



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



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO
RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA
CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DEWIS MAMANI CAHUINA

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
INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO
RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA
CIUDAD DE JULIACA

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DEWIS MAMANI CAHUINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO


PRIMER MIEMBRO


Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO


Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

RESOLUCIÓN DECANAL N° 002-2025-D-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de enero de 2025

VISTOS:

El **OFICIO N° 124-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N° 555-2024 de fecha 18 de diciembre de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA;** y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Civil** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **DEWIS MAMANI CAHUINA;** ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA,** para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil,** y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **2do Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **Asesor** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **DEWIS MAMANI CAHUINA;** rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA,** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 10 de enero de 2025
- * **HORA** : 09:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil,** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

[Signature]
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

[Signature]
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95831

C.c.
Arch.
Intere
Escue



RESOLUCIÓN DECANAL N° 555-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de diciembre de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 189-2024-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias, **INFORME N° 105-2024-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 490-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **23 de junio de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **28 de noviembre de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **DEWIS MAMANI CAHUINA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **2do Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 1156-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **DEWIS MAMANI CAHUINA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

C.c.
archivo 2024
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 490-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de junio 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 249-2023-D-UI-FICP.UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 074-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 017-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPIC** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **06 de junio de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **DEWIS MAMANI CAHUINA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **DEWIS MAMANI CAHUINA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA**.

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

cc.
archivo 2023
interesado (a)



25% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

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

Exclusiones

- ▶ N.º de fuentes excluidas

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 24% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

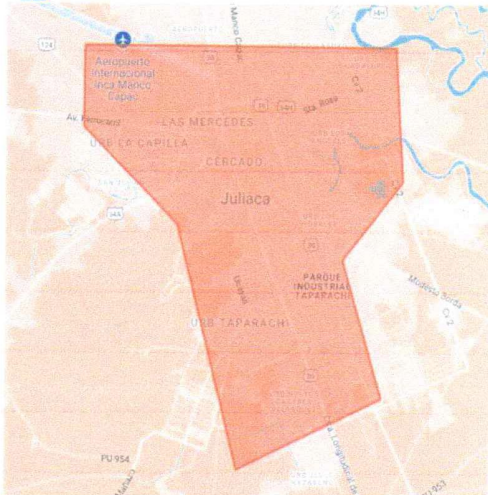


Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECYCLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	DEWIS MAMANI CAHUINA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46903493
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-6702-9990
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA-PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01847262
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
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	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P - 17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: -15.533828° - Longitud: -70.117707° - https://www.google.com/maps/d/edit?mid=16Mfx0w1zg_3bhxtUdDnJI5X6TDRUjpc&usp=sharing 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2023 - julio 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p> <p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p>



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo DEWIS PATANI CAHUINA identificado con DNI Nro. 46903493 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA CIVIL

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

“ INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LA LIAADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA ”

Asesorado por: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Es un tema original.

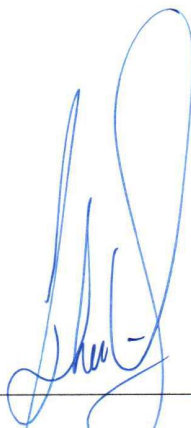
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales,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

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

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

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

Juliaca 04 de NOVIEMBRE del 2025



FIRMA DEL ASESOR (obligatoria)



FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía espiritual, por brindarme la fortaleza necesaria para superar cada desafío y por iluminar mi camino hasta alcanzar esta meta tan anhelada.

A mis amados padres,

Felipe Hermógenes Mamani Torres, por su apoyo incondicional, sus sabios consejos y por enseñarme que con esfuerzo, perseverancia y humildad todo sueño puede hacerse realidad.

Silvia Cahuina Maman, por su amor infinito, su entrega y sacrificio constantes, que me inspiraron a no rendirme y a luchar cada día por ser una mejor persona.



AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, mi alma máter, por brindarme la valiosa oportunidad de formarme profesionalmente en sus aulas. Cada aprendizaje y experiencia vivida en esta institución ha sido fundamental para mi crecimiento académico y personal.

A mis estimados docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes con dedicación y vocación compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo a fortalecer en mí los cimientos de una sólida formación profesional.

A mis compañeros y amigos, con quienes compartí incontables horas de estudio, trabajo y esfuerzo. Su apoyo, camaradería y espíritu de colaboración hicieron más gratificante este desafiante pero apasionante camino de la Ingeniería Civil, una carrera que exige constancia, compromiso y amor por la excelencia.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Exposición de la situación de la problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Justificación de la investigación	3
1.3.1. Justificación Técnica	4
1.3.2. Justificación económica	5
1.3.3. Justificación ambiental	6
1.4. Objetivos de la investigación	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Hipótesis	8
1.5.1. Hipótesis general	8
1.5.2. Hipótesis específicas	8
1.6. Variables e indicadores	9
1.7. Operacionalización de las variables	9



CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de la investigación	11
2.1.1.	Antecedentes Internacionales	11
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	13
2.1.3.	Antecedentes Locales y Regionales	15
2.2.	Marco teórico	16
2.2.1.	El concreto y sus materiales	16
2.2.2.	El concreto	18
2.2.3.	Concretos componentes	19
2.2.4.	El concreto en estado endurecido	20
2.2.5.	Calidad del concreto	21
2.2.6.	El concreto y sus propiedades	22
2.2.7.	Duración efectiva del concreto	24
2.2.8.	El Cemento portland	25
2.2.9.	Propiedades del cemento	28
2.2.10.	La relación agua cemento para el concreto	30
2.2.11.	Control de calidad del cemento	31
2.2.12.	Curado del concreto	32
2.2.13.	Agregados para diseño de mezclas	34
2.2.14.	Manejabilidad del concreto	36
2.2.15.	Materiales reciclados para el concreto	41
2.2.16.	Reciclaje de limadura de hierro reciclado para concreto	43
2.2.17.	Propiedades de los materiales metálicos reciclados para el concreto	45
2.2.18.	Ventajas de adición de materiales metálicos reciclados para el concreto	47
2.3.	Marco conceptual	50



CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación	52
3.1.1. Enfoque cuantitativo	53
3.1.2. Nivel	55
3.1.3. Tipo	56
3.2. Población y muestra	56
3.2.1. Población	56
3.2.2. Muestra	56
3.3. Técnicas e instrumentos de la investigación	56
3.4. Diseño de mezclas del concreto	57
3.5. incidencia de limadura de hierro en la resistencia del concreto	57
3.5.1. Procedimiento para el diseño de mezclas	58
3.5.2. Control de calidad del concreto en estado fresco	61
3.5.3. Control de calidad del concreto en estado endurecido	63
3.5.4. Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregado cantera isla	64
3.5.5. Producción de probetas de concreto	66
3.5.6. Compactación del concreto	70
3.5.7. Resistencia de probetas de concreto	72

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Dosificación del diseño de mezclas	75
4.2. resultados de Resistencia a la compresión concreto PATRÓN	76
4.2.1. Resistencia a la compresión a los 7 días	76
4.2.2. Resistencia a la compresión a los 14 días	77
4.2.3. Resistencia a la compresión a los 28 días concreto patrón	79
4.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO CON 2 % DE limadura de hierro reciclado	80
4.3.1. Resistencia a la Compresión del Concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 7 días	80



4.3.1. Resistencia a la Compresión del Concreto + 2.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO reciclada 14 días	82
4.3.2. Resistencia a la Compresión del Concreto + 2 % LIMADURA DE HIERRO RECICLADO A LOS 28 días	84
4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO CON 4 % DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO	86
4.4.1. Resistencia a la Compresión del Concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 7 días	86
4.4.2. Resistencia a la Compresión del Concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 14 días	87
4.4.3. Resistencia a la Compresión del Concreto + 4.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 28 días	89
4.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO CON 6. % CON LIMADURA DE HIERRO RECICLADO	91
4.5.1. Resistencia a la Compresión del Concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 7 días	91
4.5.2. Resistencia a la Compresión del Concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 14 días	93
4.5.3. Resistencia a la Compresión del Concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 28 días	95
4.6. ANÁLISIS RESISTENCIA DEL CONCRETO CON 2%, 4% Y 6% DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO A LOS 7 DIAS	96
4.7. ANÁLISIS RESISTENCIA DEL CONCRETO CON 2%, 4% Y 6% DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO A LOS 14 DIAS	97
4.8. ANÁLISIS RESISTENCIA DEL CONCRETO CON 2%, 4% Y 6% DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO A LOS 28 DÍAS	98
4.9. ANÁLISIS DE RESULTADO DE LA MADUREZ TOTAL DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO	98
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Operacionalización de las variables</i>	9
Tabla 2	<i>Peso unitario compactado agregado fino</i>	38
Tabla 3	<i>Resultados de resistencias a los 7 días muestra patrón</i>	76
Tabla 4	<i>Resultados de resistencias a los 14 días muestra patrón</i>	77
Tabla 5	<i>Resultados de resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días</i>	80
Tabla 6	<i>Resultados de resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días</i>	82
Tabla 7	<i>Resultados de resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días</i>	84
Tabla 8	<i>Resultados de resistencia del concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días</i>	86
Tabla 9	<i>Resultados de resistencia del concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días</i>	87
Tabla 10	<i>Resultados de resistencia del concreto + 4.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días</i>	89
Tabla 11	<i>Resultados de resistencia del concreto + 6.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días</i>	91
Tabla 12	<i>Resultados de resistencia del concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días</i>	93
Tabla 13	<i>Resultados de resistencia del concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días</i>	95



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Materiales del concreto simple* 17

Figura 2 *conglomerado del concreto simple* 19

Figura 3 *cilindro de prueba a la compresión del concreto* 21

Figura 4 *Concreto limadura de hierro* 58

Figura 5 *Proceso productivo del concreto fresco y endurecido* 64

Figura 5 *Resultados de resistencias de muestra patrón a 7 días* 76

Figura 6 *Resultados de resistencias de muestra patrón a 14 días* 78

Figura 7 *Resultados de resistencias de muestra patrón a 7 días* 80

Figura 8 *resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días* .81

Figura 9 *resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días*
..... 83

Figura 10 *resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días*
..... 85

Figura 11 *Resistencia del concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días*
..... 87

Figura 12 *Resistencia del concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días*
..... 88

Figura 13 *resistencia del concreto + 4.5% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días* 90

Figura 14 *resistencia del concreto + 6.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días*
..... 92

Figura 15 *resistencia del concreto + 6.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días*
..... 94

Figura 16 *resistencia del concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días*
..... 96



RESUMEN

El objetivo principal del estudio fue investigar el impacto que tiene la incorporación de limaduras de hierro recicladas en la resistencia mecánica del concreto. El concreto fue diseñado para alcanzar un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, y las rocas (agregados) utilizadas en el estudio provinieron de la cantera Isla en Juliaca. Para lograr este objetivo, se investigaron proporciones de limaduras recicladas del 2 %, 4 % y 6 %, considerando el impacto de dichas proporciones tanto en la trabajabilidad del concreto como en su resistencia a la compresión. Como parte del enfoque utilizado, el diseño de la mezcla se realizó de acuerdo con las normas del American Concrete Institute (ACI), se prepararon probetas de ensayo y se evaluaron las características mecánicas a los 7, 14 y 28 días.

Los resultados mostraron que la incorporación de limadura de hierro reciclado afecta la trabajabilidad, reduciéndola conforme aumenta el porcentaje de incorporación. En cuanto a la resistencia a la compresión, el concreto con 2% de limadura reciclada alcanzó la mayor resistencia promedio a los 28 días, superando el valor de diseño de 210 kg/cm^2 , con un desempeño óptimo en términos de calidad y trabajabilidad. Sin embargo, los diseños con 4% y 6% mostraron una disminución progresiva en la resistencia a la compresión, lo que indica que mayores proporciones de limadura pueden afectar negativamente la cohesión y homogeneidad del concreto.

En conclusión, el 2% de limadura de hierro reciclado es la proporción más eficiente para optimizar las propiedades mecánicas del concreto sin comprometer su trabajabilidad, siendo una alternativa viable y sostenible. La investigación confirma el potencial de reutilizar limadura de hierro como aditivo en mezclas de concreto, no solo mejorando sus propiedades mecánicas sino también contribuyendo a la gestión de residuos industriales y a la construcción sostenible en la ciudad de Juliaca.

Palabras Claves: diseño de mezclas, limadura de hierro reciclado, resistencia a la compresión



ABSTRACT

The main objective of the research was to evaluate the influence of adding recycled iron filings on the mechanical strength of concrete, designed to meet an $f'c = 210$ kg/cm², using aggregates from the Isla quarry in Juliaca. To this end, proportions of recycled filings at 2%, 4%, and 6% were analyzed, considering their impact on both the workability and compressive strength of the concrete. The methodology included mix design following ACI standards, the preparation of test briquettes, and the evaluation of mechanical properties at 7, 14, and 28 days.

The results showed that the incorporation of recycled iron filings affects workability, reducing it as the proportion increases. Regarding compressive strength, the concrete with 2% recycled filings achieved the highest average strength at 28 days, exceeding the design value of 210 kg/cm², with optimal performance in terms of quality and workability. However, the designs with 4% and 6% showed a progressive decrease in compressive strength, indicating that higher proportions of filings may negatively impact the cohesion and homogeneity of the concrete.

In conclusion, 2% of recycled iron filings is the most efficient proportion to optimize the mechanical properties of concrete without compromising workability, making it a viable and sustainable alternative. The research confirms the potential of reusing iron filings as an additive in concrete mixes, not only improving its mechanical properties but also contributing to industrial waste management and sustainable construction in the city of Juliaca.

Keywords: concrete mix design – recycled iron filings – compressive strength of concrete



INTRODUCCIÓN

La acumulación y gestión inadecuada de residuos industriales es un problema creciente en muchas ciudades del país, incluida Juliaca, donde los subproductos generados por la industria manufacturera, como las limaduras de hierro, suelen ser desechados sin aprovecharse adecuadamente. Esta situación no solo generaba impactos ambientales negativos, sino que también representaba una oportunidad desaprovechada para el reciclaje y la reutilización de materiales en distintos sectores productivos. Las limaduras de hierro, en particular, eran subproductos metálicos finos que se originaban durante los procesos de corte, esmerilado o perforación de piezas de hierro y acero en diversas industrias. Con frecuencia, estas limaduras eran consideradas simplemente residuos, aunque en realidad poseían propiedades potencialmente útiles para aplicaciones alternativas, entre ellas, la fabricación de concreto.

El estudio se enfocó en analizar el potencial de las limaduras de hierro recicladas como aditivo en la fabricación de concreto, con el propósito de mejorar sus propiedades mecánicas, especialmente su resistencia a la compresión. Se reconoció que el concreto constituía un material fundamental en la construcción moderna por su versatilidad, durabilidad y bajo costo. En ese contexto, la incorporación de subproductos reciclados, como las limaduras de hierro, en la mezcla del concreto pudo haber contribuido no solo al fortalecimiento de sus propiedades estructurales, sino también a la disminución en la demanda de recursos naturales vírgenes, promoviendo así una alternativa más sostenible en el sector de la construcción.

La investigación se orientó a analizar la incorporación de distintos porcentajes de limaduras de hierro en el concreto y a evaluar cómo esta variación influía en su resistencia a la compresión. Diversos estudios previos habían demostrado que la inclusión de partículas metálicas en matrices de concreto podía incidir positivamente en sus propiedades mecánicas, al actuar como un refuerzo interno dentro de la mezcla y mejorar su capacidad para resistir cargas. Este enfoque representó una alternativa



económica y sostenible para la industria de la construcción en la ciudad de Juliaca, además de abrir nuevas oportunidades para la gestión y valorización de residuos industriales generados en la región.

La investigación promovió el reciclaje y la reutilización de materiales industriales descartados, con el propósito de mejorar las propiedades mecánicas del concreto y, al mismo tiempo, impulsar una cultura de responsabilidad ambiental en la industria local. De esta forma, el estudio evidenció que la incorporación de limaduras de hierro en la mezcla de concreto podía representar una alternativa técnica y sostenible, capaz de responder a dos desafíos importantes: la gestión adecuada de los residuos industriales y la búsqueda de materiales de construcción más eficientes y ecológicos.

Capítulo I. Planteamiento del problema

Delimita y describe la problemática, formula el problema de investigación, justifica el estudio y presenta objetivos e hipótesis.

Capítulo II. Marco teórico

Reúne los antecedentes y el sustento conceptual que fundamentan la investigación.

Capítulo III. Metodología

Expone el enfoque, tipo y diseño del estudio, así como los procedimientos, materiales y ensayos aplicados.

Capítulo IV. Resultados y análisis

Presenta y analiza los resultados obtenidos al incorporar distintas dosificaciones de limadura de hierro reciclada en el concreto, enfocándose en su efecto sobre la resistencia a compresión evaluada a 7, 14 y 28 días, para identificar tendencias y variaciones en el desempeño del material.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. EXPOSICIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La ciudad de Juliaca, al igual que muchas otras áreas de Perú, se enfrenta a un problema persistente relacionado con la gestión deficiente de los residuos industriales. En particular, las industrias automotriz y metalúrgica producen grandes cantidades de limaduras de hierro como subproducto, el cual a menudo no es utilizado de manera adecuada. Esta falta de aprovechamiento contribuye a la acumulación de desechos sólidos que generan un impacto negativo en el medio ambiente. Cuando estos residuos no se gestionan de forma correcta, pueden provocar la contaminación del suelo y del agua, afectando directamente la calidad de vida de la población local.

Por otra parte, la industria de la construcción en Juliaca, similar a lo que ocurre en el resto del país, enfrenta retos continuos para encontrar materiales que mejoren las propiedades mecánicas del concreto, uno de los materiales más empleados en la edificación. El concreto convencional presentaba limitaciones en cuanto a resistencia, durabilidad y sostenibilidad, lo que impulsaba la búsqueda de aditivos y alternativas orientadas a optimizar sus propiedades físicas y estructurales. En este contexto, el empleo de materiales reciclados, como las limaduras de hierro, surgía como una alternativa innovadora y ecológica, capaz de contribuir tanto a la gestión adecuada de los residuos industriales como a la mejora del desempeño del concreto utilizado en la construcción.



El problema radicaba en la limitada cantidad de estudios que evaluaban la viabilidad técnica y los efectos de la incorporación de limaduras de hierro recicladas en la resistencia mecánica del concreto. Si bien investigaciones desarrolladas en otras regiones habían demostrado el potencial de ciertos subproductos industriales para mejorar las propiedades del concreto, en la ciudad de Juliaca no se disponía de evidencia empírica suficiente que respaldara la eficacia de esta alternativa. Por tal motivo, resultó necesario realizar un estudio experimental que analizara cómo diferentes porcentajes de limaduras de hierro recicladas influían en la resistencia a la compresión del concreto, con el fin de proponer soluciones viables tanto para la gestión adecuada de residuos industriales como para la optimización del desempeño de los materiales de construcción empleados en la región.

El estudio tuvo como propósito reducir la brecha de conocimiento existente mediante un análisis exhaustivo del efecto que la incorporación de limaduras de hierro recicladas ejercía sobre la resistencia mecánica del concreto. A partir de este enfoque, se buscó no solo optimizar la calidad del concreto producido en la ciudad de Juliaca, sino también minimizar el impacto ambiental generado por los residuos industriales, proponiendo una alternativa técnica sostenible que contribuyera tanto al mejor aprovechamiento de subproductos metálicos como a la innovación en los materiales de construcción utilizados en la región.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cómo influye la adición de limadura de hierro reciclado en la resistencia mecánica del concreto producido en la ciudad de Juliaca?



1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es la dosificación de los componentes para el diseño de mezclas de un concreto con una resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$?
2. ¿Cuál es la variación de la trabajabilidad del concreto con la incorporación de limadura de hierro reciclado en porcentajes de 2%, 4% y 6%, de un diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$?
3. ¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión del concreto con la incorporación de limadura de hierro reciclado en porcentajes de 2%, 4% y 6%, de un diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se basa en la necesidad de abordar dos problemas interconectados que afectan a la ciudad de Juliaca: la gestión deficiente de residuos industriales y la urgencia de mejorar las propiedades mecánicas del concreto utilizado en la construcción. Las limaduras de hierro, subproducto generado por las industrias automotriz y metalúrgica, representan un desafío ambiental debido a su acumulación y al potencial riesgo de contaminación del suelo y de las fuentes de agua. No obstante, estos residuos también ofrecen una oportunidad significativa para ser reutilizados como material reciclado con aplicaciones potenciales en el ámbito de la construcción, La industria de la construcción se encontraba en una búsqueda constante de materiales que ofrecieran mayor resistencia y sostenibilidad. Dado que el concreto constituía uno de los materiales más empleados en la edificación de infraestructuras, requería mejoras continuas en su resistencia y durabilidad para garantizar la seguridad estructural y prolongar la vida útil de las construcciones, la incorporación de limaduras de hierro recicladas en las mezclas de concreto representaba una estrategia innovadora y económicamente viable, que no solo permitía optimizar sus propiedades mecánicas, sino también favorecer una gestión más responsable y sostenible de los residuos industriales.



Desde una perspectiva ambiental, el estudio aportó a la disminución del impacto negativo generado por los residuos industriales en la ciudad de Juliaca, al promover el reciclaje y la reutilización eficiente de subproductos metálicos. Asimismo, desde un enfoque económico, la utilización de materiales reciclados permitió reducir los costos de producción del concreto, generando beneficios directos para las empresas constructoras locales y contribuyendo a una industria más sostenible y competitiva, desde una perspectiva técnica, esta investigación proporcionará información valiosa sobre las propiedades mecánicas del concreto mejorado con aditivos reciclados, generando conocimiento aplicable para futuros proyectos de construcción en la región.

Por tanto, esta investigación es relevante tanto para la academia como para la industria, ya que busca generar un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, económica y técnica en Juliaca. Además, aporta una solución práctica a la problemática de gestión de residuos industriales, mientras que al mismo tiempo se alinea con las tendencias globales hacia la construcción sostenible y la economía circular.

1.3.1. Justificación Técnica

La investigación sobre los efectos de la incorporación de limaduras de hierro recicladas en la resistencia mecánica del concreto se justificó desde una perspectiva técnica, debido a la necesidad de evaluar alternativas que mejoraran las propiedades estructurales del concreto empleado en las obras de construcción. Este material constituía un elemento esencial para el desarrollo de infraestructuras, gracias a su versatilidad, durabilidad y capacidad para soportar cargas. No obstante, su desempeño mecánico, particularmente en lo que respectaba a la resistencia a la compresión, podía incrementarse mediante la inclusión de componentes adicionales que reforzaran su matriz estructural y optimizaran su comportamiento frente a los esfuerzos aplicados.

La utilización de limaduras de hierro recicladas, subproducto procedente de las industrias automotriz y metalúrgica, representó una oportunidad técnica significativa, ya



que al emplearse como aditivo en la elaboración del concreto y por su composición y propiedades físicas, estas limaduras actuaban como fibras de refuerzo que mejoraban la cohesión interna del material, reducían la aparición de grietas y aumentaban su capacidad portante, permitiendo además que la variación en los porcentajes de adición facilitara una evaluación detallada del comportamiento del concreto reforzado bajo diferentes condiciones de curado y tiempos de fraguado, lo que proporcionó información precisa para la optimización del diseño de mezclas y la mejora de su desempeño estructural.

Asimismo, desde un enfoque de ingeniería, el estudio contribuirá al desarrollo de métodos innovadores para la fabricación de concreto con propiedades mecánicas mejoradas mediante el uso de materiales reciclados. Esta investigación no solo permitirá un aprovechamiento más eficiente de los recursos disponibles, sino que también generará conocimientos que pueden aplicarse en la formulación de nuevas normas y estándares para la construcción sostenible, aportando al avance tecnológico en el campo de la ingeniería civil.

1.3.2. Justificación económica

La investigación sobre los efectos del uso de limaduras de hierro reciclado en la resistencia mecánica del concreto utilizado en Juliaca se justifica por consideraciones tanto técnicas como económicas; este método busca mejorar las características estructurales del concreto, incluida su resistencia a la compresión, al mismo tiempo que ofrece una solución rentable para el sector de la construcción. En un contexto donde mejorar las características del concreto sin incrementar sustancialmente los costos de producción es un desafío constante, el uso de limaduras de hierro recicladas, un subproducto económico de las industrias automotriz y metalúrgica, se presenta como una opción viable. La incorporación de este material reciclado como aditivo contribuyó a una gestión más eficiente de los residuos industriales, reduciendo los costos asociados a su



disposición final, al mismo tiempo que disminuyó la dependencia de materiales convencionales más costosos utilizados para mejorar el concreto, permitiendo que las empresas constructoras optimizaran sus costos de producción, en especial en proyectos de gran escala, al aprovechar un recurso que de otro modo habría sido considerado un desecho, promoviendo con ello prácticas constructivas más sostenibles, responsables y eficientes dentro del sector de la ingeniería civil.

La inclusión de limaduras de hierro recicladas en el concreto no solo mejoró su resistencia a la compresión, sino que también prolongó la vida útil de las estructuras, lo que implicó una reducción en los costos de mantenimiento y reparación a largo plazo, ya que un concreto más resistente disminuyó la necesidad de realizar gastos adicionales en refuerzos, rehabilitaciones o reconstrucciones, generando ahorros significativos para los desarrolladores, constructores y propietarios de infraestructuras, además, esta investigación impulsó la posibilidad de crear un mercado local destinado a la compra y venta de limaduras de hierro recicladas, generando con ello una cadena de valor adicional en la economía de Juliaca, de igual manera, la integración de prácticas de reciclaje en la cadena de suministro de materiales de construcción fomentó una economía circular orientada a maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles y a contribuir al desarrollo económico sostenible de la región, por estas razones, el estudio presentó una justificación económica sólida para evaluar la viabilidad técnica y financiera de incorporar limaduras de hierro recicladas en la producción de concreto en Juliaca.

1.3.3. Justificación ambiental

La investigación sobre la influencia de la adición de limaduras de hierro recicladas en la resistencia mecánica del concreto producido en la ciudad de Juliaca se justificó ambientalmente por su potencial para mitigar el impacto negativo de los residuos industriales y fomentar prácticas sostenibles en el sector de la construcción, ya que la gestión inadecuada de residuos metálicos, especialmente de las limaduras de hierro



generadas por las industrias automotriz y metalúrgica, representaba un problema ambiental relevante en diversas regiones, incluida Juliaca, puesto que, al no ser manejados de manera adecuada, estos desechos podían contribuir a la contaminación del suelo, del agua y del aire, afectando tanto la salud de la población como el equilibrio de los ecosistemas locales, en este sentido, el uso de limaduras de hierro recicladas como aditivo en la producción de concreto ofreció una alternativa innovadora para disminuir la acumulación de residuos industriales, permitiendo que al reutilizar este subproducto se redujera la cantidad de desechos destinados a vertederos, lo que a su vez disminuyó el riesgo de contaminación ambiental y promovió una gestión más eficiente y responsable de los residuos, alineándose con los principios de la economía circular, donde los materiales reciclados y reutilizados reemplazaron el modelo lineal de producción basado en el descarte.

Por otro lado, un concreto más resistente y duradero, mejorado con limadura de hierro reciclada, tiene el potencial de prolongar la vida útil de las infraestructuras, disminuyendo la necesidad de demoliciones y reconstrucciones frecuentes. Esta durabilidad adicional se traduce en un menor consumo de recursos y menos generación de residuos de construcción y demolición, contribuyendo así a la conservación del medio ambiente.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la adición de limadura de hierro reciclado en la resistencia mecánica del concreto para su producción en la ciudad de Juliaca,



1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar la dosificación de componentes para un diseño de mezclas de un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregados procedentes de la cantera Isla para la ciudad de Juliaca
2. Determinar la variación de la del concreto con la incorporación de limadura de hierro reciclado en porcentajes de 2%, 4% y 6%, de un diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
3. Evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto con la incorporación de limadura de hierro reciclado en porcentajes de 2.%, 4.% y 6.%, de un diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis general

La adición de la limadura de hierro reciclado en diferentes porcentajes mejora significativamente la resistencia mecánica del concreto producido en la ciudad de Juliaca, presentándose como una alternativa viable y sostenible para la industria de la construcción.

1.5.2. Hipótesis específicas

1. Es posible determinar una dosificación óptima de componentes para un diseño de mezcla de concreto con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agregados de la cantera Isla, asegurando un desempeño mecánico adecuado y cumpliendo con los requisitos normativos para la ciudad de Juliaca.
2. La incorporación de limadura de hierro reciclado en porcentajes de 2%, 4%, y 6% genera una variación significativa en las propiedades mecánicas del concreto, particularmente en su resistencia, trabajabilidad y

comportamiento frente a cargas, comparado con un diseño convencional $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

3. La incorporación de limadura de hierro reciclado en porcentajes de 2%, 4%, y 6% afecta significativamente la resistencia a la compresión del concreto, incrementándola o disminuyéndola dependiendo del porcentaje utilizado, siendo posible determinar el porcentaje óptimo para maximizar la resistencia final en un diseño con $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

VI =

CONCRETO $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$

VD =

limadura de hierro reciclado

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de las variables.

Variable	Tipo de Variable	Indicador	Definición Operacional
INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Independiente	1. Incremento de resistencia a los 7 días	Medición de la resistencia a la compresión del concreto (en kg/cm^2) a los 7 días con diferentes porcentajes de limadura de hierro.
		2. Incremento de resistencia a los 14 días	Medición de la resistencia a la compresión del concreto (en kg/cm^2) a los 14 días con diferentes porcentajes de limadura de hierro.



limadura de hierro reciclado	Dependiente	3. Incremento de resistencia a los 28 días	Medición de la resistencia a la compresión del concreto (en kg/cm^2) a los 28 días con diferentes porcentajes de limadura de hierro.
		4. Comparación con resistencia de diseño	Comparación del incremento de resistencia a la compresión del concreto con la resistencia de diseño ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).
		1. Proporción de limadura en el concreto (2%, 4%, 6%)	Porcentaje de limadura de hierro reciclado en peso respecto al agregado fino en la mezcla de concreto.
		2. Tipo de limadura utilizada (características físicas y químicas)	Descripción y caracterización de las propiedades físicas y químicas de la limadura de hierro reciclada usada en el concreto.
		3. Procedencia de la limadura (automotriz, metalúrgica, etc.)	Identificación del origen de la limadura de hierro reciclada empleada en la mezcla de concreto.

Nota: elaboración propia



CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

García (2020) identificó que, tanto en Girardot como en Colombia en su conjunto, existe un bajo nivel de reutilización de los residuos y subproductos generados por la industria metalúrgica. En particular, hizo hincapié en la subutilización de las limaduras de hierro, un subproducto que se genera comúnmente en los procesos de fabricación metalúrgica, como la producción de maquinaria para piezas automotrices y elementos ornamentales. Estas limaduras, al no ser aprovechadas adecuadamente, no solo se desperdician, sino que también representan un riesgo potencial de contaminación ambiental si no se gestionan de manera adecuada. Ante esta situación, el estudio desarrollado por García planteó una solución innovadora basada en el reciclaje de limaduras de hierro para su utilización como agregado en la producción de hormigón, proponiendo con ello un aprovechamiento más eficiente de estos residuos y promoviendo una gestión ambientalmente sostenible, ya que esta alternativa redujo el impacto negativo generado por la industria metalúrgica, al transformar un subproducto potencialmente contaminante en un recurso útil y funcional para el sector de la construcción, contribuyendo así al desarrollo de materiales más sostenibles y al fortalecimiento de prácticas responsables dentro del ámbito de la ingeniería civil.



Álvarez (2017) llevó a cabo un estudio centrado en la incorporación de desechos industriales como aditivos en las mezclas de hormigón, con el propósito de mejorar sus propiedades y reducir su peso. Mediante un enfoque experimental, la investigación de Álvarez estableció dos objetivos clave: primero, determinar la resistencia a la compresión óptima del hormigón al añadir diferentes porcentajes de polvo de hierro; y segundo, identificar la proporción ideal de este polvo para maximizar dicha resistencia. Los hallazgos del estudio demostraron que el uso de polvo de hierro, caracterizado por sus excelentes propiedades físicas y mecánicas, es viable como un componente que mejora el rendimiento del hormigón en términos de resistencia y durabilidad. Esta investigación sugiere que la adición de polvo de hierro no solo puede mejorar las mezclas de hormigón, sino también ofrecer una alternativa eficaz y sostenible para la reutilización de residuos industriales.

Por otro lado, Marlés (2017) El investigador centró su estudio en la optimización de las proporciones de los componentes del hormigón, con el propósito de incrementar su resistencia en comparación con las mezclas tradicionales, y su enfoque se dirigió especialmente al diseño de tapas de registro más resistentes para sistemas de alcantarillado, con aplicaciones prácticas en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, el estudio buscó mejorar la infraestructura urbana existente y, al mismo tiempo, establecer estándares técnicos más exigentes, tomando como referencia la norma NTC 1393 para la construcción de estas tapas en Villavicencio, Meta, mediante esta investigación se exploró el uso de cal ferrosa en las mezclas de hormigón como una alternativa para superar las limitaciones de las mezclas convencionales, y con ello el autor pretendió contribuir al desarrollo urbano sostenible, impulsando la creación de materiales de construcción con mayor durabilidad y un enfoque orientado a la sostenibilidad y eficiencia estructural.



2.1.2. Antecedentes Nacionales

Chavez Ravines (2020) examina la problemática relacionada con la gestión de residuos industriales, centrándose específicamente en las limaduras de hierro fundido que se generan durante los procesos industriales de la automotriz y de rectificación en Cajamarca, Perú. Estos residuos metálicos representan un desafío ambiental significativo, ya que, si no se manejan de manera adecuada, pueden contribuir a la contaminación del suelo, del agua y del aire, afectando el entorno natural y la salud pública. La investigación propone una solución innovadora al explorar la posibilidad de reutilizar estas limaduras de hierro como un agregado no convencional en la producción de concreto. Este enfoque no solo busca mejorar las propiedades del concreto al integrar estos materiales reciclados, sino que también pretende fomentar prácticas de reciclaje y reutilización, promoviendo un enfoque más sostenible en el manejo de los subproductos industriales. De este modo, se pretende no solo mitigar los impactos negativos de estos desechos en el medio ambiente, sino también contribuir a la economía circular mediante el aprovechamiento de materiales que, de otro modo, serían considerados desperdicios.

La investigación se enfocó en analizar cómo la incorporación de tres proporciones diferentes de limaduras de hierro fundido (4%, 6% y 8% del peso del agregado fino) afecta la resistencia a la compresión del concreto. Para ello, se diseñaron y prepararon probetas de concreto con una resistencia de diseño especificada de $(f_c = 210 \text{ kg/cm}^2)$, y se llevaron a cabo ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días para cada mezcla con los diferentes porcentajes de adición de limaduras de hierro. Los resultados indicaron que la resistencia máxima a la compresión se obtuvo al incorporar un 4% de limaduras de hierro, logrando un incremento del 57% en la resistencia (alcanzando 331.69 kg/cm^2) en comparación con la resistencia de diseño inicial. Sin embargo, cuando el porcentaje de adición superó el 4%, se observó una disminución en la resistencia, aunque estos valores aún permanecieron por encima de la resistencia de diseño original. En conclusión, este estudio evidenció que la utilización de limaduras de



hierro fundido como agregado en el concreto puede mejorar considerablemente sus propiedades mecánicas, a la vez que favorece una gestión más sostenible de los residuos industriales (Chavez Ravines, 2020).

Espinoza (2018) desarrolló un estudio enfocado en el uso de áridos extraídos de la cantera "Rubén" para evaluar el impacto de la adición de viruta metálica en el agregado fino sobre la resistencia a la compresión del hormigón, con una resistencia de diseño fijada en $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La investigación se basó en una metodología experimental que implicaba la preparación de mezclas de concreto diseñadas específicamente para alcanzar dicha resistencia a la compresión de 210 kg/cm². En este contexto, se fabricaron un total de 18 especímenes de concreto: 9 de ellos consistieron en mezclas estándar sin modificación alguna, mientras que en las 9 restantes se sustituyó el 10% del agregado fino por viruta metálica, tomando en cuenta su peso. El propósito de esta modificación fue analizar cómo esta alteración afectaba la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas de curado, realizando mediciones a los 7, 14 y 28 días posteriores a la creación de las muestras. Este enfoque experimental permitió determinar los efectos de la inclusión de la viruta metálica en el rendimiento mecánico del hormigón a lo largo del tiempo, proporcionando datos valiosos para futuras aplicaciones en la mejora de materiales de construcción.

Laurie (2021) El investigador realizó un estudio en la ciudad de Tarapoto con el propósito de analizar el efecto de la incorporación de limaduras de hierro en la resistencia a la compresión del concreto, empleando un diseño experimental de tipo correlacional, este enfoque permitió ajustar la composición del concreto mediante la adición de limaduras de hierro a una mezcla base con una resistencia inicial de 210 kg/cm², con el objetivo de evaluar su influencia sobre la variable dependiente, que correspondió a la resistencia a la compresión, para ello se diseñó un experimento con 36 especímenes de



concreto, conformado por nueve muestras sin aditivos correspondientes al concreto estándar y veintisiete especímenes adicionales en los que se incorporaron limaduras de hierro en proporciones del 4%, 6% y 8%, los resultados demostraron la compatibilidad del aditivo metálico con los agregados convencionales, identificándose que la proporción óptima de adición fue del 4%, alcanzando una resistencia promedio de 236.4 kg/cm², valor que al compararse con la resistencia del concreto estándar de 238.0 kg/cm² mostró una diferencia mínima, además, el análisis de costos reveló que el concreto convencional tenía un costo de S/. 313.50, mientras que la mezcla con un 4% de limaduras de hierro presentaba un costo ligeramente menor de S/. 311.95, evidenciando así que la incorporación del aditivo reciclado permitió reducir los costos de producción sin afectar significativamente el desempeño estructural del material.

2.1.3. Antecedentes Locales y Regionales

Castillo (2018) destaca la influencia positiva que tienen las fibras de acero en las propiedades del concreto, incluyendo un incremento en su capacidad para resistir compresión, tensión y torsión, que son las principales fuerzas que afectan al material. La adición de estas fibras busca proporcionar al concreto resistencias mucho mayores que las alcanzadas con mezclas tradicionales. Además, se apunta a mejorar la adhesión dentro del concreto, contribuyendo a su mayor durabilidad, lo cual es crucial considerando la exposición del material a ambientes potencialmente corrosivos o dañinos debido al contacto con el agua y otras sustancias químicas perjudiciales. Por tanto, el uso de fibras de acero no solo mejora la resistencia mecánica del concreto, sino que también extiende su vida útil al mejorar su resistencia ante agentes químicos adversos.

Condori (2016) El investigador llevó a cabo una investigación con un diseño experimental orientado a evaluar el efecto de las fibras de acero Dramix en las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto, con el propósito de mejorar su comportamiento elástico y resolver las limitaciones inherentes del material, este estudio



incluyó la elaboración de dos formulaciones distintas de mezclas de concreto con el fin de analizar cómo la incorporación de dichas fibras podía ofrecer soluciones a los problemas estructurales comunes del concreto, el proyecto comprendió la fabricación de veinticuatro vigas de concreto, distribuidas en dos grupos con diferentes resistencias de diseño, uno con una $f'c$ de 175 kg/cm^2 y otro con una $f'c$ de 210 kg/cm^2 , dentro de cada grupo se prepararon nueve muestras reforzadas con fibras de acero Dramix y tres muestras de control de concreto convencional, posteriormente, todos los especímenes fueron sometidos a ensayos de flexión conforme a los estándares ASTM C-78 y NTP 339, lo que permitió identificar las variaciones en el comportamiento entre los concretos reforzados y los tradicionales, aportando información valiosa sobre la efectividad del uso de fibras de acero Dramix para incrementar la resistencia, la ductilidad y la durabilidad del concreto estructural.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El concreto y sus materiales

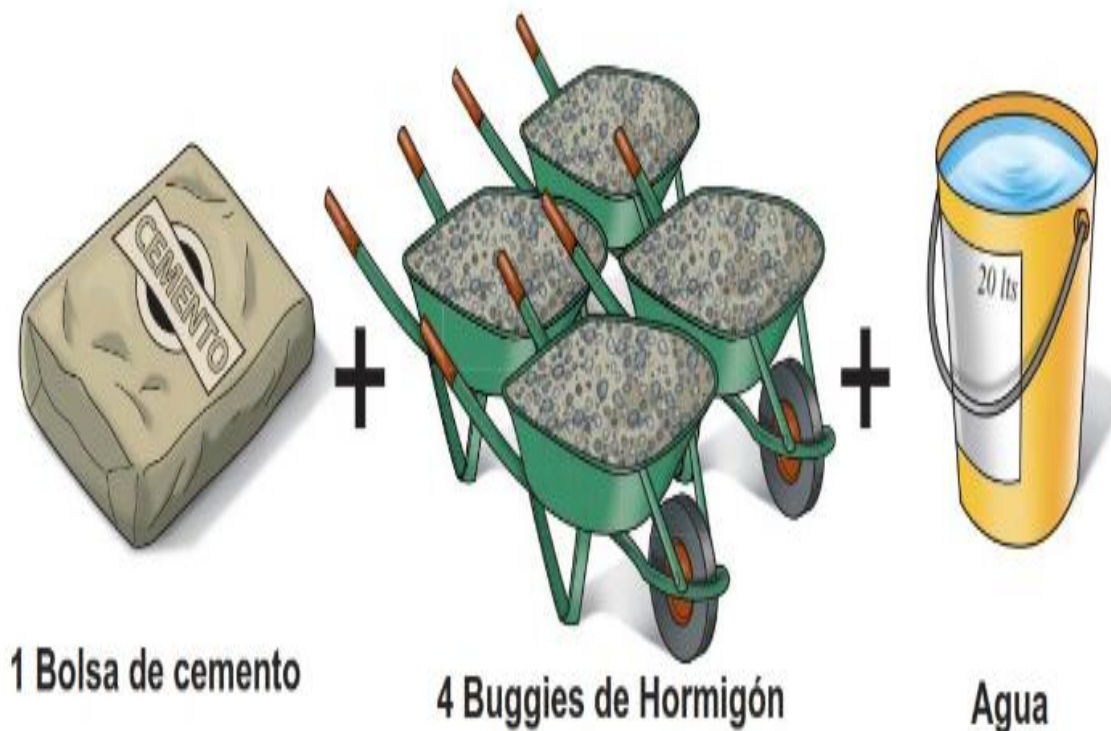
El concreto se consideró un material fundamental en la ingeniería civil, compuesto por una mezcla de cemento, agua, agregados finos y gruesos, además de aditivos, donde cada componente influyó de manera determinante en las propiedades finales del material, el cemento actuó como agente aglutinante que, al reaccionar con el agua, inició el proceso de hidratación, generando la solidificación de la mezcla y uniendo de forma efectiva los agregados, los agregados proporcionaron estructura, estabilidad y resistencia al concreto, las partículas finas, como la arena, rellenaron los espacios entre los agregados gruesos, como la grava, aumentando la densidad y compacidad del material, mientras que los aditivos, incorporados en proporciones reducidas, permitieron modificar propiedades específicas del concreto, tales como el tiempo de fraguado, la trabajabilidad y la durabilidad, además, en algunos casos se incluyeron fibras de refuerzo con el fin de

incrementar la resistencia a la tracción y reducir la formación de fisuras, contribuyendo así al mejor desempeño mecánico y estructural del concreto.

El concreto fue considerado un material esencial dentro del ámbito de la construcción, valorado por su alta resistencia a la compresión, lo que lo hizo adecuado para soportar cargas pesadas en una amplia variedad de estructuras, sin embargo, su resistencia a la tracción resultó relativamente baja, razón por la cual fue común reforzarlo con barras de acero para mejorar su comportamiento estructural, su versatilidad, durabilidad y capacidad de adaptación a diferentes condiciones le permitieron consolidarse como un material indispensable en el desarrollo de infraestructuras y edificaciones modernas, garantizando seguridad, estabilidad y larga vida útil en las obras donde fue empleado. (Rivva López, 2014).

Figura 1

Materiales del concreto simple



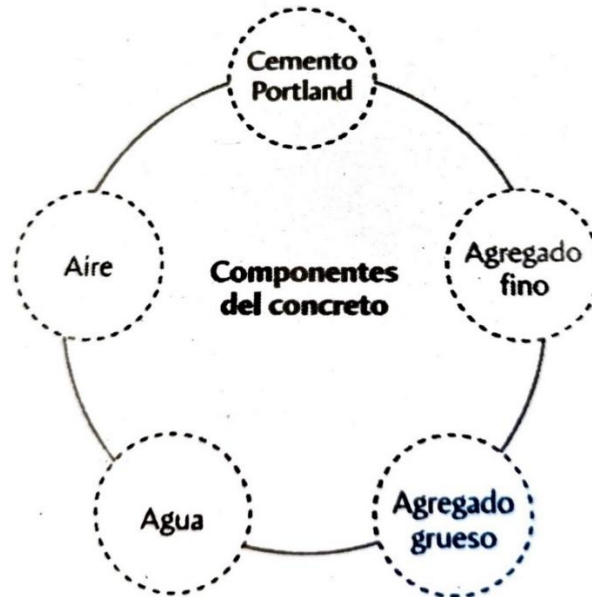
Nota: elaboración propia



2.2.2. El concreto

Rivva López (2014) explicó que el concreto fue un material compuesto obtenido al combinar cemento, agua y agregados inertes, tales como arena y grava, esta mezcla dio origen a una lechada que, tras un período de curado adecuado, se endureció hasta formar un material de alta resistencia, el agua y el cemento desempeñaron un papel esencial en este proceso, ya que su interacción desencadenó la reacción química de hidratación, la cual transformó la mezcla en un sólido resistente una vez completado el fraguado, los agregados inertes, como la arena y la grava, proporcionaron la estructura básica del concreto, además de aumentar su volumen, reducir los costos de producción y equilibrar los efectos del proceso químico que ocurría en la pasta de cemento, garantizando así la cohesión, estabilidad y durabilidad del material final.

Este material de construcción fue altamente valorado por su notable resistencia al agua, característica que le permitió soportar la acción de la humedad sin sufrir deterioros significativos, además, su versatilidad se destacó en la capacidad de ser moldeado en una amplia variedad de formas y dimensiones mientras permanecía en estado fresco, lo que lo convirtió en una opción ideal para los ingenieros civiles en proyectos que requerían flexibilidad en el diseño y adaptación estructural, asimismo, su fácil disponibilidad y bajo costo en comparación con otros materiales lo posicionaron como una alternativa preferida dentro del sector de la construcción, estas cualidades conjuntas lo establecieron como un componente indispensable en múltiples aplicaciones estructurales, desde edificaciones convencionales hasta infraestructuras de gran envergadura, favoreciendo su uso generalizado y sostenido en la industria de la ingeniería civil.

Figura 2*conglomerado del concreto simple**Nota: (Abanto Castillo , 2017)*

2.2.3. Concretos componentes

El concreto estuvo conformado por cuatro componentes fundamentales, el cemento, el agua, los agregados y los aditivos, el cemento, en especial el tipo Portland, actuó como el agente aglutinante responsable de unir los demás elementos de la mezcla, al combinarse con el agua se generó la reacción química de hidratación, proceso esencial que permitió que el concreto fraguara y desarrollara las propiedades de resistencia y durabilidad requeridas, el agua, además de ser indispensable para dicha reacción, influyó directamente en la trabajabilidad del material, ya que una cantidad excesiva podía debilitar la mezcla, mientras que una cantidad insuficiente dificultaba su manipulación y colocación, los agregados, clasificados en finos (como la arena) y gruesos (como la grava o piedra triturada), constituyeron entre el 60% y el 75% del volumen total del concreto, su función principal fue aportar estructura, resistencia y estabilidad, además de reducir el costo de producción al ocupar un volumen considerable y disminuir la proporción de cemento necesario, por último, los aditivos correspondieron a sustancias químicas



añadidas en pequeñas proporciones destinadas a modificar propiedades específicas del concreto, tales como el tiempo de fraguado, la manejabilidad o la durabilidad, lo que permitió adaptar el material a las condiciones y exigencias particulares de cada proyecto, haciendo del concreto un material más versátil, eficiente y funcional para diversas aplicaciones dentro de la ingeniería civil.

2.2.4. El concreto en estado endurecido

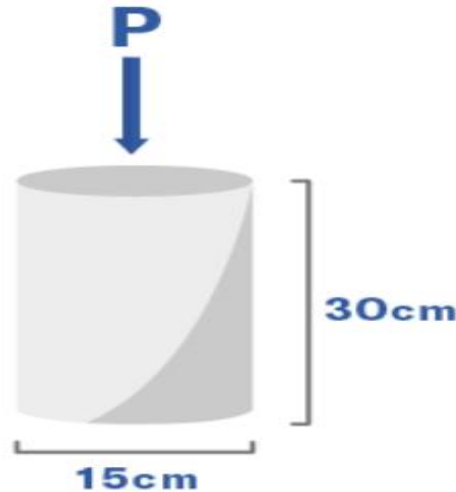
Abanto (2017) describió de manera detallada el procedimiento de ensayo de compresión empleado para evaluar la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón, dicho método consistió en aplicar una carga progresivamente creciente sobre las probetas cilíndricas hasta provocar su fractura, para determinar la resistencia del material, se dividió la carga máxima soportada por la probeta en el instante de la rotura entre el área transversal de su sección de carga, el resultado obtenido se expresó en megapascales de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI), este procedimiento de ensayo fue esencial para establecer la capacidad del hormigón de soportar esfuerzos de compresión antes de alcanzar su punto de falla, proporcionando así un parámetro clave para su aplicación en diferentes estructuras y obras de ingeniería civil.

El objetivo principal de los ensayos de compresión fue verificar que la mezcla de hormigón empleada en un proyecto cumpliera con los estándares de resistencia establecidos, aspecto fundamental para garantizar la seguridad y durabilidad de las estructuras construidas, dichos ensayos resultaron especialmente relevantes en el diseño de elementos estructurales como los puntales, donde fue indispensable asegurar que el hormigón proporcionara la capacidad de soporte adecuada bajo condiciones de carga, al evaluar la calidad del material mediante estas pruebas, los ingenieros pudieron tomar decisiones técnicas fundamentadas respecto al diseño estructural y la selección de

materiales, asegurando que las construcciones satisficieran los requisitos de seguridad, estabilidad y desempeño estructural exigidos por las normas vigentes.

Figura 3

cilindro de prueba a la compresión del concreto



Nota: Abanto, (2017)

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

P: carga máxima aplicada en kg

A: área de la sección transversal en cm²

R_c: resistencia a la compresión del cilindro en kg/cm²

1 Mpa = 10 kg/cm²

2.2.5. Calidad del concreto

En el campo de la ingeniería civil, la calidad del concreto se definió a partir de la combinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas que determinaron su capacidad para cumplir con los requerimientos estructurales y de durabilidad exigidos en los proyectos de construcción, un concreto de alta calidad debía presentar una resistencia a la compresión adecuada, considerada la propiedad esencial que



determinaba su capacidad para soportar cargas, esta resistencia, comúnmente evaluada a los 28 días de curado, dependió de diversos factores como la proporción de los componentes de la mezcla, la calidad del cemento, el tipo de agregados utilizados y la cantidad de agua empleada, por ello, mantener un equilibrio óptimo entre estos elementos resultó fundamental para que el concreto alcanzara la resistencia especificada sin manifestar defectos como fisuras o exceso de porosidad, los cuales podían comprometer su desempeño estructural y reducir su vida útil, garantizando así su eficiencia y confiabilidad en aplicaciones constructivas de diversa naturaleza.

Además de la resistencia a la compresión, la calidad del concreto también dependió de diversos factores críticos como su durabilidad, trabajabilidad, permeabilidad y resistencia a la abrasión, la durabilidad se entendió como la capacidad del material para resistir condiciones ambientales adversas, tales como los ciclos de congelamiento y descongelamiento, la exposición a agentes químicos agresivos o los entornos marinos, sin presentar deterioros significativos en su estructura, la trabajabilidad estuvo relacionada con la facilidad para mezclar, colocar y compactar el concreto de manera uniforme dentro de los moldes, aspecto fundamental para evitar la formación de vacíos o discontinuidades que pudieran afectar la integridad estructural, por su parte, la permeabilidad del concreto, influenciada por la relación agua-cemento y la calidad de los agregados, determinó su capacidad para resistir la penetración de agua o sustancias agresivas que pudieran provocar la corrosión del acero de refuerzo, en consecuencia, un concreto de alta calidad fue aquel que mantuvo un equilibrio adecuado entre todas estas propiedades, garantizando la seguridad, durabilidad y eficiencia estructural de las obras en las que fue utilizado.

2.2.6. El concreto y sus propiedades

El concreto es un material fundamental en la construcción, compuesto por una combinación de cemento, agua, agregados (como arena y grava) y aditivos. Estos



elementos, al mezclarse, crean una masa que se endurece con el tiempo, adquiriendo propiedades específicas de resistencia y durabilidad. De acuerdo con la teoría del concreto endurecido, el desarrollo de sus características estructurales depende en gran medida de la interacción entre sus componentes, especialmente de la reacción química que ocurre entre el cemento y el agua, conocida como hidratación. Este proceso de hidratación es esencial, ya que permite que el concreto adquiera su rigidez y capacidad para soportar cargas.

Los agregados, que pueden ser finos o gruesos, desempeñan un papel crucial al proporcionar la estructura interna del concreto, funcionando como un esqueleto que da forma y resistencia al material. Además, los aditivos, que se agregan en pequeñas cantidades, son utilizados para ajustar y mejorar propiedades específicas del concreto, como el tiempo de fraguado, la manejabilidad durante la colocación, y la durabilidad en diferentes condiciones ambientales. Desde una perspectiva teórica, la proporción correcta de cada uno de estos componentes es vital para maximizar el rendimiento del concreto. Una mezcla desequilibrada o inadecuada puede llevar a problemas significativos, como la disminución de la resistencia mecánica o una menor durabilidad, lo que afecta la longevidad y seguridad de las estructuras construidas. Por tanto, entender y controlar la proporción de estos elementos en la mezcla es esencial para obtener un concreto que cumpla con los estándares requeridos en cualquier proyecto de construcción.

Las propiedades del concreto se estudian a través de varias teorías que consideran aspectos como la **resistencia a la compresión**, **durabilidad**, **trabajabilidad**, **permeabilidad**, y **resistencia a la abrasión**. La **teoría de la resistencia a la compresión** sugiere que la capacidad del concreto para soportar cargas sin romperse es una de sus propiedades más fundamentales, lo que lo convierte en un material preferido para usos estructurales. Por otro lado, la **teoría de la durabilidad** se



centra en la capacidad del concreto para resistir condiciones ambientales severas, como los ciclos de congelamiento y descongelamiento, la exposición a productos químicos agresivos, y los entornos marinos, sin sufrir un deterioro significativo. La ****teoría de la trabajabilidad**** enfatiza que un concreto bien mezclado, fácil de manejar y de colocar es esencial para evitar defectos como la segregación o la formación de huecos, garantizando así una estructura homogénea y resistente. Estas teorías subrayan la complejidad intrínseca de las propiedades del concreto y la importancia de lograr una mezcla bien equilibrada que asegure que el material cumpla con los estándares de diseño y rendimiento a lo largo del tiempo.

2.2.7. Duración efectiva del concreto

La duración efectiva del concreto, entendida como su vida útil, hizo referencia a la capacidad del material para conservar sus propiedades estructurales y funcionales a lo largo del tiempo, incluso cuando estuvo expuesto a diferentes condiciones ambientales y cargas externas, dicha durabilidad dependió de múltiples factores, entre ellos la calidad de los materiales utilizados en la mezcla, la proporción adecuada entre cemento, agua y agregados, así como el uso de aditivos específicos que mejoraron la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y la impermeabilidad del concreto, un concreto correctamente diseñado y adecuadamente curado pudo mantener su integridad estructural durante varias décadas, e incluso superar los cien años de vida útil, alcanzando su resistencia óptima alrededor de los 28 días de curado, sin embargo, cualquier alteración en los parámetros de diseño o en el proceso de curado podía reducir considerablemente su durabilidad, comprometiendo así su desempeño estructural y funcional en el tiempo.

Además, la duración efectiva del concreto estuvo determinada por las condiciones ambientales a las que fue expuesto, ya que factores como los ciclos de congelamiento y



descongelamiento, la acción de agentes químicos, la alta humedad, los entornos marinos y las zonas con elevados niveles de contaminación pudieron acelerar su deterioro, en particular, la presencia de cloruros y sulfatos favoreció los procesos de corrosión del acero de refuerzo embebido en la masa del concreto, lo que comprometió su integridad estructural, la permeabilidad del concreto, dependiente tanto de la calidad de la mezcla como del proceso de curado, desempeñó un papel crucial en su durabilidad, ya que un material más permeable permitió una mayor penetración de agua y agentes agresivos, acelerando con ello los procesos de degradación y pérdida de resistencia del elemento estructural,

por otro lado, la durabilidad del concreto también estuvo condicionada por las labores de mantenimiento y reparación ejecutadas a lo largo del tiempo, incluso los concretos de alta calidad requirieron inspecciones periódicas, tratamientos protectores o intervenciones menores para conservar su integridad estructural y prolongar su vida útil, un enfoque preventivo y proactivo de mantenimiento, basado en la detección temprana de grietas, fisuras o signos de corrosión, permitió extender de manera significativa la duración efectiva del concreto, en síntesis, la vida útil de este material resultó del equilibrio entre su diseño inicial, las condiciones de exposición y las estrategias de mantenimiento aplicadas, garantizando el cumplimiento de los requisitos de seguridad, funcionalidad y durabilidad a lo largo del tiempo de servicio de la estructura.

2.2.8. El Cemento portland

Según lo menciona Rivva (2014), El cemento Portland constituía un tipo de cemento hidráulico que, al combinarse con agua, sufría un proceso químico de hidratación que le permitía endurecerse y aumentar su resistencia con el transcurso del tiempo. Desde una perspectiva teórica, dicho cemento estaba formado principalmente por clinker, una mezcla de minerales calcinados como la cal (óxido de calcio), la sílice (dióxido de silicio), la alúmina (óxido de aluminio) y el óxido de hierro. Estos componentes



se trituraban finamente junto con una pequeña cantidad de yeso, cuya función era regular el tiempo de fraguado. El proceso de hidratación del cemento Portland consistía en la reacción del clinker con el agua, generando cristales y geles que conferían cohesión y resistencia, lo que permitía que la mezcla se transformara en un material sólido capaz de soportar cargas.

En el campo de la ingeniería civil, el cemento Portland es uno de los materiales más utilizados debido a su versatilidad y capacidad para desarrollar altas resistencias a la compresión, lo que lo convierte en un componente fundamental en la producción de concreto y mortero. Es ampliamente empleado en la construcción de edificios, puentes, presas, carreteras, pavimentos, y otras infraestructuras que requieren durabilidad y capacidad de carga. Además, el cemento Portland se puede combinar con diferentes tipos de agregados y aditivos para modificar sus propiedades y adaptarse a necesidades específicas, como mejorar la trabajabilidad, la resistencia al ataque químico, la impermeabilidad, y el tiempo de fraguado.

Sus diferentes tipos y formulaciones también permiten su aplicación en entornos diversos. Por ejemplo, el cemento Portland tipo I es de uso general y es adecuado para la mayoría de los proyectos de construcción que no están expuestos a condiciones ambientales agresivas. El tipo II tiene una resistencia moderada a los sulfatos y genera menos calor durante el fraguado, por lo que es ideal para construcciones en áreas con presencia de sulfatos en el suelo o en ambientes más cálidos. Por su parte, los tipos III y IV están formulados para alcanzar altas resistencias en poco tiempo o para generar menos calor de hidratación, respectivamente, siendo útiles en construcciones de emergencia o en estructuras masivas, como grandes presas. En resumen, el cemento Portland es esencial en la ingeniería civil por su capacidad de adaptación y su desempeño en una variedad de aplicaciones estructurales.



2.2.8.1. *Comportamiento del cemento*

El comportamiento del cemento, especialmente el cemento Portland, se refiere a cómo este material reacciona y se transforma desde su estado fresco hasta convertirse en un sólido rígido capaz de soportar cargas. Este comportamiento está dominado principalmente por el proceso de hidratación, una reacción química que se inicia cuando el cemento se mezcla con agua. Durante este proceso, los compuestos del clinker (como el silicato tricálcico, el silicato dicálcico, el aluminato tricálcico, y el ferroaluminato tetracálcico) reaccionan con el agua para formar productos de hidratación como el gel de silicato de calcio hidratado (CSH) y el hidróxido de calcio. Estos productos de hidratación llenan los espacios entre las partículas de cemento, formando una matriz densa que otorga al material sus propiedades de resistencia y durabilidad.

El comportamiento del cemento durante las etapas de fraguado y endurecimiento resultó fundamental para su aplicación en la ingeniería civil, en su estado inicial, el cemento fresco presentó una elevada plasticidad, lo que facilitó su manipulación, colocación y acabado dentro de los encofrados, sin embargo, a medida que avanzó el proceso de fraguado, el material perdió gradualmente su plasticidad y comenzó a ganar rigidez, hasta adquirir un estado sólido y estable, esta fase de transición fue crítica, ya que una velocidad de fraguado excesivamente rápida podía dificultar la colocación y compactación del concreto, mientras que una velocidad demasiado lenta ocasionaba retrasos en los tiempos de ejecución de la obra, una vez que el cemento completó el proceso de fraguado, comenzó el desarrollo progresivo de su resistencia a la compresión, propiedad determinante que definió la capacidad del material para soportar cargas sin fracturarse, este incremento de resistencia fue evaluado comúnmente a los 7, 14 y 28 días, considerándose este último como el plazo estándar para la medición de la resistencia final del concreto, garantizando así su idoneidad estructural y desempeño en obras de ingeniería civil.

Además de la resistencia a la compresión, el comportamiento del cemento estuvo determinado por diversos factores, entre ellos la temperatura, la humedad, el tiempo de curado y la relación agua-cemento, una relación agua-cemento baja generalmente mejoró la resistencia y la durabilidad del concreto, aunque redujo su trabajabilidad, mientras que las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, aceleraron o retardaron el proceso de hidratación, afectando directamente la resistencia final y la durabilidad del material, por ello, un curado adecuado resultó esencial para garantizar que el cemento desarrollara plenamente sus propiedades mecánicas, evitando la desecación prematura que podía provocar la aparición de fisuras y disminuir la resistencia estructural del concreto, en síntesis, el comportamiento del cemento constituyó un proceso dinámico y complejo, condicionado por múltiples variables que, al ser controladas de manera apropiada, aseguraron la calidad, estabilidad y longevidad de las estructuras construidas con este material.

2.2.9. Propiedades del cemento

Las propiedades del cemento, especialmente del cemento Portland, son fundamentales para su uso en ingeniería civil, ya que determinan el desempeño del concreto y mortero en diversas aplicaciones estructurales. Estas propiedades se pueden clasificar en físicas, químicas y mecánicas, y cada una de ellas juega un papel crucial en el comportamiento del cemento desde su estado fresco hasta su estado endurecido.

Propiedades Físicas:

Finura: La finura del cemento, determinada por la cantidad de partículas finas en el polvo, es una propiedad clave que influye en la velocidad de hidratación y en el desarrollo de la resistencia del material. Un cemento más fino tendrá una mayor superficie específica que permite una hidratación más rápida y, por lo tanto, un fraguado y ganancia de resistencia más rápidos. Sin embargo, un cemento excesivamente fino puede requerir más agua, afectando la trabajabilidad y durabilidad del concreto.



Densidad y Peso Específico: La densidad del cemento afecta la proporción de mezcla y el peso del concreto resultante. Un conocimiento preciso del peso específico es importante para calcular las proporciones de mezcla y para asegurar la uniformidad en el diseño del concreto.

Tiempo de Fraguado: El tiempo de fraguado se divide en dos etapas: fraguado inicial y fraguado final. El fraguado inicial indica el tiempo disponible para la colocación y compactación del concreto, mientras que el fraguado final marca el momento en que el concreto comienza a desarrollar resistencia. Un tiempo de fraguado adecuado es crucial para las operaciones de construcción y para evitar defectos como fisuras.

Propiedades Químicas:

Hidratación: Esta propiedad se refiere a la reacción química que ocurre cuando el cemento entra en contacto con el agua. Los compuestos del cemento, como los silicatos de calcio, reaccionan para formar productos de hidratación que proporcionan cohesión y resistencia al concreto. La calidad y la proporción de estos productos de hidratación son fundamentales para la resistencia y durabilidad del concreto.

Alcalinidad: El cemento es un material altamente alcalino, lo que proporciona una protección natural contra la corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado. Esta propiedad es esencial para mantener la integridad de las estructuras a largo plazo, especialmente en ambientes agresivos.

Resistencia a los Sulfatos: Algunos tipos de cemento, como el cemento Portland tipo II o tipo V, están formulados para resistir los ataques de sulfatos presentes en ciertos suelos o aguas. Esta propiedad es crucial para estructuras que estarán en contacto con ambientes que contienen sulfatos agresivos.

Propiedades Mecánicas:



Resistencia a la Compresión: Esta es la propiedad más importante del cemento en la ingeniería civil, ya que determina la capacidad del concreto para soportar cargas sin fallar. La resistencia a la compresión del concreto se mide comúnmente a los 28 días de curado, y depende de la calidad del cemento, la proporción de la mezcla y las condiciones de curado.

Módulo de Elasticidad: Representa la rigidez del concreto bajo carga. Un módulo de elasticidad adecuado es esencial para diseñar estructuras que no solo sean resistentes, sino que también tengan una deformación controlada bajo cargas.

Durabilidad y Resistencia a la Abrasión: La durabilidad del cemento está relacionada con su capacidad para resistir el desgaste por abrasión, la exposición a agentes químicos y las condiciones ambientales adversas, como ciclos de congelación y deshielo, sin perder su integridad estructural. Esta propiedad es esencial para garantizar la longevidad y la seguridad de las infraestructuras expuestas a condiciones severas.

2.2.10. La relación agua cemento para el concreto

La relación agua-cemento (a/c) es un parámetro fundamental en el diseño de mezclas para el concreto, ya que influye directamente en sus propiedades mecánicas, durabilidad, trabajabilidad, y en el desempeño general del material en aplicaciones de ingeniería civil. Esta relación se define como la cantidad de agua utilizada en una mezcla de concreto en comparación con la cantidad de cemento, generalmente expresada en términos de peso. La proporción agua-cemento afecta tanto el proceso de hidratación del cemento como las características físicas del concreto fresco y endurecido.

Impacto en la Resistencia a la Compresión: La resistencia a la compresión del concreto, que es una de las propiedades más importantes para aplicaciones estructurales, está inversamente relacionada con la relación agua-cemento. Una baja relación a/c significa que hay menos agua disponible en la mezcla en comparación con el cemento, lo



que produce una matriz de cemento más densa y con menos porosidad una vez que el concreto ha fraguado y endurecido. Esto da lugar a una mayor resistencia a la compresión. Por el contrario, una relación a/c más alta resulta en una mezcla con más agua que cemento, lo que puede generar una mayor porosidad interna y, en consecuencia, una menor resistencia. Según el diseño estructural y los requisitos de carga, se selecciona una relación a/c óptima para asegurar que el concreto cumpla con las especificaciones de resistencia.

2.2.11. Control de calidad del cemento

Los controles de calidad del cemento son procesos esenciales en la industria de la construcción y la ingeniería civil para asegurar que el cemento utilizado en las mezclas de concreto cumpla con los estándares de desempeño requeridos para diversas aplicaciones estructurales. Estos controles se llevan a cabo tanto en la planta de producción como en el sitio de construcción y se basan en una serie de pruebas y procedimientos que evalúan las propiedades físicas, químicas y mecánicas del cemento. El objetivo principal de estos controles es garantizar la consistencia, la seguridad y la durabilidad del concreto resultante, minimizando los riesgos de fallas estructurales y optimizando la eficiencia del proyecto.

Controles en la Producción de Cemento: Durante la fabricación del cemento, los controles de calidad comienzan con la selección y la preparación de las materias primas, como la caliza, la arcilla y otros minerales. Se realizan pruebas de composición química para asegurar que estas materias primas contengan los compuestos necesarios en las proporciones adecuadas. Durante el proceso de producción, el clinker, que es el componente principal del cemento, es sometido a análisis químicos y pruebas de composición mineralógica para asegurar la uniformidad y calidad del producto. Además, se controlan parámetros como la temperatura de calcinación, la finura del cemento y la



adición de yeso, que influye en el tiempo de fraguado. Estos controles aseguran que el cemento tenga las propiedades requeridas antes de ser distribuido a los mercados.

2.2.12. Curado del concreto

El curado del concreto es un procedimiento que consiste en mantener niveles adecuados de humedad, temperatura y tiempo para que el concreto recién vertido pueda desarrollar plenamente sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Este proceso es vital para garantizar que la reacción de hidratación del cemento, la cual es clave para que el concreto obtenga la resistencia y estabilidad necesarias, ocurra de manera uniforme y completa. Un curado correcto es especialmente importante en las primeras etapas del fraguado, ya que en este momento el concreto es más susceptible a la pérdida de humedad. Si el curado no se lleva a cabo adecuadamente, pueden aparecer grietas, disminuir la resistencia y reducir la durabilidad del concreto.

Importancia del Curado del Concreto

Desarrollo de Resistencia: El curado permite que el concreto alcance su resistencia a la compresión prevista. Durante el proceso de hidratación, el cemento reacciona con el agua para formar compuestos que le dan al concreto su resistencia. Si el concreto pierde agua rápidamente debido a la evaporación, esta reacción se interrumpe, lo que resulta en una menor resistencia final. Un curado adecuado garantiza que haya suficiente agua disponible para que esta reacción continúe de manera efectiva durante un tiempo prolongado, permitiendo que el concreto desarrolle su resistencia proyectada, especialmente durante los primeros 28 días.

Mejora de la Durabilidad: La capacidad del concreto para soportar condiciones ambientales adversas a lo largo del tiempo, conocida como durabilidad, está estrechamente relacionada con el proceso de curado. Si el curado no se realiza correctamente, el concreto puede desarrollar una superficie porosa que facilita la entrada



de agua, sales y otros agentes químicos, lo que puede llevar a la corrosión del acero de refuerzo o al deterioro del material. Un curado adecuado, por otro lado, disminuye la permeabilidad del concreto, aumentando su resistencia frente a los ciclos de congelación y deshielo, así como a los ataques químicos y otros factores ambientales que podrían dañarlo.

Reducción de Fisuras y Contracciones: Una de las principales razones para curar el concreto es evitar la desecación rápida que puede causar contracción y fisuración. Las fisuras superficiales debidas a la pérdida rápida de humedad no solo afectan la apariencia del concreto, sino que también pueden comprometer su integridad estructural. Mantener el concreto húmedo mediante técnicas de curado adecuadas ayuda a minimizar la contracción por secado, reduciendo el riesgo de fisuración temprana.

Métodos de Curado

Existen varios métodos de curado del concreto, y la elección de un método específico depende de factores como el tipo de construcción, las condiciones ambientales y los recursos disponibles. Algunos de los métodos más comunes incluyen:

Curado con Agua: Este es uno de los métodos más efectivos e implica mantener la superficie del concreto húmeda mediante el uso de rocío, niebla, aspersores, o cubriéndola con mantas húmedas. Este método es ideal para grandes superficies y áreas donde se puede asegurar un suministro constante de agua.

Curado con Membranas o Selladores: Se aplica un compuesto líquido a la superficie del concreto que forma una membrana impermeable, lo que evita la pérdida de humedad. Este método es útil cuando el suministro de agua es limitado o en superficies verticales donde el curado con agua no es práctico.

Curado con Cubiertas de Plástico o Láminas: Las cubiertas de polietileno o plástico se colocan sobre la superficie del concreto para retener la humedad. Este método es fácil de aplicar y es efectivo en áreas pequeñas.

Curado con Vapor: Utilizado principalmente en la fabricación de prefabricados de concreto y otros elementos donde se requiere una ganancia rápida de resistencia, el curado con vapor proporciona una combinación de calor y humedad controlada.

2.2.13. Agregados para diseño de mezclas

Para Rivva (2014) Los agregados son materiales granulares, como arena, grava, piedra triturada o escoria, que se utilizan en el diseño de mezclas de concreto como componentes fundamentales. Representan entre el 60% y el 75% del volumen total de una mezcla de concreto, y su inclusión es esencial para mejorar las propiedades mecánicas, la estabilidad y la economía del concreto. Los agregados se dividen generalmente en dos categorías: agregados finos y agregados gruesos, cada uno con funciones específicas que contribuyen al desempeño general del concreto.

Funciones de los Agregados en el Concreto

Proporcionar Resistencia y Estabilidad: Los agregados actúan como un esqueleto estructural dentro de la mezcla de concreto, proporcionando resistencia y rigidez al material. Al distribuir la carga de manera uniforme, los agregados ayudan a mejorar la resistencia a la compresión del concreto, lo que es crucial para soportar cargas en estructuras como columnas, vigas y losas.

Mejorar la Durabilidad: Los agregados contribuyen a la durabilidad del concreto al reducir la contracción y expansión térmica, lo que minimiza el riesgo de grietas y fisuras en el material. Al ser materiales naturales o reciclados, los agregados también ofrecen resistencia al desgaste, a la abrasión y a los ataques químicos, lo que prolonga la vida útil de las estructuras de concreto.



Reducir el Costo de la Mezcla: Como los agregados ocupan la mayor parte del volumen en una mezcla de concreto, reducen la cantidad de cemento necesaria, que es el componente más costoso. Esto hace que la mezcla sea más económica sin comprometer las propiedades de resistencia y durabilidad.

Mejorar la Trabajabilidad y la Cohesión: Los agregados finos, como la arena, ayudan a llenar los vacíos entre los agregados gruesos, proporcionando una mezcla más cohesiva y menos segregada. Esto mejora la trabajabilidad del concreto fresco, facilitando su mezcla, transporte, colocación y acabado.

Características de los Agregados

Tamaño y Gradación:

Los agregados finos generalmente tienen un tamaño de partículas que pasa por un tamiz de 4.75 mm (arena, arena de río, arena triturada), mientras que los agregados gruesos son partículas mayores que 4.75 mm (grava, piedra triturada).

La gradación de los agregados, o distribución de tamaños de partículas, es esencial para garantizar una mezcla de concreto densa y bien compactada. Una gradación bien equilibrada minimiza los vacíos entre las partículas, reduce la cantidad de cemento y agua necesaria, y mejora la resistencia y durabilidad del concreto.

Forma y Textura Superficial:

La forma de las partículas de los agregados (angulares, redondeadas, alargadas, etc.) y su textura superficial (lisa o rugosa) afectan la trabajabilidad y la adherencia del concreto. Los agregados angulares y de textura rugosa proporcionan una mejor adherencia con la pasta de cemento, mejorando la resistencia del concreto, mientras que los agregados redondeados facilitan una mejor trabajabilidad.

Densidad y Peso Específico:

Los agregados tienen diferentes densidades y pesos específicos, que influyen en el peso total del concreto. Los agregados de alta densidad (como el granito) se utilizan en aplicaciones donde se requiere concreto pesado, mientras que los agregados de baja



densidad (como la piedra pómez) son útiles para concreto liviano, mejorando la resistencia a la tracción y reduciendo la carga muerta en la estructura.

Absorción de Agua y Humedad:

La absorción de agua es la capacidad de los agregados para absorber agua, y esta propiedad puede afectar la relación agua-cemento de la mezcla. Los agregados con alta absorción de agua pueden disminuir la cantidad de agua disponible para la hidratación del cemento, afectando la resistencia y durabilidad del concreto. Es fundamental ajustar la cantidad de agua en la mezcla en función del contenido de humedad de los agregados.

Durabilidad y Resistencia al Desgaste:

Los agregados deben ser duraderos y resistentes al desgaste, la abrasión, el congelamiento y descongelamiento, y los ataques químicos. Las características minerales y la resistencia al desgaste de los agregados son cruciales para el rendimiento del concreto en entornos exigentes.

2.2.14. Manejabilidad del concreto

La manejabilidad del concreto, también conocida como trabajabilidad, se refiere a la facilidad con la que una mezcla de concreto fresco puede ser mezclada, transportada, colocada, compactada y terminada sin segregación ni pérdida de homogeneidad. Es una propiedad fundamental en el diseño de mezclas de concreto, ya que influye directamente en la eficiencia del proceso de construcción y en la calidad final del concreto endurecido. Una buena manejabilidad permite que el concreto se distribuya uniformemente en los moldes o encofrados, llenando todos los vacíos y espacios alrededor de las barras de refuerzo, y se compacte adecuadamente para evitar la formación de huecos o poros que puedan afectar la resistencia y durabilidad de la estructura.



Consistencia de la Mezcla: La consistencia del concreto fresco, medida comúnmente por el ensayo de asentamiento (slump test), es un indicador de su trabajabilidad. Un mayor asentamiento indica una mezcla más fluida y manejable, adecuada para elementos estructurales complejos o con refuerzo denso. Sin embargo, un asentamiento excesivamente alto puede provocar problemas de segregación y exudación, afectando la calidad del concreto endurecido.

Métodos de Colocación y Compactación: La trabajabilidad requerida del concreto también depende del método de colocación y del equipo de compactación utilizado. Para métodos de colocación como bombeo, es fundamental que el concreto tenga la consistencia y fluidez adecuadas para pasar a través de las mangueras sin obstrucciones. Para el concreto vibrado, es importante tener una mezcla que responda bien a la vibración, llenando todos los espacios sin segregación.

Importancia de la Manejabilidad en la Construcción

La manejabilidad del concreto es crucial en el proceso de construcción, ya que afecta directamente la calidad, la homogeneidad y la resistencia de la estructura final. Una mezcla de concreto con la manejabilidad adecuada garantiza una colocación eficiente, una compactación efectiva, y una distribución uniforme del concreto alrededor de las armaduras y encofrados. Esto, a su vez, minimiza el riesgo de defectos como vacíos, nidos de grava, y fisuras, que pueden comprometer la integridad estructural y la durabilidad del concreto endurecido. Por lo tanto, controlar la manejabilidad del concreto es esencial para asegurar que la mezcla cumpla con los requisitos de diseño y las especificaciones de construcción, garantizando así el éxito de los proyectos de ingeniería civil.

2.2.14.1. *Peso unitario del concreto*

La densidad del agregado fino, como la arena, se determinó comúnmente mediante la medición de su peso unitario, entendido como el peso del material por unidad de volumen, este valor resultó fundamental en la ingeniería civil, ya que permitió calcular las proporciones adecuadas de los distintos componentes de una mezcla de concreto, asegurando así un diseño de mezcla equilibrado, uniforme y eficiente, la densidad de la arena varió de manera significativa debido a factores como el contenido de humedad y el grado de compactación aplicado durante su manipulación y almacenamiento, encontrándose normalmente en un rango de 1440 a 1600 kg/m³, equivalente aproximadamente a 90 a 100 lb/ft³, para obtener un valor preciso del peso unitario del agregado fino, fue necesario realizar un ensayo normalizado siguiendo procedimientos estandarizados, el método consistió en llenar un recipiente de volumen conocido con el agregado fino, generalmente arena, y determinar el peso del recipiente lleno, posteriormente, al dividir el peso del material por el volumen del recipiente, se obtuvo el peso unitario del agregado, este procedimiento proporcionó un valor exacto aplicable al diseño de mezclas de concreto, garantizando que se consideraran las variaciones en densidad ocasionadas por la humedad y la compactación, por lo tanto, comprender y controlar la densidad de los agregados finos mediante esta medición resultó esencial para el control de calidad, la uniformidad de las mezclas y la optimización del desempeño del concreto en los proyectos de construcción.

Tabla 2

Peso unitario compactado agregado fino

	peso unitario del agregado		
PESO DEL MOLDE	5970 gr	5970 gr	5970 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2111 cm ³	2111 cm ³	2111 cm ³
N° DE CAPAS	3	3	3



N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9462.00 gr	9470.00 gr	9451.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3492.00 gr	3500.00 gr	3481.00 gr
DENSIDAD MÁXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.655 gr/cm ³	1.658 gr/cm ³	1.649 gr/cm ³
PROMEDIO	1.654		

Nota: elaboración propia

2.2.14.2. **Peso unitario suelto**

El peso unitario suelto de un árido se definió como la cantidad de masa que ocupa una unidad de volumen del material, considerando los espacios vacíos presentes entre sus partículas individuales, esta medida se expresó en kilogramos por metro cúbico (kg/m³) o en libras por pie cúbico (lb/ft³) conforme al Sistema Internacional de Unidades (SI), para los áridos finos, como la arena, el peso unitario suelto se encontró generalmente en un rango comprendido entre 1450 y 1650 kg/m³, equivalente aproximadamente a 90 a 103 lb/ft³, mientras que los áridos gruesos, como la grava, presentaron valores que oscilaron entre 1350 y 1550 kg/m³, es decir, 84 a 97 lb/ft³,

estas variaciones estuvieron influenciadas por factores como la composición mineralógica del material y la distribución granulométrica de sus partículas, para determinar con precisión el peso unitario suelto de un árido, se aplicó un procedimiento normalizado que consistió en llenar un recipiente de volumen conocido con el material en estado suelto, sin aplicar ningún tipo de compactación, posteriormente se pesó el recipiente lleno con el fin de obtener el peso del árido suelto, este método resultó esencial, ya que reflejó el comportamiento real del material bajo condiciones normales de manejo en obra, proporcionando datos indispensables para el diseño de mezclas de concreto y para el cálculo de proporciones adecuadas de materiales según la densidad de los áridos, además, la comprensión del peso unitario suelto permitió ajustar las mezclas de concreto

para optimizar su resistencia, trabajabilidad y rendimiento, contribuyendo así a una utilización más eficiente de los recursos en los procesos constructivos.

2.2.14.3. Contenido de humedad

El contenido de agua presente en un agregado, denominado contenido de humedad, se expresó como el porcentaje del peso del material respecto a su condición completamente seca, este valor tuvo una importancia fundamental en la preparación de mezclas de concreto y asfalto, ya que influyó directamente en la dosificación y en las proporciones de los componentes de la mezcla, afectando con ello la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad del material final, para determinar el contenido de humedad de un agregado, se aplicó un procedimiento estandarizado que consistió en una serie de pasos secuenciales cuidadosamente definidos, garantizando la precisión de la medición y la reproducibilidad de los resultados obtenidos en el laboratorio.

Tomar una muestra del agregado tal como está y pesarla, obteniendo el peso húmedo.

Colocar la muestra en un horno y secarla a una temperatura controlada de 110 ± 5 °C hasta alcanzar un peso constante, lo que puede requerir varias horas.

Después del secado, pesar la muestra para obtener el peso seco.

Finalmente, usar la fórmula apropiada para calcular el contenido de humedad.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

2.2.14.4. Peso Específico y Absorción de los Agregados Finos

El examen en cuestión se llevó a cabo de acuerdo con los criterios descritos en la MS 2000, MTC E 205 - 2000. Estas recomendaciones trataban del peso específico, así como de la absorción de partículas microscópicas, de forma muy directa y comprensible.



2.2.15. Materiales reciclados para el concreto

Los materiales reciclados para el concreto son aquellos que provienen de desechos de la construcción, demoliciones, o subproductos industriales y que se utilizan como sustitutos parciales o completos de los componentes tradicionales del concreto, como los agregados, el cemento o incluso el agua. El uso de materiales reciclados en el concreto no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la cantidad de residuos enviados a los vertederos, sino que también puede mejorar ciertas propiedades del concreto, reducir costos y promover prácticas de construcción más ecológicas. A continuación, se presentan algunos de los materiales reciclados más comunes utilizados en la producción de concreto:

Tipos de Materiales Reciclados para el Concreto

Agregados Reciclados de Concreto:

Los agregados reciclados de concreto (RCA, por sus siglas en inglés) se obtienen al triturar el concreto de estructuras demolidas. Estos agregados pueden ser utilizados como reemplazo parcial o total de los agregados naturales (finos y gruesos) en nuevas mezclas de concreto. El uso de RCA puede reducir la demanda de recursos naturales y disminuir los costos de transporte y extracción. Sin embargo, los agregados reciclados deben ser evaluados adecuadamente para asegurar que cumplan con los estándares de resistencia y durabilidad requeridos para diferentes aplicaciones estructurales.

Escoria de Alto Horno Granulada (GGBFS):

La escoria de alto horno granulada molida es un subproducto del proceso de fabricación del hierro y se utiliza como un reemplazo parcial del cemento en el concreto. La escoria de alto horno ayuda a mejorar la resistencia a la compresión y la durabilidad



del concreto, especialmente en ambientes agresivos, como aquellos expuestos a sulfatos o ambientes marinos. También contribuye a una mayor densidad del concreto, reduciendo la permeabilidad y mejorando la resistencia a la corrosión.

Fibra Reciclada:

Las fibras recicladas, como las de acero, vidrio o polímero (incluyendo plástico reciclado), pueden incorporarse en el concreto para mejorar su resistencia a la tracción, controlar la formación de fisuras y mejorar su durabilidad. Estas fibras actúan como refuerzo secundario, especialmente en aplicaciones donde se requiere una mayor resistencia al agrietamiento y a la fatiga. El uso de fibras recicladas puede reducir la dependencia de refuerzos tradicionales y contribuir a la sostenibilidad de la construcción.

Vidrio Reciclado:

El vidrio triturado puede ser utilizado como reemplazo de agregados finos en el concreto. Este material no solo reduce la cantidad de desechos de vidrio en los vertederos, sino que también puede mejorar ciertas propiedades estéticas del concreto, como el acabado y el color. Sin embargo, es importante tratar el vidrio adecuadamente para evitar problemas de reacción álcali-sílice, que pueden causar expansión y fisuración en el concreto.

Plásticos Reciclados:

Los plásticos reciclados, en formas como escamas o fibras, pueden utilizarse como aditivos o reemplazos parciales de agregados en el concreto. Aunque el uso de plásticos reciclados puede reducir la densidad del concreto y mejorar ciertas propiedades como la absorción de impacto, también puede requerir ajustes en la mezcla para mantener la resistencia y la durabilidad del concreto.

2.2.16. Reciclaje de limadura de hierro reciclado para concreto

El reciclaje de limadura de hierro reciclado para concreto es un proceso en el que se reutilizan limadura de hierro reciclado, generalmente provenientes de la industria metalúrgica o automotriz, como un aditivo o reemplazo parcial de los agregados tradicionales en las mezclas de concreto. limadura de hierro reciclado, que son pequeños fragmentos de metal que resultan del mecanizado, fresado, torneado o rectificado de piezas metálicas, pueden ser aprovechadas de manera innovadora para mejorar ciertas propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a la compresión, la flexión y la durabilidad.

Mejora de la Resistencia a la Compresión y Flexión:

La incorporación de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO en el concreto puede aumentar la resistencia a la compresión y flexión del material. LIMADURA DE HIERRO RECICLADO actúan como refuerzos internos que mejoran la cohesión y la distribución de tensiones dentro de la matriz de concreto, reduciendo la formación de grietas bajo carga. Esto es especialmente beneficioso en aplicaciones donde se requiere concreto con alta capacidad de carga o resistencia a la flexión, como pavimentos, pisos industriales, y elementos estructurales.

Aumento de la Densidad y Durabilidad:

Limadura de hierro reciclado, al ser más densas que los agregados tradicionales, pueden aumentar la densidad del concreto, lo que puede resultar en una mejor resistencia al desgaste y a la abrasión. Esta propiedad es particularmente útil en áreas donde el concreto está expuesto a condiciones de alta fricción o tráfico pesado. Además, la inclusión de limadura de hierro reciclado puede contribuir a reducir la permeabilidad del concreto, mejorando su durabilidad en ambientes agresivos.

Reducción de Residuos Industriales:



El reciclaje de limadura de hierro reciclado para su uso en concreto es una forma efectiva de gestión de residuos industriales. limadura de hierro reciclado son subproductos comunes en industrias como la automotriz, la metalúrgica y la fabricación de maquinaria, y suelen ser desechadas como residuos. Al integrarlas en las mezclas de concreto, se reduce la cantidad de desechos enviados a los vertederos, promoviendo la sostenibilidad y el aprovechamiento eficiente de los recursos.

Aplicaciones Sostenibles en la Construcción:

La utilización de limadura de hierro reciclado recicladas en el concreto contribuye a prácticas de construcción sostenible. Al reemplazar parcialmente los agregados convencionales con limadura de hierro reciclado, se disminuye la demanda de recursos naturales, como arena y grava, ayudando a preservar el medio ambiente. Además, el uso de materiales reciclados en el concreto puede ayudar a cumplir con las normativas de construcción sostenible y obtener certificaciones ambientales para proyectos de edificación.

Consideraciones Técnicas para el Uso de limadura de hierro reciclado en Concreto

Preparación y Limpieza de la limadura de hierro reciclado:

Antes de ser utilizada en la mezcla de concreto, la limadura de hierro reciclado deben ser limpiadas adecuadamente para eliminar aceites, grasas u otros contaminantes que puedan interferir con la hidratación del cemento o afectar la durabilidad del concreto. Un proceso de limpieza y clasificación adecuado es esencial para garantizar que las limadura de hierro reciclado sean compatibles con el resto de los componentes de la mezcla.

Potencial de Corrosión:



Es importante considerar que las limadura de hierro reciclado pueden ser susceptibles a la corrosión, especialmente si no están protegidas adecuadamente. Para mitigar el riesgo de corrosión, se pueden emplear métodos como el uso de recubrimientos protectores en las virutas, aditivos inhibidores de corrosión, o incluso ajustes en la proporción de cemento y agua para crear un concreto más denso y menos permeable.

2.2.17. Propiedades de los materiales metálicos reciclados para el concreto

Los materiales reciclados metálicos, como las limaduras de hierro, virutas de acero, escorias de fundición y otros subproductos de procesos industriales, han ganado atención como aditivos potenciales para mejorar ciertas propiedades del concreto. La incorporación de estos materiales reciclados en el concreto no solo permite una gestión más sostenible de los residuos industriales, sino que también puede modificar las propiedades mecánicas, térmicas y durabilidad del concreto. Sin embargo, la adición de materiales metálicos reciclados debe manejarse cuidadosamente, ya que sus efectos dependen de varios factores, como la forma, el tamaño, la proporción de adición y las características específicas del metal reciclado.

Propiedades de los Materiales Reciclados Metálicos para su Uso en Concreto

Mejoras en la Resistencia a la Compresión: Algunos materiales reciclados metálicos, como las limaduras de hierro y virutas de acero, pueden contribuir a mejorar la resistencia a la compresión del concreto cuando se agregan en proporciones adecuadas. La inclusión de estas partículas metálicas puede densificar la matriz del concreto, actuando como refuerzo interno que soporta las cargas aplicadas. Sin embargo, la cantidad de adición es fundamental; cantidades excesivas pueden resultar en efectos adversos como la segregación de la mezcla o una distribución no homogénea, que puede reducir la resistencia global del material.



Aumento en la Resistencia a la Tracción y la Flexión: Los materiales reciclados metálicos, especialmente las fibras de acero, son conocidos por mejorar la resistencia a la tracción y la flexión del concreto. Estas fibras actúan como puentes que evitan la propagación de grietas, lo que es particularmente útil en aplicaciones donde se requiere resistencia a la fractura o la fatiga. La adición de fibras metálicas también puede mejorar la ductilidad del concreto, permitiendo que soporte mejor los esfuerzos de flexión y deformaciones sin romperse abruptamente.

Modificación de la Conductividad Térmica: Los agregados metálicos reciclados pueden afectar la conductividad térmica del concreto. Los metales, al tener una alta conductividad térmica, pueden mejorar la disipación de calor en el concreto, lo cual puede ser ventajoso en aplicaciones donde se necesita controlar el calor, como en pavimentos o elementos estructurales expuestos a altas temperaturas. No obstante, esta propiedad debe considerarse con precaución en aplicaciones donde se requiere aislamiento térmico.

Impacto en la Durabilidad y la Resistencia a la Corrosión: La adición de materiales metálicos reciclados puede tener un impacto significativo en la durabilidad del concreto. Mientras que algunos metales, como el hierro o el acero, pueden mejorar la densidad y reducir la permeabilidad del concreto, también pueden ser susceptibles a la corrosión si no se protegen adecuadamente. La corrosión de los agregados metálicos en el concreto puede llevar a la expansión del material, la formación de grietas y la degradación estructural. Por lo tanto, se deben considerar tratamientos protectores o aditivos inhibidores de corrosión cuando se emplean metales reciclados.

Efectos en la Trabajabilidad del Concreto: La incorporación de materiales metálicos reciclados puede afectar la trabajabilidad del concreto fresco. Por ejemplo, las



limaduras de hierro o las partículas de escoria pueden aumentar la densidad de la mezcla, haciéndola más difícil de manejar, colocar y compactar. Por lo tanto, se pueden requerir aditivos plastificantes o superplastificantes para mejorar la trabajabilidad del concreto con estos agregados metálicos.

Impacto Ambiental y Sostenibilidad: Utilizar materiales reciclados metálicos como aditivos para el concreto ofrece beneficios ambientales significativos, ya que ayuda a reducir la acumulación de residuos industriales y promueve un enfoque de economía circular. Además, al reutilizar estos materiales, se disminuye la necesidad de extraer y procesar materias primas vírgenes, lo que reduce la huella de carbono asociada con la producción de concreto.

2.2.18. Ventajas de adición de materiales metálicos reciclados para el concreto

La adición de materiales metálicos reciclados, como las limaduras de hierro, al concreto ofrece diversas ventajas que pueden mejorar sus propiedades mecánicas, físicas y ambientales. Estas ventajas no solo optimizan el desempeño del concreto, sino que también promueven prácticas más sostenibles en la construcción y gestión de residuos industriales. A continuación, se describen las principales ventajas de incorporar materiales metálicos reciclados en el concreto:

1. Mejora de la Resistencia Mecánica

Una de las ventajas más destacadas de añadir materiales metálicos reciclados, como las limaduras de hierro, al concreto es la mejora en la resistencia mecánica, especialmente la resistencia a la compresión. Las partículas metálicas actúan como micro-refuerzos en la matriz de cemento, distribuyendo mejor las cargas y reduciendo la propagación de microfisuras. Esto puede resultar en un concreto más robusto y duradero, adecuado para aplicaciones que requieren alta resistencia estructural.

2. Aumento de la Durabilidad



La incorporación de materiales metálicos reciclados puede incrementar la durabilidad del concreto al reducir su porosidad y mejorar su resistencia a agentes agresivos, como el agua, productos químicos, y ciclos de congelación y descongelación. La reducción de la permeabilidad del concreto ayuda a proteger la estructura interna contra la corrosión y otros procesos de deterioro, extendiendo así la vida útil del concreto en condiciones ambientales adversas.

3. Reducción de Costos de Producción

El uso de subproductos reciclados, como las limaduras de hierro, puede reducir los costos de producción del concreto al disminuir la necesidad de adquirir materiales vírgenes más costosos. Dado que estos materiales son a menudo considerados desechos industriales, su reutilización puede resultar en una reducción significativa de costos, tanto en la adquisición de agregados como en la disposición de residuos.

4. Contribución a la Sostenibilidad Ambiental

El reciclaje de materiales metálicos para su uso en el concreto fomenta prácticas de construcción más sostenibles. Al reutilizar desechos industriales, se minimiza la acumulación de residuos en los vertederos y se reduce la necesidad de extraer nuevos recursos naturales, lo que a su vez disminuye la huella de carbono asociada con la producción de concreto. Este enfoque apoya los principios de la economía circular al promover el reciclaje y la reutilización de materiales.

5. Mejora en las Propiedades Térmicas

Los materiales metálicos, como el hierro, poseen alta conductividad térmica. Al ser incorporados al concreto, pueden mejorar su capacidad para disipar calor, lo cual puede ser beneficioso en aplicaciones que requieren control de temperatura o resistencia al fuego. Sin embargo, este beneficio debe ser gestionado adecuadamente para evitar posibles problemas de expansión térmica.

6. Mayor Densidad y Estabilidad



La adición de partículas metálicas recicladas puede aumentar la densidad del concreto, haciéndolo más compacto y estable. Esto es particularmente ventajoso en aplicaciones donde se necesita un concreto de alta densidad, como en construcciones subacuáticas, defensas de barreras, o estructuras que requieren una mayor masa para la estabilidad y resistencia a impactos.

7. Versatilidad en Aplicaciones

Los materiales metálicos reciclados pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones de concreto, desde pavimentos y muros de contención hasta elementos estructurales y prefabricados. Esta versatilidad permite que las industrias de construcción se adapten a diferentes necesidades de diseño y condiciones de sitio, aprovechando las propiedades únicas que estos aditivos metálicos pueden ofrecer.

8. Reducción de la Huella de Carbono

La incorporación de materiales reciclados en el concreto puede ayudar a reducir la huella de carbono del proceso de construcción en general. Al utilizar limaduras de hierro u otros subproductos metálicos, se reduce la cantidad de cemento necesario, que es uno de los mayores contribuyentes de CO₂ en la fabricación de concreto. Esto contribuye a la sostenibilidad ambiental global y cumple con los objetivos de construcción verde.

9. Mejora de la Cohesión y el Control de Fisuras

La adición de partículas metálicas puede mejorar la cohesión de la mezcla de concreto y reducir la formación de fisuras. Estas partículas pueden actuar como puntos de anclaje dentro de la matriz de cemento, ayudando a distribuir mejor los esfuerzos internos y reduciendo la propagación de fisuras por contracción plástica o térmica.

10. Fomento de la Innovación en la Industria de la Construcción

El uso de materiales metálicos reciclados en el concreto abre oportunidades para innovaciones en el sector de la construcción. Este enfoque invita a los profesionales a explorar nuevas combinaciones de materiales, técnicas de mezcla y métodos de



colocación que puedan mejorar la eficiencia, sostenibilidad y rentabilidad de los proyectos de construcción.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Concreto

El concreto, compuesto por cemento, agregados, agua y aditivos, es un material esencial en la construcción.

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es la capacidad del concreto para resistir fuerzas de compresión o aplastamiento. Se mide en unidades de presión, como megapascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (psi),

Diseño de mezclas

El concreto resiste las fuerzas que intentan aplastarlo gracias a su "resistencia a la compresión". Esta propiedad es fundamental para determinar la capacidad de carga de las estructuras de concreto.

Residuos metálicos limadura de hierro reciclado

Los residuos metálicos, específicamente las limadura de hierro reciclado, son subproductos que resultan del proceso de mecanizado de metales como el acero, el hierro, el aluminio, y otros materiales metálicos. Estas virutas se generan en industrias como la automotriz, la metalúrgica, y la fabricación de maquinaria durante operaciones de torneado, fresado, rectificado, y taladrado.

Concreto con residuos

El concreto que incorpora residuos metálicos, como limaduras de hierro u otros desechos metálicos, se utiliza para potenciar sus propiedades mecánicas, tales como la resistencia y la durabilidad.

Comportamiento del concreto con fibras metálicas



Incorporar limaduras de hierro en el concreto puede mejorar significativamente sus propiedades mecánicas y su durabilidad. La inclusión de limadura de hierro reciclado u otros desechos de metal en la mezcla actúa como un refuerzo adicional, incrementando la resistencia del concreto tanto a la tracción como al esfuerzo cortante. Esto hace que el concreto sea particularmente adecuado para aplicaciones donde se necesita una mayor capacidad de deformación antes de llegar a la falla o ruptura. Al añadir estos residuos metálicos, el concreto adquiere una mayor tenacidad, lo que le permite soportar cargas y deformaciones más grandes sin experimentar una falla abrupta.



CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio experimental tiene como propósito analizar el efecto que tiene la incorporación de ****limaduras de hierro**** en las propiedades mecánicas del concreto. Para llevar a cabo esta investigación, se diseñarán distintas mezclas de concreto en las que se añadirán diversos porcentajes de limadura de hierro reciclado como refuerzo. Posteriormente, se fabricarán probetas de estas mezclas que serán sometidas a una serie de ensayos, tales como pruebas de resistencia a la compresión, tracción y flexión, siguiendo estrictamente las normativas técnicas vigentes. Durante todo el proceso experimental, se recopilarán datos de cada ensayo, los cuales serán sometidos a un análisis estadístico detallado con el fin de determinar cómo afectan las limadura de hierro reciclado a las propiedades mecánicas del concreto y establecer la proporción óptima para su integración. Además, se compararán estos resultados con los obtenidos de un concreto tradicional sin aditivos metálicos, lo que permitirá evaluar el potencial del uso de este material reciclado en la producción de concreto en la ciudad de Juliaca y determinar su viabilidad para aplicaciones prácticas en la construcción.

El enfoque de esta investigación será evaluar cómo la inclusión de ****limaduras de hierro**** influye en el comportamiento del concreto, utilizando un diseño factorial que considera diferentes porcentajes de este material adicionado al agregado fino. Para realizar esta evaluación, se elaborarán probetas con las diversas mezclas de concreto



diseñadas y se someterán a una serie de pruebas estandarizadas, tales como ensayos de compresión, tracción y flexión, para evaluar sus propiedades mecánicas. Los datos obtenidos de estos ensayos se analizarán mediante métodos estadísticos con el objetivo de determinar la cantidad óptima de limadura de hierro reciclado que logre maximizar la eficiencia y la calidad del concreto. Este análisis permitirá evaluar la viabilidad de emplear limadura de hierro reciclado como refuerzo en concreto, comparando su desempeño con el de las mezclas tradicionales, y así ofrecer una opción más sostenible para la producción de concreto en Juliaca.

3.1.1. Enfoque cuantitativo

Un enfoque cuantitativo para una tesis de ingeniería sobre concreto implica el uso de métodos experimentales y análisis estadísticos para evaluar numéricamente las propiedades y el comportamiento del concreto bajo diferentes condiciones y configuraciones. Este enfoque se basa en la recopilación y análisis de datos cuantitativos que permiten medir, comparar y evaluar de manera objetiva las variables involucradas en el estudio del concreto, como su resistencia a la compresión, tracción, flexión, durabilidad, trabajabilidad, permeabilidad, entre otras propiedades mecánicas y físicas.

Descripción del Enfoque Cuantitativo

Diseño Experimental:

El enfoque cuantitativo comienza con el diseño de un conjunto de experimentos que permiten estudiar cómo diferentes factores o variables influyen en las propiedades del concreto. Por ejemplo, se pueden preparar mezclas de concreto con diferentes proporciones de componentes, como cemento, agua, agregados, aditivos o materiales reciclados (como limaduras de hierro o cenizas volantes). Las mezclas pueden ser diseñadas siguiendo un diseño factorial completo o parcial, lo que permite investigar cómo interactúan múltiples variables y cómo afectan las propiedades del concreto.



Fabricación y Ensayo de Probetas:

Para cada mezcla de concreto diseñada, se fabrican probetas o especímenes normalizados que luego se someten a ensayos estandarizados, como pruebas de resistencia a la compresión, tracción y flexión, entre otros. Los ensayos se llevan a cabo en diferentes intervalos de tiempo (por ejemplo, a los 7, 14 y 28 días) para evaluar cómo las propiedades del concreto cambian durante el proceso de curado. Otros ensayos, como la absorción de agua, la permeabilidad al cloruro y la resistencia a la abrasión, también pueden ser considerados para obtener una comprensión integral del comportamiento del concreto.

Recolección y Análisis de Datos:

Los datos obtenidos de los ensayos se recopilan y se organizan en tablas y gráficos para su análisis. Se aplican técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, como análisis de varianza (ANOVA), pruebas de hipótesis, modelos de regresión y análisis multivariado, para identificar patrones, relaciones y diferencias significativas entre las variables estudiadas. Este análisis permite establecer conclusiones sobre el impacto de cada factor en las propiedades del concreto y determinar las proporciones óptimas de mezcla.

Interpretación de Resultados y Conclusiones:

Los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico se interpretan en el contexto del objetivo de la tesis. Se discuten las implicaciones prácticas de los hallazgos para la ingeniería de concreto, incluyendo recomendaciones sobre el diseño de mezclas y la selección de materiales. También se pueden proponer mejoras y soluciones innovadoras para optimizar la resistencia, durabilidad y sostenibilidad del concreto en diferentes aplicaciones de construcción.

El enfoque cuantitativo de esta investigación experimental permitirá evaluar de manera numérica cómo la incorporación de limadura de hierro reciclado afecta las propiedades mecánicas del concreto. Para ello, se fabricarán probetas de concreto con



diferentes porcentajes de adición de limadura de hierro reciclado y se realizarán ensayos conforme a las normas técnicas estandarizadas. Los datos obtenidos serán analizados mediante técnicas estadísticas tanto descriptivas como inferenciales, con el fin de determinar la influencia cuantitativa de la limadura de hierro reciclado en características como la resistencia a la compresión, tracción, flexión, entre otras. Asimismo, se realizarán comparaciones numéricas con un concreto convencional para evaluar las posibles mejoras o cambios en el rendimiento mecánico resultantes de la incorporación de este material reciclado.

3.1.2. Nivel

En las ciencias sociales y la psicología, se utiliza frecuentemente una metodología conocida como **investigación cuasiexperimental**. Este enfoque de investigación se sitúa entre la investigación experimental y la observacional. A diferencia de la investigación experimental, la investigación cuasiexperimental tiene un control más limitado sobre los factores que no son directamente relevantes para el estudio en cuestión. Las **variables extrañas** son aquellos factores que pueden influir en la variable que se está investigando, pero que deben ser controlados para evaluar de manera adecuada el efecto de las **variables independientes**, que son los factores que pueden manipularse dentro del estudio.

A diferencia de los diseños experimentales, la investigación cuasiexperimental no involucra una **asignación aleatoria** de los grupos de estudio ni establece controles estrictos. Esta falta de aleatorización y control puede dificultar el análisis estadístico y la interpretación de los efectos causales, ya que resulta más complejo atribuir cambios directamente a las variables independientes manipuladas.



3.1.3. Tipo

La investigación cuasiexperimental es un enfoque metodológico que se utiliza ampliamente en campos como las ciencias sociales y la psicología. Este tipo de estudio se encuentra a medio camino entre la investigación experimental y la observacional. A diferencia de los estudios experimentales, los cuasiexperimentales ofrecen un menor grado de control sobre las posibles influencias externas, conocidas como variables extrañas, que son factores que pueden influir en los resultados de la variable de interés y que deben ser gestionados adecuadamente para evaluar de manera precisa el efecto de las variables independientes.

En contraste con los diseños experimentales, los estudios cuasiexperimentales no emplean la asignación aleatoria de participantes a los grupos, ni establecen controles estrictos sobre las condiciones experimentales. Esta ausencia de aleatorización y control riguroso puede dificultar el análisis estadístico de los datos y complicar la atribución clara de los efectos causales a las variables independientes manipuladas durante la investigación.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Concretos producidos para la ciudad de Juliaca

3.2.2. Muestra

Probetas de concreto con adición de limadura de hierro reciclado

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

- El desarrollo de un concreto con incorporación de limadura de hierro reciclado requiere técnicas y consideraciones específicas para asegurar un adecuado desempeño del material. Algunas de estas técnicas son:



- Seleccionar limadura de hierro reciclado reciclada de alta calidad, libre de impurezas, con tamaño y forma uniformes para una distribución efectiva.
- Diseñar la mezcla determinando la proporción adecuada de limadura de hierro reciclado con respecto a los otros componentes como cemento, agregados y agua, según los requerimientos del proyecto.
- Integrar la limadura de hierro reciclado de manera uniforme durante la preparación de la mezcla, asegurando su dispersión homogénea.
- Realizar controles de calidad para evaluar propiedades como resistencia, trabajabilidad y durabilidad, ajustando la mezcla según sea necesario.
- Utilizar aditivos o agentes de dispersión en caso de requerirse para facilitar la integración y distribución de la limadura de hierro reciclado recicladas.
- Durante la colocación y compactación, evitar la segregación de la limadura de hierro reciclado, manteniéndola bien distribuida.
- Aplicar un adecuado proceso de curado para mejorar la adherencia de la limadura de hierro reciclado.

3.4. DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO

3.5. INCIDENCIA DE LIMADURA DE HIERRO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

El concreto convencional puede ser mejorado mediante la incorporación de partículas de hierro, como grapas metálicas recicladas, con el propósito de optimizar sus propiedades mecánicas y su capacidad de refuerzo. Este método busca fundamentalmente aumentar la resistencia del concreto tanto a la compresión como a la tracción, así como mejorar su tenacidad y capacidad para deformarse antes de llegar a su punto de falla. Con estas propiedades mejoradas, el concreto reforzado con partículas de hierro resulta especialmente adecuado para aplicaciones en las que se requieren

elementos estructurales con mayor durabilidad y resistencia frente a cargas dinámicas, impactos o situaciones de fisuración. Para maximizar los beneficios que las limaduras de hierro pueden aportar al concreto, es crucial un diseño adecuado de la mezcla, así como la adherencia a estrictos procedimientos de seguridad durante su preparación y colocación. El objetivo de añadir estas partículas de hierro recicladas es mejorar el rendimiento del concreto, otorgándole características mecánicas superiores.

Figura 4

Concreto limadura de hierro



3.5.1. Procedimiento para el diseño de mezclas

Definición de Objetivos y Requerimientos:

Propósito del Diseño: Determinar cómo la adición de limadura de hierro reciclado afecta las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a la compresión, tracción y flexión.



Especificaciones del Proyecto: Definir las propiedades específicas que se esperan del concreto, incluyendo las características mecánicas deseadas y cualquier requisito normativo.

Selección de Materiales:

Cemento: Elegir el tipo de cemento adecuado, típicamente cemento Portland, basado en los requisitos del proyecto y las propiedades del concreto deseadas.

Agregados: Seleccionar agregados finos (arena) y gruesos (grava o piedra triturada) de acuerdo con las normativas y especificaciones requeridas.

limadura de hierro reciclado: Seleccionar limaduras de hierro recicladas con características adecuadas, como tamaño de partícula y distribución, para asegurar su integración efectiva en la mezcla.

Diseño de la Mezcla:

Determinación de Proporciones: Establecer las proporciones de cemento, agua, agregados y limaduras de hierro recicladas. Realizar pruebas preliminares con diferentes porcentajes de limadura (por ejemplo, 2%, 4%, 6%, del peso total del agregado fino) para evaluar sus efectos en las propiedades del concreto.

Preparación de Muestras: Diseñar varias mezclas con las proporciones establecidas y preparar probetas de concreto para pruebas. Asegurarse de que las mezclas se preparen de manera uniforme y consistente.

Preparación y Colocación del Concreto:

Mezcla: Utilizar un mezclador de concreto para combinar el cemento, los agregados, las limaduras de hierro recicladas y el agua. Asegurar una mezcla homogénea para que las limaduras de hierro se distribuyan uniformemente.



Pruebas de Trabajabilidad: Evaluar la trabajabilidad del concreto utilizando pruebas como el cono de Abrams. Ajustar la cantidad de agua o aditivos si es necesario para obtener la consistencia deseada.

Colocación: Colocar el concreto en moldes para formar las probetas. Asegurarse de compactar adecuadamente el concreto para eliminar burbujas de aire y asegurar una estructura uniforme.

Curado y Ensayos:

Curado: Mantener las probetas a una temperatura y humedad controladas durante el período de curado, que generalmente dura 28 días, para permitir que el concreto adquiera sus propiedades finales.

Ensayos de Propiedades Mecánicas: Realizar ensayos de resistencia a la compresión, tracción y flexión en las probetas curadas. Analizar los resultados para evaluar cómo la adición de limaduras de hierro recicladas afecta las propiedades mecánicas del concreto.

Análisis y Evaluación:

Comparación de Resultados: Comparar los resultados obtenidos con los de mezclas de concreto convencional sin limadura de hierro. Evaluar la eficacia de la adición de limaduras de hierro en términos de mejora en la resistencia y otras propiedades mecánicas.

Ajustes y Optimización: Basado en los resultados, ajustar las proporciones de limadura de hierro y otros componentes si es necesario para optimizar el rendimiento del concreto.

Documentación y Recomendaciones:

Registro de Datos: Documentar todos los resultados, procedimientos y observaciones realizadas durante el proceso.



Recomendaciones: Formular recomendaciones sobre el uso de limaduras de hierro recicladas en el concreto, incluyendo las proporciones óptimas y cualquier ajuste necesario para aplicaciones específicas.

3.5.2. Control de calidad del concreto en estado fresco

El control de calidad del concreto en estado fresco es crucial para asegurar que el material cumpla con los estándares de diseño y rendimiento antes de que se endurezca. La metodología para este control incluye diversas pruebas y procedimientos para verificar las propiedades y consistencia del concreto durante su preparación y colocación.

1. Revisión de Materias Primas

Cemento: Verificar la calidad del cemento mediante la revisión de certificados de análisis proporcionados por el fabricante. Asegurarse de que el cemento cumpla con las especificaciones normativas.

Agregados: Realizar pruebas para determinar la calidad de los agregados finos y gruesos, incluyendo la granulometría, la forma de las partículas, la limpieza y la humedad. Evaluar la densidad y la capacidad de absorción de los agregados.

Agua: Verificar que el agua utilizada en la mezcla esté libre de contaminantes que puedan afectar la calidad del concreto. El agua debe ser potable y cumplir con los estándares específicos para la fabricación de concreto.

2. Preparación y Mezcla del Concreto

Dosificación: Seguir las proporciones de la mezcla establecidas en el diseño de la mezcla. Utilizar una balanza calibrada para medir con precisión los ingredientes.

Mezcla: Asegurarse de que el concreto se mezcle uniformemente en el mezclador. Controlar el tiempo de mezcla para evitar una mezcla insuficiente o excesiva.

3. Pruebas de Trabajabilidad



Consistencia (Cono de Abrams): Medir la consistencia del concreto fresco mediante la prueba del cono de Abrams. Esta prueba evalúa el asentamiento del concreto y proporciona información sobre su fluidez y trabajabilidad. Un asentamiento demasiado bajo puede indicar que el concreto es demasiado seco, mientras que un asentamiento excesivo puede señalar que está demasiado húmedo.

Tiempo de Fraguado: Realizar pruebas para determinar el tiempo de fraguado del concreto utilizando el método del bolígrafo o el aparato de Vicat. Esto permite conocer el tiempo que tarda el concreto en comenzar a fraguar y alcanzar la rigidez inicial.

5. Muestreo y Ensayo de Probetas

Preparación de Probetas: Tomar muestras representativas del concreto fresco y preparar probetas de acuerdo con los procedimientos estándar. Asegurarse de que las probetas se coloquen en moldes limpios y se compacten adecuadamente.

Curado: Iniciar el proceso de curado inmediatamente después de la colocación para asegurar que el concreto mantenga la humedad adecuada y desarrolle las propiedades mecánicas deseadas.

6. Documentación y Análisis

Registro de Datos: Documentar todos los resultados de las pruebas, incluyendo las condiciones de mezcla, las propiedades del concreto y los resultados de las pruebas de trabajabilidad.

Análisis: Revisar los datos para asegurar que todas las propiedades del concreto cumplan con las especificaciones del diseño. Realizar ajustes en el proceso de mezcla o en las proporciones si es necesario.

7. Acciones Correctivas

Identificación de Problemas: Si se identifican problemas durante las pruebas de calidad, tomar medidas correctivas inmediatas para solucionar los problemas y evitar que afecten el rendimiento del concreto en estado endurecido.

Ajustes de Mezcla: Modificar las proporciones de los ingredientes o el proceso de mezcla según sea necesario para cumplir con los requisitos del diseño y los estándares de calidad.

3.5.3. Control de calidad del concreto en estado endurecido

El control de calidad del concreto en estado endurecido es esencial para asegurar que el material cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y desempeño estructural previstos. La metodología para este control abarca una serie de pruebas y procedimientos que se realizan después de que el concreto ha fraguado y endurecido. A continuación se describe el procedimiento típico:

1. Revisión de Documentación

Certificados de Materiales: Verificar que los materiales utilizados (cemento, agregados, agua y aditivos) cumplan con las especificaciones del diseño y las normativas correspondientes.

Procedimientos de Mezcla y Colocación: Revisar los registros de las mezclas y las condiciones de colocación para asegurar que se haya seguido el procedimiento adecuado.

2. Pruebas de Resistencia

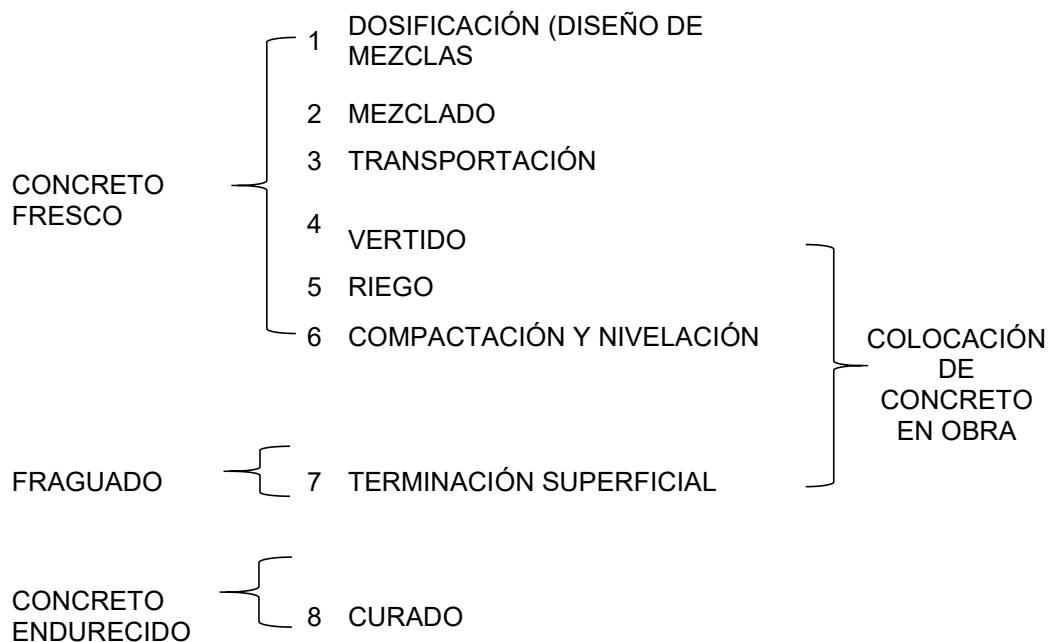
Ensayo de Compresión:

Preparación de Probetas: Cortar y moldear probetas cilíndricas o cúbicas del concreto endurecido en moldes estandarizados y curarlas adecuadamente.

Prueba: Realizar el ensayo de compresión en una máquina de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto. Esta prueba se realiza típicamente a los 7, 14 y 28 días de curado para evaluar la evolución de la resistencia.

Figura 5

Proceso productivo del concreto fresco y endurecido



Nota: (Abanto Castillo , 2017)

agregado (NTP 400.017, 2011)

3.5.4. Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregado cantera isla

resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 :

Selección de materiales:

Cemento Portland tipo adecuado para la obra.

Agregados (grava y arena) que cumplan con las normas de calidad.

Agua potable libre de impurezas.

Aditivos (si se requieren) para modificar ciertas propiedades de la mezcla.



Estudio de los materiales:

Analizar la granulometría de los agregados.

Determinar el peso específico y absorción de los agregados.

Calcular el contenido de aire atrapado en función del tamaño máximo del agregado grueso.

Selección de la relación agua/cemento (a/c):

Para una resistencia de 210 kg/cm², la relación a/c sugerida oscila entre 0.5 y 0.6.

Ajustar esta relación según las condiciones de exposición y requerimientos de durabilidad.

Cálculo del contenido de cemento:

En función de la relación a/c y el revenimiento deseado, determinar el contenido de cemento en kg/m³.

Estimación de proporciones:

Utilizando el método de peso unitario compacto, calcular las proporciones en peso de cemento, agua, grava y arena.

Ajustes por humedad de los agregados:

Corregir las cantidades de agua y agregados de acuerdo a sus contenidos de humedad.

Ajustes finales:

Realizar ajustes finales en las proporciones para obtener el revenimiento, trabajabilidad y otras propiedades deseadas.

Dosificación y mezcla:

Pesar los materiales según las proporciones calculadas.

Mezclar los componentes en seco y luego agregar el agua de manera controlada.

Verificar el revenimiento y realizar ajustes si es necesario.

Pruebas de control de calidad:



Elaborar probetas de concreto para ensayos de resistencia a compresión a distintas edades.

3.5.5. Producción de probetas de concreto

La producción de probetas de concreto con adición de limadura de hierro reciclado es un proceso crucial para evaluar las propiedades mecánicas, físicas y de durabilidad del concreto modificado. Este proceso implica la preparación cuidadosa de las mezclas, el moldeado y el curado de las probetas, así como la realización de ensayos para validar los resultados de diseño. A continuación, se describe paso a paso cómo llevar a cabo la producción de probetas de concreto con limadura de hierro reciclado:

Producción de Probetas de Concreto con Adición de limadura de hierro reciclado

1. Preparación de Materiales

Cemento, Agregados y limadura de hierro reciclado:

Cemento: Utilizar cemento Portland de tipo adecuado (por ejemplo, Tipo I o Tipo II) según los requisitos de resistencia y durabilidad del concreto.

Agregados: Asegurar que los agregados finos (arena) y gruesos (grava) cumplan con las especificaciones de tamaño, limpieza y resistencia. Realizar pruebas de granulometría y ajuste de la cantidad de agua en función del contenido de humedad de los agregados.

limadura de hierro reciclado debe estar limpia y libre de contaminantes como aceite, óxido o polvo. Dependiendo de la cantidad de limadura de hierro reciclado a utilizar (por ejemplo, entre 1% y 10% del volumen total de la mezcla), pesar la cantidad requerida y asegurarse de que las partículas sean de tamaño y forma adecuados para una distribución homogénea en la mezcla.



Agua y Aditivos:

Utilizar agua potable para la mezcla de concreto. Medir con precisión la cantidad de agua según la relación agua/cemento (A/C) diseñada.

Considerar la adición de aditivos químicos (como superplastificantes, retardantes o aireantes) para mejorar la trabajabilidad del concreto y contrarrestar los efectos de la limadura de hierro reciclado en la mezcla.

2. Diseño de la Mezcla de Concreto

Dosificación de Materiales:

Calcular la cantidad de cemento, agua, agregados finos y gruesos, y limadura de hierro reciclado según el diseño de mezcla seleccionado. Asegurarse de que las proporciones estén ajustadas para lograr las propiedades mecánicas y de durabilidad deseadas.

3. Mezclado del Concreto

Secuencia de Mezclado:

Añadir los materiales secos (cemento, arena, grava y limadura de hierro reciclado) en una mezcladora de tambor o planetaria. Mezclar durante 30 segundos para asegurar la homogeneidad de los materiales secos.

Añadir aproximadamente el 75% del agua de mezcla y mezclar durante 1-2 minutos. Esta primera fase permite la hidratación inicial del cemento.

Añadir el agua restante y los aditivos (si se utilizan) y continuar mezclando durante 2-3 minutos más, hasta que la mezcla de concreto tenga una consistencia uniforme y la limadura de hierro reciclado esté bien distribuida.



Verificación de la Homogeneidad:

Inspeccionar visualmente la mezcla para verificar la distribución uniforme de la limadura de hierro reciclado y asegurarse de que no haya signos de segregación o aglomeración de partículas metálicas.

4. Moldeo de las Probetas de Concreto

Selección de Moldes:

Utilizar moldes estandarizados (cilíndricos, cúbicos o prismáticos) fabricados con materiales rígidos como acero o plástico. Los moldes deben cumplir con las especificaciones de las normas ASTM C31/C31M o ISO 1920-4.

Llenado de los Moldes:

Verter la mezcla de concreto en los moldes en capas de aproximadamente un tercio de la altura total del molde.

Compactar cada capa utilizando una varilla de compactación (generalmente de 16 mm de diámetro) realizando 25 golpes uniformemente distribuidos. Esto ayuda a eliminar burbujas de aire y asegurar una compactación adecuada del concreto.

Después de compactar cada capa, utilizar un mazo de goma para golpear suavemente los lados del molde y liberar el aire atrapado.

Nivelación y Acabado de la Superficie:

Una vez que se ha llenado y compactado el molde, nivelar la superficie superior del concreto con una paleta de acero o una regla metálica para eliminar el exceso de concreto y obtener una superficie lisa.

5. Curado de las Probetas

Métodos de Curado:

Cubrir las probetas con plástico o mantenerlas en un ambiente húmedo para evitar la evaporación del agua durante las primeras 24 horas. Este proceso es crucial para la hidratación adecuada del cemento.



Después de 24 horas, desmoldar las probetas y transferirlas a un tanque de curado con agua a $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ o a una cámara de curado húmeda. Mantener las probetas en estas condiciones hasta el momento de los ensayos (normalmente 7, 14 y 28 días).

6. Ensayos en Probetas de Concreto Endurecido

Ensayo de Resistencia a la Compresión:

Realizar ensayos de resistencia a la compresión en las probetas curadas utilizando una máquina de ensayo de compresión. Registrar los resultados y compararlos con los valores de diseño para evaluar la efectividad de la adición de limadura de hierro reciclado.

Ensayo de Tracción Indirecta y Flexión:

Realizar ensayos adicionales, como tracción indirecta y flexión, para evaluar la resistencia a la tracción y la tenacidad del concreto con limadura de hierro reciclado.

Evaluación de la Durabilidad y Microestructura:

Realizar pruebas de durabilidad, como penetración de agua, permeabilidad y resistencia a la abrasión, para evaluar la calidad del concreto endurecido. Además, se pueden realizar análisis microestructurales para estudiar la interacción entre la limadura de hierro reciclado y la matriz de cemento.

7. Documentación y Análisis de Resultados

Registro de Resultados:

Documentar todos los resultados de las pruebas realizadas en las probetas, incluyendo resistencia, durabilidad y microestructura. Analizar los datos para determinar si la adición de limadura de hierro reciclado mejora las propiedades del concreto según lo esperado.



Optimización de la Mezcla:

Utilizar los resultados de las pruebas para ajustar la dosificación de la mezcla, mejorar la preparación y obtener el mejor rendimiento del concreto con limadura de hierro reciclado.

3.5.6. Compactación del concreto

La compactación y vibración del concreto son procesos cruciales en la construcción para asegurar que el material se distribuya uniformemente y adquiera las propiedades mecánicas deseadas. Estos procedimientos eliminan burbujas de aire, mejoran la densidad del concreto y garantizan una buena adherencia entre los componentes. Aquí se describe la metodología para cada uno de estos procesos:

1. Compactación del Concreto

Objetivo: Eliminar vacíos y burbujas de aire en el concreto fresco para aumentar su densidad y mejorar sus propiedades mecánicas.

Metodología:

Preparación:

Equipo: Se utilizan diferentes métodos de compactación según el tipo de obra y el equipo disponible, como el apisonamiento manual (para pequeñas áreas) o el uso de compactadores mecánicos (para grandes volúmenes de concreto).

Materiales: Asegurarse de que el concreto esté a la consistencia adecuada, lo que influirá en la eficacia del proceso de compactación.

Proceso:

Compactación Manual: Para volúmenes pequeños, el concreto se compacta manualmente utilizando herramientas como paletas o mazos. Este método es menos eficiente y requiere mayor esfuerzo.

Compactación Mecánica: Utilizar un compactador mecánico adecuado, como un vibrador de inmersión, para asegurar una compactación uniforme. El vibrador se



sumerge en el concreto y se mueve lentamente para eliminar las burbujas de aire y asegurar que el concreto llene todos los rincones del molde.

Control:

Tiempo y Técnica: Asegurarse de que el concreto se compacte de manera uniforme y durante el tiempo suficiente para obtener una densidad adecuada. Evitar el exceso de compactación, que puede causar segregación de los componentes.

2. Vibración del Concreto

Objetivo: Eliminar burbujas de aire atrapadas y asegurar una distribución uniforme del concreto en los moldes, mejorando su densidad y resistencia.

Metodología:

Preparación:

Equipo: Utilizar vibradores de inmersión, vibradores de superficie o mesas vibratoras según el tipo y tamaño de la estructura.

Materiales: Asegurarse de que el concreto esté en la consistencia adecuada para permitir una vibración efectiva.

Proceso:

Vibrador de Inmersión: Insertar el vibrador en el concreto fresco de manera vertical, manteniéndolo en su lugar durante unos segundos antes de retirarlo lentamente. Mover el vibrador en un patrón de cruz o en espiral para asegurar que el concreto se distribuya uniformemente y que las burbujas de aire se eliminen. Repetir el proceso en diferentes áreas del molde.

Vibrador de Superficie: Utilizar para concreto en superficies planas, como pavimentos. El vibrador se mueve sobre la superficie del concreto para asegurar una compactación uniforme sin necesidad de penetrar en el material.



Control:

Profundidad y Tiempo: Asegurarse de que el vibrador se inserte a la profundidad adecuada y se mantenga en el concreto el tiempo suficiente para eliminar el aire atrapado y asegurar una buena compactación.

Efectividad: Monitorizar la aparición de burbujas de aire y la consolidación del concreto para asegurar que la vibración esté funcionando correctamente. Evitar el exceso de vibración que podría causar segregación del concreto.

3.5.7. Resistencia de probetas de concreto

La resistencia a la compresión del concreto es una de las propiedades más importantes, ya que determina la capacidad del material para soportar cargas. Para medir esta propiedad, se realiza un ensayo estandarizado en probetas de concreto. A continuación, se describe la metodología general para llevar a cabo esta prueba:

1. Preparación de la Muestra

Diseño de Mezcla: Prepare la mezcla de concreto según las especificaciones del diseño, asegurando la correcta proporción de cemento, agua, agregados y aditivos.

Fabricación de Probetas: Vierta el concreto en moldes estandarizados, típicamente cilindros (150 mm de diámetro por 300 mm de altura) o cubos (150 mm de lado), de acuerdo con la norma aplicable. Asegúrese de llenar los moldes en capas y compactar cada capa para eliminar burbujas de aire y asegurar una densidad uniforme.

Curado: Deje que las probetas curen en el molde durante un periodo de tiempo especificado, generalmente 24 horas. Posteriormente, desmolde y coloque las probetas en un ambiente de curado controlado (normalmente en agua a 20°C) hasta el momento



de la prueba. El período de curado estándar para pruebas de resistencia a la compresión es de 7, 14 y 28 días.

2. Ensayo de Compresión

Equipamiento: Utilice una prensa de compresión calibrada, capaz de aplicar una carga uniforme y medir la resistencia del concreto. La prensa debe cumplir con las especificaciones técnicas para garantizar la precisión de los resultados.

Preparación de la Probeta: Antes de realizar la prueba, asegúrese de que la superficie de las probetas esté limpia y libre de defectos. Las probetas deben ser colocadas en la prensa de manera que el eje longitudinal del cilindro esté alineado con el eje de la prensa.

Aplicación de Carga: Coloque la probeta en la prensa y aplique una carga axial a una velocidad constante, según las normas establecidas. La velocidad de aplicación de carga debe estar en el rango de 0.2 a 0.4 MPa/s para evitar efectos dinámicos que puedan influir en los resultados.

Medición del Límite de Resistencia: Continúe aplicando la carga hasta que la probeta falle (rompa). Registre la carga máxima alcanzada justo antes de la fractura.

3. Cálculo y Análisis de Resultados

Cálculo de Resistencia: Determine la resistencia a la compresión calculando la carga máxima aplicada dividida por el área de la sección transversal de la probeta. Los resultados se expresan en megapascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2).



Registro y Evaluación: Documente todos los datos del ensayo, incluyendo la carga máxima, las dimensiones de la probeta y las condiciones de prueba. Compare los resultados obtenidos con los valores especificados en el diseño de mezcla para evaluar si el concreto cumple con los requisitos de resistencia establecidos.

Normas de Prueba: Asegúrese de seguir las normas y procedimientos estandarizados aplicables, como los de la ASTM (American Society for Testing and Materials) o la norma equivalente en su país, para garantizar la validez y la reproducibilidad de los resultados.



CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. DOSIFICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS

La dosificación para un concreto con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando agregados de la cantera Isla y siguiendo las normas ACI 211.1. Los parámetros y dosificaciones principales son:

Relación agua/cemento (a/c): 0.558.

Cantidad de agua: 205 L/m^3 .

Cantidad de cemento: 367 kg/m^3 .

Agregado fino (arena): 633 kg/m^3 .

Agregado grueso (grava): $1,005 \text{ kg/m}^3$.

Esta dosificación está diseñada para un concreto expuesto a intemperismo severo, con un contenido de aire atrapado del 2.0%. Los valores cumplen con los estándares de diseño y los ensayos de laboratorio realizados validan su viabilidad para alcanzar las propiedades mecánicas requeridas.

4.2. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CONCRETO

PATRÓN

4.2.1. Resistencia a la compresión a los 7 días

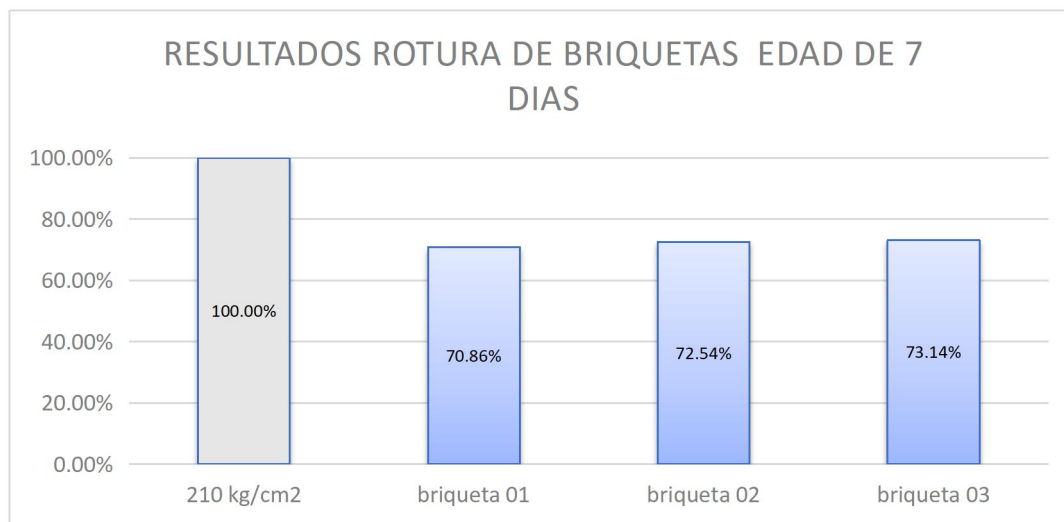
Tabla 3

Resultados de resistencias a los 7 días muestra patrón

RESULTADOS ROTURA DE BRIQUETAS 7 días							
N°	Descripción	Edad	Carga	Ø	Área	Esfuerzo De	%
		Días	Kg	Cm	Cm2	Rotura Kg/Cm2	Resistencia alcanzada
1	Briqueta N° 1	7	26400.00	15.03	177.40	148.80	70.86%
2	Briqueta N° 2	7	26920.00	15.00	176.70	152.34	72.54%
3	Briqueta N° 3	7	27180.00	15.01	177.00	153.60	73.14%
Esfuerzo Promedio						151.58	72.18%

Figura 6

Resultados de resistencias de muestra patrón a 7 días



El análisis del gráfico de resistencia del concreto a los 7 días muestra que las tres briquetas alcanzaron entre el 70.86% y el 73.14% de la resistencia objetivo de 210

Kg/cm², con valores de esfuerzo de rotura aproximados entre 148.80 Kg/cm² y 153.59 Kg/cm².

4.2.2. Resistencia a la compresión a los 14 días

Tabla 4

Resultados de resistencias a los 14 días muestra patrón

RESISTENCIA DE CONCRETO PATRÓN 14 DÍAS								
N°	Descripción	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Área Cm ²	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm ²	% Resistencia alcanzada	
4	Briqueta N° 01	14	34760.00	15.03	177.40	195.92	93.30%	
5	Briqueta N° 02	14	34050.00	15.04	177.70	191.66	91.27%	
6	Briqueta N° 03	14	33440.00	14.97	176.00	189.99	90.47%	
						Esfuerzo Promedio	192.52	91.68%

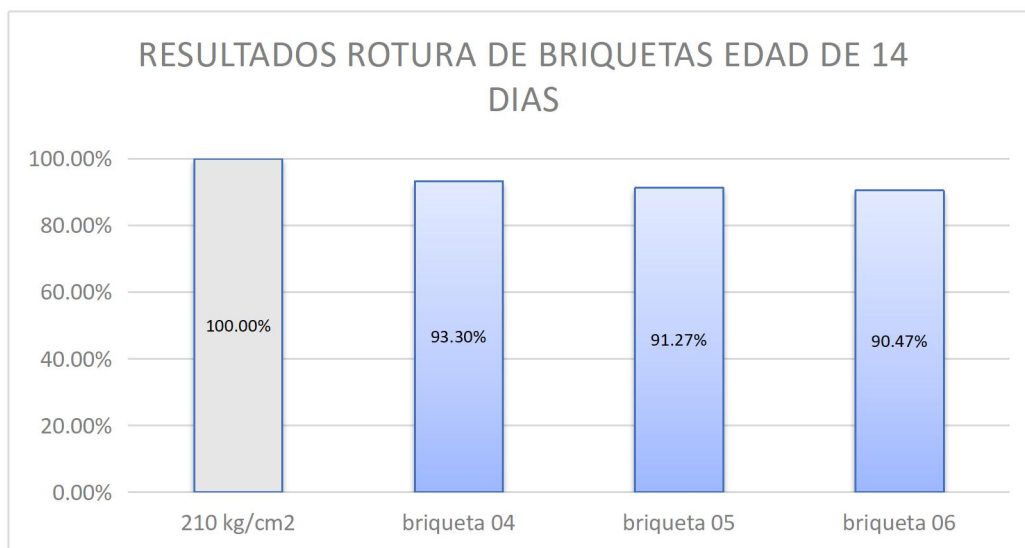
Nota: resultados de laboratorio

La briqueta N° 01 registró una carga máxima de 34,760 kg, alcanzando un esfuerzo de rotura de 195.92 kg/cm², equivalente al 93.30% de la resistencia esperada. La briqueta N° 02 soportó una carga de 34,050 kg, con un esfuerzo de 191.66 kg/cm², lo que representó el 91.27% de la resistencia prevista. Finalmente, la briqueta N° 03 presentó una carga máxima de 33,440 kg, generando un esfuerzo de 189.99 kg/cm², equivalente al 90.47% de la resistencia establecida.

En promedio, las probetas alcanzaron un esfuerzo de 192.52 kg/cm², correspondiente al 91.68% de la resistencia del concreto patrón. Estos resultados mostraron que el concreto había desarrollado una resistencia adecuada para su edad de curado, situándose dentro de los rangos esperados para los 14 días, ya que generalmente el concreto alcanza entre el 85% y el 95% de su resistencia total a esa edad.

Figura 7

Resultados de resistencias de muestra patrón a 14 días



Se observó que la briqueta N° 04 alcanzó un 93.30% de la resistencia de referencia, mientras que la briqueta N° 05 logró un 91.27%, y la briqueta N° 06 obtuvo un 90.47%. Estos valores indicaron un comportamiento homogéneo entre las muestras, con variaciones mínimas entre ellas, lo cual reflejaba una adecuada uniformidad en el proceso de mezclado, curado y ensayo.

El análisis del gráfico evidenció que, aunque ninguna briqueta alcanzó el 100% de la resistencia de diseño a los 14 días, todas se encontraron dentro del rango esperado para esa edad, ya que el concreto generalmente desarrolla entre el 85% y el 95% de su resistencia total en dicho periodo. Por tanto, se concluyó que el concreto mostró un desarrollo satisfactorio de resistencia, lo que sugería una buena calidad del material y un proceso de curado adecuado.

4.2.3. Resistencia a la compresión a los 28 días concreto patrón

Resultados de resistencias a los 28 días muestra patrón

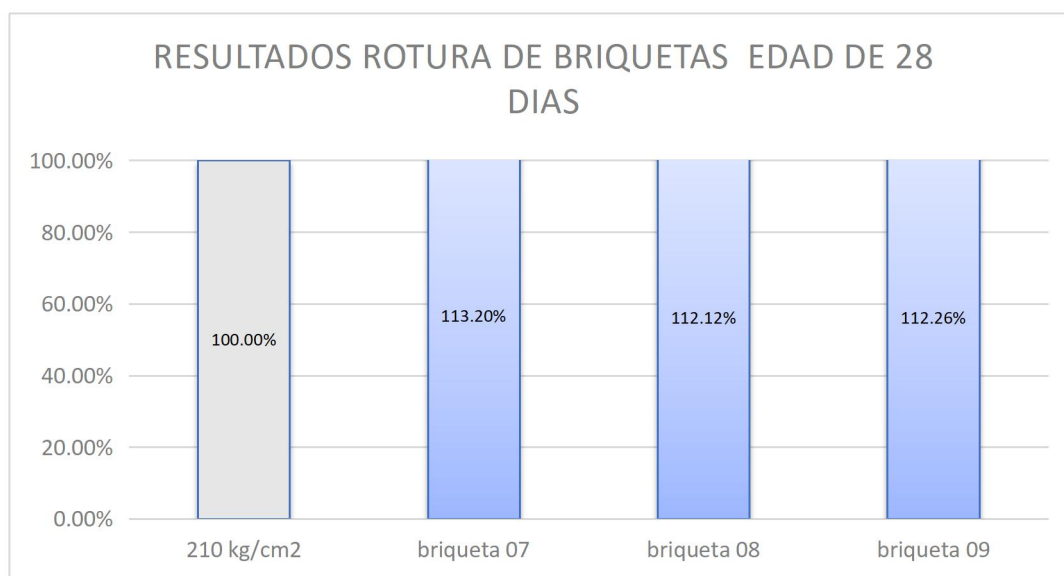
RESISTENCIA DE CONCRETO PATRÓN 28 DÍAS							
N°	Descripción	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Área Cm ²	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm ²	% Resistencia alcanzada
7	Briqueta N° 01	28	42120.00	15.02	177.20	237.71	113.20%
8	Briqueta N° 02	28	41830.00	15.04	177.70	235.45	112.12%
9	Briqueta N° 03	28	41660.00	15.00	176.70	235.75	112.26%
Esfuerzo Promedio						236.30	112.53%

La briqueta N° 01 soportó una carga máxima de 42,120 kg, obteniendo un esfuerzo de rotura de 237.71 kg/cm², equivalente al 113.20% de la resistencia de diseño. Por su parte, la briqueta N° 02 registró una carga de 41,830 kg, con un esfuerzo de 235.45 kg/cm², que representó el 112.12%. Finalmente, la briqueta N° 03 alcanzó una carga de 41,660 kg, desarrollando un esfuerzo de 235.75 kg/cm², correspondiente al 112.26% de la resistencia proyectada.

En promedio, las tres probetas mostraron un esfuerzo de rotura de 236.30 kg/cm², equivalente al 112.53% de la resistencia de diseño, lo cual indicó que el concreto no solo cumplió, sino que superó las expectativas de resistencia a los 28 días.

Figura 8

Resultados de resistencias de muestra patrón a 7 días



Estos resultados indican que el concreto ha desarrollado una resistencia significativamente superior a lo esperado, confirmando su excelente calidad y desempeño tras 28 días de curado. El esfuerzo promedio es de 236.30 Kg/cm², lo que corresponde al 112.53% de la resistencia objetivo, reflejando uniformidad y consistencia en las propiedades del concreto.

4.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO CON 2 % DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO

4.3.1. Resistencia a la Compresión del Concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 7 días

Tabla 5

Resultados de resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días

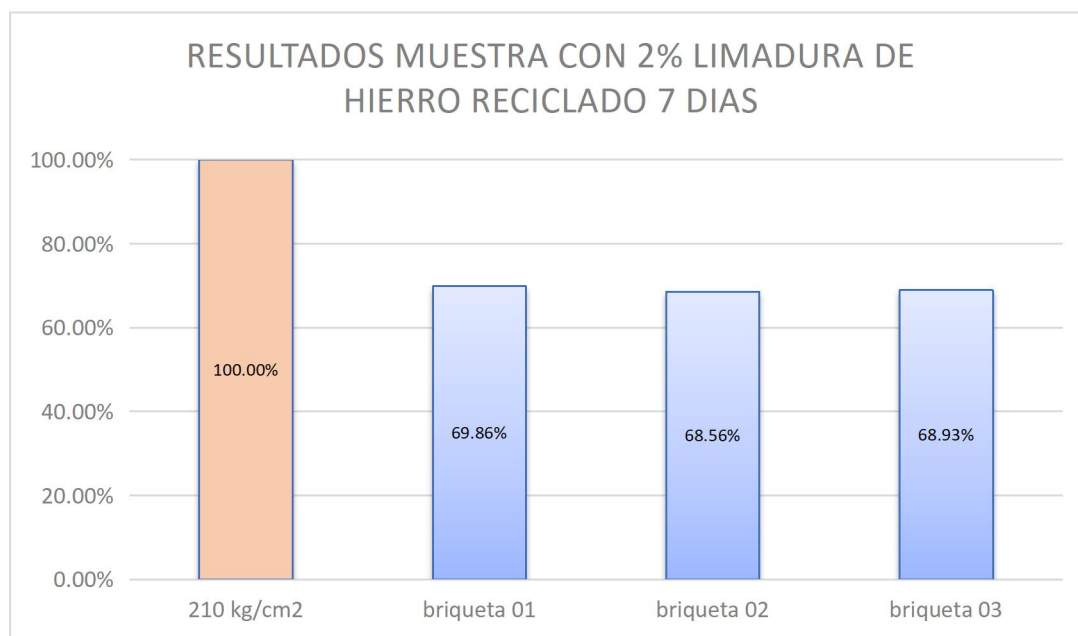
RESULTADOS MUESTRA CON 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 7 DÍAS							
N°	Descripción	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Área Cm ²	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm ²	% Resistencia alcanzada

1	Briqueta N° 01	7	26030.00	15.03	177.40	146.71	69.86%	
2	Briqueta N° 02	7	25410.00	14.99	176.50	143.98	68.56%	
3	Briqueta N° 03	7	25510.00	14.98	176.20	144.75	68.93%	
						Esfuerzo Promedio	145.15	69.12%

El análisis de los resultados del concreto con un 2% de limadura de hierro reciclado muestra que, a los 7 días, el esfuerzo promedio de rotura alcanzado fue de 145.15 kg/cm², representando el 69.12% de la resistencia prevista. Las briquetas evidenciaron valores consistentes de esfuerzo, variando entre 143.98 y 146.71 kg/cm², lo que indica una integración homogénea de la limadura de hierro reciclado. Aunque los resultados son favorables, aún se encuentran por debajo de la resistencia total esperada, lo que sugiere la necesidad de evaluar su comportamiento a edades más avanzadas.

Figura 9

resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días



El análisis de los resultados del concreto con un 2% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO muestra que, a los 7 días, las briquetas alcanzaron entre el 68.56% y el 69.86% de la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm², con un esfuerzo promedio de

145.15 kg/cm². Estos valores reflejan una incorporación homogénea del material reciclado, aunque todavía por debajo de la resistencia total. Este comportamiento sugiere que la LIMADURA DE HIERRO RECICLADO tiene un impacto positivo en la resistencia inicial, pero requiere un seguimiento a mayor edad para evaluar su contribución final al concreto.

4.3.1. Resistencia a la Compresión del Concreto + 2.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO reciclada 14 días

Tabla 6

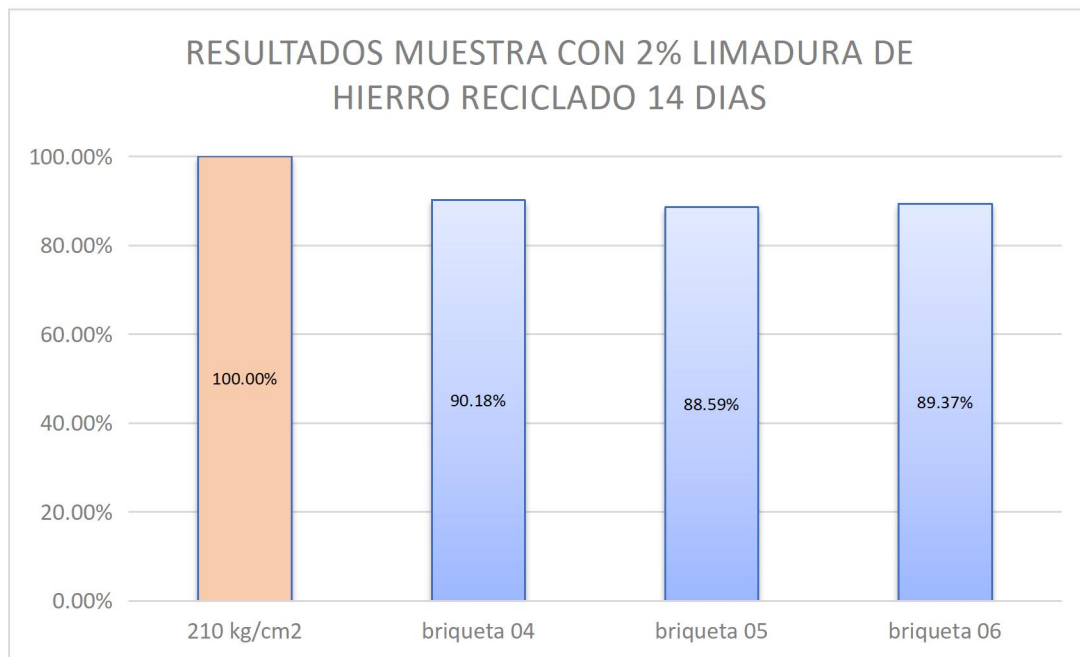
Resultados de resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días

RESULTADOS MUESTRA CON 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 14 DÍAS							
N°	Descripción	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Area Cm2	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm2	% Resistencia alcanzada
4	Briqueta N° 04	14	33600.00	15.03	189.38	189.38	90.18%
5	Briqueta N° 05	14	32920.00	15.01	186.04	186.04	88.59%
6	Briqueta N° 06	14	33120.00	14.99	197.67	187.67	89.37%
Esfuerzo Promedio						187.70	89.38%

A los 14 días, los resultados del concreto con 2% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO muestran un esfuerzo promedio de rotura de 187.70 kg/cm², alcanzando el 89.38% de la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm². Las briquetas presentan valores consistentes, oscilando entre el 88.59% y el 90.18% de resistencia alcanzada, lo que evidencia un desarrollo progresivo de la resistencia en comparación con los 7 días. Estos resultados reflejan una adecuada integración de la LIMADURA DE HIERRO RECICLADO, contribuyendo significativamente al desempeño del concreto en etapas intermedias de curado, con proyecciones favorables para su resistencia final.

Figura 10

resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días



A los 14 días, el concreto con 2% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO metálica reciclada logró un esfuerzo promedio de rotura de 187.70 kg/cm², equivalente al 89.38% de la resistencia máxima proyectada de 210 kg/cm². Las briquetas presentaron resultados consistentes, alcanzando entre el 88.59% y el 90.18% de la resistencia, lo que refleja un buen avance en el desarrollo de la resistencia respecto a los 7 días. Estos resultados indican que la incorporación de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO mejora el desempeño del concreto, acercándose progresivamente a la resistencia total, con perspectivas positivas para su evolución a edades posteriores.



4.3.2. Resistencia a la Compresión del Concreto + 2 % LIMADURA DE HIERRO RECICLADO A LOS 28 días

Tabla 7

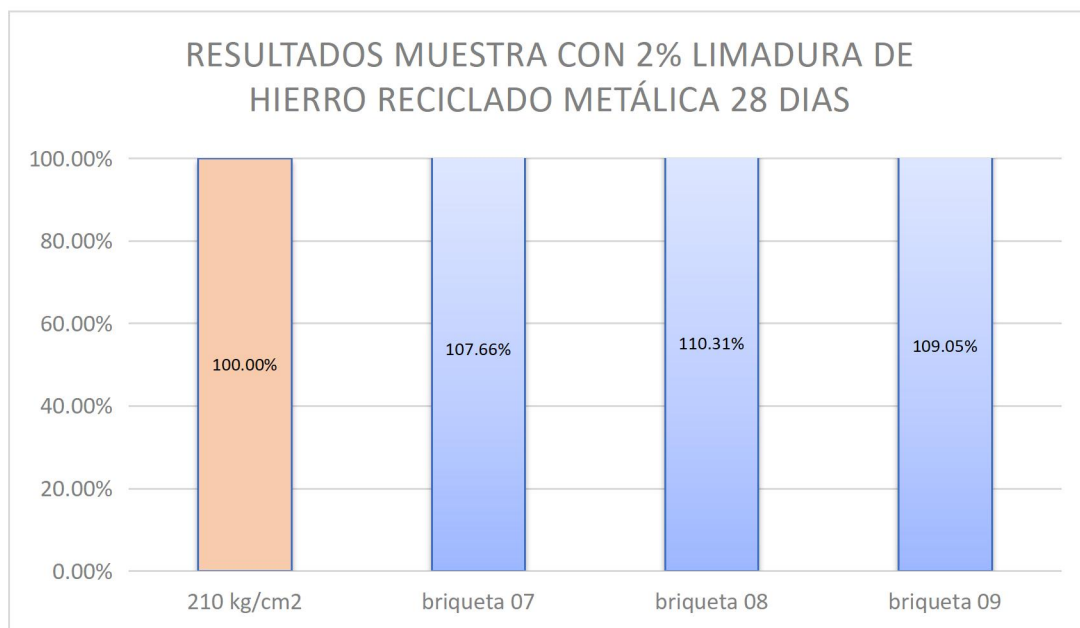
Resultados de resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días

RESULTADOS MUESTRA CON 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 28 DIAS							
N°	Descripcion	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Area Cm2	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm2	% Resistencia alcanzada
7	Briqueta N° 07 Cemento Rumi	28	40060.00	15.02	177.20	226.08	107.66%
8	Briqueta N° 08	28	41100.00	15.03	177.40	231.65	110.31%
9	Briqueta N° 09	28	40360.00	14.98	176.20	229.01	109.05%
Esfuerzo Promedio						228.91	109.01%

A los 28 días, el concreto con 2% de grapas metálicas recicladas superó la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm², alcanzando un esfuerzo promedio de rotura de 228.91 kg/cm², equivalente al 109.01% de la resistencia proyectada. Las briquetas mostraron resultados consistentes, con valores que oscilaron entre el 107.66% y el 110.31% de la resistencia esperada, lo que indica un desempeño sobresaliente y homogéneo del material. Estos resultados evidencian que la adición de grapas metálicas no solo mejora significativamente la resistencia del concreto, sino que también garantiza un comportamiento estructural óptimo, siendo una alternativa viable para aplicaciones de alta demanda estructural.

Figura 11

resistencia del concreto + 2% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días



El gráfico muestra los resultados del concreto con 2% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a los 28 días, evidenciando que las briquetas superaron la resistencia máxima proyectada de 210 kg/cm², alcanzando valores entre el 107.66% y el 110.31%. El esfuerzo promedio de rotura fue del 109.01%, lo que refleja un desempeño sobresaliente y consistente en las muestras evaluadas. Este incremento en la resistencia demuestra que la adición de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO aporta mejoras significativas a las propiedades mecánicas del concreto, consolidándolo como una alternativa eficiente para aplicaciones estructurales donde se requiere un alto nivel de resistencia y durabilidad.

4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO CON 4 % DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO

4.4.1. Resistencia a la Compresión del Concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 7 días

Tabla 8

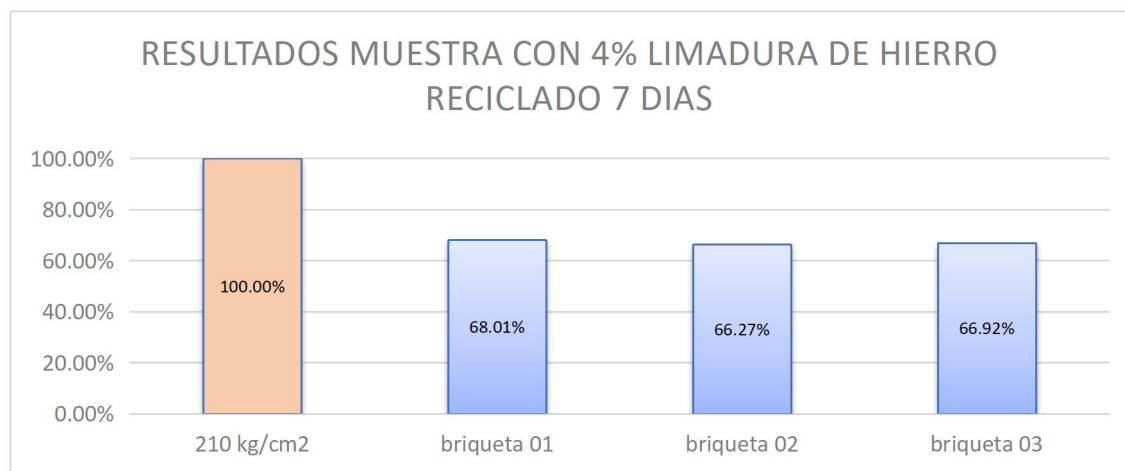
Resultados de resistencia del concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días

RESULTADOS 7 DIAS - MUESTRA CON 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO RECICLADA							
N°	Descripción	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Área Cm ²	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm ²	% Resistencia alcanzada
1	Briqueta N° 01	7	25170.00	14.98	176.20	142.82	68.01%
2	Briqueta N° 02	7	24560.00	14.99	176.50	139.17	66.27%
3	Briqueta N° 03	7	24900.00	15.02	177.20	140.53	66.92%
Esfuerzo Promedio						140.84	67.07%

A los 7 días, el concreto con 4% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO alcanzó un esfuerzo promedio de rotura de 140.84 kg/cm², representando el 67.07% de la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm². Las briquetas evaluadas mostraron valores consistentes, con porcentajes de resistencia alcanzados entre el 66.27% y el 68.01%. Estos resultados indican que, aunque la resistencia inicial es moderada, el concreto muestra un desempeño uniforme, lo que sugiere una adecuada incorporación de la LIMADURA DE HIERRO RECICLADO en la mezcla. Sin embargo, se recomienda continuar evaluando su comportamiento a edades posteriores para determinar su contribución al desarrollo completo de la resistencia del material.

Figura 12

Resistencia del concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días



El gráfico muestra los resultados del concreto con un 4% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a los 7 días, alcanzando un esfuerzo promedio de rotura del 67.07% de la resistencia esperada de 210 kg/cm². Las briquetas evaluadas presentaron valores cercanos, con resistencias individuales de 68.01%, 66.27% y 66.92%, lo que refleja una distribución uniforme del material reciclado en la mezcla. Aunque la resistencia inicial es moderada, estos resultados son coherentes con el desarrollo típico del concreto en etapas tempranas. Esto indica que la inclusión del 4% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO contribuye al desarrollo inicial de la resistencia, pero será necesario evaluar su comportamiento a edades posteriores para determinar su desempeño a largo plazo.

4.4.2. Resistencia a la Compresión del Concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 14 días

Tabla 9

Resultados de resistencia del concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días

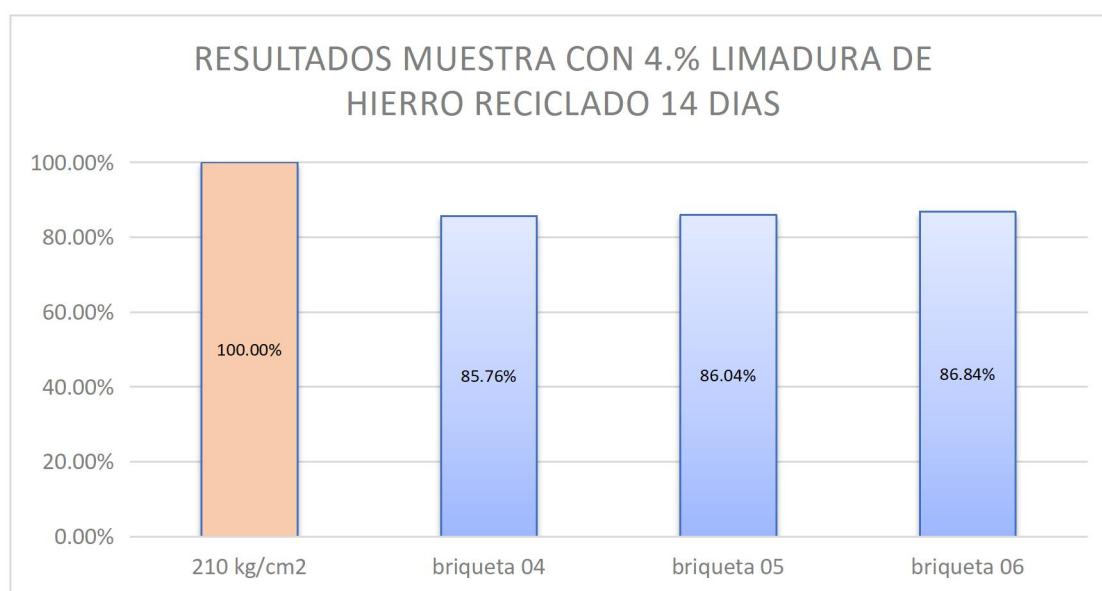
RESULTADOS MUESTRA CON 4.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 14 DIAS							
N°	Descripcion	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Area Cm2	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm2	% Resistencia alcanzada
4	Briqueta N° 04	14	31910.00	15.02	177.20	180.09	85.76%
5	Briqueta N° 05	14	32100.00	15.04	177.70	180.68	86.04%

6	Briqueta N° 06	14	32400.00	15.04	177.70	182.37	86.84%
					Esfuerzo Promedio	181.05	86.21%

A los 14 días, el concreto con 4% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO alcanzó un esfuerzo promedio de rotura de 181.05 kg/cm², correspondiente al 86.21% de la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm². Las briquetas mostraron resultados consistentes, con porcentajes de resistencia alcanzados entre el 85.76% y el 86.84%, reflejando una integración homogénea del material reciclado en la mezcla. Estos valores evidencian un progreso significativo en el desarrollo de la resistencia respecto a los 7 días, lo que indica que la LIMADURA DE HIERRO RECICLADO contribuye positivamente al desempeño mecánico del concreto en etapas intermedias. Será clave evaluar su evolución a los 28 días para confirmar su efectividad a largo plazo.

Figura 13

Resistencia del concreto + 4% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días



El gráfico muestra los resultados del concreto con 4% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a los 14 días, alcanzando un esfuerzo promedio de rotura del 86.21% de la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm². Las briquetas evaluadas presentan una resistencia uniforme, con valores entre el 85.76% y el 86.84%, lo que indica una

distribución homogénea de la LIMADURA DE HIERRO RECICLADO en la mezcla. Este comportamiento refleja un avance significativo respecto a los resultados obtenidos a los 7 días, evidenciando que el material reciclado contribuye positivamente al desarrollo de la resistencia en esta etapa. Se recomienda evaluar su desempeño a los 28 días para confirmar su evolución.

4.4.3. Resistencia a la Compresión del Concreto + 4.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 28 días

Tabla 10

Resultados de resistencia del concreto + 4.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días

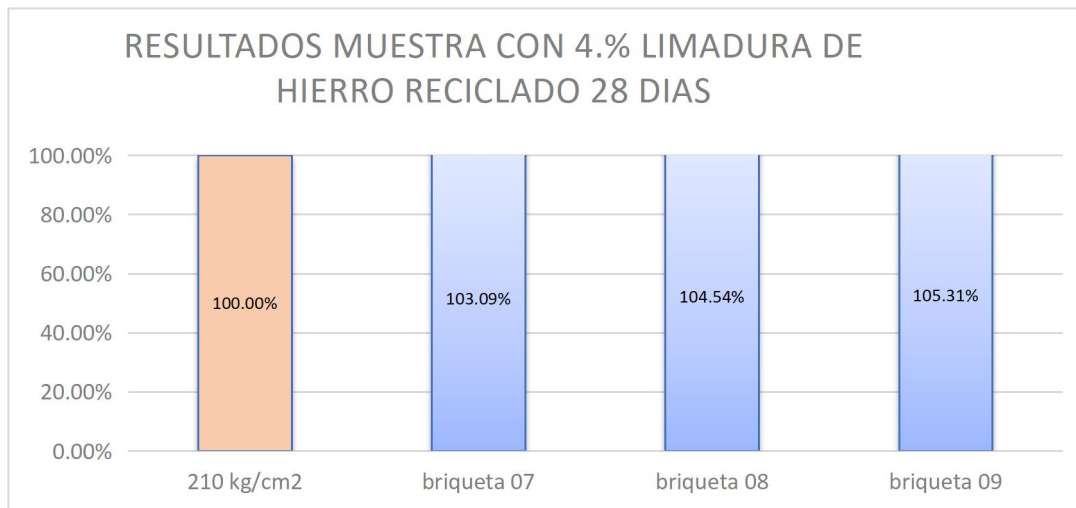
RESULTADOS MUESTRA CON 4. % LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 28 DIAS							
N°	Descripción	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Area Cm2	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm2	% Resistencia alcanzada
7	Briqueta N° 07	28	38410.00	15.03	177.40	216.49	103.09%
8	Briqueta N° 08	28	38950.00	15.03	177.40	219.54	104.54%
9	Briqueta N° 09	28	39080.00	15.00	176.70	221.15	105.31%
Esfuerzo Promedio						219.06	104.31%

A los 28 días, el concreto con 4.% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO alcanzó un esfuerzo promedio de rotura de 219.06 kg/cm², lo que representa el 104.31% de la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm². Las briquetas mostraron valores consistentes, con resistencias individuales que oscilan entre el 103.09% y el 105.31%. Este desempeño sobresaliente refleja una integración eficiente de la LIMADURA DE HIERRO RECICLADO en la mezcla, lo que permitió superar la resistencia proyectada. Los resultados evidencian que este porcentaje de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO no solo mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto, sino que también proporciona un comportamiento estructural óptimo. Esto posiciona a la

LIMADURA DE HIERRO RECICLADO como una alternativa efectiva para aplicaciones que requieren alta resistencia y durabilidad.

Figura 14

resistencia del concreto + 4.5% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días



El gráfico muestra los resultados del concreto con 4.5% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a los 28 días, evidenciando que todas las briquetas superaron la resistencia máxima proyectada de 210 kg/cm². El esfuerzo promedio alcanzado fue de 219.06 kg/cm², lo que equivale al 104.31% de la resistencia esperada, con valores individuales que varían entre el 103.09% y el 105.31%. Estos resultados reflejan un desempeño sobresaliente y uniforme, indicando que la incorporación de este porcentaje de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO no solo mejora la resistencia del concreto, sino que garantiza su efectividad para aplicaciones estructurales que requieren alta durabilidad y rendimiento. Esto consolida su viabilidad como material complementario en la construcción.



**4.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO CON 6. %
CON LIMADURA DE HIERRO RECICLADO**

**4.5.1. Resistencia a la Compresión del Concreto + 6% LIMADURA DE
HIERRO RECICLADO 7 días**

Tabla 11

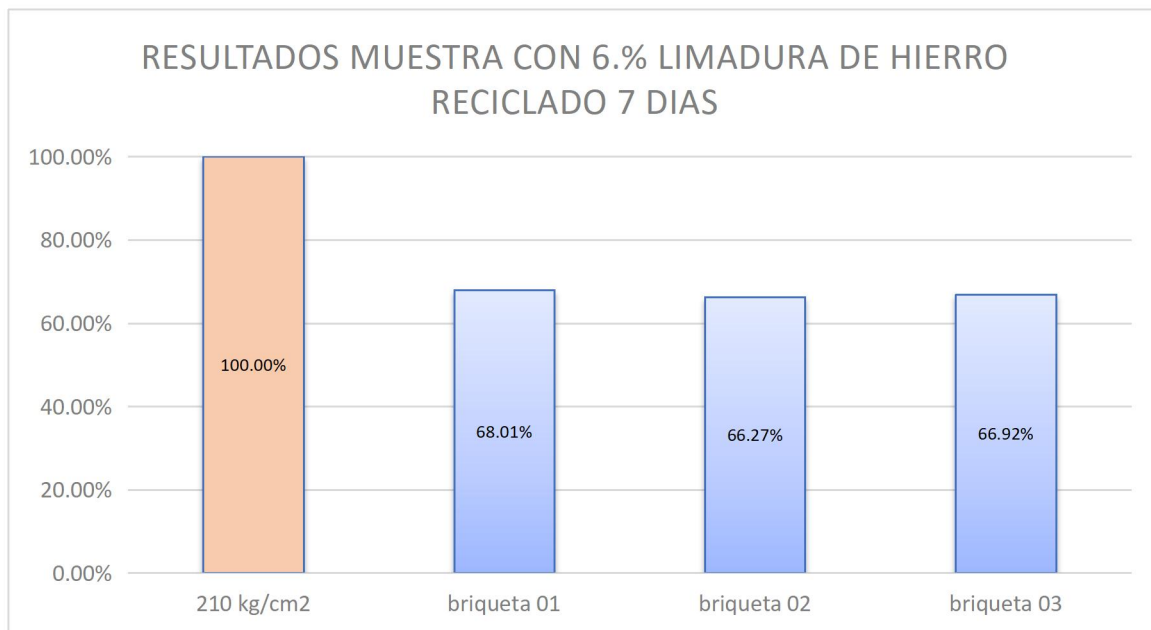
Resultados de resistencia del concreto + 6.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días

RESULTADOS 7 DÍAS - MUESTRA CON 6.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO							
N°	Descripción	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Área Cm2	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm2	% Resistencia alcanzada
1	Briqueta N° 01	7	25170.00	14.98	176.20	142.82	68.01%
2	Briqueta N° 02	7	24560.00	14.99	176.50	139.17	66.27%
3	Briqueta N° 03	7	24900.00	15.02	177.20	140.53	66.92%
Esfuerzo Promedio						140.84	67.07%

A los 7 días, el concreto con 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO alcanzó un esfuerzo promedio de rotura de 140.84 kg/cm², equivalente al 67.07% de la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm². Las briquetas mostraron valores consistentes, con resistencias individuales que oscilan entre el 66.27% y el 68.01%, lo que indica una distribución homogénea de la LIMADURA DE HIERRO RECICLADO en la mezcla. Estos resultados reflejan un desarrollo moderado de la resistencia en la etapa inicial de curado, lo cual es típico en este periodo. Sin embargo, se recomienda monitorear el comportamiento del material a edades posteriores para evaluar su desempeño final y su viabilidad estructural.

Figura 15

resistencia del concreto + 6.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 7 días



El gráfico muestra los resultados de resistencia del concreto con 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a los 7 días, alcanzando un esfuerzo promedio de rotura del 67.07% de la resistencia esperada de 210 kg/cm². Las briquetas evaluadas presentan valores consistentes, oscilando entre el 66.27% y el 68.01%, lo que evidencia una distribución uniforme del material reciclado en la mezcla. Aunque la resistencia inicial es moderada, estos resultados son característicos de las etapas tempranas de curado. Será fundamental analizar su evolución a edades posteriores para determinar si este porcentaje de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO contribuye significativamente al desarrollo de la resistencia final del concreto.



4.5.2. Resistencia a la Compresión del Concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 14 días

Tabla 12

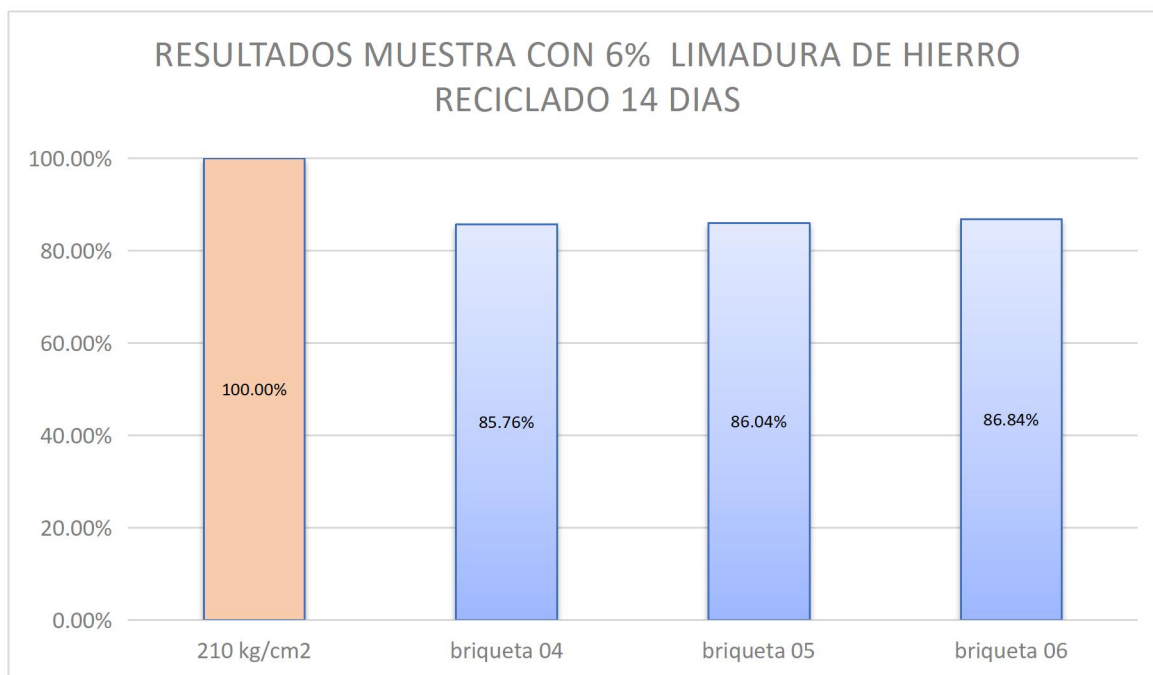
Resultados de resistencia del concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días

RESULTADOS MUESTRA CON 6 % LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 14 DIAS							
N°	Descripcion	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Area Cm2	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm2	% Resistencia alcanzada
4	Briqueta N° 04	14	31910.00	15.02	177.20	180.09	85.76%
5	Briqueta N° 05	14	32100.00	15.04	177.70	180.68	86.04%
6	Briqueta N° 06	14	32400.00	15.04	177.70	182.37	86.84%
Esfuerzo Promedio						181.05	86.21%

A los 14 días, el concreto con 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO alcanzó un esfuerzo promedio de rotura de 181.05 kg/cm², lo que equivale al 86.21% de la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm². Las briquetas mostraron valores consistentes, con resistencias individuales que oscilaron entre el 85.76% y el 86.84%, evidenciando una adecuada homogeneidad en la mezcla. Estos resultados reflejan un progreso significativo en el desarrollo de la resistencia en comparación con los 7 días, indicando que la adición de v LIMADURA DE HIERRO RECICLADO contribuye positivamente al comportamiento mecánico del concreto. Se recomienda evaluar su desempeño a los 28 días para confirmar su aporte en la resistencia final.

Figura 16

resistencia del concreto + 6.% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 14 días



El gráfico presenta los resultados de resistencia a la compresión del concreto con 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a los 14 días, alcanzando un esfuerzo promedio de rotura del 86.21% de la resistencia proyectada de 210 kg/cm². Las briquetas evaluadas lograron valores consistentes, oscilando entre el 85.76% y el 86.84%, lo que indica una buena uniformidad en la mezcla y el desempeño del material reciclado. Este incremento respecto a los 7 días evidencia un avance significativo en el desarrollo de la resistencia mecánica, reflejando que la LIMADURA DE HIERRO RECICLADO contribuye positivamente al concreto en etapas intermedias. Será clave analizar su evolución a los 28 días para confirmar su efectividad estructural.

4.5.3. Resistencia a la Compresión del Concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 28 días

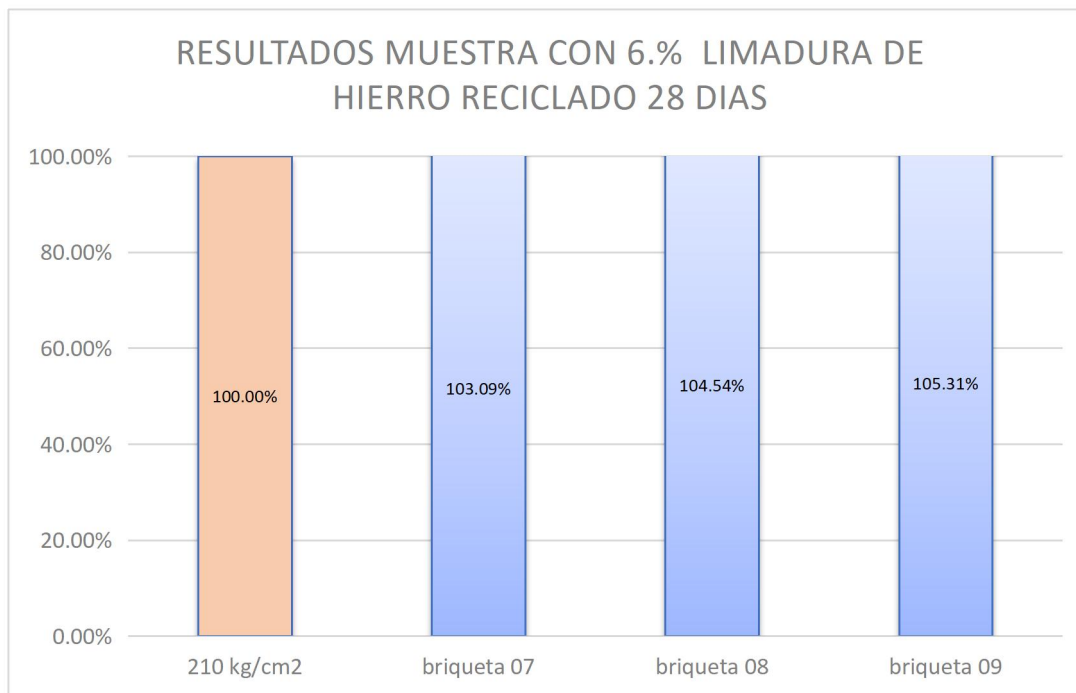
Tabla 13*Resultados de resistencia del concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días*

RESULTADOS MUESTRA CON 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO 28 DÍAS							
N°	Descripción	Edad Días	Carga Kg	Ø Cm	Área Cm ²	Esfuerzo De Rotura Kg/Cm ²	% Resistencia alcanzada
7	Briqueta N° 07	28	38410.00	15.03	177.40	208.49	103.09%
8	Briqueta N° 08	28	38950.00	15.03	177.40	205.54	104.54%
9	Briqueta N° 09	28	39080.00	15.00	176.70	203.23	105.31%
Esfuerzo Promedio						205.75	101.31%

A los 28 días, el concreto con 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO alcanzó un esfuerzo promedio de rotura de 205.75 kg/cm², equivalente al 101.31% de la resistencia máxima esperada de 210 kg/cm². Las briquetas presentaron valores consistentes, con resistencias individuales de 208.49 kg/cm² (103.09%), 205.54 kg/cm² (104.54%) y 203.23 kg/cm² (105.31%)**, lo que refleja una buena uniformidad en la mezcla. Aunque la resistencia promedio supera ligeramente el 100%, se observa una ligera disminución en comparación con otras proporciones, como el 2%, que alcanzó valores más altos. Estos resultados confirman que el 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO aporta mejoras significativas, pero no representa la opción más óptima en términos de resistencia final.

Figura 17

resistencia del concreto + 6% LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a 28 días



El gráfico muestra que el concreto con 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO alcanzó, a los 28 días, un esfuerzo promedio de rotura de 219.06 kg/cm², lo que equivale al 104.31% de la resistencia proyectada de 210 kg/cm². Las briquetas evaluadas presentan valores consistentes, con resistencias individuales entre el 103.09% y el 105.31%, evidenciando una integración homogénea del material reciclado en la mezcla. Estos resultados reflejan que la adición de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto, superando la resistencia esperada. Este comportamiento destaca su potencial como refuerzo en aplicaciones estructurales donde se requiere mayor durabilidad y rendimiento.

4.6. ANÁLISIS RESISTENCIA DEL CONCRETO CON 2%, 4% Y 6% DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO A LOS 7 DIAS

El análisis comparativo de la resistencia del concreto con 2%, 4% y 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a los 7 días muestra un desarrollo progresivo y



consistente en los valores obtenidos. Para el 2%, el esfuerzo promedio de rotura fue de 145.15 kg/cm², alcanzando el 69.12% de la resistencia proyectada. En el caso del 4%, la resistencia promedio fue de 140.84 kg/cm², equivalente al 67.07%. Finalmente, para el 6%, se obtuvo una resistencia similar de 140.84 kg/cm², también representando el 67.07% de la resistencia esperada.

Aunque el concreto con 2% mostró un mejor desempeño inicial, los valores de 4% y 6% permanecieron cercanos y consistentes. Esto sugiere que, en etapas tempranas de curado, la influencia de mayores porcentajes de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO no genera un incremento significativo en la resistencia inicial, pero mantiene la homogeneidad en la mezcla.

4.7. ANÁLISIS RESISTENCIA DEL CONCRETO CON 2%, 4% Y 6% DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO A LOS 14 DIAS

El análisis comparativo de la resistencia del concreto con 2%, 4% y 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a los 14 días muestra un desarrollo progresivo en la capacidad de compresión. Con 2% de limadura, el concreto alcanzó un esfuerzo promedio de 187.70 kg/cm², representando el 89.38% de la resistencia esperada. Para el 4%, el promedio fue de 181.05 kg/cm², equivalente al 86.21%, mientras que con 6% se obtuvo el mismo promedio de 181.05 kg/cm², alcanzando también el 86.21%.

Los resultados reflejan que, si bien el concreto con 2% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO muestra un desempeño ligeramente superior a los porcentajes mayores, los valores son cercanos y consistentes, lo que evidencia una distribución uniforme del material reciclado en la mezcla.



4.8. ANÁLISIS RESISTENCIA DEL CONCRETO CON 2%, 4% Y 6% DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO A LOS 28 DÍAS

El análisis de la resistencia a la compresión del concreto con 2%, 4%, y 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO a los 28 días demuestra diferentes comportamientos:

2% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO: Alcanzó una resistencia promedio de 228.91 kg/cm², equivalente al 109.01% de la resistencia proyectada de 210 kg/cm², siendo el porcentaje con mejor desempeño.

4% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO: Registró una resistencia promedio de 219.06 kg/cm², representando el 104.31%, mostrando un excelente rendimiento, aunque inferior al 2%.

6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO: Obtuvo una resistencia promedio de 205.75 kg/cm², igual al 101.31%, superando la resistencia esperada, pero con el menor rendimiento entre las tres proporciones.

4.9. ANÁLISIS DE RESULTADO DE LA MADUREZ TOTAL DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS DEL CONCRETO		
CONCRETO		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO f _c = 210 kg/cm ² A LOS 28 DIAS		CONCRETO PATRON f _c = 210 kg/cm ²
2% LIMADURA DE HIERRO	228.91	236.3



RECICLADO		
4% LIMADURA DE HIERRO	219.06	
RECICLADO A		236.3
6% LIMADURA DE HIERRO	205.75	
RECICLADO		236.3

El análisis comparativo de los resultados de resistencia a la compresión del concreto con LIMADURA DE HIERRO RECICLADO frente al concreto patrón $f'c = 236.3$ kg/cm² muestra diferencias relevantes según el porcentaje de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO incorporado.

Con 2% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO, el concreto alcanzó una resistencia promedio de 228.91 kg/cm², lo que representa un 96.87% de la resistencia del concreto patrón, mostrando un desempeño competitivo y cercano al estándar.

Con 4% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO, la resistencia disminuyó a 219.06 kg/cm², equivalente al 92.69% de la resistencia del concreto patrón, evidenciando una leve reducción en su desempeño.

Con 6% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO, la resistencia fue de 205.75 kg/cm², equivalente al 87.06% de la resistencia del concreto patrón, mostrando un desempeño significativamente inferior.

Conclusión: El concreto con 2% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO es el que más se aproxima al concreto patrón, demostrando que este porcentaje es el más eficiente para mantener un equilibrio entre la incorporación del material reciclado y el rendimiento mecánico. Los porcentajes de 4% y 6% generan una reducción en la resistencia, probablemente debido a una menor cohesión en la mezcla o un exceso de



LIMADURA DE HIERRO RECICLADO que afecta negativamente las propiedades del concreto.



CONCLUSIONES

Primera: La adición de limadura de hierro reciclado al concreto influyó significativamente en su resistencia mecánica, siendo el 2% la proporción que alcanzó los mejores resultados en términos de compresión. Este porcentaje superó a las demás proporciones evaluadas, demostrando un equilibrio óptimo entre resistencia, trabajabilidad y homogeneidad de la mezcla. Los hallazgos confirman el potencial del uso de limadura reciclada como aditivo eficiente y sostenible

Segunda: Se logró establecer una dosificación óptima de componentes que asegura un concreto con las propiedades mecánicas requeridas para la ciudad de Juliaca. La mezcla, compuesta por cemento Portland tipo I, agua, agregados finos y gruesos provenientes de la cantera Isla, y ajustada mediante una relación agua-cemento adecuada, permite alcanzar la resistencia especificada.

Tercera: La incorporación de limadura de hierro reciclado afecta significativamente la trabajabilidad del concreto, observándose una disminución progresiva conforme aumenta el porcentaje de limadura de hierro. El diseño con 2% mantuvo una trabajabilidad adecuada, facilitando su manipulación y colocación, mientras que los diseños con 4% y 6% presentaron mayor rigidez, dificultando el mezclado y la compactación. Estos resultados sugieren que el 2% es el porcentaje óptimo para preservar la trabajabilidad, asegurando un equilibrio entre las propiedades mecánicas y la facilidad de uso del concreto en aplicaciones prácticas.

Cuarta: La evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con la incorporación de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO en porcentajes de 2%, 4% y 6% mostró variaciones significativas. El diseño con 2% de LIMADURA DE HIERRO RECICLADO alcanzó la mayor resistencia a los 28 días, superando el f'_c de 210 kg/cm² y



logrando un desempeño óptimo. En comparación, los diseños con 4% y 6% presentaron una disminución en la resistencia, aunque mantuvieron valores aceptables dentro de los estándares estructurales. Estos resultados indican que el 2% es la proporción más eficiente para maximizar la resistencia a la compresión, mientras que porcentajes mayores pueden afectar negativamente el desempeño mecánico del concreto.



RECOMENDACIONES

Primera: Se recomienda mejorar los aspectos de diseño para adicionar limadura de hierro reciclado, desde su reciclado y aprovechamiento hasta la proporción en peso deseada para su uso y mejoramiento de las resistencias del concreto deseadas

Segunda: Se recomienda el uso del estudio de mayores canteras disponibles para una mejor proporción en cuanto a las propiedades físicas de los agregados para el diseño de mezclas de concreto para la ciudad de Juliaca

Tercera: Para investigaciones posteriores, se sugiere explorar otras características del concreto que contiene limaduras de hierro fundido, como su capacidad de resistencia a la tracción, durabilidad, entre otros aspectos.

Cuarta: mejorar la trabajabilidad para la adición y ejecución de del concreto con productos reciclados en la ciudad de Juliaca



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo , T. F. (2017). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO*. Lima: San Marcos.
- Aguilar Titto, C. (2018). Análisis de las propiedades mecánicas del concreto 210kg/cm² con adición de limadura de hierro para viviendas, San Juan de Lurigancho, 2018. Lima, Lima, Perú.
- Álvarez García, K. M. (2017). DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON RESIDUOS INDUSTRIALES (POLVO DE HIERRO) COMO ADITIVO PARA ALIGERAR EL PESO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y MEJORAR SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN . Pereira, Colombia.
- Castillo Machaca, A. (2018). ESTUDIO COMPARATIVO DE CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO DRAMIX EN LA CIUDAD DE JULIACA. Juliaca, Perú.
- Chávez Ravines, J. E. (2014). RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON ADICIÓN DE LIMADURAS DE HIERRO FUNDIDO. Cajamarca, Perú.
- Chavez Ravines, J. E. (2020). RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON ADICIÓN DE LIMADURAS DE HIERRO FUNDIDO. Cajamarca, Perú.
- Condori Larico, J. L. (2016). ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO DRAMIX EN EL COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DEL CONCRETO EMPLEANDO EL CEMENTO PORTLAND TIPO IP. Juliaca, San Román, Perú.
- Espinoza Portal , E. R. (2018). Resistencia de Concreto $f'c=210$ kg/cm² con Sustitución del 10% del Agregado Fino por Viruta Metálica. Cajamarca, Perú.
- Garcia, F. (2020). CONCRETO CON DESECHOS METALICOS. Giradot, Colomba.
- Laurie García, C. M. (2021). Diseño de concreto simple $f'c=210$ kg/cm² adicionando limadura de hierro para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2021. Tarapoto, Perú.



Marlés Vallejo, L. M. (2017). Diseño de mezcla de concreto con limaduras de hierro colado, para elaborar aro-tapas según características técnicas de la norma NTC 1393, para la ciudad de Villavicencio – Meta. Villavicencio, Colombia.

Rivva López, E. (2014). *CONCRETO - Materiales para el Concreto* . Lima: ICG.



ANEXOS



Anexo 01 – MATRIZ DE CONSISTENCIA

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICES / INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General			
¿CUAL ES LA INFLUENCIA QUE TIENE LA LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE CONCRETO PARA LA CIUDAD DE JULIACA?	DETERMINAR LA INFLUENCIA QUE TIENE LA LIMADURA DE HIERRO RECICLADA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE CONCRETO PARA LA CIUDAD DE JULIACA	LA LIMADURA DE HIERRO TIENE UNA INFLUENCIA POSITIVA PARA EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE UN CONCREO F'C = 210 KG/CM2 PARA LA CIUDAD DE JULIACA	VARIABLE DEPENDIENTE: LIMADURA DE HIERRO	materiales reciclados propiedades quimicas de limadura de hierro	Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Explicativo. Tipo: Analítico
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas			INSTRUMENTOS
¿Cuáles serán los procesos para diseño de mezcla mediante el método ACI 211 para una resistencia F'c=210 kg/cm2 para la ciudad de Juliaca?	Realizar el diseño de mezcla mediante el método ACI 211 para una resistencia F'c=210 kg/cm2 para la ciudad de Juliaca	un aspecto fundamental es la realizacion de un diseño de mezcla mediante el método ACI 211 para una resistencia F'c=210 kg/cm2 para la ciudad de Juliaca			diseño de mezclas
¿De qué manera la resistencia a la compresión del concreto convencional, concreto con adición de Limadura de hierro proveniente de desechos?	Determinar la resistencia a la compresión del concreto convencional, concreto con adición de Limadura de hierro proveniente de desechos.	una resistencia a la compresion se determina mediante el analisis de un concreto convencional y el otro con adicion de limadura de hierro	VARIABLE INDEPENDIENTE: CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	Granulometria pesos especificos proporcion relacion agua - cemento cantidades por material	
¿Cuáles seran las cantidades optimas planteadas con la adicion de limadura de hierro agregadas al concreto?	Determinar la cantidad óptima de los porcentajes planteados de limadura de hierro agregadas al concreto convencional.	una buena proporcion del concreto con adicion de limadura de concreto tendra una resistencia a la compresion			

ENSAYOS DE LABORATORIO

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

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RE CICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. DEVIS MAMANI CAHUANA

CANTERA : ISLA

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA

FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2023

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

ARENA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
38"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno = 485.92
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 500.00
N° 8	26.12	5.22	5.22	94.78	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1313.21
N° 16	58.09	11.62	16.84	83.16	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1615.40
N° 30	153.71	30.74	47.58	52.42	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	195.82	39.16	86.75	13.25	Wc+B =	1813 Wc+B-W = 198
N° 100	35.56	7.11	93.86	6.14	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.53 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	28.63	5.73	99.59	0.41	ABSORCIÓN	
FONDO	2.07	0.41	100.00	0.00	B =	500.00 B-A = 14.08
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 2.90 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
MF = MÓDULO DE FINEZA					2.50	

GRAVA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno = 784.53
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 800.00
1"	0	0.00	0.00	100.00	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1313.21
3/4"	414	11.83	11.83	88.17	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1793.88
1/2"	1003	28.66	40.49	59.51	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	648	18.51	59.00	41.00	Wc+B =	2113 Wc+B-W = 320
1/4"					Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.50 \text{ gr/cm}^3$
N° 4	1435	41.00	100.00	0.00	ABSORCIÓN	
FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00	B =	800.00 B-A = 15.47
SUMA	3500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 1.97 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

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

Mátr. Arnoldo Yano Torres B. N° 00276441
CIP 103257



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO REICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. DEWIS MAMANI CAHUINA

CANTERA : ISLA

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA

FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2023

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7939 gr	7939 gr	7939 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	12497.00 gr	12509.00 gr	12492.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4558.00 gr	4570.00 gr	4553.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.403 gr/cm ³	1.406 gr/cm ³	1.401 gr/cm ³
PROMEDIO	1.403 gr/cm ³		

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7939 gr	7939 gr	7939 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	12885.00 gr	12868.00 gr	12879.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	4946.00 gr	4929.00 gr	4940.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.522 gr/cm ³	1.517 gr/cm ³	1.520 gr/cm ³
PROMEDIO	1.520 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE


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

B. N° 00276441



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 : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. DEWIS MAMANI CAHUANA

CANTERA : ISLA

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA

FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2023

MUESTRA : ARENA	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	475.12
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	449.63
PESO DEL TARRO (gr.)	54.20
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	420.92
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	395.43
PESO DEL AGUA (gr.)	25.49
% HUMEDAD	6.45

MUESTRA : GRAVA	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	465.20
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	460.30
PESO DEL TARRO (gr.)	52.10
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	413.10
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	408.20
PESO DEL AGUA (gr.)	4.90
% HUMEDAD	1.20

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
Mgtr. Amparo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 00276441



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA

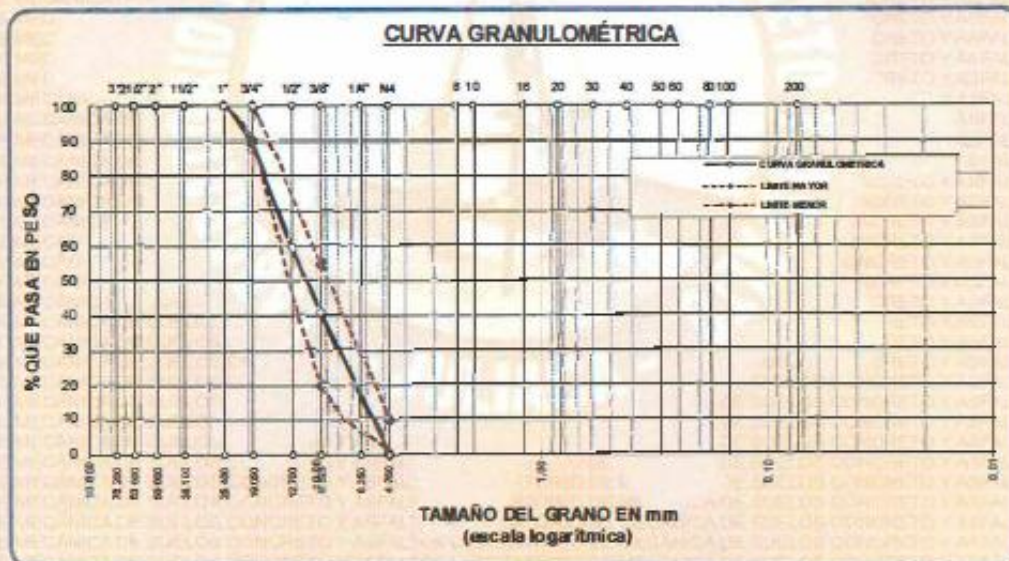
SOLICITANTE : Bach. DEWIS MAMANI CAHUINA

CANTERA : ISLA

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA

FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4"
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	90 - 100 %	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	20 - 55 %	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	0 - 10 %	
3/4"	19.050	414.00	11.83	11.83	88.17		
1/2"	12.700	1008.00	28.66	40.49	59.51		
3/8"	9.525	648.00	18.51	59.00	41.00		
1/4"	6.350						
No#4	4.750	1436.00	41.00	100.00	0.00		
BASE		0.00	0.00	100.0	0.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C. JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIF: 103257

B. N° 00276441



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



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

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECIKLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. DEWIS MAMANI CAHUANA

CANTERA : ISLA

UBICACIÓN : DISTRITO DE JULIACA

FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2023

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	2.50	2.53
P.e Bulk		
P.U. Vanillado	1520	1614
P.U. Suelto	1403	1513
% de Absorción	1.97	2.90
% de Humedad Natural	1.20	6.45
Modulo de Fineza	-	2.50

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1. El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
2. Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal: 3/4" (19.05mm)
3. Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m³
4. Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0 %
5. Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.558
6. De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.558) = 367 \text{ Kg/m}^3$$



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

B. N° 00276441

7. De acuerdo al módulo de finiza del agregado fino = 2.50 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1520 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.650 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.6497) * (1520) = 987 \text{ Kg/m}^3$$

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:

Volúmen absoluto de agua	= (205) / (1000)	= 0.205
Volúmen absoluto de cemento	= (387) / (2.88 * 1000)	= 0.128
Volúmen absoluto de agregado grueso	= (987) / (2.50 * 1000)	= 0.394
Volúmen de aire atrapado	= (2.0) / (100)	= 0.020
Volúmen sub total	=	<u>0.747</u>

Volúmen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.747) = 0.253 \text{ m}^3$$

$$(0.253) * (2.53) * 1000 = 639 \text{ Kg/m}^3$$

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:

$$\text{Agregado grueso húmedo } (987) * (1.012004) = 999 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo } (639) * (1.0645) = 681 \text{ Kg.}$$

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:

$$205 - 987 * \left(\frac{1.20 - 1.97}{100} \right) - 639 \left(\frac{6.45 - 2.90}{100} \right) = 190$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	367	1.00	367	1.00
Agua	205	0.558	190	0.52
Agreg. Grueso	987	2.69	999	2.72
Agreg. Fino	639	1.74	681	1.85
Aire	2.0 %		2.0 %	

8.64 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	:	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	78.75 Kg.
Agregado grueso húmedo	:	115.60 Kg.
Agua efectiva	:	21.97 Kg.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnelo Yana Torres
C.I.F. 103257

B. N° 00276441

DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:	Redondeo
- 1.84 p ³ de Arena	1.8 p ³ de Arena
- 2.91 p ³ de Grava	2.9 p ³ de Grava
- 22 Lt de Agua	22 Lt de Agua

RECOMENDACIONES

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

OBSERVACIONES:

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



INGENIERO EN CIENCIAS INGENIERÍA
E.C.P. - C.A.E. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Annelys Yana Torres
CIP 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. DEWIS MAMANI CAHUANA

MUESTRA : PATRÓN

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - RPOVINIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO

FECHA : 06 DE NOVIEMBRE DEL 2023

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	26400.00	15.03	177.4	148.80	210	08/10/2023	16/10/2023	7	70.86%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm	26920.00	15.00	176.7	152.34	210	09/10/2023	16/10/2023	7	72.54%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	27180.00	15.01	177	153.60	210	09/10/2023	16/10/2023	7	73.14%
	M-3									
PROMEDIO										72.18%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN

1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	34760.00	15.03	177.4	195.92	210	08/10/2023	23/10/2023	14	93.29%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	34050.00	15.04	177.7	191.66	210	09/10/2023	23/10/2023	14	91.27%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm	33440.00	14.97	176	189.99	210	09/10/2023	23/10/2023	14	90.47%
	M-3									
PROMEDIO										91.68%

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	42120.00	15.02	177.2	237.71	210	09/10/2023	06/11/2023	28	113.26%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	41830.00	15.04	177.7	235.45	210	09/10/2023	06/11/2023	28	112.12%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm	41660.00	15.00	176.7	235.75	210	09/10/2023	06/11/2023	28	112.26%
	M-3									
PROMEDIO										112.53%

OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
Miguel Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

B. N° 00276440



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECIKLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Beth. DEWIS MAMANI CAHUINA
MUESTRA : CON ADICIÓN DE 2% LIMADURA DE HIERRO RECIKLADO
LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - RPROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA : 06 DE NOVIEMBRE DEL 2023

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 2% LIMADURA DE HIERRO RECIKLADO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	g	AREA	ESF. ROTURA	PC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	26030.00	15.03	177.4	146.71	210	08/10/2023	16/10/2023	7	69.86%
2	PROBETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm M-2	25410.00	14.99	176.5	143.98	210	09/10/2023	16/10/2023	7	68.96%
3	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-3	25510.00	14.98	176.2	144.75	210	09/10/2023	16/10/2023	7	68.90%
PROMEDIO										69.12%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 2% LIMADURA DE HIERRO RECIKLADO

1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	33600.00	15.03	177.4	189.38	210	09/10/2023	23/10/2023	14	90.18%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-2	32920.00	15.01	177	186.04	210	09/10/2023	23/10/2023	14	88.89%
3	PROBETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm M-3	33120.00	14.99	176.5	187.67	210	09/10/2023	23/10/2023	14	89.17%
PROMEDIO										89.38%

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 2% LIMADURA DE HIERRO RECIKLADO

1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-1	40060.00	15.02	177.2	226.08	210	09/10/2023	06/11/2023	28	107.68%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-2	41100.00	15.03	177.4	231.65	210	09/10/2023	06/11/2023	28	110.31%
3	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-3	40360.00	14.98	176.2	229.01	210	09/10/2023	06/11/2023	28	109.08%
PROMEDIO										109.02%

OBSERVACIONES:

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



 INVESTIGADORA MESTRA CÁTERES ALASDEL
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

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

B. N° 00276440



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO REICLADO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. DEWIS MAMANI CAHUINA
MUESTRA : CON ADICIÓN DE 6.5% DE GRAPAS METÁLICA
LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA : 06 DE NOVIEMBRE DEL 2023

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 6% LIMADURA DE HIERRO REICLADO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	GARGA	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 M-1	22780.00	15.01	177	128.74	210	09/10/2023	16/10/2023	7	61.30%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-2	23550.00	15.03	177.4	132.74	210	09/10/2023	16/10/2023	7	63.21%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-3	23110.00	15.03	177.4	130.26	210	09/10/2023	16/10/2023	7	62.08%
PROMEDIO										62.18%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 6% LIMADURA DE HIERRO REICLADO

1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-1	30700.00	15.02	177.2	173.26	210	09/10/2023	23/10/2023	14	82.99%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-2	29930.00	15.01	177	169.14	210	09/10/2023	23/10/2023	14	80.64%
3	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-3	30570.00	14.98	176.2	173.46	210	09/10/2023	23/10/2023	14	82.00%
PROMEDIO										81.88%

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 6% LIMADURA DE HIERRO REICLADO

1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-1	35900.00	15.04	177.7	202.07	210	09/10/2023	06/11/2023	28	96.22%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-2	36320.00	15.05	177.9	204.17	210	09/10/2023	06/11/2023	28	97.22%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-3	36720.00	15.03	177.4	206.97	210	09/10/2023	06/11/2023	28	98.66%
PROMEDIO										97.33%

OBSERVACIONES:

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

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. JAGUARUA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257

B. N° 00276440



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 04/11/25

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DEWIS MAMANI CAHUINA
Dirección: Urb. Alexander 172 2914. 11
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46903493
Teléfono: 985 006302 email: dewismaca123@gmail.com

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

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL
Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LITANTRA DE HIERRO RECLICADO EN LA
RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN LA
CIUDAD DE JULACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): diseño de mezclas, maduro de hierro, resistencia a la compresión

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

2

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Titulo 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: tecnología de la construcción - P17


Firma de Autor



huella digital

04 - noviembre - 2017
Fecha