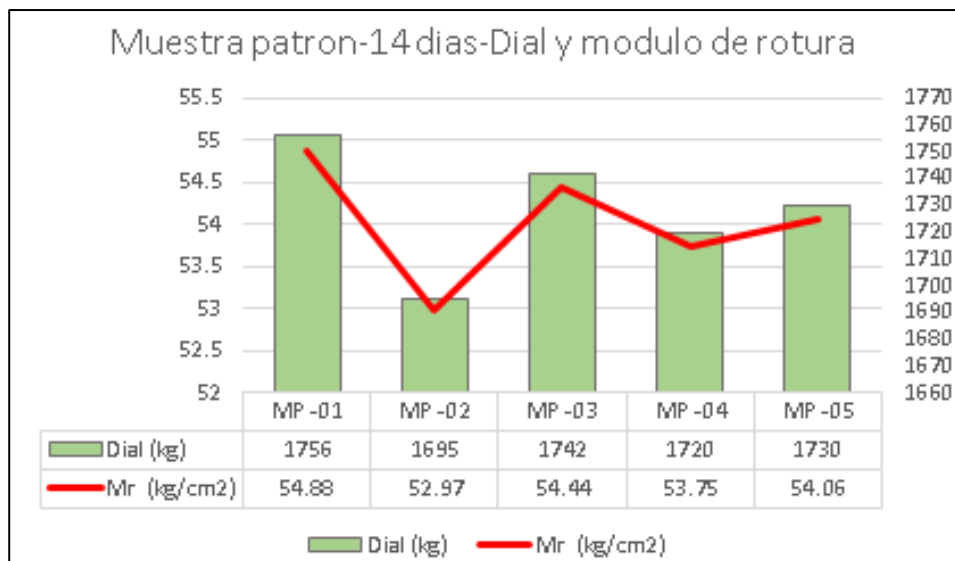
F^r- 14 días – muestra patrón

Muestra	Dial (kg)	F ^c (kg/cm ²)	F ^c diseño	Día de curado
M.Patrón -1	1756	54.88		
M.Patrón -2	1695	52.97		
M.Patrón -3	1742	54.44	64	14
M.Patrón -04	1720	53.75		
M.Patrón -05	1730	54.06		

La tabla muestra las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f^c) de las muestras patrón a los 14 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 1,695 kg y 1,756 kg. Las resistencias a la compresión (f^c) de las muestras son 54.88 kg/cm², 52.97 kg/cm², 54.44 kg/cm², 53.75 kg/cm², y 54.06 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 64 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras alcanzaron una resistencia superior a la mínima requerida para los adoquines después de 14 días de curado, demostrando que el concreto ha alcanzado un desempeño adecuado para este tiempo de curado.

Figura 45

Dial - flexión, 14 días - muestra patrón



Tras un periodo de catorce días se sitúa entre 52.97kg/cm² (MP.2) y 54.88 kg/cm² (MP.1), mientras que la esfera oscila entre 1 695kg (MP.2) y 1 756kg (MP.1). La MP-01 registra las cifras más altas tanto para la esfera como para el módulo de rotura, mientras que la muestra MP-2 presenta los valores más bajos en ambas características. A pesar de que existen algunas variaciones entre las muestras, se puede observar un patrón general en el que los mayores valores de la esfera están relacionados con un mayor módulo de rotura.

F'r – muestra patrón - 28 días

Tabla 47

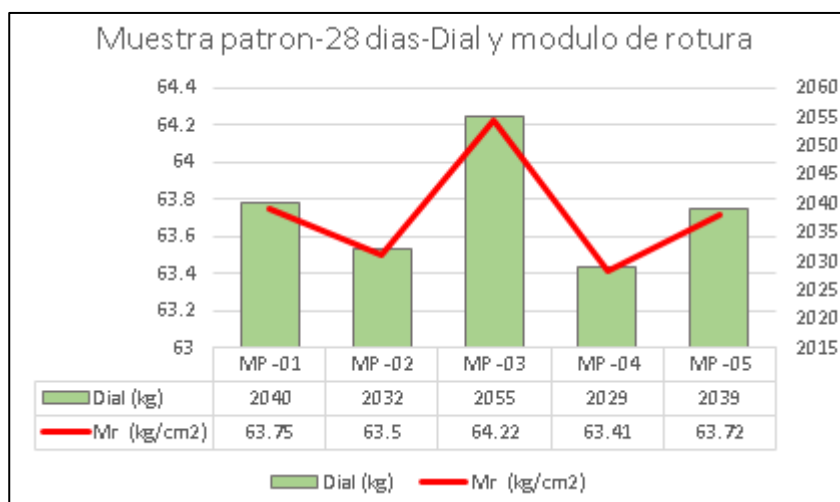
F'c – 28 días – muestra patrón

Muestra	Dial (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c diseño	Día de curado
M.P -01	2040	63.75		
M.P -02	2032	63.50		
M.P -03	2055	64.22	64	28
M.P -04	2029	63.41		
M.P -05	2039	63.72		

La tabla muestra las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras patrón a los 28 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 2,029 kg y 2,055 kg. Las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras son 63.75 kg/cm², 63.50 kg/cm², 64.22 kg/cm², 63.41 kg/cm², y 63.72 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 64 kg/cm². Estos resultados muestran que las muestras han alcanzado una resistencia cercana a la de diseño después de 28 días de curado, lo que indica que el concreto cumple con las especificaciones necesarias para su uso.

Figura 46

Factores de dial y flexión, muestra patrón a los 28 días



En un intervalo de tiempo de 28 días, se tomaron los resultados de las mediciones del dial y del módulo de ruptura (Mr) de cinco muestras estándar. Tanto el dial, que se muestra con las barras verdes, como el módulo de ruptura, representado por la línea roja, pueden variar entre 63,41 kg/cm² (MP-04) y 64,22 kg/cm². El dial puede oscilar entre 2030 kg (MP-04) y 2055 kg (MP-03). La muestra MP-03 produce los valores más altos para ambos parámetros, mientras que la muestra MP-04 produce los valores más bajos para ambos parámetros. Esto confirma el hecho de que existen algunas diferencias entre las distintas muestras, a pesar de que existe una relación directa entre el valor de la esfera y el módulo de ruptura.

F'r + 40% FAN - 7 días

Tabla 48

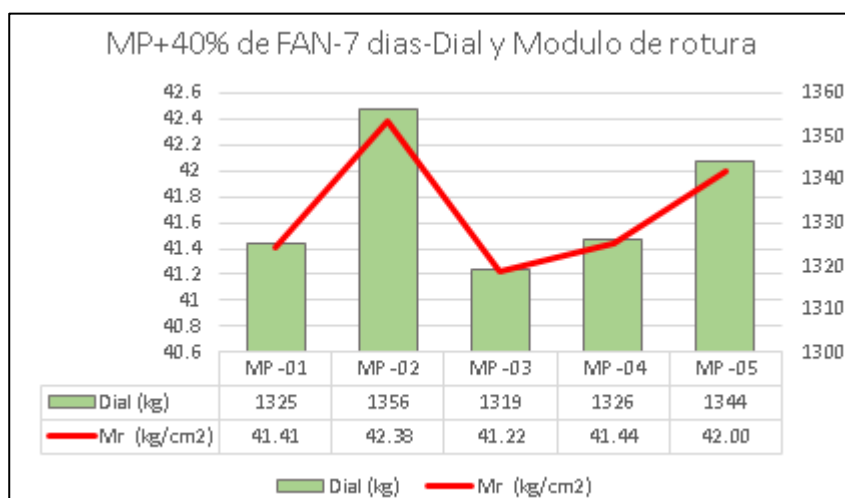
F'r - 7 días + 40% de FAN

Muestra	Dial (kg)	F`c (kg/cm2)	F`c diseño	Días
M.1+40%	1325	41.41		
M.2+40%	1356	42.38		
M.3+40%	1319	41.22	64	7
M.4+40%	1326	41.44		
M.5+40%	1344	42.00		

La tabla muestra las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f`c) de las muestras con 40% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 7 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 1,325 kg y 1,344 kg. Las resistencias a la compresión (f`c) de las muestras son 41.41 kg/cm², 42.38 kg/cm², 41.22 kg/cm², 41.44 kg/cm², y 42.00 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 64 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 40% de fibra de acero reciclada no alcanzan la resistencia de diseño esperada, pero muestran una mejora considerable en comparación con las muestras iniciales.

Figura 47

Factores de dial y flexión, MP + 40% de fibras de acero de neumático - 7 días



A los siete días, se tomaron los resultados de las mediciones del dial y del módulo de ruptura (Mr) de cinco muestras estándar que contenían un cuarenta por ciento de FAN. El dial, representado por las barras verdes. Es posible que el módulo de ruptura, indicado por la línea roja, oscile entre 41,22 kg/cm² (MP-03) y 42,38 kg/cm² (MP-02), mientras que el peso del material puede oscilar entre 1300 kg (MP-03) y 1344 kg (MP-05). Aunque MP-02 tiene el módulo de ruptura más alto y uno de los números más altos en el dial, MP-03 tiene los valores más bajos para ambos parámetros. MP-02 es el más caro de los tres. Por lo tanto, MP-02 es la opción superior. A pesar de que existen algunas variaciones significativas entre las muestras, esto sugiere que existe una relación general entre el dial y el módulo de rotura.

Resistencia a flexión + 40% FAN - 14 días

Tabla 49

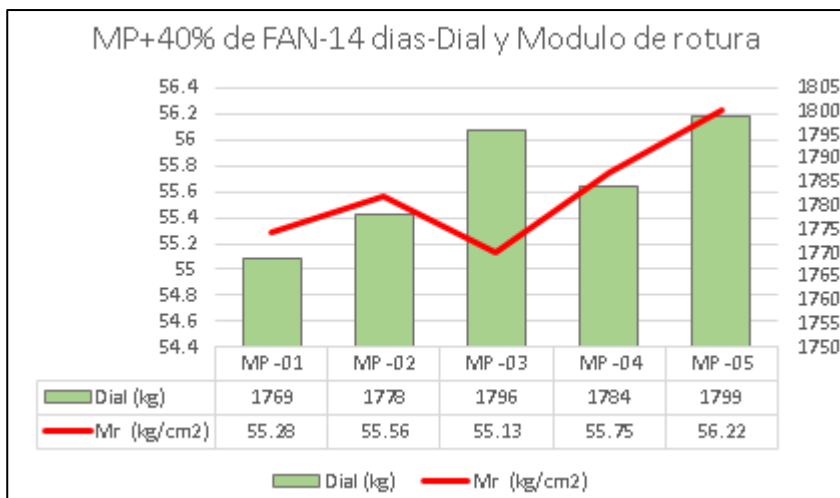
Resistencia a flexión 14 días – muestra patrón + 40% de FAN

Muestras	Dial (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c diseño	Día de curado
M.1+40%	1769	55.28		
M.2+40%	1778	55.56		
M.3+40%	1796	55.13	64	14
M.4+40%	1784	55.75		
M.5+40%	1799	56.22		

La tabla muestra los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la flexión (f'c) de las muestras con 40% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 14 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 1,769 kg y 1,799 kg. Las resistencias a la flexión (f'c) de las muestras son 55.28 kg/cm², 55.56 kg/cm², 55.13 kg/cm², 55.75 kg/cm², y 56.22 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 64 kg/cm². Estos resultados muestran que las muestras con 40% de fibra de acero reciclada alcanzan una resistencia considerable en flexión, aunque no logran la resistencia de diseño esperada.

Figura 48

F_r - MP + 40% FAN - 14 días



Aquí se muestran los resultados de las mediciones del dial y del módulo de ruptura (Mr) tomadas a los 14 días para cinco muestras de referencia que contenían un cuarenta por ciento de FAN. El módulo de rotura (línea roja) varía entre 55,13kg/cm² (MP-03) y 56,22kg/cm² (MP-5), mientras que la esfera (barras verdes) oscila entre 1.769kg (MP-01) y 1.799kg (MP-5). El dial está representado por las barras verdes. MP-05 tiene los valores más altos tanto en el dial como en el módulo de rotura, mientras que MP-03 tiene el valor más bajo en ambas características. Aunque existen algunas diferencias entre las muestras, se ha observado que un mayor valor del dial suele estar relacionado con un mayor módulo de rotura. Este es el caso en general, aunque existen variaciones individuales.

Resistencia a flexión + 40% de fibras de acero de neumático, 28 días

Tabla 50

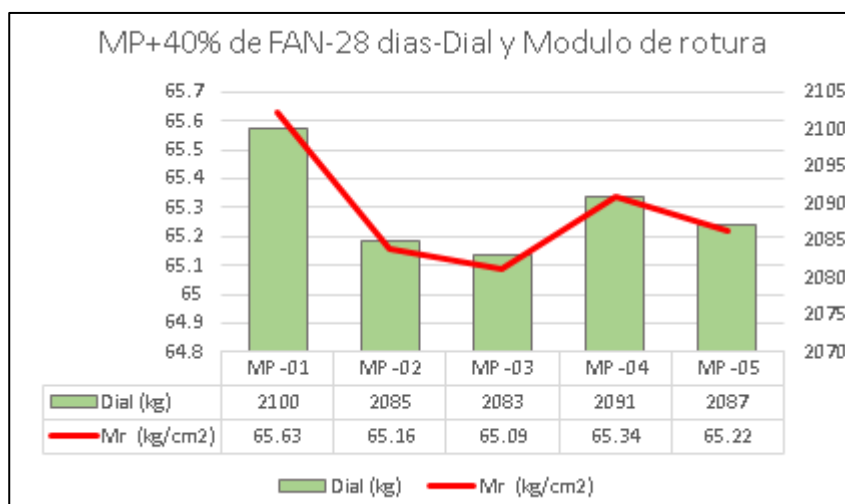
Resistencia a flexión 28 días – muestra patrón + 40% de FAN

Muestra	Dial (kg)	F _c (kg/cm ²)	F _c diseño	Día de curado
M1+40%	2100	65.63		
M2+40%	2085	65.16		
M3+40%	2083	65.09	64	28
M4+40%	2091	65.34		
M5+40%	2087	65.22		

La tabla muestra los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la flexión (f_c) de las muestras con 40% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 28 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 2,083 kg y 2,100 kg. Las resistencias a la flexión (f_c) de las muestras son 65.63 kg/cm², 65.16 kg/cm², 65.09 kg/cm², 65.34 kg/cm², y 65.22 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 64 kg/cm². Estos resultados muestran que las muestras con 40% de fibra de acero reciclada superan la resistencia de diseño esperada, indicando que el concreto con esta mezcla tiene un desempeño adecuado para su uso.

Figura 49

Factores de dial y flexión, MP + 40% de fibras de acero de neumático - 28 días



Aquí se muestran los resultados de las mediciones del dial y del módulo de ruptura (M_r) tomadas a los 14 días para cinco muestras de referencia que contenían un cuarenta por ciento de FAN. Mientras que el módulo de ruptura (indicado por la línea roja) puede oscilar entre 55,13 kg/cm² (MP-03) y 56,22 kg/cm² (MP-05), la esfera (representada por las barras verdes) puede oscilar entre 1769 kg (MP-01) y 1799 kg (MP-05). En las barras verdes se puede ver una representación del dial. Por otro lado, MP-03 tiene el valor más bajo tanto para el dial como para el módulo de ruptura, mientras que MP-05 tiene los valores más altos para ambas propiedades. Aunque existen algunas diferencias entre las muestras, se ha observado que un mayor valor del dial suele estar relacionado con un mayor módulo de ruptura. Este es el caso en general, aunque existen variaciones individuales.

Resistencia a flexión + 50%FAN - 7 días

Tabla 51

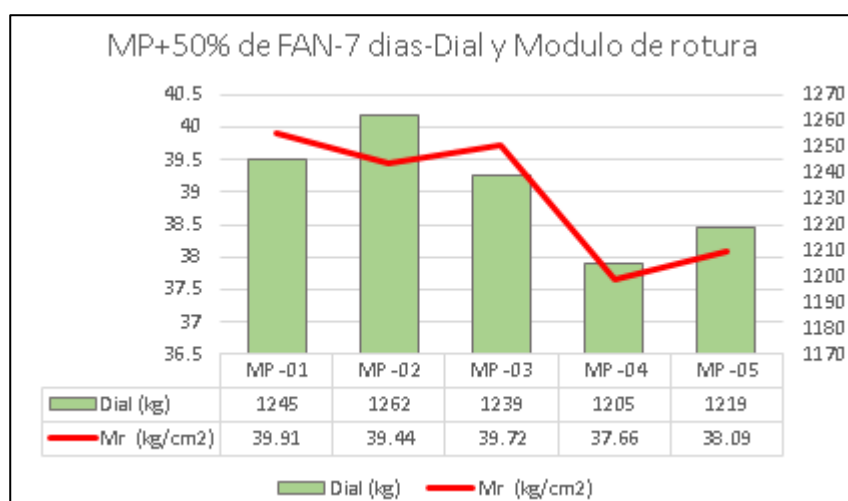
F'r - 7 días + 50% de FAN

Muestras	Dial (kg)	F`c (kg/cm2)	F`c diseño	Día de curado
M.1+50%	1245	39.91		
M.2+50%	1262	39.44		
M.3+50%	1239	39.72	64	7
M.4+50%	1205	37.66		
M.5+50%	1219	38.09		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f`c) de las muestras con 50% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 7 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 1,205 kg y 1,262 kg. Las resistencias a la compresión (f`c) de las muestras son 39.91 kg/cm², 39.44 kg/cm², 39.72 kg/cm², 37.66 kg/cm², y 38.09 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 64 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 50% de fibra de acero reciclada no alcanzan la resistencia de diseño esperada, lo que sugiere la necesidad de ajustes en la mezcla para mejorar el rendimiento del concreto.

Figura 50

Factores de dial y flexión, MP + 50% FAN - 7 días



A los siete días, se tomaron los resultados de las mediciones del dial y del módulo de ruptura (M_r) de cinco muestras de referencia que contenían un cincuenta por ciento de FAN. El dial, representado por las barras verdes, puede oscilar entre 1.219 kg (MP-05) y 1.262 kg (MP-02), mientras que el módulo de ruptura, representado por la línea roja, puede oscilar entre 37.66kg/cm² (MP-04) y 39.94kg/cm² (MP-2). MP-2 tiene el valor máximo tanto en lo que se refiere al dial como al módulo de rotura, mientras que MP-04 tiene los valores más bajos. Se ha observado que un mayor valor del dial suele estar relacionado con un mayor módulo de rotura, pero existen algunas diferencias entre las muestras. Este es un patrón que se ha observado.

Resistencia a flexión + 50% FAN - 14 días

Tabla 52

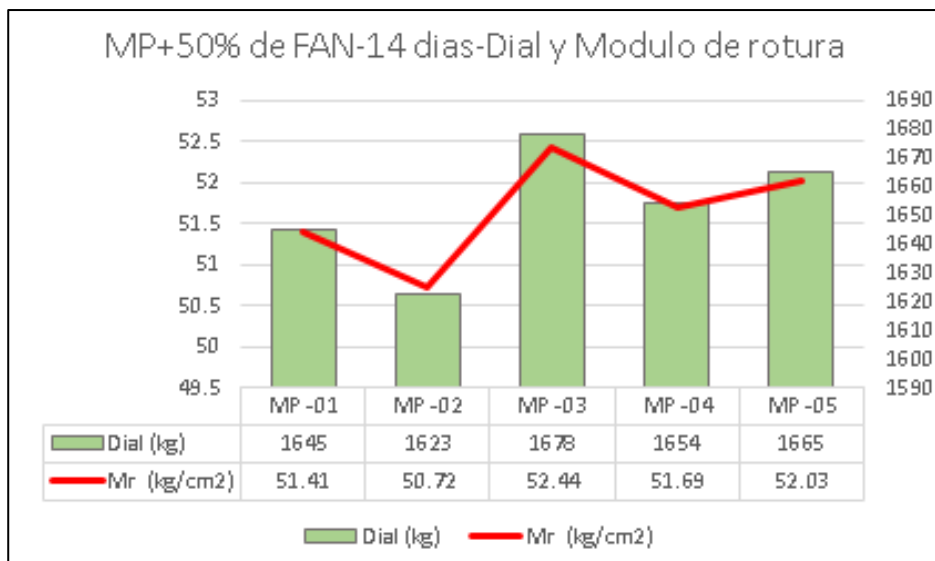
F_r - 14 días + 50% de FAN

Muestras	Dial (kg)	F _c (kg/cm ²)	F _c diseño	Día de curado
M01+50%	1645	51.41		
M02+50%	1623	50.72		
M03+50%	1678	52.44	64	14
M04+50%	1654	51.69		
M05+50%	1665	52.03		

La tabla muestra los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f_c) de las muestras con 50% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 14 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 1,623 kg y 1,678 kg. Las resistencias a la compresión (f_c) son 51.41 kg/cm², 50.72 kg/cm², 52.44 kg/cm², 51.69 kg/cm², y 52.03 kg/cm², mientras que la resistencia de diseño es de 64 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 50% de fibra de acero reciclada muestran una resistencia considerable, pero aún no alcanzan la resistencia de diseño esperada a los 14 días de curado.

Figura 51

Factores de dial y flexión, MP + 50% FAN - 14 días



Se presentan aquí las mediciones del dial y del módulo de ruptura (Mr) realizadas en cinco muestras de referencia que contenían un cincuenta por ciento de FAN a los catorce días. El módulo de ruptura (línea roja) varía entre 50.720kg/cm² (MP2) y 52.440kg/cm² (MP-3), mientras que el dial (barras verdes) se extiende de 1.623kg (MP-02) a 1.665kg (MP-05). El dial es una barra verde. Los valores del dial y del módulo de ruptura de MP-03 son los mayores, mientras que los de MP-02 son los más bajos jamás registrados. Aunque existe una variación significativa entre las muestras, estos datos apuntan a un patrón general en el que una esfera mayor está relacionada con un módulo de rotura mayor.

Resistencia a flexión + 50% FAN - 28 días

Tabla 53

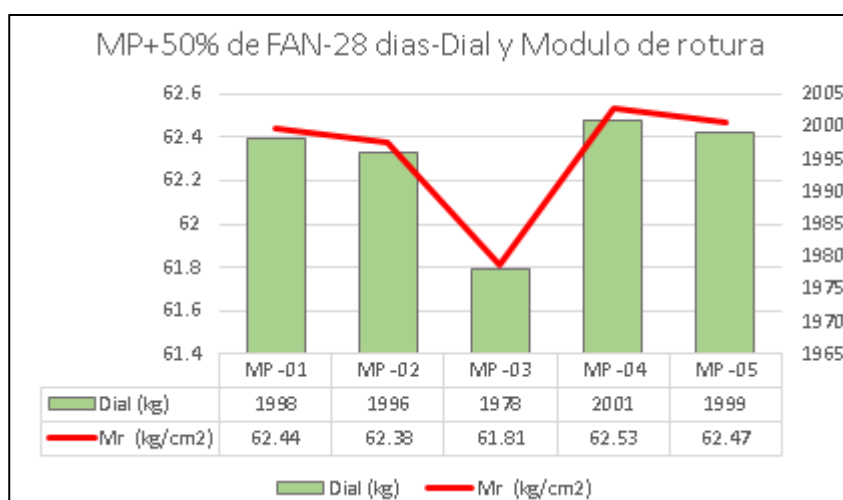
Resistencia a flexión 28 días – muestra patrón + 50% de FAN

Muestras	Dial (kg)	F`c (kg/cm ²)	F`c diseño	Día de curado
M1+50%	1998	62.44		
M2+50%	1996	62.38		
M3+50%	1978	61.81	64	28
M4+50%	2001	62.53		
M5+50%	1999	62.47		

La tabla muestra los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la flexión (f_c) de las muestras con 50% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 28 días de curado. Las cargas varían entre 1,996 kg y 2,001 kg, con resistencias a la flexión que oscilan entre 61.81 kg/cm² y 62.53 kg/cm². La resistencia de diseño es de 64 kg/cm², y todas las muestras superan una resistencia considerable, aunque aún no alcanzan el valor de diseño esperado.

Figura 52

Factores de dial y flexión, MP + 50% de fibras de acero de neumático - 28 días



A los 28 días, se muestran los resultados de la esfera junto con el módulo de ruptura (Mr) de cinco muestras de referencia que contenían un cincuenta por ciento de FAN. Cuando se compara con el módulo de ruptura (línea roja), que varía entre 61.810kg/cm² (MP3) y 62.53kg/cm² (MP4), la esfera (barras verdes) puede oscilar entre 1.971kg (MP-3) y 2.001kg (MP-4). Tanto los valores de la esfera como los del módulo de ruptura del MP-04 son los mayores posibles, mientras que los del MP-03 son los menores posibles. Aunque existen algunas variaciones entre las muestras, se ha observado que un valor más alto de la esfera se asocia generalmente a un módulo de ruptura mayor. Esto es así aunque existan algunas desviaciones.

Resistencia a flexión + 60% FAN - 7 días

Tabla 54

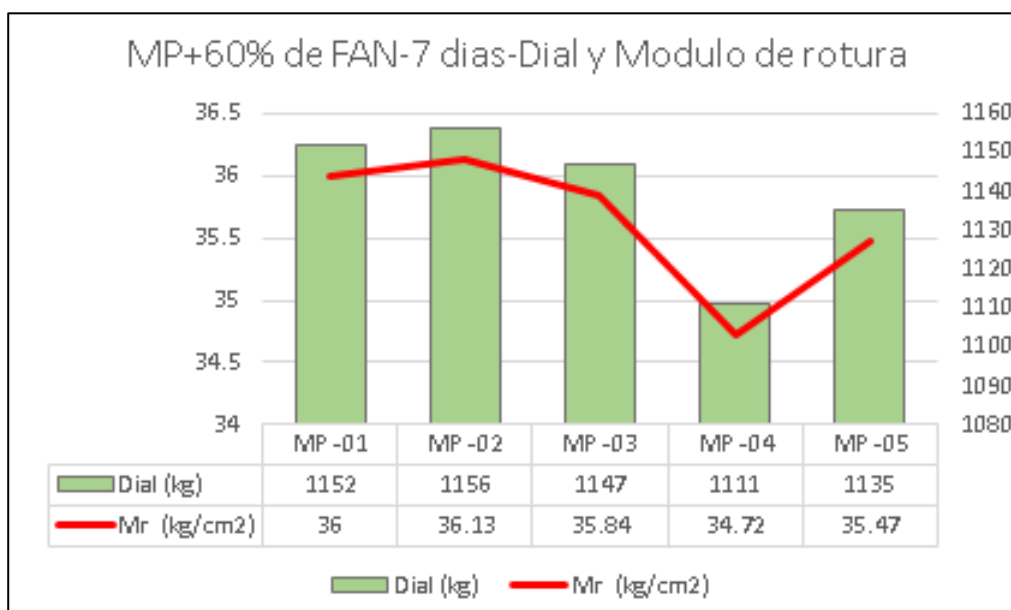
F'r - 7 días + 60% FAN

Muestras	Dial (kg)	F`c (kg/cm2)	F`c diseño	Día de curado
M.1+60%	1152	36.00		
M.2+60%	1156	36.13		
M.3+60%	1147	35.84	64	7
M.4+60%	1111	34.72		
M.5+60%	1135	35.47		

La tabla presenta los resultados de las cargas aplicadas y las resistencias a la compresión (f`c) de las muestras con 60% de fibra de acero de neumático reciclado (FAN) a los 7 días de curado. Las cargas varían entre 1,111 kg y 1,156 kg.

Figura 53

Factores de dial y flexión, MP + 60% de fibras de acero de neumático - 7 días



Aunque existe una correlación entre un dial más grande y una mayor resistencia a la rotura, hay algunas variaciones entre las muestras. En general, un dial más grande se relaciona con una mayor resistencia a la rotura.

Resistencia a flexión + 60% FAN - 14 días

Tabla 55

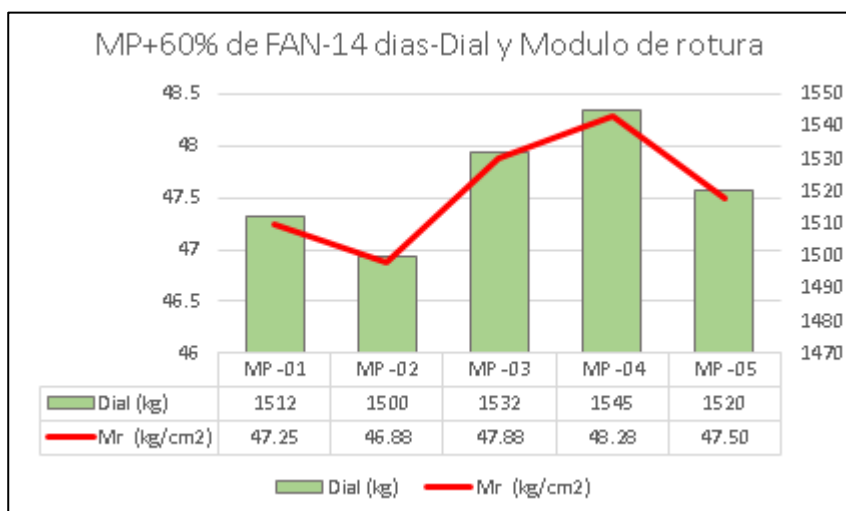
F'r - 14 días + 60% de FAN

Muestras	Dial (kg)	F`c (kg/cm2)	F`c diseño	Día de curado
M01+60%	1512	47.25		
M02+60%	1500	46.88		
M03+60%	1532	47.88	64	14
M04+60%	1545	48.28		
M05+60%	1520	47.50		

La tabla muestra los resultados de las cargas y resistencias a la compresión (f_c) de las muestras con 60% de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) a los 7 días de curado. Las cargas aplicadas varían entre 1,111 kg y 1,156 kg, con resistencias a la compresión que oscilan entre 34.72 kg/cm² y 36.13 kg/cm². La resistencia de diseño es de 64 kg/cm², y las muestras no alcanzan este valor, lo que indica la necesidad de ajustes para mejorar la mezcla.

Figura 54

Factores de dial y flexión, MP + 60% FAN - 14 días



Aquí se muestran los resultados de las mediciones del dial y del módulo de ruptura (M_r) tomadas a los 14 días para cinco muestras de referencia que contenían un sesenta por ciento de FAN. En comparación con el módulo de rotura (línea roja), que oscila entre 46,88 kg/cm² (MP-02) y 48,28 kg/cm² (MP-04), la esfera (barras verdes) tiene un rango que va

de 1.488 kg (MP-02) a 1.545 kg (MP-04). En términos de dial y módulo de rotura, la muestra MP-04 posee los valores más altos, mientras que la muestra MP-02 posee los valores potenciales más bajos. Aunque hay algunas variaciones entre las muestras, esto indica que un valor de dial más alto se asocia generalmente a un módulo de rotura mayor. Sin embargo, existen algunas otras variaciones

Resistencia a flexión + 60% FAN - 28 días

Tabla 56

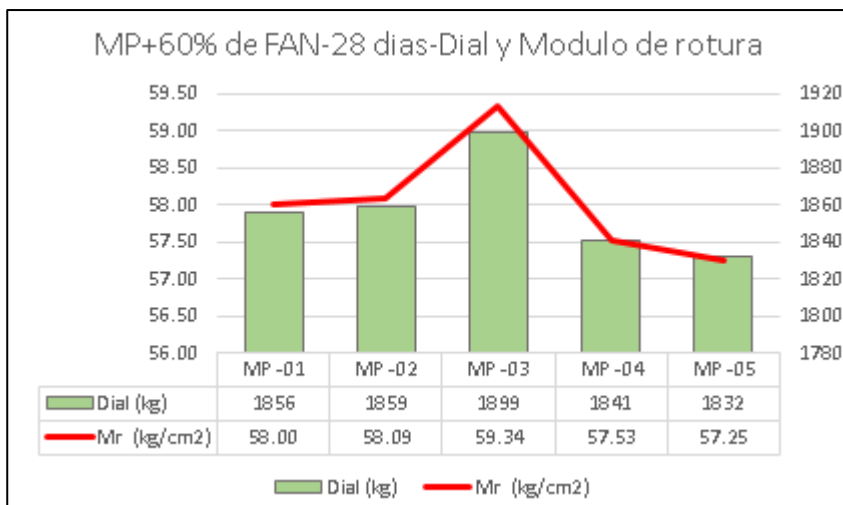
F'r 28 días + 60% de FAN

Muestra	Dial (kg)	Mr (kg/cm ²)	Flexión de diseño	Días
M1+60%	1856	58.00		
M2+60%	1859	58.09		
M3+60%	1899	59.34	64	28
M4+60%	1841	57.53		
M5+60%	1832	57.25		

La tabla presenta los resultados de las cargas y resistencias a la flexión (Mr) de las muestras con 60% de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) a los 28 días de curado. Las cargas varían entre 1,832 kg y 1,899 kg. Las resistencias a la flexión (Mr) oscilan entre 57.25 kg/cm² y 59.34 kg/cm², con una resistencia de diseño de 64 kg/cm². Estos resultados indican que las muestras con 60% de fibra de acero reciclada se acercan a la resistencia de diseño, pero no la alcanzan completamente.

Figura 55

Factores de dial y flexión, MP + 60% de fibras de acero de neumático - 28 días



Al cabo de 28 días, se tomaron los resultados de las mediciones del dial y del módulo de ruptura (Mr) de cinco muestras de referencia que contenían un sesenta por ciento de FAN. El módulo de ruptura (línea roja) varía entre 57,25 kg/cm² (MP-05) y 59,34 kg/cm² (MP-03), mientras que la esfera (barras verdes) varía entre 1.832 kg (MP-05) y 1.899 kg (MP-03). La esfera se compone de barras verdes. Tanto los valores de la esfera como los del módulo de rotura de la muestra MP-03 son los mayores posibles, mientras que los valores de la muestra MP-05 son los menores posibles. Aunque hay algunas diferencias entre las muestras, esto indica que un dial más alto está relacionado con un módulo de rotura mayor. no obstante, hay algunas variaciones.

Comparativa de valores alcanzados (resistencia a compresión)

Tabla 57

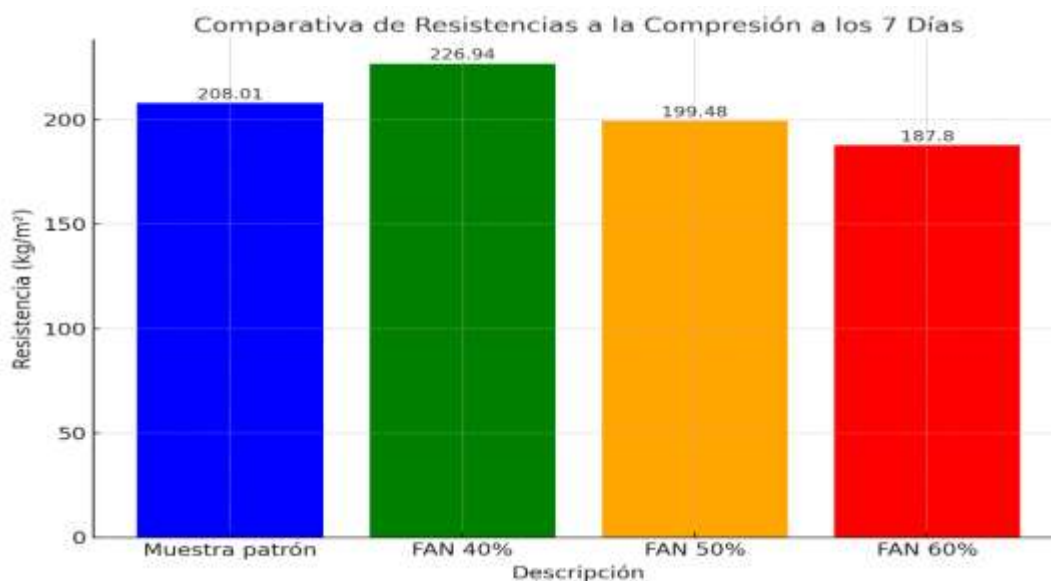
Comparativa de las muestras a los 7 días

Resistencias a la compresión a 7 Días	
Grupo de control	Resistencia (kg/m ²)
Muestra patrón	208.01
FAN 40%	226.94
FAN 50%	199.48
FAN 60%	187.8

A los 7 días con diferentes proporciones de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) muestran las siguientes resistencias: 226.94 kg/m² para 40% FAN, 199.48 kg/m² para 50% FAN, y 187.8 kg/m² para 60% FAN. Esto indica que a medida que aumenta la proporción de fibra reciclada, la resistencia a la compresión disminuye.

Figura 56

Comparativa de las muestras a los 7 días



Con diferentes proporciones de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) muestran las siguientes resistencias: 226.94 kg/m² para 40% FAN, 199.48 kg/m² para 50% FAN, y 187.8 kg/m² para 60% FAN

Tabla 58

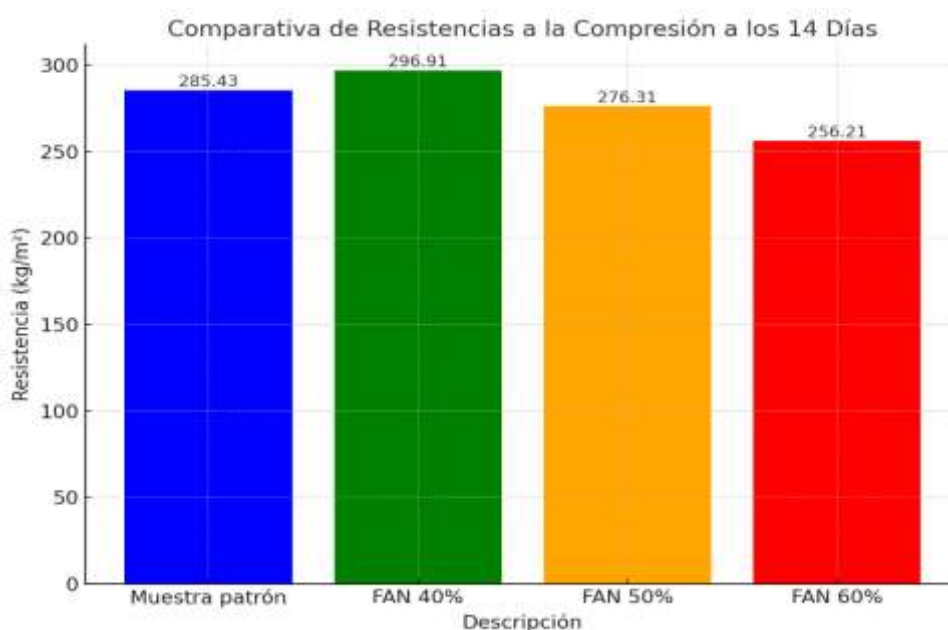
Comparativa de las muestras a los 14 días

Resistencias a la compresión a 14 Días	
Grupo de control	Resistencia (kg/m ²)
Muestra patrón	285.43
FAN 40%	296.91
FAN 50%	276.31
FAN 60%	256.21

A los 14 días de curado, con 40% FAN tienen 296.91 kg/m², con 50% FAN tienen 276.31 kg/m², y con 60% FAN tienen 256.21 kg/m². Esto sugiere que a medida que aumenta la cantidad de fibra reciclada, la resistencia a la compresión disminuye ligeramente, pero la muestra con 40% FAN supera la resistencia de la muestra patrón.

Figura 57

Comparativa de las muestras a los 14 días



Aquí se muestra la gráfica comparativa de las resistencias a la compresión de las muestras con 40%, 50% y 60% de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) a los 14 días de curado. Los valores de resistencia se muestran en kg/m² para cada tipo de muestra.

Tabla 59

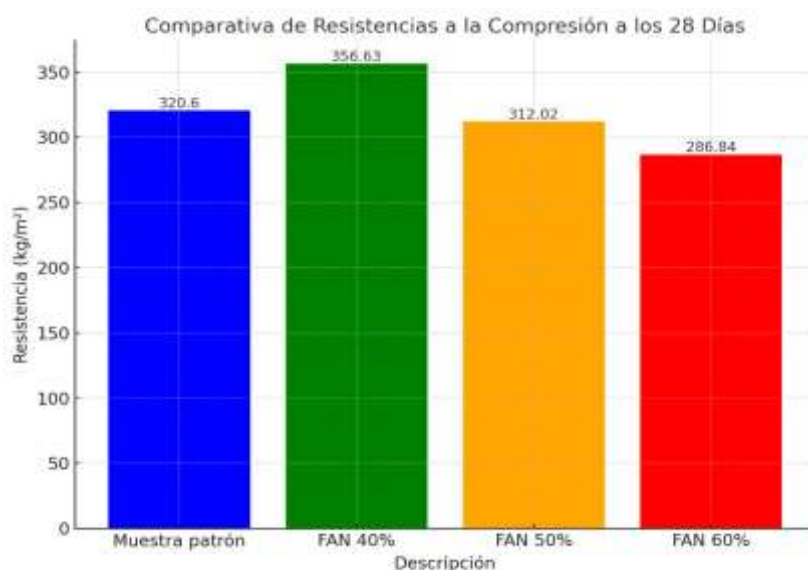
Comparativa de las muestras a los 28 días

Resistencias a la compresión a 28 Días	
Grupo de control	Resistencia (kg/m ²)
Muestra patrón	320.60
FAN 40%	356.63
FAN 50%	312.02
FAN 60%	286.84

A los 28 días de curado, con 40% FAN tienen 356.63 kg/m², las de 50% FAN tienen 312.02 kg/m², y las de 60% FAN tienen 286.84 kg/m². Estos resultados indican que la muestra con 40% de FAN tiene una resistencia superior a la muestra patrón, mientras que las muestras con mayor cantidad de fibra reciclada muestran una disminución en la resistencia.

Figura 58

Comparativa de las muestras a los 28 días



Aquí se muestra la gráfica comparativa de las resistencias a la compresión de las muestras con 40%, 50% y 60% de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) a los 28 días de curado. Los valores de resistencia se muestran en kg/m² para cada tipo de muestra.

Tabla 60

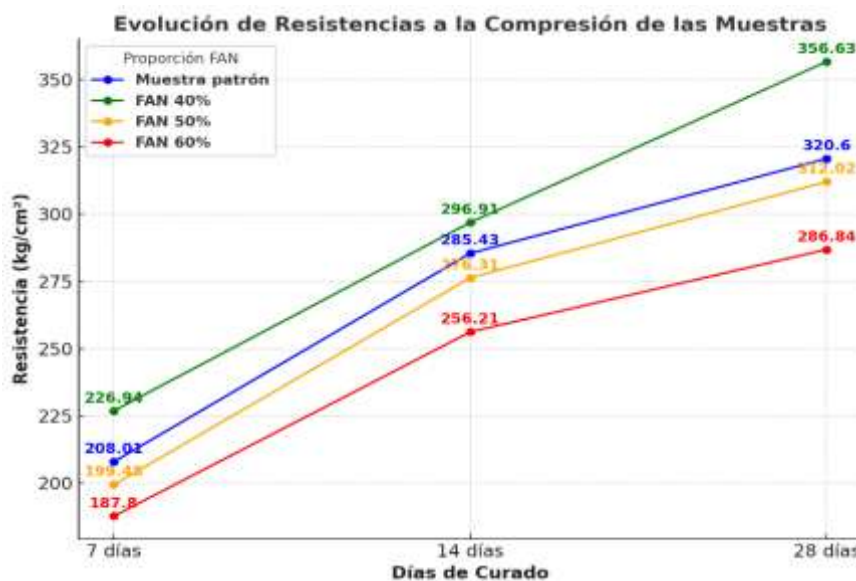
Comparativa de las muestras general (evolución)

Comparación de resistencias			
Muestra	7 días	14 días	28 días
Muestra patrón	208.01	285.43	320.60
FAN 40%	226.94	296.91	356.63
FAN 50%	199.48	276.31	312.02
FAN 60%	187.8	256.21	286.84

Se observa que la muestra patrón tiene un incremento continuo en la resistencia desde 208.01 kg/cm² a los 7 días hasta 320.60 kg/cm² a los 28 días. Las muestras con 40% FAN también siguen una tendencia creciente, alcanzando 356.63 kg/cm² a los 28 días, mientras que las muestras con 50% FAN y 60% FAN tienen un comportamiento similar, aunque con resistencias más bajas, alcanzando 312.02 kg/cm² y 286.84 kg/cm², respectivamente.

Figura 59

Resultados de la evolución de los testigos en diferentes edades



La gráfica muestra la evolución de las resistencias a la compresión de las muestras con 40%, 50%, y 60% de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) a los 7, 14 y 28 días de curado. Se observa que la resistencia aumenta con el tiempo, siendo la muestra con 40% FAN la que presenta la mayor resistencia a lo largo de los días de curado.

Comparativa de valores alcanzados (Resistencia a flexión)

Tabla 61

Comparativa de las muestras a los 7 días

Resistencias a la flexión a 7 Días	
Grupo de control	Resistencia (kg/m2)
Muestra patrón	39.89
FAN 40%	41.69
FAN 50%	38.96
FAN 60%	35.63

Como resultado de siete días de curado, la siguiente tabla presenta una comparación de la resistencia a la flexión de muestras que contienen un cuarenta por ciento, un cincuenta por ciento y un sesenta por ciento de fibra de acero reciclada de neumáticos. La resistencia de la muestra de referencia es de 39,89 kg/m², como se puede observar, pero las muestras con una resistencia diferente tienen una resistencia diferente, 40% presentan 41.69 kg/m², las de 50% FAN tienen 38.96 kg/m², y las de 60% FAN tienen 35.63 kg/m². Esto indica que las muestras con 40% de FAN tienen la mayor resistencia a la flexión, seguida de las muestras patrón, mientras que las muestras con 60% de FAN tienen la resistencia más baja.

Figura 60

Comparativa de las muestras a los 7 días



La muestra patrón tiene una resistencia a flexión de 39.89 kg/m², mientras que las muestras con proporciones de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) muestran las siguientes resistencias: 41.69 kg/m² para 40% FAN, 38.96 kg/m² para 50% FAN, y 35.63 kg/m² para 60% FAN.

Tabla 62

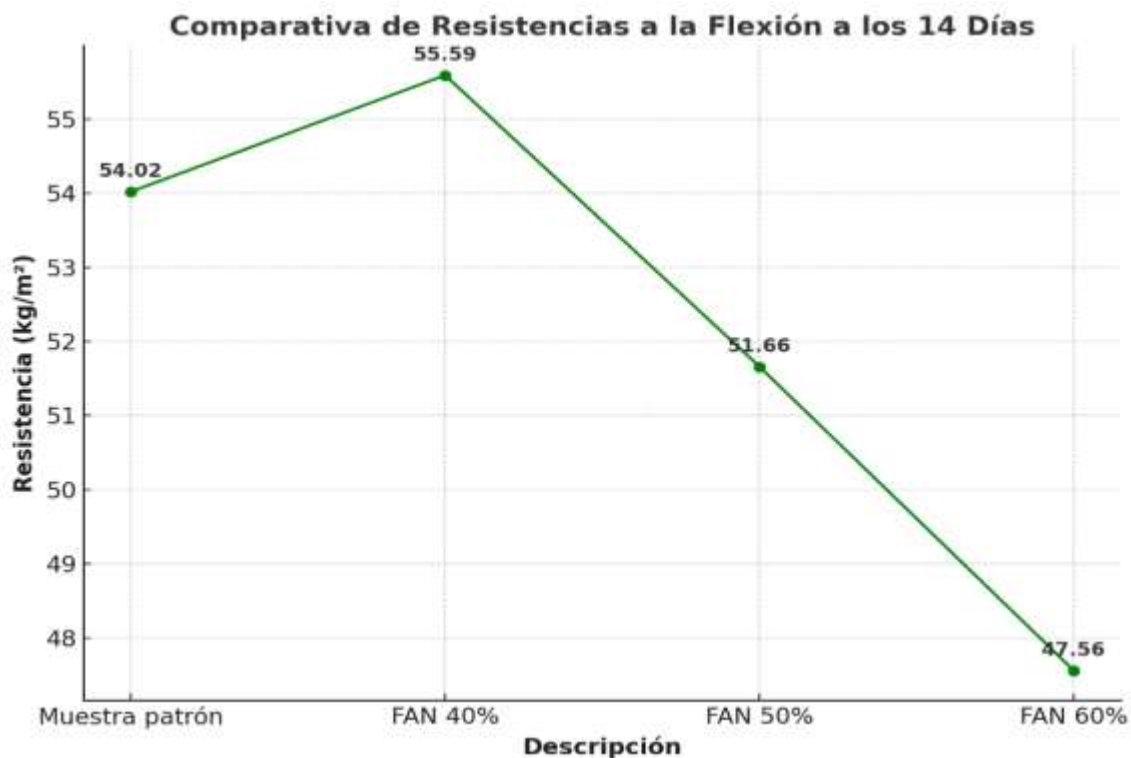
Comparativa de las muestras a los 14 días

Resistencias a la flexión a 14 Días	
Grupo de control	Resistencia (kg/m ²)
Muestra patrón	54.02
FAN 40%	55.59
FAN 50%	51.66
FAN 60%	47.56

La tabla presenta la comparativa a los 14 días 40% FAN presentan 55.59 kg/m², las de 50% FAN tienen 51.66 kg/m², y las de 60% FAN tienen 47.56 kg/m². Esto indica que las muestras con 40% de FAN tienen la mayor resistencia a la flexión, mientras que las muestras con 60% de FAN presentan la resistencia más baja.

Figura 61

Comparativa de las muestras a los 14 días



Tras un periodo de curado de catorce días, se compara en el gráfico adjunto la resistencia a la flexión de muestras que contenían un cuarenta por ciento, un cincuenta por ciento y un sesenta por ciento de fibra de acero reciclada de neumáticos (FAN). Las cifras de resistencia se presentan en kilogramos por metro cuadrado para cada tipo de muestra.

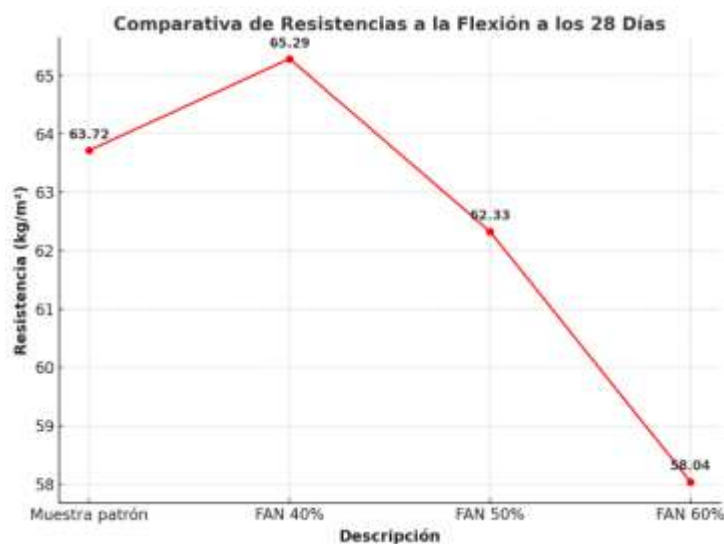
Tabla 63

Comparativa de las muestras a los 28 días

Resistencias a la flexión a 28 Días	
Grupo de control	Resistencia (kg/m ²)
Muestra patrón	63.72
FAN 40%	65.29
FAN 50%	62.33
FAN 60%	58.04

La tabla muestra la comparativa de resistencias a la flexión de las muestras con 40%, 50%, y 60% de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) a los 28 días de curado. La muestra patrón tiene una resistencia de 63.72 kg/m², mientras que las muestras con 40% FAN presentan 65.29 kg/m², las de 50% FAN tienen 62.33 kg/m², y las de 60% FAN tienen 58.04 kg/m². Esto muestra que las muestras con 40% de FAN tienen la mayor resistencia a la flexión a los 28 días de curado.

Figura 62

Comparativa de las muestras a los 28 días

El siguiente gráfico presenta una comparación de la resistencia a la flexión de muestras que se curaron durante un período de 28 días y contenían un 40 %, un 50 % y un 60 % de fibra de acero reciclada de neumáticos. Las cifras de resistencia se presentan en kilogramos por metro cuadrado para cada tipo de muestra.

Tabla 64

Comparativa de las muestras general (evolución)

Muestra	Resistencias a flexión		
	7 días	14 días	28 días
Muestra patrón	39.89	54.02	63.72
FAN 40%	41.69	55.59	65.29
FAN 50%	38.96	51.66	62.33
FAN 60%	35.63	47.56	58.04

La muestra patrón tiene una resistencia de 39.89 kg/cm² a los 7 días, 54.02 kg/cm² a los 14 días, y 63.72 kg/cm² a los 28 días. Las muestras con 40% FAN tienen una resistencia de 41.69 kg/cm² a los 7 días, alcanzando 65.29 kg/cm² a los 28 días. Las muestras con 50% FAN y 60% FAN siguen una tendencia similar, pero con menores resistencias en comparación con las muestras patrón y de 40% FAN.

Figura 63

Resultados de la evolución de los testigos en diferentes edades



La gráfica muestra la evolución de las resistencias a la flexión de las muestras con 40%, 50%, y 60% de fibra de acero de neumáticos reciclados (FAN) a los 7, 14 y 28 días de curado. Se observa que las muestras con 40% FAN tienen la mayor resistencia a lo largo de los días, alcanzando 65.29 kg/cm² a los 28 días, mientras que las de 50% FAN y 60% FAN presentan valores más bajos. La muestra patrón sigue una tendencia ascendente, pero con una resistencia inferior a la de las muestras con 40% FAN a lo largo de todo el período de curado.

4.2 Discusión de Resultados

Se realizaron veinte pruebas de sedimentación en muestras estándar, así como en muestras con un 40 %, un 50 % y un 60 % de fibra, y se examinó la sustitución del agregado fino en los adoquines de concreto por fibra de neumáticos de acero. Los valores medios fueron: muestra estándar M1 = 3,81, M2 = 3,75, M3 = 3,69, M4 = 3,74, M5 = 3,80 (media 3,76"); con un 40 % de fibras M1 = 3,88, M2 = 3,58, M3 = 3,62, M4 = 3,84, M5 = 3,72 (media 3,73"); con un 50 % de fibras M1 = 3,55, M2 = 3,49, M3 = 3,56, M4 = 3, 52, M5=3,51 (media 3,53«); y con un 60 % de fibras M1=3,50, M2=3,49, M3=3,53, M4=3,52, M5=3,52 (media 3,51»). A medida que aumentaba el porcentaje de fibras, se observó una disminución bastante leve en la sedimentación en general. Según (Sambucci y Valente, 2021). Con el objetivo de diseñar y desarrollar adoquines ligeros para uso peatonal o de tráfico muy ligero (estacionamientos, garajes, aceras o superficies deportivas), este artículo presenta la caracterización material de morteros de cemento cauchutado que utilizan caucho de neumático de desecho molido (polvo de caucho de 0-1 mm y gránulos de caucho de 1-3 mm) para sustituir totalmente los áridos minerales. Considerando los requisitos recomendados para elementos de pavimento de concreto en términos de resistencia mecánica, drenaje de agua, atenuación acústica y comportamiento dinámico y de absorción de energía, se propone un ensayo de laboratorio exhaustivo para cinco formulaciones diferentes, variando el nivel de sustitución de arena y caucho y la proporción entre ambas fracciones de caucho. Según (Alvarez, 2022). Con esta norma como



referencia principal, también se realizaron dosificaciones sin añadir residuos. A los siete, catorce y veintiocho días, se sometió cada una de las cuarenta y cinco losas a ensayos de resistencia a la compresión. De acuerdo con los requisitos de la norma NTP.399.611, que estipula que el valor f_c para los adoquines de tipo II es de 380 kg/cm^2 , se obtuvo un diseño medio favorable a los 28 días, con un f_c igual a $380,28 \text{ kg/cm}^2$ y una adición del 10 % de residuos, A continuación, se fabricaron quince adoquines de concreto, algunos con y otros sin la inclusión de residuos óptimos. Estos adoquines se sometieron a pruebas para determinar su absorción de agua, variación dimensional y densidad. La fabricación de adoquines de concreto con un 10 % de residuos añadidos es estructuralmente fiable y económicamente viable, según las conclusiones de un estudio posterior en el que se comparó el precio unitario de los adoquines normales con el de los adoquines a los que se les habían añadido residuos

En el proceso de producción de adoquines de concreto, la sustitución de la fibra de acero reciclada de neumáticos por áridos finos tuvo un impacto en la resistencia a la compresión. Las muestras de concreto que contenían diferentes porcentajes de fibra de acero reciclada de neumáticos se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión, evaluadas a los 7, 14 y 28 días de curado. Para la muestra patrón, los valores a los 7 días fueron: M-1=207.06, M-2=210.09, M-3=209.12, M-4=206.32, M-5=207.45 kg/cm^2 ; a los 14 días: M-1=284.45, M-2=289.99, M-3=286.04, M-4=280.61, M-5=286.04 kg/cm^2 ; y a los 28 días: M-1=325.74, M-2=318.24, M-3=318.11, M-4=323.19, M-5=317.72 kg/cm^2 . En la muestra con 40% de fibras, a los 7 días se obtuvo: M-1=223.80, M-2=226.11, M-3=227.86, M-4=231.19, M-5=225.73 kg/cm^2 ; a los 14 días: M-1=297.99, M-2=294.96, M-3=296.86, M-4=297.78, M-5=296.96 kg/cm^2 ; y a los 28 días: M-1=357.22, M-2=354.58, M-3=356.26, M-4=357.34, M-5=357.77 kg/cm^2 . Para la muestra con 50% de fibras, a los 7 días se registraron: M-1=199.56, M-2=198.77, M-3=197.82, M-4=200.62, M-5=200.65 kg/cm^2 ; a los 14 días: M-1=277.09, M-2=277.99, M-3=275.90, M-4=277.09, M-5=273.47 kg/cm^2 ; y a los 28 días: M-1=314.93, M-2=309.28, M-3=311.87, M-4=310.37, M-5=313.63 kg/cm^2 .



Finalmente, para la muestra con 60% de fibras, a los 7 días se obtuvo: M-1=188.21, M-2=184.81, M-3=189.33, M-4=189.34, M-5=187.31 kg/cm²; a los 14 días: M-1=256.17, M-2=255.99, M-3=259.09, M-4=255.35, M-5=254.46 kg/cm²; y a los 28 días: M-1=290.11, M-2=282.44, M-3=283.66, M-4=291.35, M-5=286.65 kg/cm². Según (Su et al., 2023). La resistencia a la compresión aumenta ligeramente después de 28 días como resultado de la adición de RTSF, que es una propiedad mecánica. Además, la adición de RTSF mejora la resistencia a la tracción del material hasta en un 15,4 %, lo que se aproxima mucho al aumento del ISF (16,9 %).

La incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados de neumáticos sobre la resistencia a flexión en la fabricación de adoquines de concreto, Se evaluó la resistencia a flexión en muestras de concreto con diferentes porcentajes de fibras de acero de neumático reciclado, sometidas a curados de 7, 14 y 28 días. La muestra patrón alcanzó a los 7 días valores entre 39.25 y 40.66 kg/cm²; a los 14 días, entre 52.97 y 54.88 kg/cm²; y a los 28 días, entre 63.41 y 64.22 kg/cm². Con un 40% de fibras, los resultados fueron entre 41.22 y 42.38 kg/cm² a los 7 días; entre 55.13 y 56.22 kg/cm² a los 14 días; y entre 65.09 y 65.63 kg/cm² a los 28 días. En la muestra con 50% de fibras, se registraron valores entre 37.66 y 39.91 kg/cm² a los 7 días; entre 50.72 y 52.44 kg/cm² a los 14 días; y entre 61.81 y 62.53 kg/cm² a los 28 días. Finalmente, con 60% de fibras, los valores fueron entre 34.72 y 36.13 kg/cm² a los 7 días; entre 46.88 y 48.28 kg/cm² a los 14 días; y entre 57.25 y 59.34 kg/cm² a los 28 días. Según (Su et al., 2023) Con respecto al rendimiento de flexión, las muestras RS15 muestran un efecto de mejora muy cercano a las muestras IS05 con mayor resistencia residual y energía de fractura. Los resultados de la prueba de velocidad de pulso ultrasónico también indican que tanto el RTSF como el ISF aumentan ligeramente el módulo del concreto



CONCLUSIONES

General, la sustitución del agregado fino por fibras de acero recicladas de neumáticos muestra resultados positivos en cuanto a la mejora de las propiedades del concreto. Aunque el asentamiento de las muestras con fibras de acero disminuyó progresivamente con la cantidad de sustitución, los valores siguen siendo aceptables. En términos de resistencia a la compresión, se encontró que la muestra con un 40% de fibra reciclada tuvo una mejora significativa, alcanzando una resistencia de 356,63 kg/cm² a los 28 días, lo cual es superior a la muestra estándar.

Primera, teniendo en cuenta estos resultados con la sustitución de fibras de acero de neumáticos, se obtuvo promedios en la absorción de entre 5.64% hasta 6.65%, succión de 182gr/min hasta 214gr/min, alabeo (CS máxima de 4.66, CI de 1.65), variación dimensional que varían en menos del 1% de la medida original de los adoquines; llegaron a resultados parecidos en todos los ensayos, lo cual es aceptable y están en los parámetros ya establecidos en cuando al asentamiento de la muestra estándar es aceptable la muestra estándar tenía un asentamiento de 3,76 pulgadas, y se obtuvo la incidencia de la sustitución del árido fino por fibras de acero recicladas en su asentamiento. La sustitución del agregado fino condujo a un asentamiento de 40% de 3,73 pulgadas, 50% de 3,53 pulgadas y 60 pulgadas de 3,51 pulgadas.

Segunda, tras 28 días de curado, la resistencia media a la compresión de la muestra estándar resultó ser de 320,60 kg/cm² cuando el árido fino se sustituyó por fibras de acero recicladas. El cuarenta por ciento de la muestra fue de 356,63 kg/cm², el cincuenta por ciento de 312,02 kg/cm² y el sesenta por ciento de 286,84 kg/cm². Teniendo en cuenta estos resultados, es aceptable sustituir el cuarenta por ciento de fibras de acero de neumático reciclado.



Tercera, en cuanto al impacto que tiene la sustitución del agregado fino por fibras de acero recicladas en su resistencia a la flexión, los promedios que se obtuvieron después de 28 días de curado de la muestra estándar fueron los siguientes: 40% de 65,29kg/cm², 50% de 62,34kg/cm², y 60% de 58,04kg/cm². Teniendo en cuenta estos resultados, el hecho de que se utilizara un 40% de fibras de acero de neumáticos reciclados como sustituto es aceptable.



RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda utilizar hasta un 40% de fibra de acero reciclada como sustituto del agregado fino en la fabricación de adoquines de concreto hidráulico, ya que este porcentaje mostró mejoras significativas en la resistencia a la compresión y a la flexión, sin afectar negativamente el asentamiento del concreto.

Segunda, se recomienda optimizar el desempeño mecánico y la durabilidad, sería pertinente profundizar en rangos de sustitución entre 40% y 60%, complementando con ensayos de resistencia a largo plazo y análisis de sostenibilidad, de modo que se garantice no solo la funcionalidad estructural, sino también un aporte innovador en la reutilización de residuos en la construcción.

Tercera, se recomienda emplear esta proporción como una alternativa técnica viable y ambientalmente responsable. Esta incorporación no solo mejora el desempeño mecánico del concreto, sino que también representa una solución novedosa para el aprovechamiento de residuos de neumáticos, fomentando la economía circular y contribuyendo a la sostenibilidad en el sector de la construcción.

Cuarta, se recomienda optar por esta dosificación como una solución técnica efectiva y sostenible. Esta proporción no solo mantiene y mejora el rendimiento mecánico del concreto, sino que también introduce una alternativa innovadora para reutilizar residuos de neumáticos, promoviendo prácticas constructivas más ecológicas y eficientes en el manejo de materiales reciclados.



REFERENCIAS

- Alata Apaza, J. (2019). Diseño de bloquetas de concreto con caucho reciclado de neumáticos para uso en muros de albañilería confinada, Lima-2019. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47407>
- Alfonso, B. M., Eusebio, M. O., Carlos, & Flavio, M. O., Juan. (2020). *Metodología de la investigación. Métodos y técnicas*. Grupo Editorial Patria.
- Allcca Quispe, W., & Gomez Viza, J. (2024). Comportamiento mecánico de pavimentos semirrígidos con adoquines de concreto y PET reciclado para tránsito pesado, Ayacucho, 2023. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/17224>
- Aparicio, R., & Andrés, F. (2020). *Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los agregados finos y gruesos con mayor demanda en la ciudad de Tunja* [Bachelor thesis]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/29821>
- Apaza Lazo, E. V., & Salcedo Tejeda, J. L. (2019). *Influencia de la Ceniza de Hoja de Maíz, Cáscara de Cebada y Bagazo de Caña de Azúcar (Materiales Puzolánicos Artificiales), Como Sustitutos Parciales del Cemento en la Resistencia del Concreto Para Diseños: $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ en la Ciudad de Arequipa*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8803>
- Awolusi, T. F., Oke, O. L., Atoyebi, O. D., Akinkulere, O. O., & Sojobi, A. O. (2020). Waste tires steel fiber in concrete: A review. *Innovative Infrastructure Solutions*, 6(1), 34. <https://doi.org/10.1007/s41062-020-00393-w>
- Benavides Morales, J. A. (2019). *Elaboración de adoquines flexibles a partir de fibra de caucho de neumáticos reciclados para revestimientos de pisos*. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30150>



- Cahuana, I., & Alberto, R. (2020). Propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto con la adición de material reciclado de construcción, Los Olivos – 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67187>
- Cárdenas Peralta, J. C., & Guncay Bustos, A. S. (2023). *Análisis de parámetros mecánicos y diseño de adoquines fabricados a partir de residuos triturados de caucho obtenido de neumáticos reciclados*. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13898>
- Collanqui Carlosviza, L. R., & Gamarra Calsin, M. M. (2023). Influencia de la adición de fibra de acero reciclado producto de residuos de neumáticos en las propiedades físico mecánicas del concreto con relación A/C=0.45 y en el fisuramiento por contracción plástica en losas en la ciudad de Juliaca—2022. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13101>
- Cuya Pillaca, E. T. (2022). Fibras de acero reciclado de neumáticos y microsílíce en las propiedades del concreto $f'c=210$ Kg/Cm², para el uso en pavimento rígido, Av. La Victoria, distrito San Juan Bautista—Ayacucho—2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96032>
- Cuyo Aija, D. A., & Yngles Cotera, B. J. (2024). Mejoramiento del esfuerzo a compresión y flexión del concreto $f'c=280$ kg/cm² con adición de fibras recicladas de acero galvanizado, para su aplicación en pavimentos, en Lima Metropolitana. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/674772>
- Estupiñan, D. A. A., & Ariza, O. M. L. (s. f.). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO DE LLANTAS RECICLADAS*.
- Estupiñan, D. F. J., & Caballero, J. J. G. (2020). Importancia del concreto en el campo de la construcción. *Formación Estratégica*, 2(1), Article 1.
- González, H. D. L. (2022). *Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto*. Ecoe Ediciones.



- Guzmán Rojas, Y. J., & Guzmán Rojas, E. L. (2015). Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en himbote-2015. *Universidad Nacional del Santa*.
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2717>
- Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos*. Noveduc.
- Jácome Contreras, C. C., & Maldonado Ceron, N. J. (2023). *Adoquines para uso peatonal de viruta de caucho de llantas recicladas y resina de poliéster*.
<https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/handle/20.500.14167/3195>
- Lasluisa Chiza, V. A., & Montoya Pilatasig, A. F. (2022). *Análisis de la Resistencia al Desgaste y Tracción indirecta de adoquín reforzado con fibra de caucho* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21693>
- Ledesma Chumbes, F., & Yauri Huiza, W. (2017). *DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACIÓN DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMÁTICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCVELICA*.
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1800>
- Macedo Cahuana, D., & Quiza Apaza, J. F. (2025). Influencia de las fibras de acero reciclado de neumáticos en las propiedades del concreto encauchado en la ciudad de Juliaca, 2024. *Universidad Continental*.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/17626>
- Manrique Medina, C. L., & Manrique Simón, C. F. (2021). Elaboración de adoquines de concreto ecológico con adición de caucho y acero reciclado, para pavimentos de tránsito ligero—Mazamari 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86206>
- Neyra Taco, S. P. (2019). *Diseño de pavimentos con adoquines de concreto adicionando fibra de acero, Avenida César Vallejo, Villa el Salvador – Lima- 2019*.



- Nuntón Carrasco, J. A. (2023). Análisis del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de acero de neumáticos reciclados. *Repositorio Institucional - USS*. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/12110>
- Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.
- Paitán, H. Ñ. (2014). *Metodología de la investigación: Cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones De La U Ltda.
- Pérez, G., & Fernando, J. (2016). *Aprovechamiento de cenizas de carbón mineral producidas en la industria local como material conglomerante en la construcción* [masterThesis, Universidad de Medellín]. <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/65>
- Ramírez-Pico, L. A., Orjuela-Rodríguez, A. E., & Angulo-Blanquissett, G. E. (2020). Propuesta de adoquines hechos a base de caucho reciclado. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 11(1), 44-53. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.34>
- Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.
- Reyes Vargas, D., & Rudas Ocas, J. K. (2024). Evaluación de propiedades físicas y mecánicas en adoquines artesanales con adición de cenizas de maleza y concreto reciclado, Cajamarca-2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/141211>
- Sambucci, M., & Valente, M. (2021). Ground Waste Tire Rubber as a Total Replacement of Natural Aggregates in Concrete Mixes: Application for Lightweight Paving Blocks. *Materials*, 14(24), 7493. <https://doi.org/10.3390/ma14247493>
- Su, P., Li, M., Dai, Q., & Wang, J. (2023). Mechanical and durability performance of concrete with recycled tire steel fibers. *Construction and Building Materials*, 394, 132287. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132287>
- Suárez P., I. T., Varguillas C., C. S., & Ronceros Morales, C. (2022). *Técnicas e instrumentos de investigación. Diseño y validación desde la perspectiva cuantitativa*. <http://repositorio.upsjb.edu.pe/handle/20.500.14308/4759>



Yugsi Toapanta, A. E. (2018). *Análisis de las propiedades mecánicas de adoquines elaborados con concreto y polvillo de caucho de neumáticos reciclados y su correlación con adoquines convencionales.*

<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>

Zamorano Cantó, M. (2016). *INVESTIGACIÓN CON FIBRA RECICLADA DE NEUMÁTICO (F.R.N.) PARA APLICACIONES ACÚSTICAS.*

<https://riunet.upv.es/handle/10251/61972>

Zia, A., Zhang, P., & Holly, I. (2023). Experimental investigation of raw steel fibers derived from waste tires for sustainable concrete. *Construction and Building Materials*, 368, 130410. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130410>



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Título de tesis: "EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024"				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados sobre las propiedades de adoquines de concreto hidráulico en el distrito de San Miguel 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Analizar el efecto de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclado sobre las propiedades de adoquines de concreto hidráulico en el distrito de San Miguel 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El efecto de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclado sobre las propiedades de adoquines de concreto hidráulico en el distrito de San Miguel 2024, mejorara sus características.</p>	<p>Variable Independiente FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICO RECICLADO</p> <p>Dimensiones: <i>Dosificación con Fibra de neumático</i></p> <p>Indicadores: <i>Dosificación con 40% FAN</i> <i>Dosificación con 50% FAN</i> <i>Dosificación con 60% FAN</i></p> <p>Variable Dependiente ADOQUÍN DE CONCRETO HIDRÁULICO</p> <p>Dimensiones: <i>Propiedades del adoquín</i></p> <p>Indicadores: <i>Asentamiento</i> <i>Alabeo</i> <i>Absorción</i> <i>Succión</i> <i>Variación dimensional</i> <i>Resistencia a compresión</i> <i>Resistencia a flexión</i></p>	<p>Fichas y Herramientas de Laboratorio</p> <p>Equipos y herramienta de Laboratorio</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
<p>¿Cuál es la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre el asentamiento en el diseño de mezcla para adoquines de concreto en el distrito de San Miguel?</p> <p>¿Cuál es la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel?</p> <p>¿Cuál es la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a flexión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel?</p>	<p>Determinar la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre el asentamiento en el diseño de mezcla para adoquines de concreto en el distrito de San Miguel.</p> <p>Determinar la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel.</p> <p>Determinar la incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a flexión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel.</p>	<p>La incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre el asentamiento en el diseño de mezcla para adoquines de concreto en el distrito de San Miguel, variara con respecto a la muestra inicial.</p> <p>La incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel, cambiara con respecto a la muestra patrón.</p> <p>La incidencia de la sustitución de agregado fino por fibra de acero de neumáticos reciclados en proporciones variables sobre la resistencia a flexión de adoquines de concreto en el distrito de San Miguel, cambiara con respecto a la muestra patrón.</p>		



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

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS REICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024
SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO

Maila	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno = 486.33
N° 4	24.95	4.99	4.99	95.01	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 500.00
N° 8	53.30	10.66	15.65	84.35	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1311.01
N° 16	53.10	10.62	26.27	73.73	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1616.04
N° 30	69.45	13.89	40.16	59.84	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	157.20	31.44	71.60	28.40	Wc+B =	1811 Wc+B-W = 195
N° 100	101.45	20.29	91.89	8.11	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500}{1616.04 - 1811} = 2.56 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	1	0.20	92.09	7.91	ABSORCIÓN	
FONDO	39.55	7.91	100.00	0.00	B =	500.00 B-A = 13.67
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{13.67 \times 100}{486.33} = 2.81 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA			2.51			

AGREGADO GRUESO

Maila	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno = 786.26
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 = 1311.01
3/4"	300	8.57	8.57	91.43	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1798.87
1/2"	1350	38.57	47.14	52.86	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	700	20.00	67.14	32.86	Wc+B =	2111 Wc+B-W = 312
1/4"					Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800}{1798.87 - 2111} = 2.56 \text{ gr/cm}^3$
N° 4	500	14.29	81.43	18.57	ABSORCIÓN	
FONDO	650.00	18.57	100.00	0.00	B =	800.00 B-A = 13.74
SUMA	3500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{13.74 \times 100}{786.26} = 1.75 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

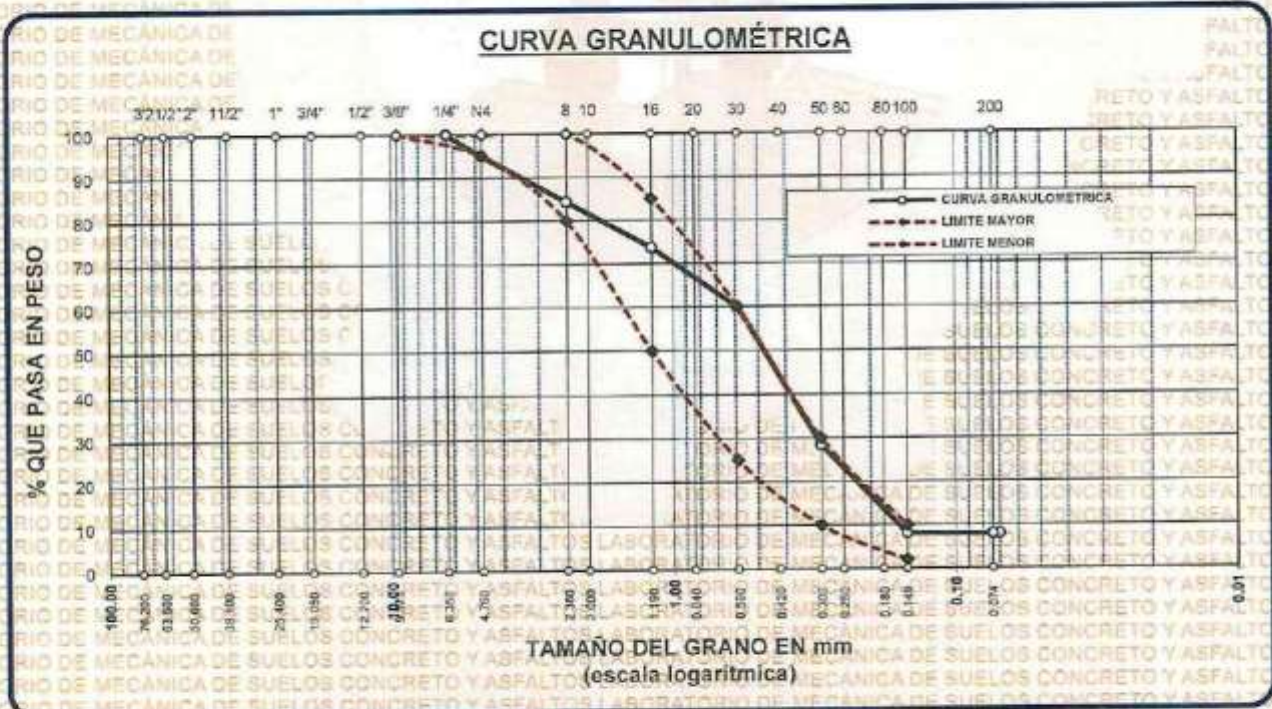
PROYECTO: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE: BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

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

FECHA: 01 DE OCTUBRE DEL 2024

TAMICES	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 2.51 OBSERVACIONES:
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	24.95	4.99	4.99	95.01	80 - 100 %	
No8	2.380	53.30	10.66	15.65	84.35		
No16	1.190	53.10	10.62	26.27	73.73	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	69.45	13.89	40.16	59.84	25 - 60 %	
No40	0.420						
No 50	0.300	157.20	31.44	71.60	28.40	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	101.45	20.29	91.89	8.11	2-10%	
No200	0.074	1.00	0.20	92.09	7.91		
BASE		39.55	7.91	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		7.91					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

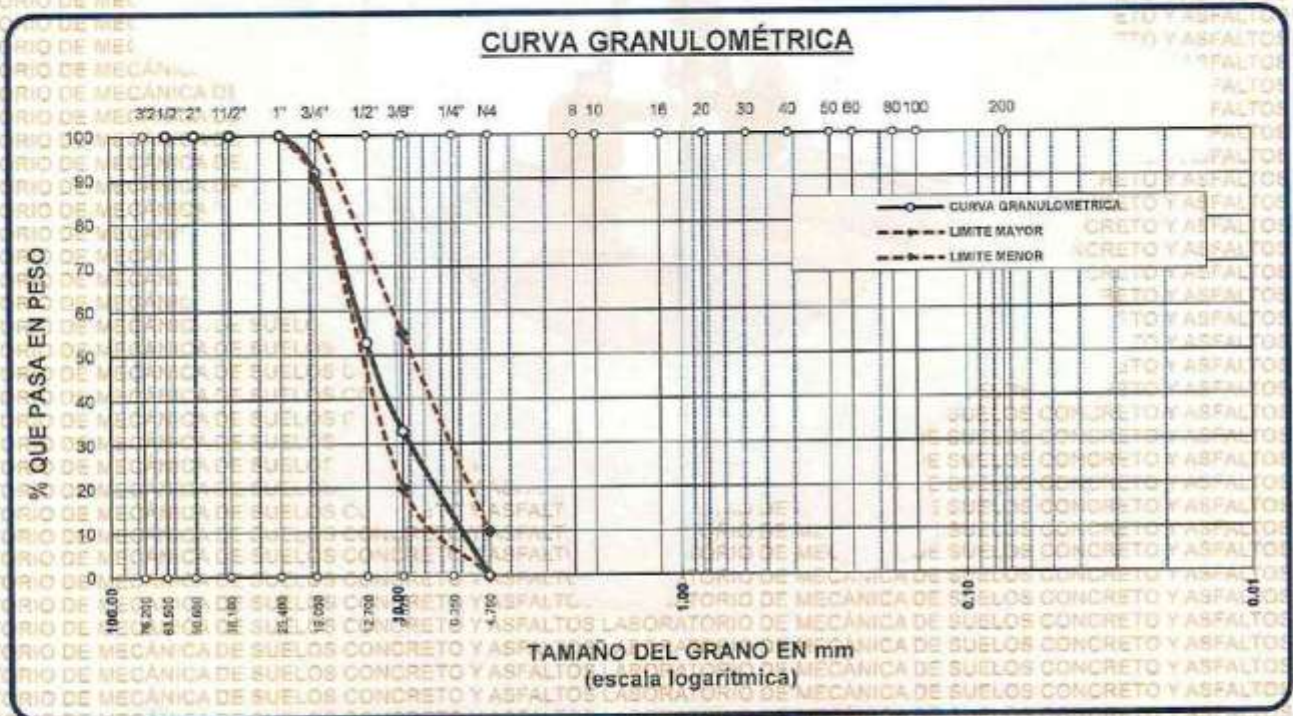
PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADQUINÉS DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

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

FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2024

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 = 3/4" OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	
2"	50.800	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	300.00	8.57	8.57	91.43	90 - 100 %	
1/2"	12.700	1350.00	38.57	47.14	52.86		
3/8"	9.525	700.00	20.00	67.14	32.86	20 - 55 %	
1/4"	6.350						
No4	4.760	500.00	14.29	81.43	18.57	0 - 10 %	
EASE		650.00	18.57	100.0	0.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		18.57					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 - MTC E108-2000

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024
SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO	
Nº DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	359.12
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	333.00
PESO DEL TARRO (gr.)	54.12
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	305.00
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	278.88
PESO DEL AGUA (gr.)	26.12
% HUMEDAD	9.37

MUESTRA : AGREGADO GRUESO	
Nº DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	341.88
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	335.00
PESO DEL TARRO (gr.)	54.12
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	287.76
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	280.88
PESO DEL AGUA (gr.)	6.88
% HUMEDAD	2.45

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



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



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024
SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)

PESO DEL MOLDE	6270 gr	6270 gr	6270 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm ³	2105 cm ³	2105 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9810.00 gr	9794.00 gr	9790.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3540.00 gr	3524.00 gr	3520.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.682 gr/cm ³	1.674 gr/cm ³	1.672 gr/cm ³
PROMEDIO	1.676 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	6270 gr	6270 gr	6270 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm ³	2105 cm ³	2105 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9933.00 gr	9940.00 gr	9950.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3663.00 gr	3670.00 gr	3680.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.740 gr/cm ³	1.743 gr/cm ³	1.748 gr/cm ³
PROMEDIO	1.744 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

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

FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)

PESO DEL MOLDE	7142 gr	7142 gr	7142 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3200 cm ³	3200 cm ³	3200 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	11313.00 gr	11344.00 gr	11350.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4171.00 gr	4202.00 gr	4208.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.303 gr/cm ³	1.313 gr/cm ³	1.315 gr/cm ³
PROMEDIO	1.310 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	7142 gr	7142 gr	7142 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3200 cm ³	3200 cm ³	3200 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	11814.00 gr	11850.00 gr	11835.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	4672.00 gr	4708.00 gr	4693.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.460 gr/cm ³	1.471 gr/cm ³	1.466 gr/cm ³
PROMEDIO	1.466 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

Dr. Arnaldo Yara Torres
CIP: 103267



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

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 320 \text{ Kg./cm.}^2$

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

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

FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
 ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 320 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días
 entonces la resistencia promedio $F'cr = 404 \text{ Kg./cm.}^2$

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

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI 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: $3/4"$ (19.05mm)

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	2.56	2.56
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1466	1744
P.U. Suelto	1310	1676
% de Absorción	1.75	2.81
% de Humedad Natural	2.45	9.37
Moduló de Fineza	-	2.51

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal $3/4"$ (19.05mm)
- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m³
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0 %
- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.43
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.43) = 481 \text{ Kg/m}^3$$

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. INVESTIGACIÓN
 JULIACA - PERÚ
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



TESIS UANCV



De acuerdo al módulo de finza del agregado fino = 2.51 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1466 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de

3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.649 m³ de agregado grueso por m³ de concreto.

Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.58) * (1466) = 849 \text{ Kg/m}^3$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (481) / (3.15 * 1000) = 0.153 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (849) / (2.56 * 1000) = 0.331 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.709 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.709) = 0.291 \text{ m}^3$$

$$(0.291) * (2.56) * 1000 = 746 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &= (849) * (1.024494) = 870 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &= (746) * (1.0937) = 815 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

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

$$205 - 849 * \left(\frac{2.45 - 1.75}{100} \right) - 746 \left(\frac{9.37 - 2.81}{100} \right) = 150$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	481	1.00	481	1.00
Agua	205	0.426	150	0.31
Agreg. Grueso	849	1.76	870	1.81
Agreg. Fino	746	1.55	855	1.78
Aire	2.0 %		2.0 %	

11.32 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento: 42.50 Kg.
 Agregado fino húmedo: 75.51 Kg.
 Agregado grueso húmedo: 76.82 Kg.
 Agua efectiva: 13.26 Kg.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 LABORATORIO U.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PERÚ
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



TESIS UANCV

DOSIFICACIÓN POR TANDAS:



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Para Mezcladora de 9 pies³:

1.0 Bolsa de Cemento:

Redondeo

1.59 p³ de Arena

1.6 p³ de Arena

2.07 p³ de Piedra Chancada

2.1 p³ de Piedra Chancada

13 Lt de Agua

13 Lt de Agua

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS. Se deberá de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

• LAS MUESTRAS FUERÓN PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FICP - CIP INGENIERIA CIVIL
Dr. Argaldo Yana Torres
CIP. 103257





ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA : ADOQUÍN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 02 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA	DIMENSION	LADO (mm)	MEDIO (mm)	LADO(mm)	ALABEO
ADOQUÍN + 50% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.92	0.00	1.62	1.69
	CARA INFERIOR	1.46	0.00	1.31	1.47
ADOQUÍN + 50% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.47	0.00	1.84	1.45
	CARA INFERIOR	1.43	0.00	1.35	1.60
ADOQUÍN + 50% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.71	0.00	1.38	1.59
	CARA INFERIOR	1.46	0.00	1.25	1.32
ADOQUÍN + 50% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.63	0.00	1.59	1.51
	CARA INFERIOR	1.38	0.00	1.46	1.53

NOTA:
 E : Dimensión, especifica por la norma o el fabricante.
 P : Medida promedio de ensayo.
 Largo : 20 cm.
 Ancho : 10 cm
 Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA ADOQUÍN + 80% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO

LUGAR LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA 02 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA	DIMENSION	LADO (mm)	MEDIO (mm)	LADO(mm)	ALABEO
ADOQUÍN + 80% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.99	0.00	1.26	1.76
	CARA INFERIOR	1.53	0.00	1.45	1.36
ADOQUÍN + 80% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.86	0.00	1.63	1.67
	CARA INFERIOR	1.48	0.00	1.32	1.48
ADOQUÍN + 80% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.86	0.00	1.20	1.82
	CARA INFERIOR	1.77	0.00	1.41	1.31
ADOQUÍN + 80% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.53	0.00	1.46	1.38
	CARA INFERIOR	1.22	0.00	1.11	1.29

NOTA:

E : Dimensión, especifica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm.

Ancho : 10 cm

Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - \bar{P}}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yano Torres
 CIP. 103257



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



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO: EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS REICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE: BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA: ADOQUÍN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO

LUGAR: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA: 02 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA	DIMENSION	LADO (mm)	MEDIO (mm)	LADO(mm)	ALABEO
ADOQUÍN + 40% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.35	0.00	1.66	1.46
	CARA INFERIOR	1.56	0.00	1.28	1.47
ADOQUÍN + 40% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.57	0.00	2.01	1.46
	CARA INFERIOR	1.35	0.00	1.74	1.88
ADOQUÍN + 40% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.46	0.00	1.83	1.41
	CARA INFERIOR	1.36	0.00	1.46	1.55
ADOQUÍN + 40% DE FAN	CARA SUPERIOR	1.46	0.00	1.66	1.46
	CARA INFERIOR	1.46	0.00	1.74	1.70

NOTA:
 E : Dimensión, especifica por la norma o el fabricante.
 P : Medida promedio de ensayo.

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$

Largo : 20 cm.
 Ancho : 10 cm
 Altura : 8 cm



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES Y VELASCO"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS EXACTAS
ESCUELA PROFESIONAL DE PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ABSORCION

NTP 399.613

PROYECTO EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024
SOLICITANTE RACHILLER, JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE
MUESTRA ADOQUIN +40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO
LUGAR LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
FECHA 02 DE OCTUBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DE ADOQUIN SECO
B = PESO DE ADOQUIN SATURADO

SIMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	3215	3202	3275	3212
B=	3400	3358	3475	3401

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCION
1	ADOQUIN + 40% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 1	3215.00	3400.00	5.75
2	ADOQUIN + 40% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 2	3202.00	3358.00	4.87
3	ADOQUIN + 40% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 3	3275.00	3475.00	6.11
4	ADOQUIN + 40% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 4	3212.00	3401.00	5.88

OBSERVACIONES: DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCION

INVESTIGACIONES Y ASISTENCIA TECNICA
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
UANCV
JEFATURA
Dr. Arnaldo Yana Torres
C.I.P. 103257



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



ENSAYO DE ABSORCION

NTP 399.613

PROYECTO EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA : ADOQUIN CONVENCIONAL

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 02 DE OCTUBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DE ADOQUIN SECO
B = PESO DE ADOQUIN SATURADO

SÍMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	3225	3222	3223	3200
B=	3435	3436	3426	3429

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCION
1	ADOQUIN CONVENCIONAL	M - 1	3225.00	3435.00	6.51
2	ADOQUIN CONVENCIONAL	M - 2	3222.00	3436.00	6.64
3	ADOQUIN CONVENCIONAL	M - 3	3223.00	3426.00	6.30
4	ADOQUIN CONVENCIONAL	M - 4	3200.00	3429.00	7.16

OBSERVACIONES DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA ADOQUIN CONVENCIONAL

LUGAR LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA 02 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA	DIMENSION	LADO (mm)	MEDIO (mm)	LADO(mm)	ALABEO
ADOQUIN CONVENCIONAL	CARA SUPERIOR	1.90	0.00	1.74	1.63
	CARA INFERIOR	1.35	0.00	1.35	1.55
ADOQUIN CONVENCIONAL	CARA SUPERIOR	1.56	0.00	1.15	1.36
	CARA INFERIOR	1.15	0.00	1.26	1.21
ADOQUIN CONVENCIONAL	CARA SUPERIOR	1.26	0.00	1.43	1.36
	CARA INFERIOR	1.45	0.00	1.29	1.36
ADOQUIN CONVENCIONAL	CARA SUPERIOR	1.55	0.00	1.65	1.46
	CARA INFERIOR	1.36	0.00	1.74	1.70

NOTA :

E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.
P : Medida promedio de ensayo.
Largo : 20 cm.
Ancho : 10 cm
Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - O.P. INGENIERIA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS EXACTAS
ESCUELA PROFESIONAL DE PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ABSORCION

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024
SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE
MUESTRA : ADOQUIN +60% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO
LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
FECHA : 02 DE OCTUBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DE ADOQUIN SECO
B = PESO DE ADOQUIN SATURADO

SIMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	3208	3203	3207	3210
B=	3398	3397	3387	3385

N°	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCION
1	ADOQUIN + 60% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 1	3208.00	3398.00	5.92
2	ADOQUIN + 60% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 2	3203.00	3397.00	6.08
3	ADOQUIN + 60% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 3	3207.00	3367.00	5.61
4	ADOQUIN + 60% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 4	3210.00	3385.00	5.45

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCION

LABORATORIO M.S.C. JEFATURA
De **Arnaldo Yana Torres**
CIP: 103257



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



ENSAYO DE ABSORCION

NTP 399.613

PROYECTO EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE BACHILLER, JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA ADOQUIN +50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO

LUGAR LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA 02 DE OCTUBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DE ADOQUIN SECO
 B = PESO DE ADOQUIN SATURADO

SIMBOLO:	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	3210	3232	3233	3222
B=	3405	3409	3407	3403

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCION
1	ADOQUIN + 50% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 1	3210.00	3405.00	6.07
2	ADOQUIN + 50% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 2	3232.00	3409.00	5.48
3	ADOQUIN + 50% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 3	3233.00	3407.00	5.38
4	ADOQUIN + 50% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	M - 4	3222.00	3403.00	5.62

OBSERVACIONES: DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCION

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP- 103257



ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA : ADOQUÍN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 03 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA	DIMENSION	1 Medición	2 Medición	3 Medición	4 Medición	5 Medición	PROMEDIO	V (%)
ADOQUÍN + 50% DE FAN	Largo	20.04	20.17	19.97	19.97	20.05	20.04	-0.20
	Ancho	10	10.02	9.96	10.09	10.04	10.02	-0.22
	Altura	8.25	8.01	7.94	8.04	8.02	8.05	-0.65
ADOQUÍN + 50% DE FAN	Largo	20.07	20.02	20.06	20.05	20.04	20.05	-0.24
	Ancho	10.09	10.05	10.08	10.05	10.01	10.06	-0.56
	Altura	8.06	8.04	7.99	7.94	8.16	8.04	-0.48
ADOQUÍN + 50% DE FAN	Largo	20.11	20.02	19.97	20.13	20.05	20.08	-0.28
	Ancho	10.07	10.1	9.96	10.01	10.08	10.04	-0.44
	Altura	8.02	8.05	7.98	8.04	8.01	8.02	-0.25
ADOQUÍN + 50% DE FAN	Largo	20.03	20.08	20.1	20.08	20.09	20.07	-0.36
	Ancho	10.04	9.97	10.05	10.03	10.12	10.04	-0.42
	Altura	8.05	8.02	8.04	8.15	8.08	8.07	-0.85

NOTA :
 E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.
 P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm
 Ancho : 10 cm
 Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - \bar{P}}{\bar{P}} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Vana Torres
 CIP: 103267



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA : ADOQUÍN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 03 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA	DIMENSION	1 Medición	2 Medición	3 Medición	4 Medición	5 Medición	PROMEDIO	V (%)
ADOQUÍN + 40% DE FAN	Largo	20.02	20.15	19.99	19.98	20.06	20.04	-0.20
	Ancho	10.01	10.05	9.99	10.01	10.09	10.03	-0.30
	Altura	8.26	8.02	7.99	8.06	8.09	8.08	-1.05
ADOQUÍN + 40% DE FAN	Largo	20.08	20.03	20.07	20.01	20.09	20.06	-0.28
	Ancho	10.08	10.07	10.06	10.01	10.05	10.05	-0.54
	Altura	8.07	8.06	7.98	7.97	8.1	8.04	-0.45
ADOQUÍN + 40% DE FAN	Largo	20.1	20.09	19.97	20.11	20.08	20.07	-0.35
	Ancho	10.06	10.08	9.98	10.06	10.01	10.04	-0.38
	Altura	8.01	8.02	7.99	8.08	8.03	8.03	-0.32
ADOQUÍN + 40% DE FAN	Largo	20.02	20.03	20.11	20.08	20.08	20.06	-0.32
	Ancho	10.02	9.99	10.08	10.09	10.1	10.06	-0.56
	Altura	8.02	8.03	8.09	8.11	8.02	8.05	-0.67

NOTA:
 E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.
 P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm
 Ancho : 10 cm
 Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - \bar{P}}{\bar{P}} * 100$$

LABORATORIO M.S.C.A. DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA : ADOQUÍN CONVENCIONAL

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 03 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA	DIMENSION	1 Medición	2 Medición	3 Medición	4 Medición	5 Medición	PROMEDIO	V (%)
ADOQUÍN CONVENCIONAL	Largo	20.1	20.11	20.1	20.13	20.09	20.11	-0.53
	Ancho	10.11	10.12	10.01	10.02	10.02	10.06	-0.56
	Altura	8.19	8.05	8.11	8.06	8.08	8.10	-1.23
ADOQUÍN CONVENCIONAL	Largo	20.14	20.1	19.99	19.97	19.96	20.03	-0.16
	Ancho	10.02	10.11	10.02	10.52	10.11	10.16	-1.56
	Altura	8.1	7.89	8.11	8.05	8.01	8.03	-0.40
ADOQUÍN CONVENCIONAL	Largo	20.05	20.09	20.02	20.08	20.10	20.07	-0.34
	Ancho	10.00	10.09	10.03	10.11	10.12	10.07	-0.70
	Altura	8.05	8.06	8.02	8.08	7.99	8.04	-0.50
ADOQUÍN CONVENCIONAL	Largo	19.99	20.12	20.11	20.15	19.97	20.07	-0.34
	Ancho	10.11	10.08	10.07	10.06	10.11	10.09	-0.86
	Altura	8.09	8.05	8.12	8.07	8.09	8.08	-1.05

NOTA:
E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.
P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm
Ancho : 10 cm
Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - \bar{P}}{\bar{P}} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
D^a Arifaldo Yana Torres
CIP: 103257



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA : ADOQUÍN + 60% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 03 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA	DIMENSION	1 Medición	2 Medición	3 Medición	4 Medición	5 Medición	PROMEDIO	V (%)
ADOQUÍN + 60% DE FAN	Largo	20.06	20.11	19.99	19.96	20.11	20.05	-0.23
	Ancho	10.06	10.08	9.97	10.04	10.06	10.04	-0.42
	Altura	8.27	8.09	7.98	8.08	8.08	8.10	-1.25
ADOQUÍN + 60% DE FAN	Largo	20.11	20.07	20.08	20.09	20.00	20.07	-0.35
	Ancho	10.1	10.06	10.09	10.07	10.00	10.06	-0.64
	Altura	8.11	8.11	7.97	7.96	8.01	8.03	-0.40
ADOQUÍN + 60% DE FAN	Largo	20.15	20.12	19.96	20.18	20.02	20.09	-0.43
	Ancho	10.03	10.06	9.95	10.07	10.09	10.04	-0.40
	Altura	8.11	8.14	7.97	8.08	8.05	8.07	-0.87
ADOQUÍN + 60% DE FAN	Largo	20.08	20.01	20.11	20.05	20.01	20.05	-0.26
	Ancho	10.09	9.94	10.06	10.04	10.17	10.06	-0.60
	Altura	8.06	8.01	8.07	8.16	8.06	8.07	-0.90

NOTA :
 E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.
 P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm
 Ancho : 10 cm
 Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - \bar{P}}{\bar{P}} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



ENSAYO DE SUCCIÓN

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : ADOQUIN CONVENCIONAL / ADOQUIN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO

FECHA : 03 DE OCTUBRE DEL 2024

N°	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	ADOQUIN CONVENCIONAL	20.00	10.00	3225.00	3435.00	210.00	210.00
2	ADOQUIN CONVENCIONAL	20.00	10.00	3222.00	3436.00	214.00	214.00
3	ADOQUIN CONVENCIONAL	20.00	10.00	3223.00	3426.00	203.00	203.00
4	ADOQUIN CONVENCIONAL	20.00	10.00	3200.00	3429.00	229.00	229.00

N°	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	ADOQUIN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3215.00	3400.00	185.00	185.00
2	ADOQUIN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3202.00	3358.00	156.00	156.00
3	ADOQUIN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3275.00	3475.00	200.00	200.00
4	ADOQUIN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3212.00	3401.00	189.00	189.00

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Dr. Juan de Dios Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE SUCCION

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : ADOQUIN + 50% - 60% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO

FECHA : 03 DE OCTUBRE DEL 2024

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	ADOQUIN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3210.00	3405.00	195.00	195.00
2	ADOQUIN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3232.00	3409.00	177.00	177.00
3	ADOQUIN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3233.00	3407.00	174.00	174.00
4	ADOQUIN + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3222.00	3403.00	181.00	181.00

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	ADOQUIN + 60% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3208.00	3398.00	190.00	190.00
2	ADOQUIN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3203.00	3397.00	194.00	194.00
3	ADOQUIN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3207.00	3387.00	180.00	180.00
4	ADOQUIN + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO	20.00	10.00	3210.00	3385.00	175.00	175.00



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Dr. Arnaldo Yana Torres
CP 103231



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP: 339.034

PROYECTO: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024
SOLICITANTE: BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE
MUESTRA: MUESTRA PATRON +50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICO
LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
FECHA: 17 DE OCTUBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	ϕ	AREA	ESF. ROTURA	F/C	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	35265.00	15.00	176.71	199.56	320	7	62.36%
2	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	35124.00	15.00	176.71	198.77	320	7	62.11%
3	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	34956.00	15.00	176.71	197.82	320	7	61.82%
4	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	35452.00	15.00	176.71	200.62	320	7	62.69%
5	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	35456.00	15.00	176.71	200.65	320	7	62.70%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	ϕ	AREA	ESF. ROTURA	F/C	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	48965.00	15.00	176.71	277.09	320	14	86.59%
2	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	49123.00	15.00	176.71	277.99	320	14	86.87%
3	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	48754.00	15.00	176.71	275.90	320	14	86.22%
4	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	48965.00	15.00	176.71	277.09	320	14	86.59%
5	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	48325.00	15.00	176.71	273.47	320	14	86.46%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	ϕ	AREA	ESF. ROTURA	F/C	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	55652.00	15.00	176.71	314.93	320	28	98.42%
2	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	54652.00	15.00	176.71	309.28	320	28	96.65%
3	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	55111.00	15.00	176.71	311.87	320	28	97.46%
4	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	54845.00	15.00	176.71	310.37	320	28	96.99%
5	MUESTRA PATRON +50% DE FAN	55421.00	15.00	176.71	313.63	320	28	98.01%

OBSERVACIONES:

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


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

 Dr. Arnaldo Nana Torres
 C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚNICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCION DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMATICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024
SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE
MUESTRA : MUESTRA PATRON +40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO
LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA
FECHA : 10 DE OCTUBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	39548.00	15.00	176.71	223.80	320	7	69.94%
2	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	39936.00	15.00	176.71	226.11	320	7	70.66%
3	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	40256.00	15.00	176.71	227.81	320	7	71.19%
4	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	40854.00	15.00	176.71	231.19	320	7	72.25%
5	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	39888.00	15.00	176.71	225.73	320	7	70.64%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	52658.00	15.00	176.71	297.99	320	14	93.12%
2	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	52123.00	15.00	176.71	294.96	320	14	92.18%
3	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	52458.00	15.00	176.71	296.86	320	14	92.77%
4	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	52621.00	15.00	176.71	297.78	320	14	93.06%
5	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	52475.00	15.00	176.71	296.96	320	14	92.80%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	63125.00	15.00	176.71	357.22	320	28	111.63%
2	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	62658.00	15.00	176.71	354.58	320	28	110.81%
3	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	62954.00	15.00	176.71	356.26	320	28	111.33%
4	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	63145.00	15.00	176.71	357.34	320	28	111.67%
5	MUESTRA PATRON +40% DE FAN	63222.00	15.00	176.71	357.77	320	28	111.80%

OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
FCP - CAP INGENIERIA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA : MUESTRA PATRON

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

FECHA : 03 DE OCTUBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F/C	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON	36589.00	15.00	176.71	207.06	320	7	64.71%
2	MUESTRA PATRON	37125.00	15.00	176.71	210.09	320	7	65.65%
3	MUESTRA PATRON	36954.00	15.00	176.71	209.12	320	7	65.35%
4	MUESTRA PATRON	36458.00	15.00	176.71	206.32	320	7	64.47%
5	MUESTRA PATRON	36658.00	15.00	176.71	207.45	320	7	64.83%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F/C	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON	50265.00	15.00	176.71	284.45	320	14	88.89%
2	MUESTRA PATRON	51245.00	15.00	176.71	289.99	320	14	90.62%
3	MUESTRA PATRON	50547.00	15.00	176.71	286.04	320	14	89.39%
4	MUESTRA PATRON	49587.00	15.00	176.71	280.51	320	14	87.69%
5	MUESTRA PATRON	50547.00	15.00	176.71	286.04	320	14	89.39%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F/C	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON	57562.00	15.00	176.71	325.74	320	28	101.79%
2	MUESTRA PATRON	56236.00	15.00	176.71	318.24	320	28	99.45%
3	MUESTRA PATRON	56214.00	15.00	176.71	318.11	320	28	99.41%
4	MUESTRA PATRON	57111.00	15.00	176.71	323.19	320	28	101.00%
5	MUESTRA PATRON	56145.00	15.00	176.71	317.72	320	28	99.29%

OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PERÚ
 Dr. Amaldeo Yana Torres
 CIP. 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

PROYECTO : EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE : BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA : MUESTRA PATRON +60% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA

FECHA : 24 DE OCTUBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	33258.00	15.00	176.71	188.21	320	7	58.81%
2	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	32658.00	15.00	176.71	184.81	320	7	57.75%
3	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	33457.00	15.00	176.71	189.33	320	7	59.17%
4	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	33458.00	15.00	176.71	189.34	320	7	59.17%
5	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	33100.00	15.00	176.71	187.31	320	7	58.54%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	45268.00	15.00	176.71	256.17	320	14	80.05%
2	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	45236.00	15.00	176.71	255.99	320	14	80.00%
3	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	45784.00	15.00	176.71	259.09	320	14	80.97%
4	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	45123.00	15.00	176.71	255.35	320	14	79.80%
5	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	44955.00	15.00	176.71	254.46	320	14	79.52%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	DIAS	
1	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	51265.00	15.00	176.71	290.11	320	28	90.66%
2	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	50458.00	15.00	176.71	285.54	320	28	89.23%
3	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	50126.00	15.00	176.71	283.56	320	28	88.64%
4	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	51485.00	15.00	176.71	291.35	320	28	91.05%
5	MUESTRA PATRON +60% DE FAN	50654.00	15.00	176.71	286.65	320	28	89.58%

OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADO SOBRE LAS PROPIEADES DE ADOSQUINAS DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE: BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA: MUESTRA + 50% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICO - 7,14,28 DIAS

LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV JULACA

FECHA: 17 DE OCTUBRE DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS
1	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1245.00	38.91	38.56	7
2	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1262.00	39.44		7
3	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1239.00	38.72		7
4	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1205.00	37.68		7
5	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1219.00	38.09		7

OBSERVACIONES:

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

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS
1	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1645.00	51.41	51.56	14
2	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1623.00	50.72		14
3	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1678.00	52.44		14
4	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1654.00	51.89		14
5	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1685.00	52.03		14

OBSERVACIONES:

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

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS
1	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1998.00	62.44	62.33	28
2	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1995.00	62.39		28
3	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1978.00	61.81		28
4	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	2001.00	62.53		28
5	MP + 50% FAN	10.00	8.00	20.00	1999.00	62.47		28

OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JULACA

Dr. Arjaldo Yana Torres



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADO SOBRE LAS PROPIEADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE: BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA: MUESTRA + 40% DE FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO - 7,14-28 DIAS

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

FECHA: 10 DE OCTUBRE DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS
1	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1325.00	41.41	41.69	7
2	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1356.00	42.38		7
3	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1319.00	41.22		7
4	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1328.00	41.44		7
5	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1344.00	42.00		7

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

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS
2	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1769.00	55.28	55.79	14
2	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1778.00	55.56		14
3	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1796.00	55.13		14
4	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1784.00	55.75		14
5	MP + 40% FAN	10.00	8.00	20.00	1796.00	56.22		14

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

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS
1	MP + 1% RESIDUO PLASTICO	10.00	8.00	20.00	2400.00	65.53	65.29	28
2	MP + 1% RESIDUO PLASTICO	10.00	8.00	20.00	2085.00	65.16		28
3	MP + 1% RESIDUO PLASTICO	10.00	8.00	20.00	2083.00	65.09		28
4	MP + 1% RESIDUO PLASTICO	10.00	8.00	20.00	2091.00	65.34		28
5	MP + 1% RESIDUO PLASTICO	10.00	8.00	20.00	2087.00	65.22		28

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



INVESTIGADORA RESPONSABLE
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
M.S.C. JEFATURA
Dr. Arnoldo Yana Torres
10/10/2024



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADO SOBRE LAS PROPIEADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

TEMA EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS RECICLADO SOBRE LAS PROPIEADES DE ADOQUINES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024
SOLICITANTE BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE
MUESTRA MUESTRA PATRON - 7,14,28 DIAS
LUGAR LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA 03 DE OCTUBRE DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS	
1	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1256.00	39.25	39.89	7	
2	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1301.00	40.66		7	
3	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1275.00	39.84		7	
4	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1285.00	40.16		7	
5	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1255.00	39.53		7	

OBSERVACIONES:

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

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS	
1	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1755.00	54.88	54.02	14	
2	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1695.00	52.97		14	
3	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1742.00	54.44		14	
4	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1720.00	53.75		14	
5	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	1730.00	54.06		14	

OBSERVACIONES:

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

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS	
1	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	2040.00	63.75	63.72	28	
2	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	2032.00	63.50		28	
3	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	2055.00	64.22		28	
4	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	2028.00	63.41		28	
5	MUESTRA PATRON	10.00	8.00	20.00	2039.00	63.72		28	

OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Dr. Anbaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP-309.034

TEMA: EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE NEUMÁTICOS REICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADQUINIES DE CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

SOLICITANTE: BACHILLER JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

MUESTRA: MUESTRA + 60% FIBRA DE ACERO DE NEUMATICO - 7,14,28 DIAS

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

FECHA: 24 DE OCTUBRE DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS
1	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1152.00	38.00	35.63	7
2	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1156.00	38.13		7
3	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1147.00	35.84		7
4	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1111.00	34.72		7
5	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1135.00	35.47		7

OBSERVACIONES:

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

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS
1	MP + 80% FAN	10.00	8.00	20.00	1512.00	47.25	47.56	14
2	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1500.00	46.88		14
3	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1532.00	47.88		14
4	MP + 80% FAN	10.00	8.00	20.00	1545.00	48.28		14
5	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1520.00	47.50		14

OBSERVACIONES:

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

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				DIAS
1	MP + 80% FAN	10.00	8.00	20.00	1858.00	58.00	58.04	28
2	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1859.00	58.09		28
3	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1899.00	58.34		28
4	MP + 80% FAN	10.00	8.00	20.00	1841.00	57.53		28
5	MP + 60% FAN	10.00	8.00	20.00	1832.00	57.25		28

OBSERVACIONES:

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

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

Laboratorio M.S.C.A.

Dr. Arnaldo Yana Torres



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 30-09-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JORGE ENRIQUE GUEVARA CHOQUE

Dirección: Jr. C. LABAGNIA 161

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 41838767

Teléfono: 988 776 612 email: een428450@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

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

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR FIBRA DE ACERO DE

NEUMÁTICOS RECICLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE

CONCRETO HIDRAULICO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGREGADOS, FINO, ADOQUÍN DE CONCRETO, FIBRA DE NEUMÁTICO

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Titulo 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES - P17


Firma de Autor



huella digital

30-09-2025

Fecha