



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



**INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA
MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON
LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO
GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EDGAR CCAJAVILCA LOPE

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

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA
MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON
LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO
GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EDGAR CCAJAVILCA LOPE

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


APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

: 

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

: 

Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

: 

Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 890-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 11271 presentado por el (la) Bachiller: **EDGAR CCAJAVILCA LOPE** 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. **EDGAR CCAJAVILCA LOPE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** 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. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de 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: **EDGAR CCAJAVILCA LOPE**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 05 de setiembre del 2024
- * **HORA** : 9:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANTONIO "NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANTONIO "NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 473-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 6444 por el o (la) Bachiller: EDGAR CCAJAVILCA LOPE quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 455- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 086 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: EDGAR CCAJAVILCA LOPE, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 086 - 2024 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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 mérito 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 o (la) Bachiller: EDGAR CCAJAVILCA LOPE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Mgtr. **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.



[Handwritten Signature]
Mgtr. GUSTAVO HUANCA
DECANO
CIP: 47700



[Handwritten Signature]
Mgtr. GUSTAVO HUANCA
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc: Archivo



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 002-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca 17 de enero del 2024

VISTO: El expediente N° 2023-C-18967, presentado por el señor (a) EDGAR CCAJAVILCA LOPE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 351-2023-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 065-2023 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 (la) estudiante: EDGAR CCAJAVILCA LOPE ha presentado su propuesta de investigación Titulado: INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 065-2023- aprobando la propuesta de investigación titulado: INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA.

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 o (la) Bachiller: EDGAR CCAJAVILCA LOPE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

Stamp of Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras and signature of Dr. Milton Quispe Huanca, Decano CIP. 47790

Stamp of Unidad de Investigación and signature of Dr. Efraim Rarito Sosa, Director

cc. Archivo 2024



14% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

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

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad


N.º de alertas de integridad para revisión

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

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



Título de la tesis	
INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN OPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	EDGAR CCAJAVILCA LOPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73773047
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-9304-6290
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	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción – 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: Juliaca Localidad: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/9wF29Rf7zYbkntaCA</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2024 - Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería civil https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html#2.00.00</p> <p>Ingeniería de la construcción https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html#2.01.00</p>


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. Efraín Pajillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Edgar Cagavilca Lope, identificado con DNI
Nro. 73773047, 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:

" Incidencia de la adición de fibras de acero para mejorar la resistencia del concreto elaborado con la sustitución óptima de agregado reciclado grueso convencional en la ciudad de Juliaca "

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 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante



Huella



DEDICATORIA

Con gratitud y mi eterno agradecimiento a todos los que son parte de mi familia quienes siempre estuvieron presente en mi formación profesional para poder convertirme en ingeniero civil los cuales siempre lo tendré presente.



AGRADECIMIENTO

A mis compañeros y docentes quienes contribuyeron como parte de mi camino profesional, a mi asesor por brindarme su soporte y su tutoría para poder encaminar mi trabajo de investigación.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

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

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación	8
2.1.1	Antecedentes internacionales	8



2.1.2	Antecedentes nacionales	10
2.1.3	Antecedentes regionales.....	11
2.2	Marco teórico	13
2.2.1	Fibra de acero.....	13
2.2.2	Agregado grueso reciclado.....	22
2.2.3	Concreto.....	28
2.3	Marco conceptual	37

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación	39
3.2	Métodos de la investigación	40
3.3	Nivel y tipo de investigación	40
3.3.1	Tipo de la investigación.....	40
3.3.2	Nivel de la investigación.....	41
3.4	Población y muestra	41
3.4.1	Población.....	41
3.4.2	Muestra	42
3.5	Técnicas e instrumentos	43
3.5.1	Técnicas.....	43
3.5.2	Instrumentos.....	43
3.6	Validación y confiabilidad	44
3.6.1	Validación.....	44
3.6.2	Confiabilidad	44
3.7	Procedimiento de recolección de datos	45
3.7.1	Ensayos en laboratorio.....	47
3.8	Procesamiento y análisis de datos	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados	56
4.1.1	Análisis del ensayo del slump de la incorporación con cantidades diferentes de fibra de acero	64
4.1.2	Evaluación de los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón con adición de fibras de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%	65



4.1.3	Efecto de los resultados de la resistencia a la flexión de la muestra patrón con la adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%.....	72
4.2	Discusión de resultados	73
CONCLUSIONES		76
RECOMENDACIONES		78
REFERENCIAS.....		79
ANEXOS		84



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de operacionalización de variables	6
Tabla 2 Muestra de resultados de contenido de humedad de arena y grava	56
Tabla 3 Muestra de resultados de absorción y peso específico	57
Tabla 4 Prueba de ensayos de pesos unitarios	58
Tabla 5 Tamizaje o granulometría de grava	58
Tabla 6 Resultado de ensayo de tamizaje de la arena	60
Tabla 7 Cantidades de materiales según nuestro diseño	61
Tabla 8 Mezcla según las diferentes muestras por bolsa de cemento	63
Tabla 9 Prueba de slump con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%.....	64
Tabla 10 Rotura de resistencia del concreto 7 días, de la muestra patrón y con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%	65
Tabla 11 Rotura de resistencia del concreto 14 días, de la muestra patrón y con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%	67
Tabla 12 Rotura de resistencia del concreto 28 días, de la muestra patrón y con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%	69
Tabla 13 Comparación de los resultados con fibra de acero sikafiber	70
Tabla 14 Esfuerzo de flexión del concreto patrón con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3% a los 28 días.....	72



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fibras de acero	13
Figura 2	Distintos tipos de fibra de acero	15
Figura 3	Fibras de acero en edificaciones	19
Figura 4	Fibra de acero sikafiber	20
Figura 5	Agregado grueso reciclado.....	22
Figura 6	Componentes del concreto.....	29
Figura 7	Resistencia a la compresión del concreto.....	30
Figura 8	Prueba de revenimiento del concreto	32
Figura 9	Secado al horno del contenido de humedad.....	47
Figura 10	Prueba de tamizaje del agregado	49
Figura 11	Prueba del ensayo de peso específico y absorción	50
Figura 12	Ensayo pesos unitarios de la arena y la grava.....	52
Figura 13	Prueba de resistencia a compresión.....	53
Figura 14	Poza de curado de probetas.....	54
Figura 15	Grafico de la curva de granulometría.....	59
Figura 16	Distribución gráfica de la gradación de arena	61
Figura 17	proporción de materiales de nuestro diseño	62
Figura 18	Gráfico de barras comparando el asentamiento de la mezcla tradicional y las mezclas con fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%	65
Figura 19	Compresión simple del concreto común y con fibra de acero sikafiber 7 días	66
Figura 20	Gráfico de barras comparando los distintos tipos de fibra de acero.....	68
Figura 21	Gráfico de barras con adición fibra de acero sikafiber 28 días.....	70
Figura 22	Grafico de barras del ensayo de compresión simple con fibra de acero sikafiber.....	71



Figura 23 Gráfico de barras del resultado del ensayo flexión con fibra de acero sikafiber
28 días 73



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del concreto estructural utilizando agregado grueso reciclado (AGR) en combinación con fibras de acero SikaFiber, analizando sus propiedades mecánicas y de trabajabilidad. La motivación surge ante la necesidad de implementar soluciones sostenibles en la construcción civil, promoviendo el uso de materiales reciclados sin comprometer el desempeño estructural del concreto. Se elaboraron diseños de mezcla con 100% de agregado reciclado y cuatro proporciones de fibras de acero: 0%, 1%, 2% y 3% respecto al peso del cemento. Se realizaron ensayos de revenimiento (slump), resistencia a la compresión (a los 7, 14 y 28 días) y resistencia a la flexión, siguiendo las normativas ASTM y NTP correspondientes. Los resultados evidenciaron que la incorporación de fibras de acero mejora significativamente la resistencia mecánica del concreto reciclado, siendo más notable a medida que aumenta la dosificación de fibra. Sin embargo, esta mejora va acompañada de una disminución progresiva en la trabajabilidad de la mezcla. El concreto con 3% de fibra de acero presentó el mayor incremento en resistencia a la compresión (hasta 248.57 kg/cm² a los 28 días) y en resistencia a la flexión (54.11 kg/cm²), superando al concreto patrón. Estos resultados permiten concluir que la sinergia entre el uso de AGR y fibras metálicas constituye una alternativa viable para la producción de concretos de alta resistencia y bajo impacto ambiental. Finalmente, se recomienda un contenido óptimo de 2% de fibra para equilibrar resistencia y trabajabilidad.

Palabras Clave: Fibra de acero, agregado reciclado, resistencia a compresión y flexión.



ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the behavior of structural concrete using recycled coarse aggregate (RCA) in combination with SikaFiber steel fibers, analyzing its mechanical and workability properties. The motivation arose from the need to implement sustainable solutions in civil construction, promoting the use of recycled materials without compromising the structural performance of concrete. Mix designs were developed with 100% recycled aggregate and four proportions of steel fibers: 0%, 1%, 2%, and 3% with respect to the weight of cement. Slump, compressive strength (at 7, 14, and 28 days), and flexural strength tests were performed, following the corresponding ASTM and NTP standards. The results showed that the incorporation of steel fibers significantly improves the mechanical strength of recycled concrete, becoming more noticeable as the fiber dosage increases. However, this improvement is accompanied by a progressive decrease in the workability of the mixture. Concrete with 3% steel fiber showed the greatest increase in compressive strength (up to 248.57 kg/cm² at 28 days) and flexural strength (54.11 kg/cm²), surpassing the standard concrete. These results suggest that the synergy between the use of AGR and metallic fibers constitutes a viable alternative for the production of high-strength concrete with low environmental impact. Finally, an optimal fiber content of 2% is recommended to balance strength and workability.

Keywords: Steel fiber, recycled aggregate, compressive and flexural strength.



INTRODUCCIÓN

Como se sabe el hormigón ha ganado relevancia sostenible de extracción de recursos naturales y gestión de residuos. Su uso implica desafíos técnicos, particularmente en términos de desempeño mecánico. Pereiro-Barceló (2024), en un estudio experimental, señaló se ve significativamente afectada, aunque puede ser mejorada con fibras convencionales o recicladas de acero. Este hallazgo subraya la necesidad de modificar la composición del concreto reciclado para recuperar, e incluso superar, sus propiedades mecánicas sin sacrificar su carácter ecológico. En ese contexto, resulta fundamental investigar estrategias de recuperación estructural que permitan mantener su estabilidad.

Una estrategia ampliamente investigada al combinar fibras con agregado reciclado. En particular, Zhang y Li (2024) estudiaron el efecto de fibras de acero, en concentraciones de 0,5 %, 1,0 % y 1,5 %, además de fibras de polipropileno, sobre concretos completamente reciclados ("fully recycled aggregate concrete", FRAC), y reportaron incrementos notables del 56,9 % en resistencia a compresión, 113,3 % en resistencia a tracción por división, y hasta 217 % en resistencia a flexión. Los autores concluyeron que las fibras de acero mejoran significativamente la resistencia, la tenacidad y la resistencia a grietas, siendo más efectivas que únicamente las de polipropileno. Este tipo de evidencia ofrece un soporte técnico robusto para considerar la fibra como desempeño estructural.

El artículo de Shaikh et al. (2023) aportó evidencia empírica adicional: al sustituir el agregado convencional por agregado reciclado en proporciones equivalentes y añadir fibras de acero en una dosificación de 3 %, se observó una mejora de entre 15 % y 34 % en la tenacidad al concreto convencional y al reciclado sin fibras. Aunque hubo una reducción en la trabajabilidad, los beneficios estructurales fueron evidentes, demostrando que las fibras de acero no solo compensan la pérdida típica asociada al



agregado reciclado, sino que incluso elevan la resistencia por encima del concreto estándar. Estos hallazgos respaldan la incorporación de fibras en porcentajes moderados como una técnica viable para fortalecer concretos sostenibles, mostrando resultados replicables en contextos de mezclas de diseño tradicionales como 1:2:4.

A nivel nacional, se han desarrollado estudios de tesis que contextualizan estos hallazgos en entornos constructivos peruanos. Por ejemplo, Sandoval Siesquén (2022) evaluó dosificaciones de fibra de acero de 1 %, 2 %, 3 % y 4 %, utilizando fibras de acero KF 80/60, en concretos de diseño de 210 kg/cm². Los resultados indicaron que las dosificaciones óptimas fueron entre 2 % y 4 %, logrando aumentos significativos en resistencia a compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad sin afectar negativamente la trabajabilidad. Asimismo, Collanqui (2023) dijo que procedentes de neumáticos, encontrando mejoras mecánicas claras en el concreto reciclado, lo que valida este enfoque desde una perspectiva local y sostenible. Basándose en estas evidencias, el presente estudio propone determinar la idealmente recicladas o convencionales para mejorar la resistencia mecánica del concreto con agregado grueso reciclado en Juliaca. Se busca no solo validar el potencial técnico de esta propuesta, sino también promover su aplicación práctica en edificaciones regionales, alineadas con criterios de economía circular, eficiencia y normatividad constructiva.

El esquema de desarrollo será de la siguiente manera:

Capítulo I: En la investigación la disminución de sus características del concreto elaborado con áridos, situación observada en obras. Se explicará cómo esta reducción de resistencia limita su aplicación estructural y cómo la incorporación de fibras podría compensar dichas deficiencias. Además, se describirá el contexto local, la importancia de una solución sostenible y la justificación técnica y ambiental del estudio.

Capítulo II: Aquí se desarrollarán los fundamentos científicos y técnicos que respaldan la investigación. Se abordarán conceptos clave como características, el comportamiento



del agregado reciclado, los efectos de la porosidad y la adherencia, así como el papel, ductilidad y control de fisuración. También se revisarán estudios previos, tanto nacionales como internacionales, comparar y sustentar los resultados del presente trabajo.

Capítulo III: En este apartado se describirá el diseño experimental que se llevará a cabo. Se detallará la elaboración combinaciones con sustitución óptima de árido reciclado y proponer porcentajes de fibras de acero. Asimismo, se especificarán los ensayos que se realizarán pruebas, siguiendo las normas técnicas aplicables. También se explicará el procedimiento de análisis estadístico para determinar la dosificación óptima.

Capítulo IV: las pruebas de laboratorio se analizarán, comparando las combinaciones de fibras de acero. Se interpretarán los datos, destacando las mejoras logradas y discutiendo su relación con estudios previos. Finalmente, se evaluará la viabilidad de implementar esta solución en aspectos técnicos, económicos y ambientales.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

El concreto con agregado reciclado (RAC, por sus siglas en inglés) ha recibido creciente atención a nivel mundial como una respuesta a la urgente necesidad de alinearse con criterios de sostenibilidad ambiental en la construcción. El uso global de concreto es insostenible debido, entre otras razones, al elevado asociada a su producción (y al cemento que lo compone) por ejemplo, el uso significativo de agua y la emisión de CO₂ lo cual ejerce presión ambiental creciente, especialmente en regiones con estrés hídrico o vulnerabilidad climática. Aunque este contexto no se centra directamente en fibras de acero, establece los desafíos que enfrentamos. Simultáneamente, investigaciones internacionales destacan superar en hasta un 34 % tenacidad frente al RAC clásico, demostrando que esta intervención no solo recupera, sino que también mejora el desempeño técnico de estas mezclas sostenibles. Este enfoque global plantea un reto técnico y ético: cómo optimizar directamente en el presente estudio.

En Latinoamérica, convive con retos climático y escasez de recursos, el interés por concretos más sostenibles como los que usan agregados reciclados ha crecido notablemente. Este contexto regional amplifica tanto la necesidad como la relevancia de investigar estrategias que restituya o mejoren el RAC. En este sentido, un artículo



destacable en la región demostró en proporciones de 2 %, 4 % y 6 %, alcanzando hasta un 14,28 % mejorando. Este avance es significativo porque permite vislumbrar que no solo es factible, sino efectivo, incorporar residuos como fibras de acero reciclado, tanto por su aporte estructural como por su valor ambiental. En Latinoamérica, donde abundan residuos metálicos de este tipo de combinaciones representa una oportunidad y mejora técnica simultánea. No obstante, también se detectan brechas en documentación técnica, normativa y escalabilidad de estos hallazgos, apuntando a la necesidad de estudios experimentales concretos que validen su aplicación en diferentes contextos urbanos del continente.

En el Perú, la investigación académica ha avanzado de fibras para mejorar, aunque con foco disperso en diferentes aplicaciones. Por ejemplo, Ocampo Rodríguez y colaboradores desarrollaron una tesis que buscaba incrementar su resistencia a través de adición de fibras de acero residual, destacando como en trabajabilidad, sin perder el enfoque sostenible. Asimismo, estos hallazgos contribuyen significativamente al conocimiento local, ya que ofrecen alternativas concretas de valorización de residuos nacionales, alineados con la economía circular. A pesar de estos avances, aún existe una necesidad clara de consolidar protocolos de dosificación, escalabilidad en condiciones de obra y articulación con normativas técnicas peruanas, especialmente para contextos de alta altitud como los de Juliaca

En Juliaca, ubicada en una región altiplánica del Perú, elevan la urgencia de alternativas locales sostenibles, sin embargo, aún no existen estudios específicos que validen la efectividad de incorporar fibras de acero en concretos con agregado reciclado en estas condiciones particulares, tales como altitud, fluctuaciones térmicas extremas, disponibilidad de recursos y características físicas del material reciclado local. Aunque investigaciones nacionales ya demuestran que las fibras mejoran, estas investigaciones no necesariamente consideran las condiciones climáticas, logísticas o normativas de



Juliaca. Por lo tanto, se requiere un enfoque regional que realice ensayos experimentales con materiales reciclados disponibles en la zona, determine dosificaciones adaptadas y evalúe la viabilidad técnica y económica en un entorno local. Este análisis justifica académica y técnicamente la necesidad de tu estudio: validar una solución sostenible, estructuralmente viable y adaptada a las particularidades de Juliaca y su contexto constructivo regional.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la influencia incorporando fibras de acero en las propiedades mecánicas del concreto hecho con sustitución óptima de agregado grueso reciclado en la ciudad de Juliaca?

1.2.2 *Problemas específicos*

- a. ¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de fibras de acero en la trabajabilidad del concreto hecho con sustitución óptima de agregado grueso reciclado en Juliaca?
- b. ¿Cuál es el efecto de las fibras de acero sobre la resistencia a compresión del concreto con agregado grueso reciclado?
- c. ¿En qué medida la incorporación de fibras de acero mejora la resistencia a flexión del concreto reciclado, en comparación con el concreto sin fibras?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Determinar la influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades mecánicas del concreto elaborado con sustitución óptima de agregado grueso reciclado en Juliaca.



1.3.2 *Objetivos específicos*

- a. Analizar el efecto de la adición de diferentes porcentajes de fibras de acero (0 %, 1 %, 2 %, 3 %) en la trabajabilidad del concreto con agregado grueso reciclado en Juliaca.
- b. Evaluar la influencia de las fibras de acero en la resistencia a compresión del concreto reciclado.
- c. Determinar el impacto de las fibras de acero sobre la resistencia a flexión del concreto reciclado, identificando la dosificación que genere el mejor desempeño mecánico.

1.4 *Justificación de la investigación*

1.4.1 *Justificación técnica*

Aunque ambientalmente beneficiosa, provoca una reducción de adherencia entre pasta y agregado (Pereiro-Barceló, 2024). Diversas investigaciones incorporación de fibras de acero puede compensar estas deficiencias, incrementando significativamente, así como mejorando la ductilidad y el control de fisuración (Zhang & Li, 2024; Shaikh et al., 2023). En el contexto de Juliaca, donde la disponibilidad de agregados naturales se ve condicionada por factores logísticos y ambientales, optimizar no solo permitirá mantener los estándares estructurales exigidos por la normativa, sino que también fomentará buenas prácticas locales, esta investigación aportará datos experimentales necesarios para respaldar su aplicación en obras civiles de la región.

1.4.2 *Justificación económica*

Se fundamenta en que el uso de agregado grueso reciclado y fibras de acero, especialmente si provienen de fuentes recicladas, puede reducir significativamente los del concreto, al disminuir la dependencia de agregados naturales extraídos y de insumos vírgenes de alto costo (Collanqui, 2023). Esta combinación de ahorro en materiales y en costos de ciclo de vida de la infraestructura genera un beneficio directo



para proyectos públicos y privados, optimizando la inversión y promoviendo mercados regionales y nacionales más competitivos.

1.4.3 Justificación social

Contribuye a reducir mitigando problemas ambientales de las comunidades urbanas (Ocampo Rodríguez et al., 2023). Además, la incorporación de distintos tipos de aditivos o fibras con el fin de aumentar el desempeño del hormigón reciclado permitirá construir infraestructuras más duraderas y seguras, disminuyendo los daños frecuentes y optimizando el uso de recursos públicos y privados (Collanqui, 2023). De esta manera, se fomenta una cultura de construcción responsable, se fortalece la estabilidad económica y se promueve adecuada asignación de materiales, aportando beneficios directos a la sociedad y a las futuras generaciones.

1.4.4 Justificación ambiental

Este estudio radica reduce significativamente el uso de nuestros recursos de forma natural y la acumulación de las demoliciones usados como residuos en el mundo de la construcción, los cuales constituyen una de las fracciones más voluminosas (Pereiro-Barceló, 2024). Al incorporar nuestras fibras, se mejora el desempeño mecánico del concreto reciclado, lo que prolonga la vida útil de las estructuras y disminuye la frecuencia de reconstrucciones o reparaciones, asociada a estas actividades (Zhang & Li, 2024). De esta forma, la investigación contribuye a la economía circular y a la mitigación de impactos negativos sobre ecosistemas y paisajes, promoviendo un tipo de edificación más responsable según con los Objetivos de Desarrollo Sostenible vinculados a ciudades sostenibles y producción responsable.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La incorporación de fibras de acero en porcentajes entre 1 % y 1,5 % mejorará significativamente las propiedades mecánicas del concreto hecho con



sustitución óptima de agregado grueso reciclado en Juliaca, en comparación con mezclas sin fibras.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

- a. La incorporación de fibras de acero en porcentajes entre 1 % y 2 % incrementará significativamente la trabajabilidad del concreto con agregado grueso reciclado en Juliaca.
- b. El uso de fibras de acero aumentará la resistencia a compresión del concreto reciclado respecto a las mezclas sin fibras.
- c. La adición de fibras de acero mejorará de forma notable la resistencia a flexión del concreto reciclado, con un punto óptimo de dosificación en el rango del 1 % al 2 %.

1.6 Variables

1.6.1 *Variable independiente*

Adición de fibras de acero

1.6.2 *Variable dependiente*

Propiedades mecánicas del Concreto

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables



Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala / Unidad de medida	Técnicas e instrumentos
Variable Independiente: Adición de fibras de acero	Incorporación de fibras metálicas al concreto, utilizadas para mejorar sus propiedades mecánicas y controlar la fisuración.	Cantidad de fibras de acero añadidas a la mezcla de concreto con agregado grueso reciclado, expresada como porcentaje del volumen total.	Porcentaje de fibra	0 %, 1 %, 2 %, 3 %	% del volumen de la mezcla	Ensayo de laboratorio, dosificación y mezclado controlado.
Variable Dependiente 1: Resistencia a compresión	Capacidad del concreto para soportar cargas axiales de compresión sin fallar.	Esfuerzo máximo que puede soportar una probeta cilíndrica antes de romperse por compresión axial, según NTP 339.034 / ASTM C39.	Resistencia mecánica	Valor de carga máxima / área de la sección transversal	MPa	Ensayo a compresión en prensa hidráulica.
Variable Dependiente 2: Resistencia a tracción indirecta	Capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción distribuidos indirectamente.	Esfuerzo calculado en una probeta cilíndrica sometida a carga diametral, según NTP 339.078 / ASTM C496.	Resistencia mecánica	Valor de carga máxima / fórmula de esfuerzo indirecto	MPa	Ensayo brasileño de tracción indirecta.
Variable Dependiente 3: Resistencia a flexión	Capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción generados en flexión.	Esfuerzo máximo registrado en una viga prismática cargada a flexión, según NTP 339.078 / ASTM C78.	Resistencia mecánica	Valor de momento flector máximo soportado	MPa	Ensayo de flexión en tres puntos.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Shaikh, (2023). En su tema de investigación Research on the Mechanical Properties of Steel Fiber Recycled Aggregate Concrete Subjected to True Triaxial Compression. Este estudio el cual fue experimental analiza cómo la adición de las fibras de acero mejora sus características mecánicas del hormigón el cual fue realizado con reciclaje de áridos, simulando condiciones de compresión triaxial real, donde el propósito fue valorar el fin de distintas proporciones los cuales fueron utilizados con residuos. Incluyo la metodología de la fabricación de combinaciones de hormigón con agregado reciclado procedente de escombros de demolición en proporciones iguales a las de agregado convencional, incorporando fibras de acero de 1 mm de diámetro y 25 mm de longitud en una dosificación del 3 % del volumen total de concreto; se prepararon 40 muestras, curadas durante 28 días, y sometidas a ensayos de resistencia a la compresión usando una máquina universal bajo carga creciente a 0.5 kN/s. Finalmente los resultados reflejaron que aunque la trabajabilidad disminuyó con el aumento de fibras, la resistencia a la compresión aumentó significativamente 15 % y 34 % en comparación con otros, respectivamente. Las conclusiones destacan que la combinación de agregado reciclado con fibras de acero no solo compensa la pérdida inicial de resistencia por usar agregado reciclado, sino que supera a la resistencia del concreto convencional sin fibras, indicando una estrategia adecuada.



Mohammed, (2024). Influence of Recycled Coarse Aggregate and Steel Fiber on the Workability and Strength of Self-Compacting Concrete. El propósito de esta investigación tuvo como fin combinar de manera total de agregado grueso convencional por agregado reciclado y con fibras (0 y 0.44 % en volumen) afectan el slump o revenimiento del hormigón del concreto autocompactable (SCC). Uso como metodología incluyó mezclas con 0, 50 y 100 % de agregado reciclado, pruebas de trabajabilidad (V-funnel, slump-flow, L-box según EFNARC). Los resultados indicaron que, aunque las fibras de acero afectaron negativamente la trabajabilidad, la resistencia a la compresión disminuyó menos cuando se usó agregado reciclado, y la resistencia a tracción mejoró notablemente entre un 26 % y 54 % al emplear fibra de acero en agregado reciclado. Las conclusiones subrayan que la combinación de agregado reciclado y fibras de acero produce un concreto de mejor calidad que el convencional, ofreciendo beneficios ambientales y económicos al reutilizar desechos de construcción en producciones de concreto con buen comportamiento estructural.

Kong, X., et al. (2022). The Impact Resistance and Mechanical Properties of Steel Fiber Recycled Aggregate Concrete (SFRAC). Materials, Este estudio investigó la resistencia al impacto y las propiedades mecánicas del concreto con agregado reciclado reforzado con fibras de acero, comparando dos formas de fibras (gancho terminal y corrugada) y diferentes relaciones de sustitución de agregado y dosificaciones de fibra. Se diseñaron 15 mezclas con variables de porcentaje de agregado reciclado y contenido volumétrico de fibra, aplicándose ensayos de impacto y análisis estadístico usando la distribución de Weibull, además de observación microestructural del comportamiento en la zona de transición (SEM). Los resultados evidenciaron que, aunque la resistencia mecánica disminuye ligeramente con incrementar el porcentaje de agregado reciclado, aumenta de manera decisiva con el aumento del contenido de fibra de acero; especialmente, con 1.5 % de fibra, la resistencia al impacto se multiplicó entre 3.25–4.75 veces en la aparición de grietas iniciales y entre 8.78–29.08 veces en el fallo final



respecto al concreto sin fibras. Además, las fibras con gancho terminal demostraron mayor eficacia que las corrugadas. Las conclusiones sugieren que el concreto reciclado reforzado con fibras de acero (SFRAC) presenta desempeño superior, viable como material estructural, y orientado a la economía circular en la industria de la construcción.

2.1.2 *Antecedentes nacionales*

Juárez y Sánchez, (2023). En su tema de investigación incidencia de fibras de acero reciclado para mejorar el comportamiento estructural del pavimento rígido. Esta investigación aplicada, con diseño experimental, tuvo por objetivo determinar cómo la incorporación de fibras de acero reciclado al concreto afectaba sus propiedades físicas y mecánicas en pavimentos rígidos. La metodología consistió en confeccionar probetas con concreto patrón y con adición de fibras recicladas en proporciones del 2 %, 4 % y 6 %, realizadas 24 probetas; se evaluó trabajabilidad mediante el ensayo de asentamiento y resistencia a la compresión en edades de 7, 14 y 28 días. Los resultados mostraron una disminución en la trabajabilidad proporcional a la dosificación de fibras (slump descendió de 3.7" a 1.98" con 6 % de fibras), mientras que la resistencia a la compresión se incrementó: a los 28 días, el concreto con 2 % alcanzó 241.92 kg/cm², con 4 % llegó a 246.62 kg/cm², y con 6 % llegó a 253.04 kg/cm², lo que representa un aumento de hasta 14.28 % respecto al patrón. Se concluyó que el uso de fibras de acero reciclado mejora significativamente el comportamiento mecánico del concreto y es viable para pavimentos rígidos, además de contribuir a la sostenibilidad mediante el aprovechamiento de residuos metálicos.

Por su parte Viza, (2024). Con su tema de investigación Influencia de fibras de acero y clavos reciclados sobre la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia en la Provincia de San Román. En esta investigación experimental de nivel explicativo se evaluó el efecto de incorporar fibras de acero (FA) y clavos reciclados (CR) en tres niveles (0.5 %, 1.0 %, 2.0 %) sobre la resistencia a la compresión del concreto. Se conformó una muestra de 120 probetas, evaluando asentamiento (slump)



y resistencia a los 28 días. El ensayo de asentamiento mostró una disminución significativa: de 3.70" en el patrón a 1.30" en las mezclas con FA y CR. En cuanto a la resistencia, la adición de 0.5 % de FA produjo 388.54 kg/cm²; con 1.0 % alcanzó 438.10 kg/cm²; y con 2.0 % fue 403.67 kg/cm²; mientras, la incorporación de CR generó 380.13 kg/cm² (0.5 %), 424.95 kg/cm² (1.0 %) y repitió 424.95 kg/cm² (2.0 %). Combinando 1.0 % de FA y 1.0 % de CR, se obtuvo 395.87 kg/cm². Se concluye que la adición de FA y CR mejora notablemente la resistencia del concreto de alta resistencia, destacándose que la dosificación óptima fue de 1 % FA y 1 % CR.

Castañeda, (2025). Con su tema de investigación. Evaluación de la resistencia del concreto utilizando como agregado concreto reciclado producto de la demolición, en el distrito La Victoria-Chiclayo. Esta investigación aplicada con diseño experimental buscó evaluar la resistencia a la compresión de concretos con reemplazo del agregado grueso convencional por agregado grueso de concreto reciclado estructural en proporciones de 15 %, 25 % y 50 %, siguiendo el método del Comité 211.1 del ACI para lograr $f'c=210$ kg/cm² a 28 días de curado. Se realizaron ensayos a edades de 7, 14 y 28 días, y se cuantificó la emisión de CO₂ equivalente para generar el agregado reciclado. A los 28 días, las resistencias promedio fueron: 227 kg/cm² (15 %), 223.7 kg/cm² (25 %) y 203 kg/cm² (50 %). En cuanto a emisiones, el agregado reciclado presentó 7.758 kg CO₂eq/m³ frente a 22.465 kg CO₂eq/m³ del convencional, evidenciando una reducción significativa. Se concluyó que el agregado reciclado es viable desde el punto de vista mecánico y ambiental, especialmente hasta el 25 % de reemplazo, y se propuso una guía técnica para su uso

2.1.3 Antecedentes regionales

Parizaca y de la Cruz, (2024). Con su tema de investigación. Bloqueta de concreto con incorporación de fibra de acero de neumático reciclado en Juliaca, Puno. Este estudio tuvo por objetivo analizar el efecto de incluir fibras de acero provenientes de neumáticos reciclados en la resistencia mecánica de bloquetas de concreto utilizadas



en viviendas rurales de Puno; mediante metodología experimental se fabricaron incógnitas de concreto con 0 %, 3 %, 5 % y 7 % de dichas fibras, ensayándose probetas curadas y evaluadas en resistencia mecánica estándar; los resultados revelaron que con una proporción del 7 % de fibra de acero de neumático, la resistencia de las bloquetas aumentó en un 14,90 % respecto a la muestra patrón, evidenciando también beneficios ambientales al reutilizar residuos metálicos; en conclusión, la incorporación de estas fibras no solo mejora de manera significativa las propiedades mecánicas de los bloques, sino que ofrece una alternativa sostenible para reducir el impacto ambiental en el contexto rural de Puno (Parizaca, Parizaca & de la Cruz, 2024).

Por su parte Cruz, (2023). En su investigación de tesis titulada. Influencia de fibras industriales recicladas en propiedades físicas y mecánicas de concreto Huancané, Puno, 2023. Esta investigación se planteó determinar cómo afectan las fibras industriales recicladas las propiedades físicas y mecánicas del concreto en la provincia de Huancané (Puno); aplicó diseño experimental añadiendo diferentes porcentajes de fibras de acero reciclado (2.5 %, 5 %, 7.5 %, 10 %) y fibras proteicas (0.5 %, 1 %, 1.5 %, 2 %) en mezclas de concreto, utilizando 100 muestras distribuidas en especímenes cilíndricos y vigas sometidos a ensayos de absorción, compresión y flexión; los hallazgos indicaron que la mejor trabajabilidad se logró con 1 % de fibra proteica y 5 % de fibra de acero reciclado, aunque la absorción aumentó con fibra, mientras la resistencia a la compresión y flexión mejoró significativamente, alcanzándose resistencias superiores a las del concreto convencional con la combinación de 2 % de fibras proteicas y 10 % de acero reciclado; se concluyó que el uso conjunto de ambos tipos de fibras tiene un impacto positivo en el desempeño mecánico y físico del concreto, ofreciendo una alternativa constructiva y ecológica para la región (Cruz Mamani, 2023)

En otro contexto Uturunco y Quenta, (2021). Con su tema de investigación titulada. Producción de agregados reciclados, para su uso en la elaboración de concreto

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Puno, 2021. Este trabajo buscó establecer el proceso de producción de agregados reciclados a partir de residuos de construcción y evaluar su influencia en las propiedades del concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Puno; se desarrollaron diseños de mezcla que incorporaron distintos porcentajes de agregado reciclado frente al tradicional, evaluándose características en estado fresco y endurecido mediante pruebas de trabajabilidad, resistencia a compresión y otros parámetros relevantes; los resultados permitieron identificar una proporción óptima de reemplazo que mantiene el desempeño del concreto, asegurando además viabilidad técnica del agregado reciclado para uso en la práctica local; finalmente se concluye que los agregados de demolición pueden ser reciclados eficazmente y aplicados en concreto estructural con buen comportamiento, reduciendo el impacto ambiental y potenciando el aprovechamiento de residuos en la región.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Fibra de acero

Son aleatoriamente distribuidos diseñados para mejorar sus características, control de fisuración y tenacidad (ACI Committee 544, 2016). Están fabricadas generalmente bajo contenido de carbono o acero inoxidable, y su geometría, dimensiones y superficie de contacto se seleccionan para maximizar la adherencia con la pasta cementicia. Su función principal es actuar como microgrietas y aumentan su absorción de energía del concreto (Bentur & Mindess, 2007).

Figura 1

fibras de acero



Nota: La imagen revela la versatilidad de la fibra de acero, Adaptada de "DEACERO".
<https://blog.deacero.com/hs-fs/hubfs/caja-llena-de-fibra-de-acero.jpg?width=750&height=500&name=caja-llena-de-fibra-de-acero.jpg>

Son refuerzos metálicos cortos y discretos, incorporados al hormigón con el objetivo de optimar su comportamiento frente a cargas. Estas fibras suelen presentar comprendida entre 20 y 100, dependiendo de su aplicación (Steel Fibre Concrete, s. f.).

Es aquel en el que se añaden fibras metálicas cortas y distribuidas aleatoriamente a la mezcla de concreto, actuando como un refuerzo tridimensional que complementa y mejora a flexión e impacto (Amin, 2022).

Se caracterizan por tener longitudes pequeñas y uniformes, con diferentes formas de sección transversal y acabados superficiales, lo que afecta en adherencia a la matriz cementicia y, por ende, en la resistencia post-fisuración del concreto (Steel Fibers Shapes, s. f.).

Su alta resistencia, excelente control de grietas, buena tenacidad a fractura y viabilidad económica. Su uso está especialmente extendido en pavimentos, prefabricados, concreto proyectado y elementos estructurales donde se requiere un elevado desempeño mecánico (Ren, 2024).

2.2.1.1 Tipos y formas de fibras de acero

Según su geometría y acabado superficial, las fibras de acero se pueden clasificar en:

- **Rectas:** Fibras de sección uniforme y extremos sin deformaciones. Son fáciles de fabricar, pero su adherencia mecánica con la matriz cementicia es menor en comparación con otros tipos, lo que puede provocar deslizamiento bajo cargas elevadas (ACI Committee 544, 2016).
- **Extremos anclados (“hooked end”):** Presentan ganchos en los extremos que aumentan. Este tipo es uno de los más utilizados en concreto estructural y en concreto con agregado reciclado, ya que mejora significativamente la resistencia post-fisuración (Zhang & Li, 2024).
- **Corrugadas:** Incorporan ondulaciones o estrías en su superficie para mejorar la fricción y la adherencia con la pasta cementicia, proporcionando un mejor desempeño en control de fisuras que las rectas.
- **Onduladas:** Poseen curvaturas en todo su largo que incrementan la resistencia al deslizamiento.
- **Fibras recicladas:** Provenientes de procesos de recuperación, como el reciclaje de neumáticos fuera de uso, las cuales, tras ser cortadas y limpiadas, ofrecen una alternativa económica y ambientalmente favorable (Collanqui, 2023). Su desempeño depende de que sea parejo.

Figura 2

Distintos tipos de fibra de acero



Nota: Se revela en la imagen tipos y formas de las fibras de acero, Adaptada de "Análisis de fibras y polímeros". <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.1.007>

2.2.1.2 Propiedades físicas y mecánicas de la fibra de acero

- **Resistencia a tracción.** La fabricación (ACI Comite 544, 2016). Esta elevada resistencia permite que las fibras actúen como elementos de refuerzo efectivos, absorbiendo esfuerzos de tracción y evitando la propagación de fisuras en el concreto. Al distribuirse aleatoriamente, las fibras interceptan grietas incipientes y transfieren esfuerzos a través de un mecanismo de "puenteo" (bridging effect), incrementando la capacidad post-fisuración del material (Bentur & Mindess, 2007).
- **Módulo de elasticidad.** Suele estar en el rango de 200 a 210 GPa, valor que es considerablemente mayor que el de la matriz de concreto (Zhang & Li, 2024). Esta diferencia es clave para que las fibras restrinjan deformaciones, aumenten la rigidez y aporten resistencia residual después de la fisuración. Un módulo alto garantiza que las fibras mantengan su capacidad portante, especialmente bajo cargas repetitivas o dinámicas.
- **Durabilidad y resistencia a la corrosión.** Cuando se encuentran embebidas, están protegidas en gran medida contra la corrosión debido al ambiente alcalino de la pasta cementicia. Sin embargo, en entornos agresivos o con presencia de fisuras expuestas, pueden requerir recubrimientos especiales (galvanizado, latonado o recubrimiento epóxico) para prevenir el deterioro (Collanqui, 2023). La durabilidad de estas fibras es esencial para garantizar el comportamiento estructural a largo plazo, especialmente en estructuras expuestas a ciclos de humedad-sequedad o ambientes salinos.
- **Relación de aspecto (longitud/diámetro) y su influencia.** La relación de aspecto (L/D) es un parámetro fundamental que influye en la adherencia mecánica y la capacidad de refuerzo de la fibra. Valores típicos de L/D para



fibras de acero oscilan entre 50 y 80, aunque pueden emplearse relaciones mayores para aplicaciones específicas (ACI Committee 544, 2016). Un L/D alto mejora el anclaje y la transferencia de esfuerzos, pero puede dificultar la trabajabilidad del concreto fresco si no se controla la dosificación. Por el contrario, relaciones muy bajas facilitan el mezclado, pero reducen la efectividad del refuerzo. Estudios han demostrado que un L/D óptimo, combinado con un adecuado porcentaje de volumen (1 % a 1,5 %), ofrece un balance entre resistencia mecánica y trabajabilidad (Sandoval Siesquén, 2022).

2.2.1.3 Clasificación de las fibras de acero

Según forma y geometría.

Pueden presentar distintas configuraciones geométricas que influyen en su adherencia y capacidad de refuerzo. Las más comunes son: rectas, de sección uniforme; con extremos anclados ("hooked end"), que incrementan el anclaje mecánico y reducen el deslizamiento; onduladas, que mejoran la fricción interna y controlan la propagación de fisuras; y corrugadas, que incorporan estrías o deformaciones para maximizar la adherencia a la matriz cementicia. La geometría de la fibra incide directamente en el desempeño, siendo las de extremos anclados las más empleadas en aplicaciones estructurales (ACI Committee 544, 2016; Bentur & Mindess, 2007).

Según proceso de fabricación.

De acuerdo con su método de producción, las fibras de acero pueden clasificarse en: cortadas de lámina (producidas a partir de planchas de acero laminado), extraídas de alambre (wire-drawn), laminadas en frío y recicladas (procedentes de materiales como cables o neumáticos). Determina la calidad superficial de la fibra, afectando su comportamiento en la mezcla y su resistencia a la corrosión (Mindess et al., 2003).

Según origen (nuevas vs. recicladas).



Las fibras nuevas son fabricadas específicamente para el refuerzo de concreto, con dimensiones, forma y resistencias controladas según normas técnicas. Las fibras recicladas, por su parte, provienen de procesos de recuperación de acero residual (por ejemplo, de neumáticos fuera de uso), y aunque pueden presentar variabilidad dimensional, constituyen una alternativa sostenible y económica. Estudios recientes en el Perú han demostrado que las fibras recicladas, correctamente limpiadas y seleccionadas, pueden ofrecer resultados mecánicos comparables a las nuevas, especialmente en concretos con agregado reciclado (Collanqui, 2023).

En comparación con otras fibras sintéticas o minerales, presentan mayor módulo de elasticidad y resistencia a tracción, más eficaces para cargas estructurales y control de fisuración. Las fibras de polipropileno, aunque más económicas y resistentes a la corrosión, ofrecen menor rigidez y se usan principalmente para controlar fisuración plástica. Las fibras de vidrio presentan buena resistencia a tracción, pero son más susceptibles a la degradación en medios alcalinos. Las fibras de basalto combinan alta resistencia y durabilidad, aunque con menor historial de uso que las de acero. La elección depende de la aplicación, el ambiente de exposición y el balance entre costo y desempeño (Bentur & Mindess, 2007; Zhang & Li, 2024).

2.2.1.4 Aplicaciones en edificaciones con fibras de acero

Uno de sus usos más comunes es en pavimentos industriales y pisos de gran superficie, donde permiten reducir o eliminar el uso de refuerzo tradicional en mallas, aumentando la resistencia a cargas repetitivas y al desgaste por abrasión (ACI Committee 544, 2016).

En elementos prefabricados, como paneles, losas alveolares y productos modulares, mejoran la firmeza a fisuración durante el transporte, manipulación e instalación. Asimismo, en el concreto proyectado (shotcrete), utilizado en túneles,

taludes y obras subterráneas, las fibras sustituyen la malla electrosoldada, facilitando la colocación y ofreciendo mejor control de desprendimientos (Bentur & Mindess, 2007).

En estructuras hidráulicas y pavimentos rígidos para carreteras y aeropuertos, las fibras incrementan, reduciendo el agrietamiento térmico. Además, se emplean en estructuras de concreto con agregado reciclado, donde compensan menor calidad de los agregados recuperados, permitiendo su uso en elementos estructurales y no estructurales (Zhang & Li, 2024; Collanqui, 2023).

Figura 3

Fibras de acero en edificaciones



Nota: Se muestra la figura como se aplica la fibra en concreto, Adaptada de “Victor Yepes Piqueras”. <https://victoryepes.blogs.upv.es/files/2023/03/Fibra3.jpg>

2.2.1.5 Ventajas de utilizar fibras de acero en el concreto

Mejora de la resistencia mecánica

Gracias a su capacidad de puentear microfisuras y redistribuir tensiones internas (Bentur & Mindess, 2007).

Control de fisuración

Las fibras reducen la apertura y propagación de fisuras, mejorando el desempeño post-fisuración y aumentando su uso (Zhang & Li, 2024).

Mayor resistencia al desgaste y la fatiga

El refuerzo mejora la resistencia a cargas cíclicas y al desgaste superficial, lo que es clave en pavimentos, pisos industriales y elementos sometidos a tráfico pesado (Collanqui, 2023).

Sustitución parcial de armadura tradicional.

En algunas aplicaciones, las fibras permiten reducir o incluso eliminar como mallas o barras, optimizando tiempos y costos de construcción (ACI Committee 544, 2016).

Compatibilidad con materiales reciclados.

Diversos artículos dicen que compensan la pérdida de resistencia en concretos con agregado reciclado, haciendo viable su uso en aplicaciones estructurales (Shaikh et al., 2023).

2.2.1.6 Fibra de acero SikaFiber:

Definición y características

Los refuerzos metálicos diseñados para incorporarse uniformemente en mezclas de concreto, ofreciendo refuerzo multidireccional sin necesidad de mallas o barras tradicionales (Sika, s. f.). Estos refuerzos se destacan por incrementar la ductilidad, al mismo tiempo que controlan eficazmente el agrietamiento por retracción, fatiga o contracción térmica.

Figura 4

Fibra de acero sikafiber



Nota: Se revela en la imagen la fibra de acero sikafiber, Adaptada de “sika center”.

https://pamerperu.com/wp-content/uploads/2023/07/Fiber_mesh-768x768.jpg

Existen múltiples variantes dentro de la familia SikaFiber, cada una adaptada a aplicaciones específicas:

Novocon HE-4550 y CHE-6535: fibras de acero con extremos anclados (hooked end) o deformadas, que ofrecen alto anclaje mecánico, mejorando la resistencia post-fisura, la en shotcrete y elementos endurecidos

Novocon CS-1000: diseñada para reforzar losas y pavimentos, proporciona pautas de ductilidad y resistencia a la fatiga, mejorando la estabilidad del suelo y losas basadas en tierra

SikaFiber-6513 UHPC: fibra de acero para concreto de ultra alta resistencia (UHPC), con recubrimiento de latón, alta resistencia a la tracción (~2 700 MPa), aspecto (relación longitud/diámetro) alrededor de 65, ideal para aplicaciones exigentes en alta resistencia estructural

En conjunto, las SikaFiber representan una solución innovadora y eficiente para reforzar concreto, siendo utilizadas en aplicaciones que van desde pavimentos industriales y estructuras proyectadas hasta elementos estructurales de alto

rendimiento como los UHPC; todo ello con ventajas significativas en durabilidad, integridad estructural y reducción de tiempo y labor en obra.

2.2.2 Agregado grueso reciclado

2.2.2.1 Concepto de agregado grueso

Es el material granular, inerte y de mayor tamaño presente en el concreto, cuya función principal es aportar resistencia a la mezcla (Neville & Brooks, 2010). Según la ASTM C33-18, el agregado grueso está compuesto por partículas retenidas en el tamiz N.º 4 (4,75 mm), con tamaños que pueden llegar hasta los 75 mm dependiendo del tipo de elemento a construir. Estos agregados procesados mediante trituración de roca.

2.2.2.2 Definición de agregado grueso reciclado

Concreto endurecido proveniente de estructuras demolidas, prefabricados rechazados o excedentes de producción (Padmini et al., 2009). Este reciclaje implica procesos de trituración, cribado y limpieza, obteniendo un agregado reutilizable que conserva una fracción de mortero adherido. La RILEM TC 121-DRG lo define como aquel material reciclado cuya fracción gruesa supera el tamiz N.º 4 y que puede sustituir parcial o totalmente.

Figura 5

Agregado grueso reciclado





Nota: Se muestra la figura el recojo del agregado grueso de concretos reciclados, Adaptada de "360 en concreto". <https://360enconcreto.com/wp-content/uploads/2022/06/agregados-reciclados-foto3.jpg>

2.2.2.3 Diferencias entre agregado reciclado y agregado natural

El AGR presenta mayor porosidad y menor resistencia mecánica, lo que puede influir negativamente en el concreto si no se ajusta la dosificación o se aplican métodos de mejora como el uso de fibras de acero. Sin embargo, el AGR ofrece ventajas ambientales y económicas, (Kisku et al., 2017).

2.2.2.4 Normas técnicas aplicables (ASTM, ACI, NTP, EN)

El uso y control del agregado grueso reciclado se rige por diferentes normas internacionales y nacionales:

ACI 555R-01: guía para la remoción y reutilización de concreto endurecido como agregado.

EN 12620:2002+A1:2008: especificaciones para agregados para concreto, incluyendo reciclados.

Estas normativas garantizan que el AGR cumpla con parámetros mínimos de calidad para asegurar el desempeño del concreto en distintas aplicaciones.

2.2.2.5 Fuentes y procesos de obtención

A. Origen del agregado grueso reciclado

Parte principalmente de tres fuentes, escombros de demolición, residuos de prefabricados y hormigón rechazado en obra. Los escombros de demolición incluyen restos de edificaciones, pavimentos y otras infraestructuras una alta proporción de concreto endurecido (Kisku et al., 2017). Los residuos de prefabricados se originan en plantas industriales, ya sea por defectos en la producción, excedentes o piezas que no cumplen con las especificaciones. Por último, el hormigón rechazado en obra corresponde a mezclas sobrantes o que no alcanzan los parámetros de resistencia y



trabajabilidad requeridos, las cuales pueden reciclarse tras un proceso adecuado de trituración y cribado (Padmini et al., 2009).

B. Etapas de reciclaje

El proceso de obtención del AGR sigue varias etapas:

- **Selección:** se separan manual o mecánicamente materiales no deseados como madera, plásticos, metales y yeso, para garantizar un insumo limpio.
- **Trituración:** se reduce el tamaño del material mediante trituradoras de mandíbulas o impacto, liberando el mortero adherido y produciendo partículas de tamaño adecuado.
- **Clasificación:** se realiza mediante cribas vibratorias para separar las fracciones según su granulometría, asegurando que el AGR cumpla con tamaño de la NTP 400.037.
- **Lavado:** se eliminan impurezas finas, polvo y partículas solubles, mejorando la adherencia y reduciendo la absorción de agua (Tam et al., 2018).

C. Factores que influyen en la calidad del agregado reciclado

La calidad del AGR, reduciendo la densidad y resistencia del agregado (Evangelista & de Brito, 2010). Otro factor es la presencia de contaminantes como yeso, ladrillo, asfalto o restos de metales, que pueden comprometer sus características. La granulometría también influye, ya que distribuciones inadecuadas de tamaños de partículas afectan la trabajabilidad y la resistencia. Además, la resistencia original del concreto de procedencia y el tipo de trituración empleado condicionan el desempeño final del AGR (Tam et al., 2018; Kisku et al., 2017).

2.2.2.6 Propiedades físicas y mecánicas

A. Granulometría y forma de las partículas



La granulometría del AGR se define como la distribución del tamaño de las partículas que lo componen, la cual influye directamente en la trabajabilidad, compactación y resistencia del concreto (Kisku et al., 2017). Generalmente, el AGR presenta una mayor irregularidad en el tamaño de las partículas debido al proceso de trituración, con mayor proporción de caras angulares y aristas vivas, lo que favorece la adherencia pasta-agregado. (Tam et al., 2018).

B. Densidad y absorción de agua

El agregado natural debido al mortero residual adherido, el cual incrementa la porosidad y la superficie específica del material (Evangelista & de Brito, 2010). En promedio, la densidad del AGR oscila entre 2,2 y 2,4 g/cm³, frente a 2,6–2,7 g/cm³ del agregado natural (Padmini et al., 2009). La absorción de agua puede duplicar o triplicar la del agregado natural, llegando a valores del 5% al 8%, lo que requiere un ajuste en la dosificación y en el control del agua efectiva en el concreto.

C. Resistencia al desgaste

El AGR, mediante (ASTM C131/C131M), suele ser menor que la del agregado natural debido a la menor dureza y la microfisuración generada en el proceso de trituración (Kisku et al., 2017). Los valores típicos de desgaste para el AGR se sitúan entre el 30% y 45%, mientras que los agregados naturales de buena calidad suelen estar por debajo del 30%. Este aspecto limita en algunos casos en pavimentos sometidos a abrasión intensa, a menos que se apliquen mejoras como pretratamientos o mezclas híbridas.

D. Contenido de impurezas y mortero adherido

Es uno de los factores que más afectan su calidad. Este mortero residual incrementa la porosidad, disminuye la densidad y puede afectar (Tam et al., 2018). Asimismo, las impurezas como yeso, ladrillo, asfalto, vidrio y materia orgánica pueden



alterar la composición química, generar reacciones expansivas y reducir la adherencia interna de la matriz cementicia. Por ello, las normas como ASTM C33 y EN 12620 establecen límites estrictos para contaminantes y finos.

E. Comportamiento mecánico comparado con el agregado natural

Lo elaborado con AGR suele presentar una reducción del 10% al 30% con agregado natural, dependiendo de material reciclado (Padmini et al., 2009). Sin embargo, con técnicas de optimización como la adición de fibras de acero, el pretratamiento del AGR o el uso de aditivos plastificantes es posible reducir esta brecha y lograr resistencias equivalentes para aplicaciones estructurales (Kisku et al., 2017). En cuanto a durabilidad, el AGR tiende a ser más susceptible, aunque estos efectos pueden controlarse con diseños de mezcla adecuados y curados prolongados.

2.2.2.7 Ventajas y desventajas de su uso

A. Beneficios que disminuyen la parte ambiental

Representa una estrategia clave en la gestión sostenible (RCD). Al reciclar estos materiales, se evita su disposición en vertederos, reduciendo el impacto contribuyendo (Kisku et al., 2017). Esta práctica disminuye la generación de asociadas al transporte y disposición final de los residuos, además de reducir áridos naturales, preservando ecosistemas y su biodiversidad (Tam et al., 2018). En países con altos volúmenes de RCD, el reciclaje de agregados puede significar una reducción considerable de la huella ecológica.

B. Reducción en el consumo de recursos naturales

El empleo de AGR reduce la demanda de agregados naturales extraídos de canteras y ríos, mitigando los impactos ambientales asociados a estas actividades, como la erosión del suelo, la pérdida de hábitats y la degradación de paisajes (Padmini et al., 2009). Según Evangelista y de Brito (2010). Además, los áridos vírgenes



contribuye a tener un mejor control de los compendios de sostenibilidad establecidos por organismos como la ISO 14001.

C. Posibles limitaciones técnicas y económicas

Presenta ciertas restricciones, técnicamente, su mayor absorción de agua, menor densidad y posible presencia de impurezas pueden disminuir la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto si no se toman medidas de compensación (Evangelista & de Brito, 2010). Económicamente, aunque puede resultar más barato en zonas cercanas a plantas de reciclaje, en áreas sin infraestructura adecuada los costos de transporte y procesamiento pueden ser elevados, reduciendo su viabilidad (Tam et al., 2018). Además, existe una percepción negativa en algunos sectores de la construcción, asociada a la idea de menor calidad, lo que dificulta su masificación a pesar de las evidencias técnicas de su aplicabilidad.

2.2.2.8 Aplicaciones en la construcción

A. Uso en concretos estructurales

El AGR puede emplearse en concretos estructurales siempre que se controle la calidad del material y se apliquen técnicas de diseño que compensen sus características físicas, como su mayor absorción (Kisku et al., 2017). Estudios han demostrado que con sustituciones parciales generalmente del 20% al 50% y el uso de aditivos o fibras, es posible cumplir con los requisitos de resistencia ACI 318 y el Eurocódigo 2 (Tam et al., 2018). Estos concretos se utilizan en edificaciones de mediana altura, así como en estructuras de uso industrial, siempre que se realicen controles de calidad estrictos y ensayos previos que validen su desempeño.

B. Uso en concretos no estructurales

En concretos no estructurales, el AGR puede reemplazar incluso el 100% del agregado natural, dado que las exigencias mecánicas son menores (Evangelista & de



Brito, 2010). Elementos como muros de cerramiento, solados, contrapisos, bancas urbanas, bordillos y elementos decorativos. De otra manera, terminarían en vertederos. Además, la menor resistencia no representa un inconveniente significativo, ya que el diseño de estos elementos no depende tanto de la carga estructural, sino de su durabilidad y funcionalidad.

C. Empleo en prefabricados y pavimentos

El AGR se ha empleado exitosamente concreto como adoquines, bloques, tubos y piezas ornamentales, en donde la consistencia dimensional y la resistencia se logran gracias al control industrial de la producción (Padmini et al., 2009). En pavimentos de concreto, especialmente en vías de bajo y mediano tránsito, ha mostrado un comportamiento satisfactorio, siempre que se utilicen mezclas con relaciones agua/cemento bajas y un curado adecuado (Tam et al., 2018). La textura rugosa y angular del AGR puede incluso mejorar la adherencia en capas de rodadura o en elementos que requieren resistencia al deslizamiento.

2.2.3 Concreto

2.2.3.1 Definición de concreto según normas técnicas (ASTM, ACI, NTP, EN)

Opcionalmente, aditivos, el cual adquiere propiedades resistentes y durables tras su fraguado y endurecimiento. Según la ASTM C125 (2015), en proporciones controladas, capaz de desarrollar resistencia con el tiempo". La NTP 334.034 (INACAL, 2016) y la norma europea EN 206 (2013) coinciden en que el concreto como parte principal esencialmente pétreo, que endurece gracias a reacciones por la parte química.

A. Historia y evolución del concreto

El uso de mezclas cementicias data de civilizaciones antiguas, como los egipcios, que utilizaban yeso calcinado y cal como aglomerantes (Neville & Brooks, 2010). Los romanos, usando cal y puzolana volcánica, logrando estructuras tan durables como el Panteón. Sin embargo, el concreto moderno surge, que permitió una producción

más uniforme y resistente (Mehta & Monteiro, 2014). Desde mediados del siglo XX, el desarrollo de aditivos, concretos de alta resistencia y concretos reforzados con fibras ha ampliado notablemente su uso, incorporando materiales reciclados y tecnologías para mejorar su sostenibilidad.

B. Componentes principales del concreto

El concreto está compuesto principalmente por:

- **Cemento:** Material hidráulico que, en contacto con el agua, fragua y endurece (Mehta & Monteiro, 2014).
- **Agua:** Inicia las reacciones de hidratación y facilita la trabajabilidad; su pureza influye directamente en la resistencia final.
- **Agregado fino:** Arena natural o triturada que llena los espacios entre partículas gruesas, mejorando la cohesión (Neville & Brooks, 2010).
- **Agregado grueso:** Piedra o grava, natural o reciclada, que proporciona resistencia y estabilidad dimensional.

Figura 6

Componentes del concreto



Nota: Se muestra la figura los componentes que conforman un concreto, Adaptada de "Manual de aceros Arequipa". <https://www.construyendoseguro.com/wp-content/uploads/2019/05/concreto.jpg>

C. Clasificación del concreto según su resistencia, uso y consistencia

El concreto puede clasificarse en función de:

- **Resistencia:** Concretos de resistencia normal (<40 MPa), de alta resistencia (>40 MPa) y ultra alta resistencia (>100 MPa) (ACI 211.1, 2009).
- **Uso:** Estructural (para elementos portantes como vigas y columnas) y no estructural (pavimentos, rellenos, bloques).
- **Consistencia:** Según el asentamiento medido en el ensayo de revenimiento (ASTM C143/C143M), puede ser seco (0–25 mm), plástico (25–75 mm) o fluido (>75 mm).
- **Especialidad:** Concretos autocompactantes, ligeros, pesados, reforzados con fibras, reciclados, permeables, entre otros.

2.2.3.2 Propiedades físicas y mecánicas del concreto

A. Resistencia a compresión

Participación más importante del concreto, ya que define su cabida para aguantar obligaciones sin fallar. Generalmente, se mide a los 28 días mediante ensayos normalizados como el ASTM C39/C39M. Esta resistencia depende de ciertos factores, la edad del concreto (Neville & Brooks, 2010). Concretos de uso común presentan resistencias entre 20 MPa y 40 MPa, mientras que concretos de alta resistencia superan los 60 MPa (Mehta & Monteiro, 2014).

Figura 7

Resistencia a la compresión del concreto



Nota: Se muestra la figura la rotura de la resistencia a compresión del concreto, Adaptada de “Kincha”. <https://kincha.com.pe/wp-content/uploads/2023/07/Ensayo-de-Resistencia-a-la-compresion-Probetas-4-x-8-in.png>

B. Resistencia a tracción y flexión

Se trata que es menor al de la compresión en torno al 8–15% de esta última (ACI Committee 318, 2019). Para mejorar esta limitación se emplea el refuerzo con acero o fibras. La resistencia a flexión, evaluada según ASTM C78/C78M, siendo normalmente 1.5 a 2 veces la resistencia a tracción directa (Mindess et al., 2003).

C. Módulo de elasticidad

Se determina mediante ensayos como ASTM C469/C469M, y suele variar entre 20 GPa y 40 GPa para concretos normales. Elementos como el prototipo de adherido y la densidad influyen significativamente, siendo los agregados más duros los que incrementan la rigidez (Neville & Brooks, 2010).

D. Durabilidad frente a agentes químicos y físicos

Tiene las siguientes características

- **Carbonatación:** proceso en el que el CO_2 penetra y neutraliza la alcalinidad, reduciendo la protección del acero (Mehta & Monteiro, 2014).

- **Ataque por cloruros:** frecuente en ambientes marinos, provoca corrosión en armaduras.
- **Ciclos hielo–deshielo:** causan fisuras por expansión del agua congelada en poros saturados.
- Normas como ASTM C1202 y EN 12390-9 evalúan estas resistencias.

E. Densidad y absorción de agua

Esta entre 2,300 y 2,500 kg/m³, mientras que concretos ligeros tienen densidades menores a 2,000 kg/m³ (ACI 213R, 2014). La absorción de agua, medida según ASTM C642, refleja la porosidad y está vinculada a la durabilidad: concretos con alta absorción son más susceptibles a deterioro por agentes externos (Neville & Brooks, 2010).

D. Trabajabilidad y consistencia (ensayo de revenimiento)

Se evalúa principalmente mediante el ensayo de revenimiento según ASTM C143/C143M, que mide la pérdida de altura de un cono moldeado. Valores bajos indican mezclas secas, y altos, mezclas fluidas. La trabajabilidad depende de la relación que este conformado por la parte del agua con el cemento, la granulometría y el uso de aditivos plastificantes (Mindess et al., 2003).

Figura 8

Prueba de revenimiento del concreto





Nota: Se muestra la figura el ensayo de slump del estado fresco del hormigón fresco, Adaptada de "blog don concreto". <https://www.donconcreto.com/que-es-y-como-se-hace-la-prueba-de-revenimiento-del-concreto>

2.2.3.3 Factores que afectan el desempeño del concreto

A. Relación agua/cemento y su influencia en tenacidad

Es un parámetro más crítico en el diseño del concreto. Produce concreto de mayor resistencia y durabilidad, ya que reduce la porosidad de la matriz cementicia. Sin embargo, si la relación a/c es muy baja sin el uso de aditivos, la mezcla puede ser poco trabajable. Según Mehta y Monteiro (2014), una reducción de la relación a/c de 0.6 a 0.4 puede duplicar tenacidad a 28 días. Además, una menor relación a/c disminuye la permeabilidad del concreto, reduciendo su vulnerabilidad al ataque de sulfatos, cloruros y carbonatación, y por tanto, aumentando su durabilidad (Neville & Brooks, 2010).

B. Granulometría y calidad de los agregados

Su comportamiento mecánico es una distribución granulométrica continua mejora la compactación y reduce requerida, aumentando la resistencia y reduciendo el costo, también afectan la adherencia con la pasta cementicia (Mindess et al., 2003). Los agregados mal clasificados o con impurezas como arcillas, materia orgánica o sales solubles pueden generar fisuración, retraso en el fraguado o pérdida de resistencia.

C. Uso de aditivos (plastificantes, superplastificantes, incorporadores de aire, retardantes)

Se permite diseños más eficientes y adaptados a necesidades específicas, mejorando la compacidad y resistencia final. Los incorporadores, mientras que los retardantes extienden el tiempo de fraguado, útiles en climas cálidos o en transportes largos. Según la norma ASTM C494, estos aditivos deben cumplir con características específicas de desempeño y compatibilidad con el cemento (ACI Committee 212, 2010).

D. Condiciones de curado y su efecto en el desarrollo de resistencia



Un mal curado provoca evaporación prematura del agua, interfiriendo en la hidratación del cemento y generando microfisuras. Según Neville (2011), durante los primeros siete días, el concreto debe mantenerse húmedo o en ambiente controlado de temperatura para evitar pérdida de agua, especialmente en climas secos o calurosos, el curado con vapor puede adaptarse según las condiciones de obra y tipo de concreto.

2.2.3.4 Concreto con agregado reciclado

A. Influencia del agregado reciclado

El concreto reciclado puede tener entre 10 % y 30 % menos resistencia a compresión, a causa de mortero adherido, mayor porosidad y menor calidad del agregado (Silva et al., 2014). Asimismo, también suelen verse reducidos, lo cual está relacionado con la baja densidad y mayor absorción del AGR. Sin embargo, procesos de mejora del agregado (como el pretratamiento o la selección granulométrica), estos efectos pueden ser compensados, permitiendo su aplicación en elementos estructurales no críticos (Pacheco-Torgal et al., 2013).

B. Ajustes en el diseño de mezcla para compensar la absorción del AGR

Las diferencias es su alta absorción de agua, que puede ser entre 3 y 10 veces mayor. Para mitigar este efecto, es necesario realizar ajustes en el diseño de mezcla, como el pre humedecimiento del agregado reciclado o la corrección del agua efectiva en la mezcla (Kou & Poon, 2012). Además, algunos estudios proponen el uso de mezclas híbridas, combinando AGR con agregado natural en proporciones específicas, para mantener un equilibrio entre desempeño mecánico y sostenibilidad.

C. Comportamiento frente a la durabilidad

Suele mostrar una menor durabilidad al contenido de mortero residual, lo que facilita la penetración de sustancias dañinas (Bravo et al., 2016). Sin embargo, si se controla adecuadamente la calidad del AGR y se optimiza el diseño de la mezcla (uso



de puzolanas como sílice activa o escoria granulada), es posible mejorar significativamente la durabilidad. En condiciones de exposición moderada, el concreto con AGR puede cumplir con los requerimientos normativos de durabilidad (González-Fontebao & Martínez-Abella, 2008).

D. Límites de reemplazo según normas y estudios previos

Las normas internacionales aún no son uniformes respecto a los límites, el RILEM y la norma española EHE-08 permiten un reemplazo de hasta 20 % en elementos estructurales sin pérdida significativa de propiedades. Por su parte, el ACI 555R-01 sugiere que para mantener una calidad aceptable en concretos estructurales, no se debe exceder el 30 % sin tratamiento previo del AGR. Estudios más recientes, como el de Pedro et al. (2017), indican que con tratamientos adecuados (lavado, clasificación, prehumedecimiento), es posible alcanzar reemplazos del 50 % o más sin comprometer la resistencia ni la durabilidad, especialmente cuando se combina con materiales cementantes suplementarios.

2.2.3.5 Concreto reforzado con fibras de acero

A. Concepto y función de las fibras

El concreto reforzado incorpora fibras discretas en la matriz cementicia para mejorar su comportamiento mecánico. En particular, las fibras de acero se utilizan para incrementar la resistencia a tracción, mejorar la tenacidad y controlar la propagación de fisuras. Su inclusión actúa como refuerzo tridimensional dentro del concreto, lo cual permite distribuir mejor los esfuerzos y reducir la fragilidad típica del concreto convencional (ACI Committee 544, 2009). A diferencia de las armaduras convencionales, las fibras trabajan desde el inicio del agrietamiento, resistiendo la apertura de fisuras microscópicas y mejorando la energía absorbida antes del colapso.

B. Tipos de fibras de acero utilizadas en concreto



Utilizadas en concreto pueden clasificarse según su forma, tamaño y método de fabricación. Las más comunes incluyen:

- Fibras rectas: de forma cilíndrica, de corte simple, pero con menor adherencia.
- Fibras con extremos anclados (hooked-end): poseen ganchos en los extremos para mejorar el anclaje mecánico dentro de la matriz cementicia.
- Fibras corrugadas o onduladas: presentan geometrías irregulares que incrementan la fricción y mejoran la transferencia de cargas.
- Fibras recicladas: provienen de neumáticos, cables u otros productos de acero industrial y ofrecen una alternativa económica y sostenible.

Cada tipo tiene implicancias en el desempeño mecánico del concreto, siendo las hooked-end las más utilizadas por su balance entre resistencia y facilidad de dispersión (Khaloo et al., 2016).

C. Efectos de las fibras en la resistencia a flexión, tenacidad y control de fisuración

El principal beneficio mejora significativa en su comportamiento post-agrietamiento. Estudios indican que, aunque el incremento en la resistencia a compresión es moderado, la resistencia a flexión puede mejorar entre un 30 % y 50 %, dependiendo del tipo y dosificación de las fibras (Yoo & Banthia, 2016). En cuanto al control de fisuración, las fibras reducen tanto la longitud como el ancho de las grietas, mejorando la durabilidad frente a agentes agresivos. Este efecto es especialmente relevante en pavimentos, túneles, prefabricados y elementos sometidos a flexión o impacto.

D. Sinergia entre agregado reciclado y fibras de acero para mejorar el desempeño mecánico



Contienen agregado reciclado (AGR) ha demostrado un efecto compensatorio sobre las pérdidas de resistencia y durabilidad típicas del uso de AGR. Mientras que el agregado reciclado tiende a disminuir la densidad y resistencia del concreto, la adición de fibras contribuye a reforzar la matriz cementicia y controlar la formación de microfisuras, generando un material más resistente y tenaz. Algunas investigaciones han demostrado que, con dosificaciones adecuadas, es posible alcanzar comportamientos similares al concreto convencional, incluso cuando se utiliza hasta un 50 % de AGR, gracias al refuerzo por fibras (Afroughsabet et al., 2017). Esta sinergia permite desarrollar concretos más sostenibles sin comprometer el desempeño estructural, siendo una solución prometedora para ciudades con altos volúmenes de residuos de construcción, como Juliaca.

2.3 Marco conceptual

- a. **Agregado grueso reciclado (AGR):** Material granular obtenido del procesamiento de residuos de concreto u obras demolidas. Se utiliza contribuyendo a la sostenibilidad de la construcción.
- b. **Agregado grueso natural:** Grava extraída de fuentes naturales, utilizada como componente estructural del concreto con el fin de aumentar la tenacidad.
- c. **Concreto:** Constituido por los componentes de cemento, agua, agregados (fino y grueso) y aditivos, que al endurecerse forma una masa dura.
- d. **Concreto con agregado reciclado:** Tipo de concreto en el que parte o la totalidad combinado o reemplazado por el reciclaje de agregados.
- e. **Durabilidad:** La materia no debe sufrir deterioro significativo a pesar de que pase el tiempo.
- f. **Fibras de acero:** Elementos metálicos cortos con diversas formas (rectas, onduladas, con extremos anclados) que se incorporan al concreto para mejorar su tenacidad.



- g. Fibras estructurales:** Fibras que tienen una función activa especialmente en condiciones de carga estructural.
- h. Fibras “hooked end”:** Tipo que mejoran la adherencia mecánica entre la fibra y la matriz cementicia.
- i. Relación agua/cemento (a/c):** Es la distribución o relación que existe con el agua y cemento en la mezcla.
- j. Resistencia a compresión:** su principal característica es la de resistir cargas sin fallar.
- k. Resistencia a tracción/flexión:** Propiedades que describen la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción directa o flexión antes de romperse. Estas se ven significativamente mejoradas con la adición de fibras.
- l. Tenacidad:** Capacidad del concreto para absorber energía antes de fracturarse, especialmente importante en estructuras sometidas a impacto o carga dinámica.
- m. Trabajabilidad:** El concreto fresco sin segregación, se evalúa normalmente mediante el ensayo de revenimiento (slump test).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación adopta un dirección cuantitativo, experimental y explicativo, orientado a analizar las fibras de acero en la tenacidad del hormigón hecho con adherido grueso reciclado en la ciudad de Juliaca. Este enfoque permite medir objetivamente las variaciones en las propiedades mecánicas del concreto ante cambios en los componentes de su mezcla, en condiciones controladas de laboratorio.

El diseño metodológico considera la producción de diferentes dosificaciones de concreto con sustituciones parciales del agregado grueso convencional por agregado reciclado, en proporciones específicas, económicos y ambientales, que pueda ser aplicable en obras civiles de la región, fomentando así prácticas constructivas

3.1 Diseño de la investigación

Es la estructura metodológica que guía el proceso de estudio para responder las preguntas de investigación de manera sistemática y válida. Hernández, Fernández y Baptista (2014) definen el diseño de investigación como “el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación; establece las pautas para responder a las preguntas de investigación o para probar las hipótesis” (p. 134).

Se elaboraron diferentes dosificaciones de concreto con sustitución parcial de agregado grueso natural por agregado reciclado los cuales fueron realizados en el



laboratorio de la universidad, incorporando además fibras de acero tipo “hooked end” en distintos porcentajes. Posteriormente, se someterán a ensayos normalizados para evaluar su desempeño mecánico. Este enfoque permitirá determinar la combinación más eficiente y sostenible, aplicable a la realidad constructiva de la ciudad de Juliaca.

3.2 Métodos de la investigación

Son procedimientos lógicos y sistemáticos que se siguen para desarrollar el proceso científico de obtención del conocimiento. De acuerdo con Sampieri, Collado y Lucio (2014), el método científico permite “organizar la investigación de manera racional, ordenada y objetiva para resolver problemas y obtener respuestas válidas a partir de la observación, experimentación y análisis de datos” (p. 39). Este método incluye la formulación del problema, la hipótesis, el diseño experimental, la recolección de datos y el análisis de resultados, todo con el fin de generar conocimiento confiable y verificable.

El método utilizado es el científico experimental, ya que se busca evaluar, bajo condiciones de laboratorio, cómo influye la incorporación de fibras de acero en las propiedades del concreto elaborado con agregado grueso reciclado. Este método permite observar, medir y analizar las variaciones en la resistencia mecánica del concreto. Posteriormente, se realizarán ensayos normalizados para evaluar sus propiedades, siguiendo estándares como ASTM C39 y ASTM C78.

3.3 Nivel y tipo de investigación

3.3.1 Tipo de la investigación

El propósito del estudio de cómo se aborda el fenómeno investigado para obtener conocimiento válido y útil. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el tipo de investigación puede clasificarse en función de su nivel de profundidad (exploratoria, descriptiva, explicativa), su enfoque metodológico (cuantitativa, cualitativa o mixta), y el grado de control de las variables (experimental o no experimental). En



investigaciones de tipo explicativo y experimental, el investigador no solo observa fenómenos, sino que manipula deliberadamente variables para analizar efectos específicos, estableciendo relaciones de causa y efecto.

El enfoque cuantitativo permitirá recolectar datos objetivos mediante ensayos de laboratorio, los cuales serán analizados estadísticamente para comprobar la hipótesis. Esta clasificación es coherente con la naturaleza técnica y aplicada del trabajo, orientado a mejorar el desempeño del concreto y fomentar el uso de materiales reciclados en contextos urbanos como el de Juliaca.

3.3.2 Nivel de la investigación

En el presente estudio, el nivel de investigación es explicativo, ya que se pretende analizar el efecto que tiene la adición de fibras de acero sobre las propiedades mecánicas del concreto fabricado con agregado grueso reciclado. Específicamente, se busca determinar si esta adición mejora, considerando distintas proporciones de sustitución de agregados y fibras. La investigación no se limita a describir comportamientos, sino que intenta explicar científicamente los cambios observados, tracción y flexión del concreto bajo condiciones de laboratorio. Este nivel es apropiado para establecer relaciones causales, validar hipótesis, y contribuir a soluciones técnicas aplicables a la ingeniería civil en contextos urbanos como el de la ciudad de Juliaca, donde el aprovechamiento de materiales reciclados es una necesidad creciente.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

El contexto los estudios realizados enfocados a la rama de la ingeniería civil donde la población se relaciona no solo a individuos, sino a unidades experimentales, como mezclas de concreto, probetas, estructuras u obras civiles.

Está conformada por el universo de mezclas de concreto que pueden ser elaboradas con la sustitución del agregado, con y sin la adición de fibras de acero. En



concreto, se consideran todas aquellas posibles combinaciones que podrían emplearse en proyectos constructivos de la ciudad de Juliaca, donde existe disponibilidad de residuos de demolición y necesidad de optimizar el rendimiento del concreto.

Esta población teórica está delimitada por los criterios técnicos establecidos en normativas como ASTM y NTP para concretos estructurales y no estructurales, así como por los tipos de fibra de acero comúnmente utilizados en la región. Aunque en la investigación se trabajará con una muestra representativa bajo condiciones de laboratorio, toda la población comparte la característica de ser aplicable en condiciones constructivas reales y sostenibles dentro del ámbito urbano local.

3.4.2 Muestra

La muestra debe elegirse de manera que represente adecuadamente las características esenciales de la población, especialmente en estudios experimentales.

Compuesta nuestra investigación por un conjunto de especímenes de concreto (probetas cilíndricas y prismáticas) elaborados en laboratorio, utilizando distintas proporciones de agregado grueso reciclado (AGR) como sustituto parcial del agregado natural, combinadas con diferentes porcentajes de fibras de acero tipo hooked-end. Específicamente, se seleccionarán cuatro niveles de sustitución de AGR (por ejemplo, 0 %, 25 %, 50 % y 75 %) y tres niveles de dosificación de fibras de acero (por ejemplo, 0 %, 0.5 % y 1 % en volumen), lo que resultará en varias combinaciones experimentales.

Cada combinación será replicada por lo menos en tres muestras para cada tipo de ensayo: resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión, siguiendo normativas técnicas como ASTM C39, ASTM C496 y ASTM C78. Esta muestra ha sido seleccionada intencionalmente para permitir el análisis estadístico de los resultados y evaluar el impacto real de las variables sobre el desempeño del concreto, dentro del contexto técnico y ambiental de la ciudad de Juliaca.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Las técnicas son los recursos prácticos que se emplean para aplicar los métodos y recolectar los datos necesarios (p. 211). Estas técnicas pueden ser cuantitativas o cualitativas y su elección depende del tipo, nivel y enfoque del estudio.

Se utilizó la técnica de experimentación en laboratorio, que permite controlar las condiciones del entorno y manipular las variables de estudio. Esta técnica se aplicará en la elaboración y ensayo de muestras de concreto diseñadas con distintos porcentajes de agregado grueso reciclado (AGR) y con la incorporación de fibras de acero tipo hooked-end.

Todas las briquetas realizadas se rompieron en la prensa hidráulica para calcular su carga y así determinar su resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión, utilizando instrumentos de laboratorio como prensas hidráulicas, moldes cilíndricos y prismáticos, y equipos de curado. La experimentación permitirá evaluar cuantitativamente el comportamiento mecánico del concreto con materiales alternativos, generando resultados reproducibles, válidos y estadísticamente comparables.

Esta técnica es la más adecuada para investigaciones en ingeniería civil donde se busca establecer relaciones causa-efecto entre componentes del concreto, y en este caso, optimizar una mezcla más resistente, económica y sostenible para su aplicación.

3.5.2 Instrumentos

El instrumento de investigación es el medio o herramienta que permite recolectar datos de manera precisa, sistemática y válida, con el fin de dar respuesta a los objetivos o hipótesis del estudio. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), "un instrumento de medición es cualquier recurso que se utiliza para registrar información o datos sobre las variables que se están estudiando" (p. 229). Los instrumentos pueden ser pruebas,



cuestionarios, fichas, listas de cotejo, sensores u hojas de registro, dependiendo del tipo de investigación.

Cada ficha incluirá datos como el tipo de muestra, proporción de sustitución del agregado reciclado, porcentaje de fibra de acero añadida, edad del concreto al momento del ensayo (7, 14 o 28 días), carga aplicada y resistencia obtenida. Esto permitirá un análisis comparativo y estadístico del comportamiento mecánico del concreto, y así validar la hipótesis de que las fibras mejoran el desempeño estructural del concreto reciclado. El uso de fichas técnicas como instrumento es esencial para asegurar la validez, fiabilidad y trazabilidad de los resultados en investigaciones experimentales de ingeniería civil.

- Experimentos que se realizaron en el campus de laboratorio
- Todos los ensayos se anotaron en fichas
- Los datos son registrados de manera ordenada

3.6 Validación y confiabilidad

3.6.1 Validación

Consiste en verificar que dicho instrumento mida efectivamente lo que se propone medir, garantizando así su validez de contenido, criterio o constructo. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), "la validez de un instrumento se refiere al grado en que éste mide realmente la variable que pretende medir" (p. 231). Esta validación puede hacerse a través del juicio de expertos, la comparación con estándares establecidos o mediante pruebas piloto, dependiendo del enfoque del estudio.

3.6.2 Confiabilidad

Un instrumento es confiable si al ser aplicado repetidamente bajo condiciones similares, genera datos semejantes. Esto es fundamental en investigaciones experimentales, donde la exactitud de los datos es clave para validar las hipótesis.



En esta investigación, orientada a la confiabilidad del instrumento se garantiza a través de los siguientes mecanismos:

1. **Uso de normas técnicas internacionales:** Todos los ensayos (compresión, tracción y flexión) serán realizados conforme a las normas ASTM (C39, C496 y C78), que estandarizan los procedimientos de prueba para asegurar consistencia y repetibilidad en los resultados.
2. **Repetición de ensayos:** Cada combinación de diseño experimental se someterá a al menos tres réplicas para cada tipo de ensayo. Esto permitirá observar variaciones asociadas a errores aleatorios o de procedimiento.
3. **Capacitación del personal y control del entorno:** Las pruebas serán ejecutadas por personal capacitado, empleando equipos calibrados y bajo condiciones ambientales controladas, lo cual contribuye a reducir la variabilidad de los datos obtenidos.
4. **Registro sistemático:** Se emplearán fichas técnicas de recolección de datos, validadas previamente, que aseguran que la información se capture de forma estructurada y coherente en todos los ensayos.

De esta manera, se asegura que los instrumentos utilizados produzcan resultados confiables, estadístico y técnico del comportamiento.

3.7 Procedimiento de recolección de datos

En esta investigación sigue una secuencia estructurada y controlada, propia de estudios experimentales en ingeniería civil. Este proceso tiene como finalidad registrar de manera precisa y confiable los valores que permitan medir su proceso mecánico del concreto elaborado con la sustitución óptima.

1. Diseño de las mezclas experimentales

Se parte del diseño de mezclas de concreto, considerando diferentes proporciones de sustitución de agregado grueso reciclado (por ejemplo, 0 %, 25 %, 50



% y 75 %) y diferentes porcentajes de adición de fibras de acero tipo "hooked end" (por ejemplo, 0 %, 0.5 % y 1 % en volumen). Cada combinación representa un tratamiento experimental que será replicado tres veces para garantizar validez estadística.

2. Elaboración de probetas

Las mezclas se prepararán en condiciones controladas de laboratorio, utilizando cemento Portland tipo I, agua potable, agregado fino natural y el agregado grueso reciclado obtenido y clasificado previamente. Posteriormente, se procederá al moldeo de probetas cilíndricas (150 mm x 300 mm) para ensayos de compresión y tracción indirecta, y prismáticas (150 mm x 150 mm x 600 mm) para ensayos de flexión. Todas las probetas serán curadas en agua a 20 ± 2 °C.

3. Ensayos de laboratorio

Una vez alcanzadas las edades estándar (7, 14 y 28 días), las probetas serán sometidas a los siguientes ensayos normativos:

Resistencia a compresión y flexión.

Los ensayos se realizarán utilizando una prensa hidráulica calibrada y operada por técnicos capacitados, garantizando la estandarización y repetibilidad de los datos obtenidos.

4. Registro de datos

Durante cada ensayo, los resultados serán anotados en fichas técnicas de recolección de datos, previamente validadas por expertos. Estas fichas incluirán: tipo de muestra, edad del concreto, carga máxima alcanzada, resistencia calculada (en MPa), observaciones cualitativas (fisuras, fallas), y condiciones ambientales si corresponden. Este registro será digitalizado y sistematizado para facilitar su análisis estadístico posterior.

3.7.1 *Ensayos en laboratorio*

❖ **Contenido de humedad**

Materiales

- Muestra representativa de arena o grava (500 a 1000 g)
- Balanza de precisión
- Estufa (105 ± 5 °C)
- Recipientes metálicos

Procedimiento

- Se pesa la muestra húmeda recién recolectada.
- Se coloca en la estufa durante 24 horas o hasta masa constante.
- Se retira y se deja enfriar en desecador.
- Se vuelve a pesar para obtener la masa seca.

Figura 9

Secado al horno del contenido de humedad



Nota: Colocamos la muestra húmeda al horno realizado por el tesista

Cálculo



Contenido de humedad (%) = $(PA / PMS) \times 100$

Donde:

PA = Peso del agua (g)

PMS = Peso de muestra seca (g)

❖ **Análisis granulométrico de los agregados**

Materiales

- Serie de tamices estándar (3", 1½", ¾", ⅜", N°4–200)
- Balanza de precisión
- Agitador mecánico o manual
- Muestras secas de arena o grava

Procedimiento

- Procedemos a poner a secar la muestra a temperatura ambiente, una vez seca empezamos con nuestro cuarteo tanto de la grava como la arena, de tal manera tengamos una muestra representativa para realizar nuestra granulometría.
- Colocamos el orden de los tamices tanto para el agregado grueso y para la arena para empezar con la granulometría.
- Separamos nuestro agregado con la malla numero 4 el cual todo lo retenido es grava y todo lo pasante es arena hasta la malla numero 200
- Realizamos el peso de la bandeja mas la muestra aproximadamente 3500 gramos y para la arena pesamos 500 gramos
- Movemos todos los tamices y empezamos el tamizaje tamiz por tamiz hasta que ya no pase material.
- Seguidamente pesamos el agregado de cada tamiz retenido tanto para la arena y la grava
- Realizamos el peso en nuestra balanza de 1 g de aproximación.

- Procedemos anotar cada peso en nuestras fichas de laboratorio.
- Finalmente desecharmos nuestra muestra para ser utilizado en nuestra mezcla de concreto

Figura 10

Prueba de tamizaje del agregado



Nota: Colocamos nuestra muestra para el tamizaje de la muestra en distintos tamices el cual se realizó por el tesista

❖ **Ensayo de absorción y pesos específicos**

Procedimiento para la grava

- Siempre realizamos el procedimiento del cuarteo de los áridos.
- Luego pesamos la muestra y lo saturamos tanto para el material del agregado por 24 horas
- Para el agregado grueso secamos la muestra con una franela para que este superficialmente seco y luego colocamos al picnómetro
- Luego llenamos el picnómetro de agua y agitamos hasta que ya no haya burbujas o espacios de aire



- Colocamos en la balanza el picnómetro lleno de agua para su peso.
- Seguidamente ponemos nuestra muestra húmeda al horno.
- Para la muestra de la arena realizamos el secado de la muestra a temperatura ambiente hasta que este a un término medio
- Luego hacemos la prueba del cono truncado, colocamos la muestra en tres capas con 25 golpes y la muestra tiene que estar en forma de pirámide
- Luego colocamos la muestra al picnómetro y lo llenamos de agua
- Una vez lleno de agua con la muestra empezamos agitar hasta que no haya espacios vacíos y luego lo pesamos

Cálculos:

Peso específico

$$Pe = \frac{B}{Wc + B - W}$$

Donde:

B=Peso de la muestra seca

Wc=Peso del picnómetro con agua

W=peso del picnómetro más agua más muestra

Figura 11

Prueba del ensayo de peso específico y absorción



Nota: Ponemos en la balanza el picnómetro con la muestra

❖ **Asentamiento**

Materiales

- Carretilla
- Cono e abrans
- Varilla lisa de 5/8
- Espátula y cucharón

Procedimiento

- Realizamos el batido del concreto de manera uniforme
- Limpiamos el molde del cono con su base y luego lo mojamos
- Echamos la muestra del concreto fresco al cono en tres capas
- Cada capa se realiza 25 varilladas en forma de espiral y luego enrasamos
- Al realizar el colocado del concreto tenemos que pisar el cono de abras
- Seguidamente sacamos el molde del concreto con mucho cuidado
- Luego empezamos a medir con un flexómetro su slump y anotamos

❖ **Ensayo de pesos unitarios**

Materiales

- Bandeja
- Molde metálico
- Varilla lisa de 5/8
- Espátula, cucharón, brocha
- Balanza de precisión de 1 g

Procedimiento

- Realizamos el proceso de cuarteo de la muestra
- Luego pesamos el molde y medimos su diámetro y su altura con vernier
- Para el peso unitario varillado colocamos la arena o grava en el molde en tres capas, cada capa con 25 varilladas en forma de espiral
- En cambio, para el peso unitario suelto solo colocamos la muestra a caída libre y luego enrasamos

Figura 12

Ensayo pesos unitarios de la arena y la grava



Nota: Colocamos la muestra en el molde y luego hacemos el varillado de la arena del peso unitario

- ❖ **Curado de la muestra:**
 - Realizado la elaboración de probetas desmoldamos y ponemos etiqueta

- En la etiqueta detallamos la resistencia, el $f'c$ del concreto, fecha y edad de rotura
- Luego colocamos las probetas a las pozas de curado a temperatura adecuada lo cual está establecido según norma.
- Una vez sumergido debe estar por encima de las probetas.
- Según se cumplan los días de curado se empiezan a sacar las muestras para su respectiva rotura

❖ **Resistencia a compresión**

Materiales y Equipos Necesarios:

- Equipo de prensa hidráulica
- Vernier
- Almohadillas de neopreno de 15cm de diámetro
- Platos metálicos

Procedimiento

- Sacamos nuestras probetas de la poza de curado, para que seque por unas dos horas
- Seguidamente medimos las probetas el lado superior e inferior
- Luego colocamos las probetas sobre los platos metálicos y lo ponemos en la prensa hidráulica
- Se somete a la rotura donde la máquina hace compresión en ambos lados para que la probeta falle a cierta fuerza requerida
- Finalmente anotamos a cuánta resistencia llegó
- Limpiamos y desechamos la probeta

Paso a Paso del Procedimiento

Figura 13

Prueba de resistencia a compresión



Nota: Se muestra en la figura el ensayo de compresión de las probetas cilíndricas

Figura 14

Poza de curado de probetas



Nota: Ponemos las briquetas para su respectivo curado a distintos días

❖ Cálculos

- Realizamos la medición de la briqueta
- Se rompe y nos da la carga con el tipo de falla de la briqueta
- Al final hacemos una división simple entre la carga y área



3.8 Procesamiento y análisis de datos

Es necesario tener todos nuestros datos y resultados de manera ordenada, el cual nos permitió tener resultados claros, primero vamos a procesar los datos de los agregados para tener los diseños de mezclas con las combinaciones de fibra de acero, seguidamente procesamos los datos de la rotura a compresión en diferentes edades de 7, 14 y 28 días y por último el ensayo de resistencia a flexión, todo eso lo vamos a procesar en nuestra hoja de cálculo de Excel y de esta manera poner analizarlo a través de datos y gráficos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Los datos registrados han sido organizados y procesados estadísticamente, lo que facilita la comparación objetiva entre las mezclas patrón (sin reciclado ni fibra) y las mezclas modificadas. Asimismo, se ha verificado la consistencia de los resultados mediante el cálculo de promedios, desviación estándar y análisis de varianza lo que sustenta la validez técnica de las conclusiones. Los cuales permitieron realizar ajustes en el diseño de mezcla. A través de gráficos comparativos, tablas resumen y discusiones técnicas, se identifican las combinaciones óptimas que logran mejorar la resistencia y durabilidad del concreto, aportando una solución viable y sostenible para la construcción en la ciudad de Juliaca y otras zonas urbanas con acumulación de residuos de demolición.

a. Humedad

Tabla 2

Muestra de resultados de contenido de humedad de arena y grava

Humedad %	
Agregados	%
Arena	9.31
Grava	1.45

Nota: Estos datos fueron acopiados de laboratorio



Según los resultados obtenidos, es de 9.31% para la arena y 1.45% para la grava, valores determinados conforme según ASTM C566 o su equivalente NTP 400.037, el valor de humedad en la arena es considerablemente alto, superando el rango común (2% a 6%), lo cual indica una absorción significativa de agua debido posiblemente a exposición a lluvia o mal almacenamiento. Por su parte, la grava presenta un contenido de humedad aceptable dentro del rango típico (0.5% a 2.0%), aunque también debe ser considerado al momento de calcular el agua neta en la mezcla. En ambos casos, es imprescindible aplicar la corrección por humedad para evitar alterar la relación agua/cemento, lo cual podría comprometer la calidad.

b. Peso específico y absorción

Tabla 3

Muestra de resultados de absorción y peso específico

Áridos	P. específicos (gr/cm ³)	Absorción (%)
Grava	2.51	2.28
Arena	2.56	3.39

Nota: Datos de los ensayos de absorción y peso hechos en laboratorio.

Según la tabla 3 los resultados obtenidos, los agregados presentan los siguientes valores: la grava tiene una densidad aparente de 2.51 g/cm³ y 2.28% de absorción, mientras que la arena presenta un peso específico de 2.56 g/cm³ y 3.39% de absorción. Estos valores fueron determinados según las normas ASTM C127, también recogidas en la NTP 400.018 y NTP 400.019, respectivamente. Ambos agregados muestran pesos específicos dentro del rango típico (2.4 a 2.7 g/cm³), lo que indica una adecuada densidad para su uso en concreto. No obstante, la absorción de la arena es relativamente alta, superando el valor ideal (que suele estar entre 1% y 2.5%), lo cual sugiere un contenido significativo de mortero adherido o porosidad, especialmente si se trata de agregado reciclado.

c. Ensayo varillado y suelto de pesos unitarios**Tabla 4***Prueba de ensayos de pesos unitarios*

Árido suelto – peso unitario		
	Arena	Grava
Media (g/cm ³)	1.520	1.416

Árido varillado - peso unitario		
	Arena	Grava
Media (g/cm ³)	1.621	1.603

Nota: Datos acopiados en el laboratorio de la universidad

Los resultados de la tabla 4 del peso unitario indican que la arena presenta un valor de 1.520 g/cm³ y 1.621 g/cm³ en condición varillada, mientras que la grava muestra 1.416 g/cm³ y 1.603 g/cm³. La diferencia entre los valores sueltos y varillados indica una buena capacidad de acomodación durante el mezclado y colocación del concreto, lo que favorece la trabajabilidad y contribuye a una mezcla más densa y resistente.

d. Gradación de los materiales**Tabla 5***Tamizaje o granulometría de grava*

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	49.55	1.42	1.42	98.58
3/4"	19.050	243.65	6.96	8.38	91.62
1/2"	12.700	552.25	15.78	24.16	75.84
3/8"	9.525	1039.55	29.70	53.86	46.14
No4	4.760	1615.00	46.14	100.00	0.00
BASE.		0.	0	0.00	100.00
TOTAL.		3500.0	100.0		
%PERDIDA		0			

Nota: Datos de cada tamiz retenido según como se muestra en la tabla

Según los resultados de la tabla 5 muestra el tamaño nominal del agregado es de 1" (25.4 mm), aunque prácticamente no se retiene en el tamiz de 1 ½", confirmando que no hay partículas excesivamente grandes. La curva granulométrica que se obtendría de estos datos muestra una gradación adecuada, con un porcentaje significativo que pasa por los tamaños intermedios, asegurando una buena compactación y trabajabilidad del concreto. Al no haber pérdida de material (% pérdida = 0%), se valida la confiabilidad del ensayo. Este tipo de distribución cumple, en principio, con los requisitos de agregados bien gradados según ASTM C33, siendo apto para mezclas de concreto con buena resistencia y mínima segregación, siempre que se complemente con la verificación del módulo de fineza y la curva granulométrica respectiva.

Figura 15

Grafico de la curva de granulometría

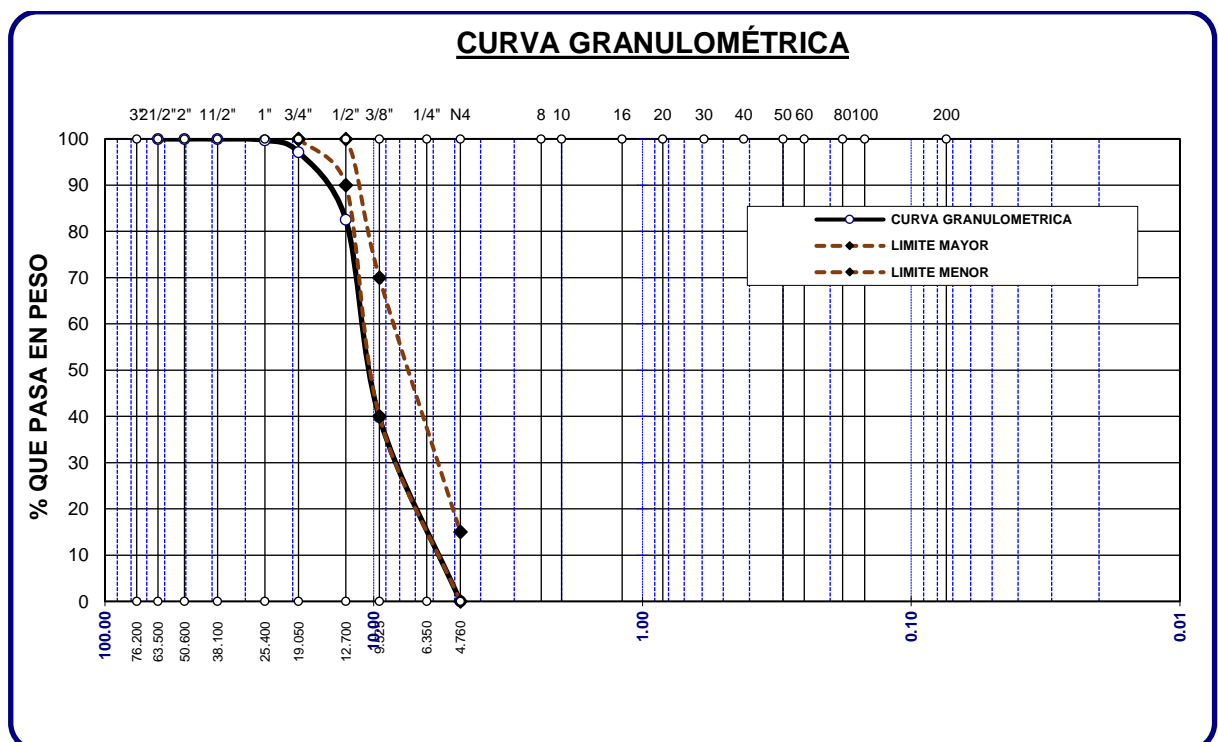


Tabla 6*Resultado de ensayo de tamizaje de la arena*

TAMICES	ABERTURA	PESOS RETENIDOS	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDOS ACUMULADOS	% QUE PASA
No4	4.760	7.02	1.40	1.40	98.60
No8	2.380	69.05	13.81	15.21	84.79
No16	1.190	81.10	16.22	31.43	68.57
No30	0.590	109.67	21.93	53.37	46.63
No 50	0.300	120.76	24.15	77.52	22.48
No100	0.149	92.15	18.43	95.95	4.05
No200	0.074	13.12	2.62	98.57	1.43
BASE		7.13	1.43	100.00	0.00
TOTAL		500.00	100.00		
% PERDIDA		1.43			

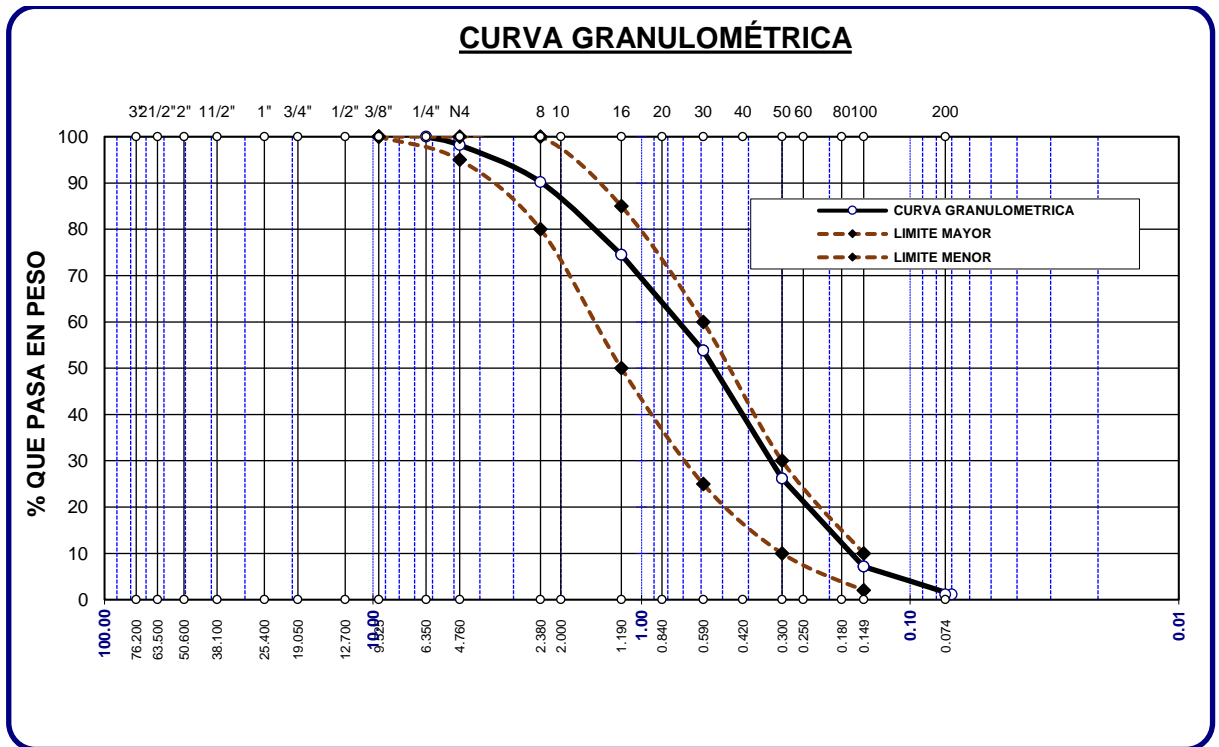
Nota: datos obtenidos de la gradación realizado en laboratorio

El análisis granulométrico de la tabla 6 del agregado arena, muestra una distribución bien definida a través de los tamices estándar. Se observa que el mayor porcentaje de material se retiene en los tamices No. 50 (24.15%), No. 30 (21.93%) y No. 16 (16.22%), lo cual indica que la arena es de granulometría media a fina. El porcentaje que pasa el tamiz No. 200 (1.43%) está dentro de los límites establecidos por ASTM C33 / NTP 400.037, que permite hasta un 10% como máximo, confirmando que el contenido de partículas finas (limos o arcillas) no representa un problema significativo. El porcentaje de pérdida (1.43%) también es mínimo, indicando una buena manipulación durante el ensayo. Además, el hecho de que el 68.57% del material pase el tamiz No. 16 y el 84.79% pase el No. 8 sugiere una distribución adecuada que favorece la trabajabilidad del concreto, sin afectar negativamente la resistencia o durabilidad. Este tipo de arena es adecuada para concretos convencionales, ya que contribuye a una mezcla cohesiva y uniforme. Sin embargo, se recomienda calcular el módulo de fineza (MF) para verificar si se encuentra dentro del rango típico (entre 2.3 y

3.1) y así confirmar su clasificación según las especificaciones técnicas del diseño de mezclas.

Figura 16

Distribución gráfica de la gradación de arena



Nota: Se muestra en la gráfica el retenido de cada tamiz en un gráfico algorítmico

Diseño de mezcla

- Tiene un revenimiento de 3 pulgadas
- Su relación de A/C 0.558
- Se tuvo un módulo de fineza 2.75
- Agua 205 litros para m³

Tabla 7

Cantidades de materiales según nuestro diseño

AGREGADO	CANTIDADES EN PESOS HÚMEDOS (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOL. PESO HÚMEDO



Cemento	367	1.00
Agua	168	0.46
Grava	903	2.46
Arena	821	2.23
Aire	2.0	%

Nota: Datos según nuestros resultados en laboratorio

La dosificación del concreto presentada en la tabla 7, basada en normas como la ACI 211.1 y la NTP 339.034:2017, muestra una relación agua/cemento de 0.46, valor adecuado para obtener una mezcla con buena resistencia y trabajabilidad, lo que permite lograr concretos estructurales de clase media a alta. El agregado grueso (grava) tiene una dosificación de 903 kg/m³ y el agregado fino (arena) de 821 kg/m³, lo que refleja una relación A/G cercana a 0.91, ideal para una mezcla bien gradada que minimiza la segregación y favorece la cohesión. El contenido de aire del 2.0% contribuye a mejorar la trabajabilidad sin afectar significativamente la resistencia, siendo apropiado para climas templados como el de Juliaca, donde no se presentan ciclos de congelación. Esta dosificación es técnicamente coherente con los estándares establecidos por la ASTM C231 para concretos con aire incorporado y representa una mezcla equilibrada para elementos estructurales convencionales.

Figura 17

proporción de materiales de nuestro diseño



Nota: Mostramos los valores de cada material

Tabla 8

Mezcla según las diferentes muestras por bolsa de cemento

Componentes	ME	1% FA	2% FA	3% FA
Cemento	42.50	42.50	42.50	42.50
Agua	19.42	19.42	19.42	19.42
A. Grueso	104.41	104.41	104.41	104.41
A. Fino	94.95	94.95	94.95	94.95
Fibra de acero		4.25	8.50	12.75

Nota: Añadimos el peso que utilizamos de la fibra de acero en función al peso del cemento

La tabla 8 muestra tal como recomiendan normas como la ASTM C1609 y la ACI 544.1R. Es importante resaltar que este tipo de diseño mantiene una base uniforme para poder atribuir con mayor precisión las variaciones de comportamiento a la incorporación de la fibra, garantizando así la validez de los resultados comparativos. Además, el hecho de no modificar el contenido de agua-cemento (a/c) permite aislar los efectos que pueda tener la fibra.

4.1.1 Análisis del ensayo del slump de la incorporación con cantidades diferentes de fibra de acero

Tabla 9

Prueba de slump con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%.

Descripción	Slump- pulg	Promedio
MP	3.90	3.82
	4.00	
	3.90	
MP+1% FAS	3.85	3.72
	3.80	
	3.75	
MP+2% FAS	3.35	3.45
	3.30	
	3.40	
MP+3% FAS	3.00	3.16
	3.05	
	3.10	

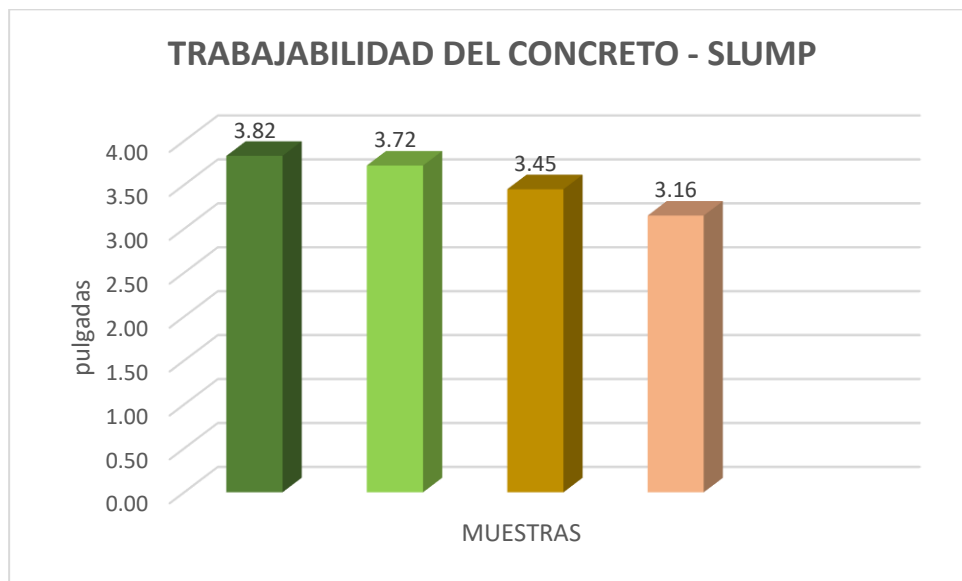
Nota: Mostramos los datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

En el análisis de la trabajabilidad del concreto en la tabla 9 mediante el ensayo de asentamiento tipo slump, se observa que al incrementar el porcentaje de fibra de acero Sikafiber en la mezcla, esta propiedad disminuye progresivamente: la mezcla patrón (sin fibras) presentó un asentamiento promedio de 3.83 pulgadas, mientras que con 1%, 2% y 3% de fibra de acero, el asentamiento se redujo a 3.72, 3.45 y 3.15 pulgadas, respectivamente. Esta tendencia evidencia que la inclusión de fibras metálicas, si bien mejora ciertas propiedades mecánicas, reduce la fluidez del concreto fresco, dificultando su colocación y compactación. Según la norma ASTM C143/C143M, este comportamiento es típico de concretos reforzados con fibras, ya que estas interfieren con la movilidad de los agregados y del agua de amasado, aumentando la cohesión interna de la mezcla. Por lo tanto, para mantener la trabajabilidad dentro de

rangos adecuados cuando se emplean porcentajes mayores de fibra, es recomendable ajustar la dosificación con aditivos superplastificantes conforme a lo establecido en la ASTM C494.

Figura 18

Gráfico de barras comparando el asentamiento de la mezcla tradicional y las mezclas con fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%



Nota: El orden del slump se grafica de manera descendente del ensayo de slump

4.1.2 Evaluación de los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón con adición de fibras de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%

A. REISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DIAS

Tabla 10

Rotura de resistencia del concreto 7 días, de la muestra patrón y con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%

Días	Diseño	Espécimen	Carga	f'c Kg/cm2	Promedio
7	MP	MP-1-SFA	26780	151.14	149.42
		MP-2-SFA	25990	145.90	



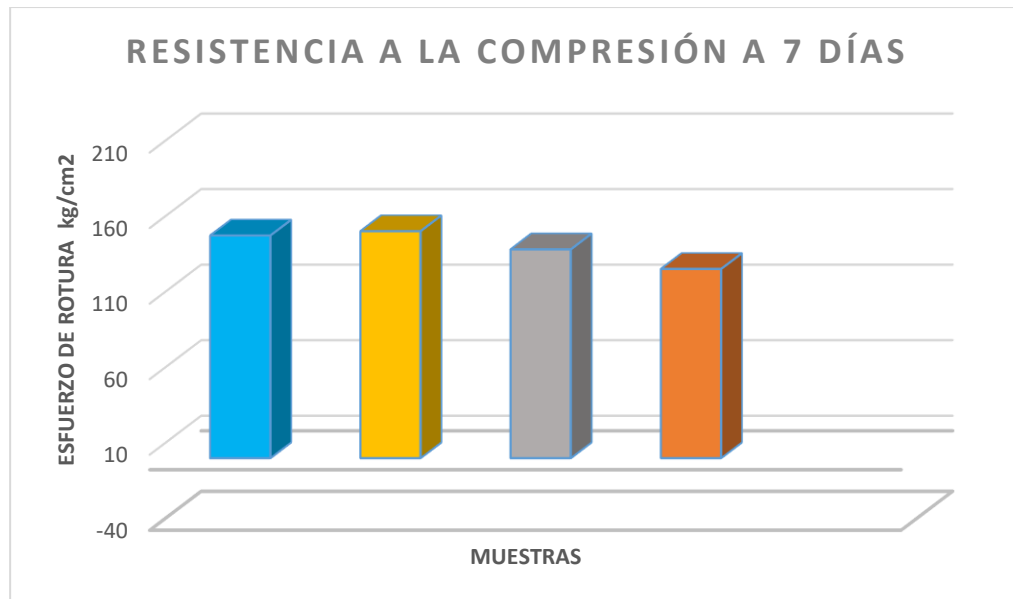
		MP-3-SFA	27010	151.23	
		M1-FAS-1%	27990	157.55	
7	MP+1%FAS	M2-FAS-1%	28010	158.08	156.86
		M3-FAS-1%	27530	154.96	
		M1-FAS-2%	28550	160.92	
7	MP+2%FAS	M2-FAS-2%	27990	157.34	160.70
		M3-FAS-2%	29030	163.84	
		M1-FAS-3%	29110	164.29	
7	MP+3%FAS	M2-FAS-3%	28050	158.10	160.81
		M3-FAS-3%	28470	160.04	

Nota: Datos que se obtuvieron del ensayo de rotura a los 7 días con distintos porcentajes de fibras de acero

Este comportamiento en la tabla 10 confirma que la inclusión de fibras metálicas mejora la resistencia temprana del concreto debido a la acción de puenteo que estas ejercen en la matriz cementicia, controlando la propagación de microfisuras y mejorando la tenacidad del material. Según la norma ASTM C39/C39M, que regula el ensayo de compresión en cilindros de concreto, estos valores son válidos como referencia comparativa. Además, la mejora observada con el 2% y 3% de fibras muestra que existe una tendencia de estabilización, lo cual sugiere un punto óptimo de dosificación en torno al 2%, donde el incremento en resistencia comienza a mostrar rendimientos marginales decrecientes.

Figura 19

Compresión simple del concreto común y con fibra de acero sikafiber 7 días



Nota: Las barras de comparación de resistencia a compresión desciende con el aumento de 3% de fibra de acero.

B. REISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DIAS

Tabla 11

Rotura de resistencia del concreto 14 días, de la muestra patrón y con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%

Días	Diseño	Espécimen	Carga	f'c Kg/cm2	Promedio
14	MP	MP-1-SFA	32870	184.78	183.89
		MP-2-SFA	33050	186.52	
		MP-3-SFA	32170	180.36	
14	MP+1%FAS	M1-FAS-1%	34120	192.31	189.22
		M2-FAS-1%	33100	186.31	
		M3-FAS-1%	33630	189.05	
14	MP+2%FAS	M1-FAS-2%	33890	190.51	194.97
		M2-FAS-2%	35170	197.44	
		M3-FAS-2%	34900	196.96	
14	MP+3%FAS	M1-FAS-3%	34760	196.44	199.67

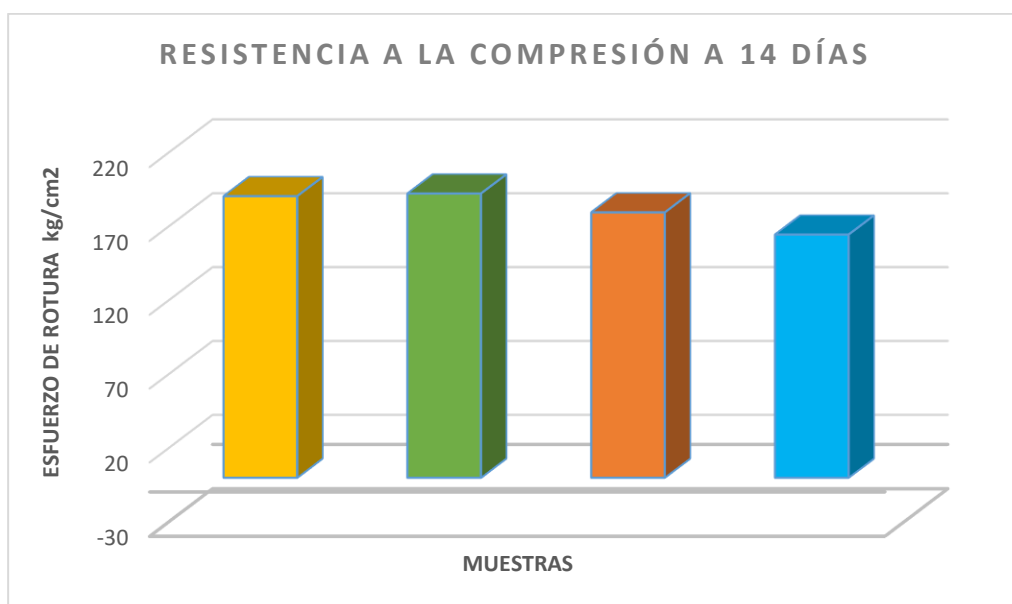
M2-FAS-3%	35800	201.78
M3-FAS-3%	35720	200.80

Nota: Datos que se obtuvieron del ensayo de rotura con porcentajes de fibras de acero

La tabla 11 muestra la rotura patrón (MP) sin adición de fibras obtuvo un promedio de resistencia de 183.89 kg/cm², mientras que el concreto con 1% de FAS alcanzó 189.22 kg/cm², el de 2% FAS obtuvo 194.97 kg/cm² y con 3% FAS se elevó hasta 199.67 kg/cm². Esta progresión evidencia que la inclusión de fibras metálicas mejora la resistencia mecánica del concreto al proporcionar una matriz más cohesionada que reduce la propagación de fisuras internas, especialmente en la etapa media del curado. Cabe señalar que la ganancia de resistencia entre el diseño sin fibras y el de mayor porcentaje (3% FAS) representa un incremento de aproximadamente 8.6%, lo cual es consistente con investigaciones previas sobre el uso de fibras en concreto. Este comportamiento refleja no solo la acción de refuerzo secundario de las fibras, sino también su contribución al confinamiento del material. En conclusión, a los 14 días, el concreto con adición de fibras muestra una notable ventaja técnica.

Figura 20

Gráfico de barras comparando los distintos tipos de fibra de acero



Nota: Las barras de comparación de resistencia a compresión desciende con el aumento de 3% de fibra de acero.

C. REISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS DIAS

Tabla 12

Rotura de resistencia del concreto 28 días, de la muestra patrón y con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%

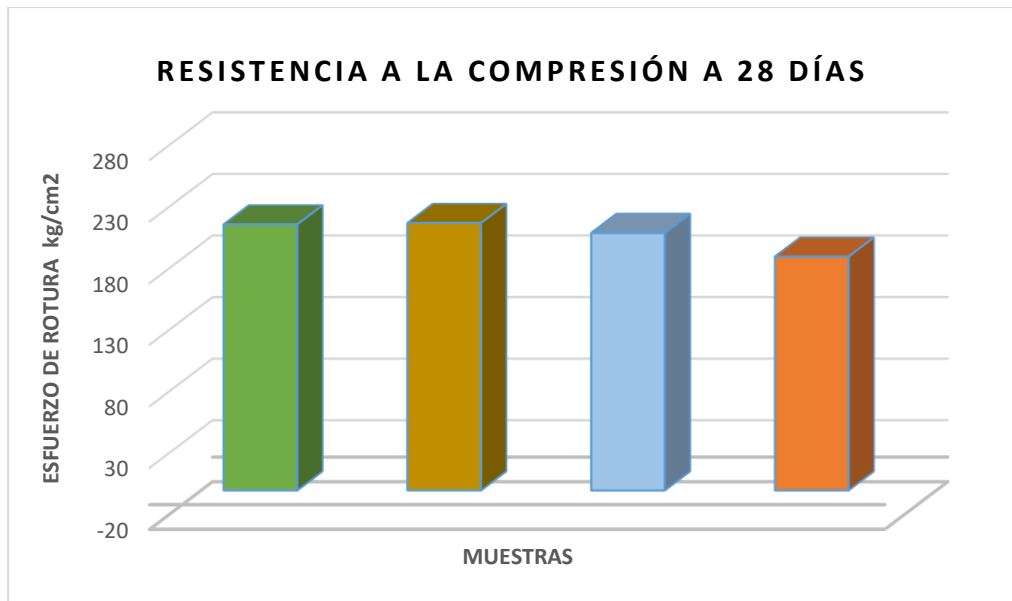
Días	Diseño	Muestra	Carga	Esfuerzo de rotura Kg/cm ²	Promedio
28	MP	MP-1-SFA	38870	219.08	216.32
		MP-2-SFA	37920	213.17	
		MP-3-SFA	38550	216.71	
28	MP+1%FAS	M1-FAS-1%	40770	229.19	230.04
		M2-FAS-1%	41230	232.39	
		M3-FAS-1%	40440	228.54	
28	MP+2%FAS	M1-FAS-2%	42360	239.39	240.34
		M2-FAS-2%	43180	243.05	
		M3-FAS-2%	42500	238.59	
28	MP+3%FAS	M1-FAS-3%	44060	247.68	248.57
		M2-FAS-3%	44520	251.26	
		M3-FAS-3%	43840	246.76	

Nota: Datos que se obtuvieron del ensayo de rotura a los 28 días con distintos porcentajes de fibras de acero

En la tabla 12 muestra la rotura, estas fibras permiten una mejor redistribución de tensiones internas, especialmente en las zonas traccionadas. Por tanto, el uso de fibra de acero no solo incrementa la resistencia final del concreto, sino que también optimiza su desempeño estructural, haciéndolo apto para aplicaciones de mayor exigencia técnica en el ámbito de la construcción.

Figura 21

Gráfico de barras con adición fibra de acero sikafiber 28 días



Nota: Las barras de comparación de resistencia a compresión desciende con el aumento de 3% de fibra de acero.

Tabla 13

Comparación de los resultados con fibra de acero sikafiber

Comparación del ensayo a compresión con la FIBRA DE ACERO SIKAFIBER			
Descripción	7	14	28
MP	149.42	183.89	216.32
MP+1% FAS	156.86	189.22	230.04
MP+2% FAS	160.70	194.97	240.34
MP+3% FAS	160.81	199.67	248.57

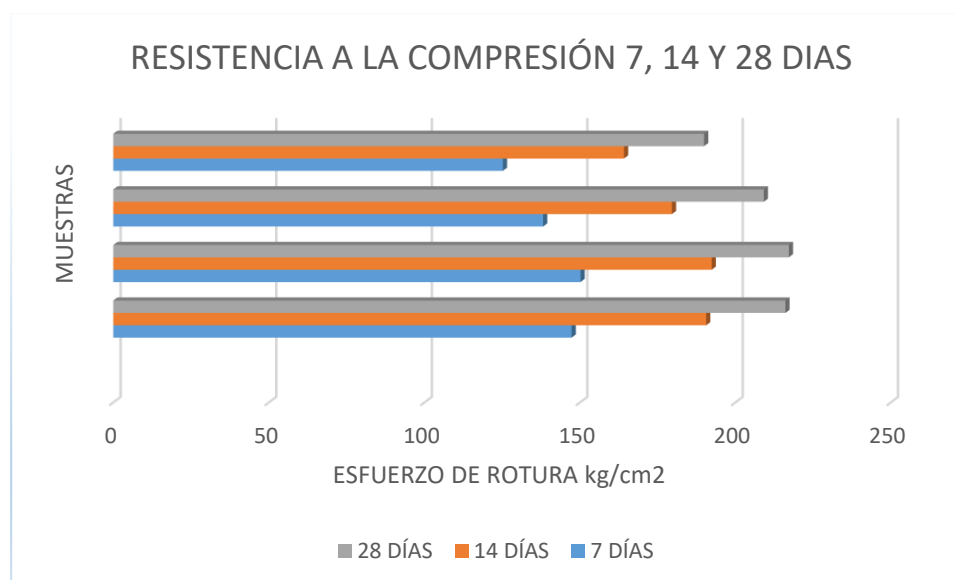
Nota: Comparamos según los resultados con las distintas adiciones de fibra de acero sikafiber

La incorporación de fibra de acero Sikafiber (FAS) en el concreto mostró una mejora progresiva en la resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días en comparación con

la mezcla patrón (MP) sin fibra. A los 7 días, la resistencia aumentó de 149.42 kg/cm² (MP) a 160.81 kg/cm² (MP+3% FAS); a los 14 días, de 183.89 kg/cm² a 199.67 kg/cm²; y a los 28 días, de 216.32 kg/cm² a 248.57 kg/cm², evidenciando un incremento general del 14.91 %. Según los criterios establecidos por la norma ASTM C39/C39M, este comportamiento sugiere que la adición de fibras mejora la matriz del concreto al aumentar la tenacidad, controlar la propagación de microfisuras y distribuir mejor los esfuerzos internos, lo cual resulta especialmente útil para elementos que requieren mayores prestaciones mecánicas.

Figura 22

Grafico de barras del ensayo de compresión simple con fibra de acero sikafiber



Nota: La grafica muestra que la fibra de acero sikafiber mejora hasta el 2%



4.1.3 Efecto de los resultados de la resistencia a la flexión de la muestra patrón con la adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3%

Tabla 14

Esfuerzo de flexión del concreto patrón con adición de fibra de acero sikafiber en porcentajes de 1%, 2%, 3% a los 28 días

Días	Diseño	Muestra	Carga	Módulo de rotura Kg/cm ²	Promedio
		MP-1-SFAS	3078	46.53	
	MP	MP-2-SFAS	3087	45.86	46.09
		MP-3-SFAS	3095	45.87	
		MP1+1%FAS	3210	48.03	
	MP+1% FAS	MP2+1%FAS	3310	50.47	48.94
		MP3+1%FAS	3250	48.32	
		MP1+2%FAS	3410	50.59	
	MP+2% FAS	MP2+2%FAS	3510	52.17	51.35
		MP3+2%FAS	3450	51.30	
		MP1+3%FAS	3610	53.61	
	MP+3% FAS	MP2+3%FAS	3590	53.56	54.11
		MP3+3%FAS	3700	55.17	

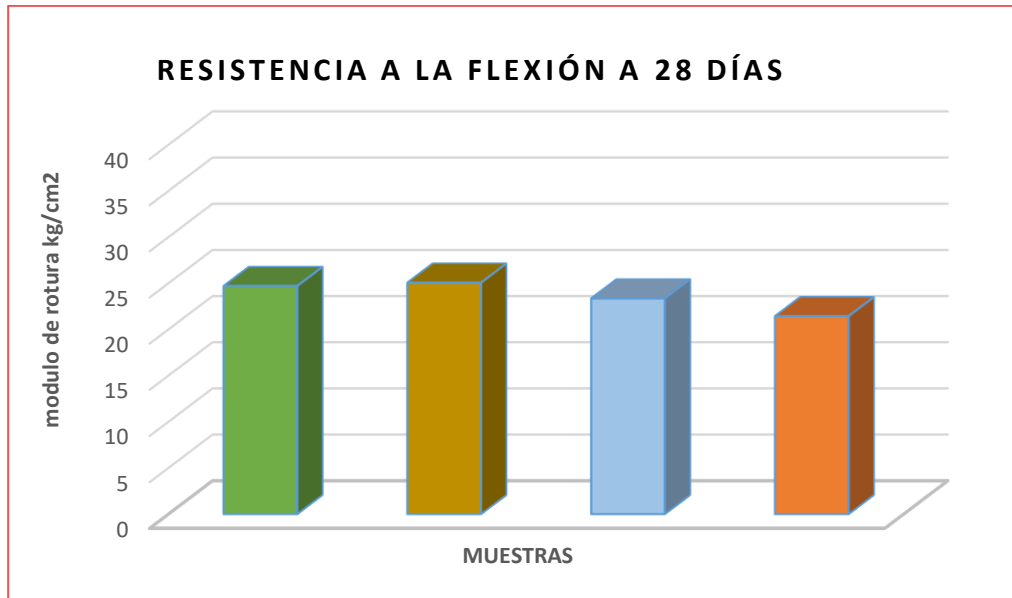
Nota: Datos del ensayo de flexión según datos de laboratorio

Comparada la tabla 14 con la mezcla patrón (MP). Según los resultados obtenidos, el módulo de rotura promedio de la mezcla sin fibras fue de 46.09 kg/cm², mientras que las mezclas con adición de FAS alcanzaron valores mayores: 48.94 kg/cm² con 1 % FAS, 51.35 kg/cm² con 2 % FAS y 54.11 kg/cm² con 3 % FAS. Este comportamiento evidencia un incremento total del 17.43 % en la resistencia a la flexión al utilizar 3 % de FAS. De acuerdo con la norma ASTM C78, este tipo de ensayo permite evaluar la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción indirecta, y los resultados indican que la fibra actúa eficazmente como refuerzo, controlando la

propagación de fisuras, mejorando la ductilidad y la tenacidad del material. Por lo tanto, la incorporación de fibra de acero no solo aporta mejoras en la resistencia a compresión, sino también optimiza el desempeño flexional del concreto.

Figura 23

Gráfico de barras del resultado del ensayo flexión con fibra de acero sikafiber 28 días



Nota: Grafica según el porcentaje de cada adición de fibras de acero

4.2 Discusión de resultados

Se tiene como finalidad analizar y comparar fibras de acero recicladas del tipo SikaFiber, incorporadas en proporciones del 1%, 2% y 3%. Para ello, se consideran los resultados de los ensayos de revenimiento (slump), tenacidad y flexión, este análisis se enriquece mediante la comparación con hallazgos reportados por otros autores, a fin de contrastar el comportamiento del concreto modificado con fibras respecto a investigaciones previas. De este modo, se busca validar la eficacia del uso de fibras de acero como refuerzo y su influencia, identificando similitudes, discrepancias y aportes significativos para futuras aplicaciones estructurales.



1. Ensayo de Asentamiento (Slump)

Se muestra una tendencia decreciente conforme se incrementa el porcentaje de fibra de acero. El diseño patrón (MP) obtuvo un promedio de 3.83 pulgadas, mientras que al adicionar 1%, 2% y 3% de fibra de acero, los asentamientos disminuyeron a 3.72, 3.45 y 3.15 pulgadas respectivamente. Esta reducción es coherente con lo reportado por ACI 544.3R-08, el cual señala que la incorporación de fibras de acero reduce la trabajabilidad del concreto debido a la interferencia mecánica de las fibras con el flujo del mortero. En estudios como el de Song y Hwang (2004) también se reporta una pérdida de fluidez similar al aumentar el contenido de fibras, lo cual obliga a considerar aditivos superplastificantes si se requiere mantener la trabajabilidad original.

2. Ensayo de Resistencia a la Compresión

Los resultados a compresión evidencian un incremento progresivo con el aumento de contenido de fibra. A los 28 días, el diseño patrón alcanzó una resistencia de 216.32 kg/cm², mientras que con 1%, 2% y 3% de fibra de acero, las resistencias fueron de 230.04, 240.34 y 248.57 kg/cm² respectivamente. Este comportamiento confirma lo señalado por autores como Nataraja et al. (1999) y Johnston (2001), quienes concluyeron que las fibras de acero actúan como puentes de transferencia de cargas, retrasando la formación y propagación de microfisuras. Asimismo, el ACI 544.1R-96 respalda que hasta un 3% mejora sin comprometer la cohesión del sistema. Por tanto, la inclusión de SikaFiber resulta beneficiosa en términos estructurales.

3. Ensayo de Resistencia a la Flexión

Con la incorporación de fibras. El concreto patrón presentó una resistencia promedio de 46.09 kg/cm², mientras que con 1%, 2% y 3% de fibra, los valores ascendieron a 48.94, 51.35 y 54.11 kg/cm². Estas mejoras se deben a la acción de las fibras como refuerzo tridimensional que aumenta la tenacidad del concreto, lo cual coincide con las conclusiones de Banthia y Trottier (1995), quienes demostraron que el



concreto con fibras de acero mejora su ductilidad y módulo de rotura. Además, el ASTM C1609/C1609M establece que el uso de fibras es efectivo para mitigar el agrietamiento y mejorar la capacidad pos-pico en cargas flexionales.

Finalmente, en conjunto, se confirman que la incorporación de fibra de acero SikaFiber en contenidos de hasta 3% en volumen mejora el desempeño mecánico del concreto en compresión y flexión, aunque reduce su trabajabilidad, lo cual puede mitigarse con aditivos. Estos hallazgos son consistentes con la literatura técnica y respaldan su aplicabilidad en concretos estructurales de alta exigencia.

CONCLUSIONES

La presente investigación permitió demostrar que la incorporación de agregado grueso reciclado (AGR) en conjunto con fibras de acero SikaFiber representa una alternativa técnica y ambientalmente viable a través de los ensayos de laboratorio realizados, se evidenció que el uso del AGR en reemplazo del agregado natural, si bien puede influir negativamente en la trabajabilidad y ligeramente en la resistencia, estos efectos pueden ser mitigados e incluso superados mediante la inclusión progresiva de fibras de acero, especialmente con contenidos de fibra del 2% y 3%, sin comprometer de manera crítica la consistencia de la mezcla. Asimismo, se destaca que esta combinación contribuye no solo, sino también a la reducción del consumo de recursos naturales no renovables, promoviendo así prácticas buenas.

C1- El ensayo de revenimiento mostró que la adición de fibras de acero reduce la trabajabilidad del concreto. El diseño patrón presentó un slump promedio de 3.83 pulgadas, mientras que la mezcla con 3% de fibras redujo el slump a 3.15 pulgadas. Esta disminución es atribuible a la rigidez que aporta la fibra al concreto fresco, dificultando su colocación, lo cual debe considerarse al momento de su aplicación en obra.

C2- El acero de fibra tipo SikaFiber en cantidades de 1%, 2% y 3% generó un incremento progresivo en la resistencia a compresión y resistencia a flexión del concreto. A los 28 días, ahora con el diseño con 3% de fibras alcanzó un valor de 248.57 kg/cm², superando en 32.25 kg/cm² al concreto patrón (MP). De igual modo, en cuanto a resistencia a flexión, se evidenció un aumento significativo, alcanzando un valor promedio de 54.11 kg/cm² con 3% de fibras frente a los 46.09 kg/cm² del concreto sin fibras.

C3-. Los resultados evidencian que la adición de fibras de acero no solo compensa, sino que mejora el desempeño mecánico del concreto, incluso cuando se emplea agregado



grueso reciclado. Esto demuestra que es viable técnica y mecánicamente la producción de concretos sostenibles con materiales reciclados, sin comprometer su rendimiento estructural, fomentando buenas practicas



RECOMENDACIONES

Se recomienda promover la combinación con fibras de acero y el reciclaje, especialmente en obras donde se requiera una solución sostenible sin comprometer el desempeño estructural del concreto. La adición de fibras en proporciones entre el 2% y el 3% ha demostrado mejorar significativamente, por lo que su implementación en elementos estructurales secundarios o prefabricados podría ser especialmente beneficiosa, así como su comportamiento en condiciones reales de carga y clima. También se recomienda estandarizar protocolos de diseño de mezcla y ensayos específicos para estos materiales, ajustados a las condiciones locales.

1. Optimizar la dosificación de fibras para obtener mejor desempeño mecánico y trabajabilidad se recomienda emplear un contenido de fibra de acero SikaFiber no mayor al 2%, ya que en este nivel se logra un buen balance entre resistencia mecánica y trabajabilidad del concreto. Dosis superiores, como el 3%, si bien aportan mayor resistencia, dificultan significativamente el proceso de mezclado y colocación.
2. Implementar procesos de preacondicionamiento del agregado reciclado. Considerando que puede incrementar la absorción de agua y afectar la dosificación, se sugiere realizar una saturación previa de los agregados reciclados o emplear métodos de diseño de mezcla que consideren su humedad efectiva, para asegurar la calidad del concreto final.
3. Promover la adopción de concreto sustentable en proyectos de infraestructura. Dado que el concreto elaborado con agregado reciclado y fibras de acero mostró un desempeño mecánico favorable, se recomienda su implementación en obras públicas y privadas como alternativa sostenible, especialmente en estructuras no sometidas a altas cargas, reduciendo así el impacto ambiental del sector construcción.



REFERENCIAS

- ACI Committee 116R. (2010). *Cement and Concrete Terminology*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 212. (2010). *Chemical Admixtures for Concrete (ACI 212.3R-10)*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 213R. (2014). *Guide for structural lightweight-aggregate concrete*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 544. (2009). *Guide for Specifying, Proportioning, and Production of Fiber-Reinforced Concrete (ACI 544.3R-08)*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 544. (2016). *Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing, and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.3R-16)*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 555. (2001). *Removal and Reuse of Hardened Concrete (ACI 555R-01)*. American Concrete Institute.
- Ahmadi, M. (2017). *Mechanical properties of the concrete containing recycled aggregates*. *Materials Today: Proceedings*, 4(5), 9791–9795.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.06.235>
- Al-Luhaybi, A. S. (2019). *Mechanical properties of recycled aggregate concrete with addition of steel fiber*. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, 26(3), 35–42.
<https://doi.org/10.25130/tjes.26.3.06>
- Al-Luhaybi, A. S. (2019). *Mechanical properties of recycled aggregate concrete with addition of steel fiber* [PDF]. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*.
- American Concrete Institute (ACI Committee 116R). (2010). *Cement and concrete terminology*. ACI.
- Amin, M. N. (2022). *Steel fiber-reinforced concrete: A systematic review of properties, applications, and future directions*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(11), 04022131.
- ASTM C125-15. (2015). *Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*. ASTM International.



- ASTM C494/C494M-19. (2019). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. ASTM International.
- ASTM C494/C494M-19. (2019). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. ASTM International.
- ASTM International. (2018). *ASTM C642-13: Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete*. ASTM International.
- ASTM International. (2018). *ASTM C78/C78M-18: Standard test method for flexural strength of concrete*. ASTM International.
- ASTM International. (2019). *ASTM C494/C494M-19: Standard specification for chemical admixtures for concrete*. ASTM International.
- ASTM. (2020). *C131/C131M-20: Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*. ASTM International.
- Bentur, A., & Mindess, S. (2007). *Fibre Reinforced Cementitious Composites* (2nd ed.). CRC Press.
- Bravo, M., de Brito, J., Pontes, J., & Evangelista, L. (2016). Durability performance of structural concrete containing fine recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 71, 156–170.
- Collanqui, L. R. (2023). *Influencia de la adición de fibra de acero reciclado producto de residuos de neumáticos en las propiedades del concreto* (Tesis de licenciatura). Universidad Continental.
- Condori Flores, J. L. (2024). *Influencia de fibras de acero en las propiedades del concreto* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca, Perú.
- European Committee for Standardization (CEN). (2013). *EN 206: Concrete – Specification, performance, production and conformity*. CEN.
- Evangelista, L., & de Brito, J. (2010). Durability performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 32(1), 9–14.
- González-Fonteboa, B., & Martínez-Abella, F. (2008). Concretes with aggregates from demolition waste and silica fume. Materials and mechanical properties. *Building and Environment*, 43(4), 429–437.
- INACAL. (2016). *NTP 334.034: Concreto – Terminología*. Instituto Nacional de Calidad del Perú.



- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). *NTP 334.034: Concreto – Terminología*. Lima: INACAL.
- Juárez Viera, P. D. (2023). *Utilización de fibras de acero reciclado para mejorar el comportamiento estructural de pavimento rígido* [Artículo científico]. *Revista...*, 3(3).
- Khaloo, A. R., Afshari, M., & Rahmatabadi, P. (2016). Mechanical properties of concrete reinforced with different kinds of steel fibers. *Construction and Building Materials*, 112, 741–750.
- Kisku, N., Joshi, H., Ansari, M., Panda, S., Nayak, S., & Dutta, S. C. (2017). A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material. *Construction and Building Materials*, 131, 721–740.
- Kou, S. C., & Poon, C. S. (2012). Enhancing the durability properties of concrete prepared with coarse recycled aggregate. *Construction and Building Materials*, 35, 69–76.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Ministerio de Fomento de España. (2008). *Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)*.
- Mitrosz, O. (2023). *Influence of the addition of recycled aggregates and polymer fibers on the compressive and flexural strength* [Artículo]. *PMC*.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Concrete technology* (2nd ed.). Pearson Education Limited.
- Ocampo Rodríguez, D. S., Capa Sardon, B. J., & Eyzaguirre Acosta, C. A. (2023). *Adición de fibras de acero residual para incrementar las propiedades mecánicas del concreto elaborado con agregado grueso reciclado* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Pacheco-Torgal, F., Tam, V. W. Y., Labrincha, J. A., & Ding, Y. (Eds.). (2013). *Handbook of recycled concrete and demolition waste*. Woodhead Publishing.
- Padmini, A. K., Ramamurthy, K., & Mathews, M. S. (2009). Influence of parent concrete on the properties of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 23(2), 829–836.



- Pereiro-Barceló, J. (2024). *Mechanical properties of recycled aggregate concrete-containing steel fibers and recycled steel fibers*. *Construction and Building Materials*, 421, 134245. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134245>
- Pérez, S. P. M. (2021). La influencia de los RCD en reemplazo de los agregados. *GDEÓN Revista Científica*, 2(1), 56–63.
- Ren, X. (2024). *Mechanical performance and sustainability of steel fiber reinforced concrete*. *Materials*, 16(24), 10832.
- Sandoval Siesquén, F. E. (2022). *Efectos de la incorporación de fibras de acero en las propiedades mecánicas del concreto con aditivo plastificante* (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán.
- Shaikh, I. I., Memon, B. A., & Memon, M. A. (2023). Effect of steel fibers on workability and compressive strength of recycled aggregate concrete. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 13(1), 123–130.
- Steel fiber is a metal reinforcement. Steel fiber for reinforcing concrete is defined as short, discrete lengths of steel fibers with an aspect ratio. (s. f.). En *ScienceDirect Topics: Steel Fibre Concrete*
- Steel fibers intended for reinforcing concrete are defined as short, discrete lengths of steel having an aspect ratio in the range of 20-100... (s. f.). *ResearchGate*
- Tam, V. W., Soomro, M., & Evangelista, A. C. J. (2018). A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). *Construction and Building Materials*, 172, 272–292.
- Tam, V. W., Soomro, M., & Evangelista, A. C. J. (2018). A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). *Construction and Building Materials*, 172, 272–292.
- Yoo, D. Y., & Banthia, N. (2016). Mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete: A review. *Cement and Concrete Composites*, 73, 267–280.
- Yooprasertchai, E. (2023). Incorporation of steel fibers to enhance performance of recycled brick aggregate concrete. *Buildings*, 13(11), 2820. <https://doi.org/10.3390/buildings13112820>
- Zhang, L., & Li, X. (2024). Mechanical properties of fully recycled aggregate concrete reinforced with steel fiber and polypropylene fiber. *Materials*, 17(5), 1156. <https://doi.org/10.3390/ma17051156>



Zhang, L., & Li, X. (2024). Mechanical properties of fully recycled aggregate concrete reinforced with steel fiber and polypropylene fiber. *Materials*, 17(5), 1156.



ANEXOS



Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades mecánicas resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión del concreto elaborado con sustitución óptima de agregado grueso reciclado en la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades mecánicas del concreto elaborado con sustitución óptima de agregado grueso reciclado en Juliaca, evaluando su resistencia a compresión y flexión</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La incorporación de fibras de acero en porcentajes entre 1 % y 2 % mejorará significativamente las propiedades mecánicas del concreto elaborado con sustitución óptima de agregado grueso reciclado en Juliaca, en comparación con mezclas sin fibras.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Adición de fibras de acero</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Proporciones de adición de fibra de acero</p> <p>MP +1 % fibra de acero MP + 2% fibra de acero MP + 3% fibra de acero</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Propiedades mecánicas del concreto</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Resistencia a compresión</i> <i>Resistencia a flexión</i></p>	<p>Metodología de la investigación.</p> <p>Es científica</p> <p>Nivel: Es explicativo</p> <p>Enfoque: Es cuantitativo</p> <p>Tipo de estudio</p> <p>Es aplicado</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Es Cuasi experimental.</p> <p>Técnicas:</p> <p>Fue de observación</p> <p>Instrumentos</p> <p>Tarjetas de laboratorio</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de fibras de acero en la trabajabilidad del concreto elaborado con sustitución óptima de agregado grueso reciclado en Juliaca?</p> <p>¿Cuál es el efecto de las fibras de acero sobre la resistencia a compresión del concreto con agregado grueso reciclado?</p> <p>¿En qué medida la incorporación de fibras de acero mejora la resistencia a flexión del concreto reciclado, en comparación con el concreto sin fibras?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Analizar el efecto de la adición de diferentes porcentajes de fibras de acero (0 %, 1 %, 2 %, 3 %) en la trabajabilidad del concreto con agregado grueso reciclado en Juliaca</p> <p>Evaluar la influencia de las fibras de acero en la resistencia a compresión del concreto reciclado.</p> <p>Determinar el impacto de las fibras de acero sobre la resistencia a flexión del concreto reciclado, identificando la dosificación que genere el mejor desempeño mecánico.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La incorporación de fibras de acero en porcentajes entre 1 % y 2 % incrementará significativamente la trabajabilidad del concreto con agregado grueso reciclado en Juliaca.</p> <p>El uso de fibras de acero aumentará la resistencia a compresión del concreto reciclado respecto a las mezclas sin fibras.</p> <p>La adición de fibras de acero mejorará de forma notable la resistencia a flexión del concreto reciclado, con un punto óptimo de dosificación en el rango del 1 % al 2 %.</p>		

Anexo 2. Panel fotográfico



1. Cuarteamos y pesamos la muestra arena y grava



2. Nuestra muestra de arena y grava puestas al horno



3. Hacemos el ensayo de granulometría y luego pesamos



4. Separamos la muestra de cada tamiz retenido



5. Realizamos el peso del molde y ensayo de pesos unitarios



6. Realizamos el ensayo de pesos unitarios



7. Secamos la muestra para el ensayo absorción y agitamos el picnómetro



8. Pesamos el picnómetro y la muestra húmeda



Anexo 3. Ensayos de laboratorio



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



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

TESIS : INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACH. EDGAR CCAJAVILCA LOPE

MUESTRA : GRAVA - ARENA

FECHA : 03 DE MAYO DEL 2024

MUESTRA : ARENA	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	318.55
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	294.50
PESO DEL TARRO (gr.)	36.30
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	282.25
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	258.20
PESO DEL AGUA (gr.)	24.05
% HUMEDAD	9.31

MUESTRA : GRAVA	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	425.50
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	420.10
PESO DEL TARRO (gr.)	47.50
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	378.00
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	372.60
PESO DEL AGUA (gr.)	5.40
% HUMEDAD	1.45

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
03 DE MAYO DEL 2024
CIP 113347



UNIVERSIDAD NACIONAL "CECILIA ACOSTA Y VILLALBA"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

TESIS INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE Bach. EDGAR COAJAVILCA LOPE
CANTERA CANTERA UNOCOLLA - 80% AGREGADO GRUESO NATURAL - 20% AGREGADO RECICLADO
LUGAR CARRETERA JULIACA - LAMPA
FECHA 03 DE MAYO DEL 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

ARENA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Pícnometro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno = 483.82
N° 4	7.02	1.40	1.40	98.60	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 500.00
N° 8	69.05	13.81	15.21	84.79	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1313.58
N° 16	81.10	16.22	31.43	68.57	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1618.22
N° 30	109.67	21.93	53.37	46.63	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	120.76	24.15	77.52	22.48	Wc+B =	1814
N° 100	92.15	18.43	95.95	4.05	Wc+B-W =	195
N° 200	13.12	2.62	98.57	1.43	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.56 \text{ gr/cm}^3$
FONDO	7.13	1.43	100.00	0.00	ABSORCIÓN	
SUMA	500.00	100.00			B =	500.00
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 3.39 \%$
MI = MÓDULO DE FINEZA						2.75

GRAVA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Pícnometro	
CA 2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno = 782.18
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 800.00
1"	50	1.24	1.24	98.76	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1313.58
3/4"	244	6.09	7.33	92.67	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1795.18
1/2"	552	13.81	21.14	78.86	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	1040	25.99	47.13	52.88	Wc+B =	2114
1/4"	1615	40.38	67.50	12.50	Wc+B-W =	318
FONDO	0.00	0.00	87.50	12.50	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.51 \text{ gr/cm}^3$
SUMA	3500.00	87.50			ABSORCIÓN	
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					B =	800.00
					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 2.28 \%$

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



UANCV - FIC
CAP INGENIERÍA CIVIL
MSc. EDGAR COAJAVILCA LOPE
CIP 101367

B. N° 006-00304505



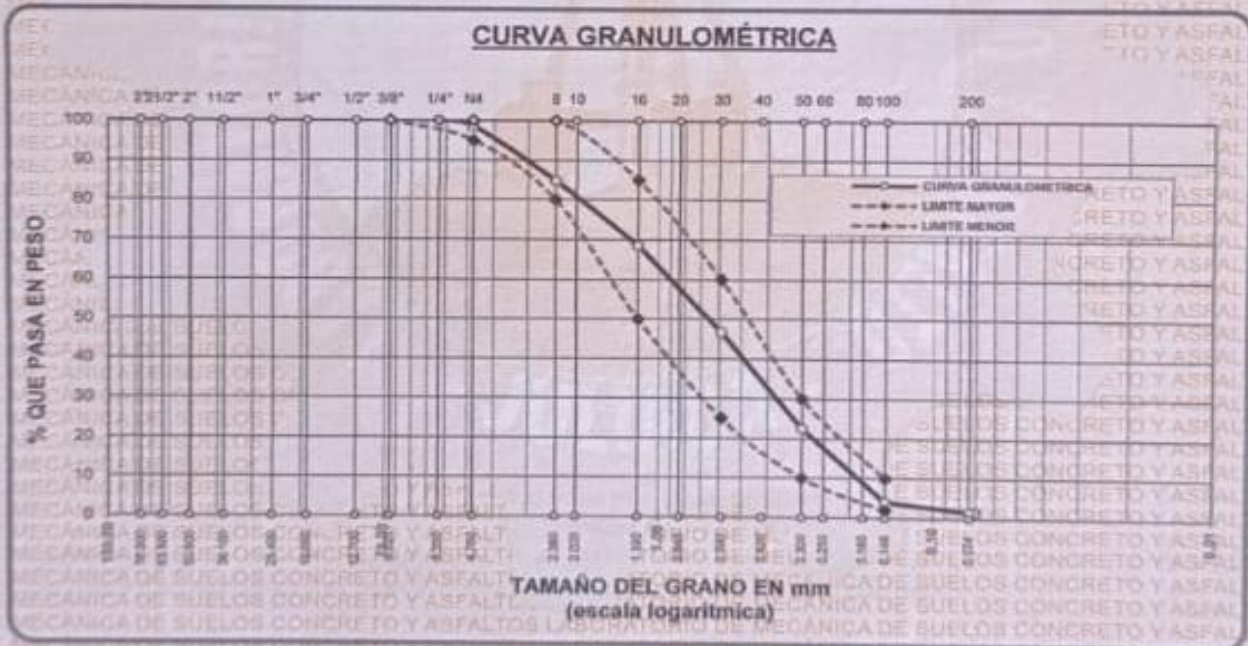
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

TESIS: INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO REICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JUJUYA
SOLICITANTE: BACH. EDGAR COAJAVILCA LOPE
MUESTRA: ARENA
FECHA: 03 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 300 gr Módulo de Finezza = 2.75 OBSERVACIONES:
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	7.02	1.40	1.40	98.60	80 - 100 %	
No6	2.380	69.05	13.81	15.21	84.79		
No10	2.000						
No16	1.190	81.10	16.22	31.43	68.57	50 - 65 %	
No20	0.840						
No30	0.590	109.67	21.93	53.37	46.63	25 - 60 %	
No40	0.420						
No50	0.300	120.76	24.15	77.52	22.48	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	92.15	18.43	95.95	4.05	2-10%	
No200	0.074	13.12	2.62	98.57	1.43		
BASE		7.13	1.43	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA							



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

[Signature]
MILITARY AND CIVILIAN SERVICES
CIP 111-17

B. N° 006-00304505



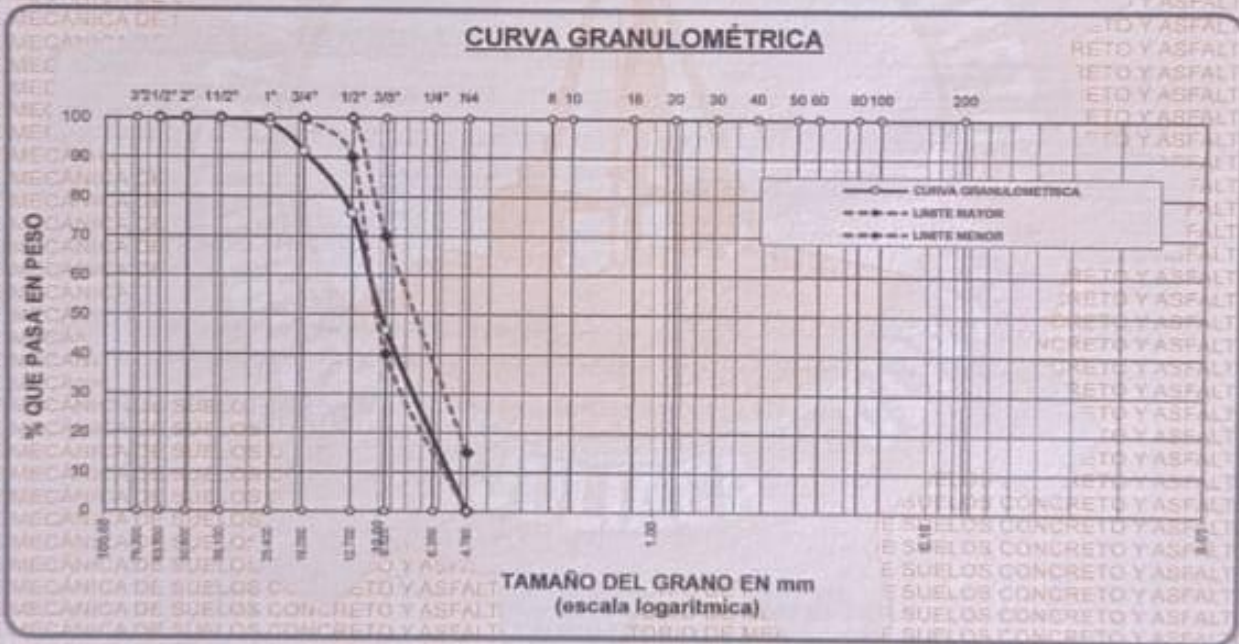
UNIVERSIDAD NACIONAL "NÉSTOR CÉCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM C 33

TESIS: INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO REICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE: Bach. EDGAR CCAJAVILCA LOPE
MUESTRA: GRAVA - 80% AGREGADO NATURAL - 20% AGREGADO REICLADO
FECHA: 03 DE MAYO 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 g Tamaño máx. nominal = 3/4" OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100 % 90 - 100 % 40 - 70 % 0 - 15 %	
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	49.55	1.42	1.42	98.58		
3/4"	19.050	243.65	6.96	8.38	91.62		
1/2"	12.700	552.25	15.78	24.16	75.84		
3/8"	9.525	1039.55	29.70	53.86	46.14		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1615.00	46.14	100.00	0.00		
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
CAP INGENIERÍA CIVIL
MTC 006-00304505
CIP 100027

B. N° 006-00304505



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



PESOS UNITARIOS

NTP 100.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS : INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. EDGAR CCAJAVILCA LOPE

MUESTRA : ARENA

FECHA : 03 DE MAYO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5972 gr	5972 gr	5972 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9152.00 gr	9169.00 gr	9167.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3180.00 gr	3197.00 gr	3195.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.515 gr/cm ³	1.523 gr/cm ³	1.522 gr/cm ³
PROMEDIO		1.520 gr/cm ³	

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5972 gr	5972 gr	5972 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9376.00 gr	9358.00 gr	9392.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3404.00 gr	3386.00 gr	3420.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.621 gr/cm ³	1.613 gr/cm ³	1.629 gr/cm ³
PROMEDIO		1.621 gr/cm ³	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
[Firma]
Mg. JORGE ALBERTO TORRES
CIP 100327

B. N° 006-00304505



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"
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

TESIS : INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO REICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. EDGAR CCAJAVILCA LOPE

MUESTRA : GRAVA - 80% AGREGADO NATURAL - 20% AGREGADO REICLADO

FECHA : 03 DE MAYO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7965 gr	7965 gr	7965 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12561.00 gr	12573.00 gr	12562.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4596.00 gr	4608.00 gr	4597.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.414 gr/cm ³	1.418 gr/cm ³	1.415 gr/cm ³
PROMEDIO	1.416 gr/cm ³		

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7965 gr	7965 gr	7965 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	13170.00 gr	13182.00 gr	13166.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5205.00 gr	5217.00 gr	5201.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.602 gr/cm ³	1.606 gr/cm ³	1.601 gr/cm ³
PROMEDIO	1.603 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
DR. ARMANDO HERREROS
CIP 103267

B. N° 006-00304505



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

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$

TESIS: INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO RECIKLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: Bach. EDGAR CCAJAVILCA LDPE

CANTERA: CANTERA UNOCOLLA - 80% AGREGADO GRUESO NATURAL - 20% AGREGADO RECIKLADO

UBICACIÓN: CARRETERA JULIACA - LAMPA

FECHA: 03 DE MAYO DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días
entonces la resistencia promedio $F'cr = 294 \text{ Kg./cm.}^2$

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

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 (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.51	2.56
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1603	1621
P.U. Suelto	1416	1520
% de Absorción	2.28	3.39
% de Humedad Natural	1.45	9.31
Modulo de Fineza	-	2.75

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/m^3
- 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 aguacemento (a/c) será de: 0.56
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:
 $(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.56) = 367 \text{ Kg/m}^3$



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

ING. ARISTÓTELES TORRES
CAP JULIACA

B. N° 006-00304505



7. De acuerdo al módulo de finesa del agregado fino = 2.75 el peso específico del agregado

grueso variado-compactado de 1603 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.555 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.5551) \cdot (1603) = 890 \text{ Kg/m}^3$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (367) / (2.88 \cdot 1000) = 0.128 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (890) / (2.51 \cdot 1000) = 0.354 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.707 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.707) = 0.293 \text{ m}^3$$

$$(0.293) \cdot (2.56) \cdot 1000 = 751 \text{ Kg/m}^3$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo } (890) \cdot (1.014493) &= 903 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo } (751) \cdot (1.0931) &= 821 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

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:

$$205 - 890 \cdot \left(\frac{1.45 - 2.28}{100} \right) - 751 \left(\frac{9.31 - 3.39}{100} \right) = 168$$

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 HUMEDO
Cemento	367	1.00	367	1.00
Agua	205	0.558	168	0.46
Agreg. Grueso	890	2.42	903	2.46
Agreg. Fino	751	2.04	821	2.23
Aire	2.0 %		2.0 %	

8.64 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	94.95 Kg.
Agregado grueso húmedo	104.41 Kg.
Agua efectiva	19.42 Kg.

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

MARCELO J. TORRES
CIP 161.67

B. N° 006-00304505



Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:

Redondeo:

2.21 p3 de Arena	2.2 p3 de Arena
2.61 p3 de Grava	2.6 p3 de Grava
19 Lt de Agua	19 Lt de Agua

RECOMENDACIONES

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

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

OBSERVACIONES

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



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Apt. 401 y 401A, Torres
C/P 103367



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"
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

TESIS : INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO REICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. EDGAR CCAJAVILCA LOPE

MUESTRA : PATRÓN

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 31 DE MAYO DEL 2024

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	26780	15.02	177.2	151.14	210	3/05/2024	10/05/2024	7	71.97%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm	25990	15.06	178.1	145.90	210	3/05/2024	10/05/2024	7	69.48%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.08 x 30.0 cm	27010	15.08	178.60	151.23	210	3/05/2024	10/05/2024	7	72.02%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					149.42					

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	32870	15.05	177.9	184.78	210	3/05/2024	17/05/2024	14	87.99%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	33050	15.02	177.2	186.52	210	3/05/2024	17/05/2024	14	88.82%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm	32170	15.07	178.4	180.36	210	3/05/2024	17/05/2024	14	85.88%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					183.89					

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	38870	15.03	177.4	219.08	210	3/05/2024	31/05/2024	28	104.33%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	37920	15.05	177.9	213.17	210	3/05/2024	31/05/2024	28	101.51%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	38550	15.05	177.9	216.71	210	3/05/2024	31/05/2024	28	103.19%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					216.32					

OBSERVACIONES:

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



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Ing. ANTONIO J. VILLALBA TORRES
CIP 115327

B. N° 006-00304505



UNIVERSIDAD NACIONAL "MESTR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍA 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

TESIS: INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: Bach. EDGAR COCAVILCA LOPE

MUESTRA: CON 1% DE FIBRA DE ACERO SIKAFIBER

LUGAR: CIUDAD DE JULIACA

FECHA: 31 DE MAYO DEL 2024

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 1% FA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	27990	15.04	177.7	157.55	210	3/05/2024	10/05/2024	7	75.02%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	28010	15.02	177.2	158.08	210	3/05/2024	10/05/2024	7	75.28%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	27530	15.04	177.66	154.96	210	3/05/2024	10/05/2024	7	71.79%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					156.86					

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 1% FA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	34120	15.03	177.4	192.31	210	3/05/2024	17/05/2024	14	91.58%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	33100	15.04	177.7	186.31	210	3/05/2024	17/05/2024	14	88.72%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	33630	15.05	177.9	189.05	210	3/05/2024	17/05/2024	14	90.02%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					189.22					

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 1% FA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	40770	15.05	177.9	229.19	210	3/05/2024	31/05/2024	28	109.14%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	41230	15.03	177.4	232.39	210	3/05/2024	31/05/2024	28	110.88%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	40440	15.01	177	228.54	210	3/05/2024	31/05/2024	28	108.83%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					230.04					

OBSERVACIONES:

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



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 M^o EDGAR COCAVILCA LOPE
 CIP 103387

B. N° 006-00304505



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELASCO"

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

TESIS : INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. EDGAR CCAJAVILCA LOPE

MUESTRA : CON 2% DE FIBRA DE ACERO, SIKAFIBER

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 31 DE MAYO DEL 2024

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 2% FA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	28550	15.03	177.4	160.92	210	3/05/2024	10/05/2024	7	78.63%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	27990	15.05	177.9	157.34	210	3/05/2024	10/05/2024	7	74.93%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	29030	15.02	177.19	163.84	210	3/05/2024	10/05/2024	7	78.02%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					160.70					

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 2% FA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	33890	15.05	177.9	190.51	210	3/05/2024	17/05/2024	14	90.72%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm	35170	15.06	178.1	197.44	210	3/05/2024	17/05/2024	14	94.02%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	34900	15.02	177.2	196.96	210	3/05/2024	17/05/2024	14	93.79%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					194.97					

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 2% FA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	42360	15.01	177	239.39	210	3/05/2024	31/05/2024	28	114.00%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	43180	15.04	177.7	243.05	210	3/05/2024	31/05/2024	28	118.74%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm	42500	15.06	178.1	238.59	210	3/05/2024	31/05/2024	28	113.81%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					240.34					

OBSERVACIONES:

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

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

MARÍA GUAYLÁN TORRES
CIP 133.27

B. N° 006-00304505



UNIVERSIDAD NACIONAL "NÉSTOR CÉCERES VILLALBA"
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

TESIS: INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO REICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE: Bch. EDGAR CCAJAVILCA LOPE
MUESTRA: CON 3% DE FIBRA DE ACERO SIKAFIBER
LUGAR: CIUDAD DE JULIACA
FECHA: 31 DE MAYO DEL 2024

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 3% FA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	29110	15.02	177.2	164.29	210	3/05/2024	10/05/2024	7	78.23%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	28050	15.03	177.4	158.10	210	3/05/2024	10/05/2024	7	75.29%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	28470	15.05	177.89	160.04	210	3/05/2024	10/05/2024	7	76.21%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					160.81					

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 3% FA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	34760	15.01	177	196.44	210	3/05/2024	17/05/2024	14	82.54%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	35800	15.03	177.4	201.78	210	3/05/2024	17/05/2024	14	96.09%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	35720	15.05	177.9	200.80	210	3/05/2024	17/05/2024	14	95.82%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					199.67					

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% FA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	44060	15.05	177.9	247.68	210	3/05/2024	31/05/2024	28	117.94%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	44520	15.02	177.2	251.26	210	3/05/2024	31/05/2024	28	118.88%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	43840	15.04	177.7	246.76	210	3/05/2024	31/05/2024	28	117.81%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					248.57					

OBSERVACIONES:

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

UANCV - EICP
CAP INGENIERIA CIVIL
M. P. EDUARDO RAMÍREZ
CAP 10237

B. N° 006-00304505



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA ASTM-C-78

TESIS : INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO REOCLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. EDGAR CCAJAVILCA LOPE

MUESTRA : CON 0%, 1%, 2%, 3% DE FIBRA DE ACERO SIKAFIBER

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 31 DE MAYO DEL 2024

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRON

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LUZ LIBRE			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	VIGA PATRÓN	3/05/2024	31/05/2024	28	51.02	15.00	15.00	3078.00	46.53
2	VIGA PATRÓN	3/05/2024	31/05/2024	28	50.10	14.99	15.00	3087.00	45.86
3	VIGA PATRÓN	3/05/2024	31/05/2024	28	50.05	15.01	15.00	3095.00	45.87

EDAD : 28 DIAS - CON 1% DE FIBRA DE ACERO SIKAFIBER

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LUZ LIBRE			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	VIGA CON 1% FA	3/05/2024	31/05/2024	28	50.16	14.98	14.96	3210.00	48.03
2	VIGA CON 1% FA	3/05/2024	31/05/2024	28	51.02	14.93	14.97	3310.00	50.47
3	VIGA CON 1% FA	3/05/2024	31/05/2024	28	50.18	14.96	15.02	3250.00	48.32

EDAD : 28 DIAS - CON 2% DE FIBRA DE ACERO SIKAFIBER

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LUZ LIBRE			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	VIGA CON 2% FA	3/05/2024	31/05/2024	28	50.10	15.01	15.00	3410.00	50.59
2	VIGA CON 2% FA	3/05/2024	31/05/2024	28	50.06	14.93	15.02	3510.00	52.17
3	VIGA CON 2% FA	3/05/2024	31/05/2024	28	50.18	15.00	15.00	3450.00	51.30

EDAD : 28 DIAS - CON 3% DE FIBRA DE ACERO SIKAFIBER

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LUZ LIBRE			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	VIGA CON 3% FA	3/05/2024	31/05/2024	28	50.15	15.01	15.00	3610.00	53.61
2	VIGA CON 3% FA	3/05/2024	31/05/2024	28	50.25	14.93	15.02	3560.00	53.56
3	VIGA CON 3% FA	3/05/2024	31/05/2024	28	50.32	15.00	15.00	3700.00	55.17

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

WILSON ANDRÉS TORRES
CIP 103267

B. N° 006-00304505



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 30-09-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: EDGAR CCAJAVILCA LOPE

Dirección: Jr. SINCHI ROCA N° 384

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73773047

Teléfono: 973997537 email: edulope967@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: INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA

DEL CONCRETO ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO

RECICLADO GRUESO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): FIBRA DE ACERO, AGREGADO RECICLADO, RESISTENCIA A

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN

¿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 Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



Firma de Autor



huella digital

30 de septiembre del 2024

Fecha