



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



**INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO  
RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y  
MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL  
EN LA CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO  
RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y  
MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL  
EN LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:


**Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI**

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

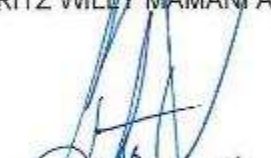
**PRIMER MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA


**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**ASESOR DE TESIS**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

:

\_\_\_\_\_  
TÉCNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1691-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 14475 presentado por el (la) Bachiller: **ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

**RESUELVE:**

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

- \* **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- \* **1er Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- \* **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. **EFRAIN PARILO SOSA.**

**ARTICULO TERCERO. - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 12 de diciembre del 2024
- \* **HORA** : 10:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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



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

cc.  
Archivo  
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 551-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 7660 por el o (la) Bachiller: **ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 598-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 111-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el o (la) Bachiller: **ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 111-2024 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dz. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**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.



INVESTIGACIÓN NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CI. PURAS

.....  
Dz. WILSON GUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



INVESTIGACIÓN NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CI. PURAS  
.....  
Dz. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (s)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 139-2023-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca 29 de diciembre del 2023

**VISTO:** El expediente N° 2023-CU-18204, presentado por el señor (a) **ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 323-2023-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 035 - 2023 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) estudiante: **ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 035-2023 **aprobandó** la propuesta de investigación titulado: **INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
  
Dr. **FRANCISCO QUISPE UANCA**  
DECANO  
CIP. 47790

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

cc.  
Archivo 2023  
Intercedido (u)



## INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	11%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%




### Metadatos Complementarios

<b>Título de la tesis</b>	
<b>INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46037158
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0004-3913-6359">https://orcid.org/0009-0004-3913-6359</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	EFRAÍN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7567-039X">https://orcid.org/0000-0001-7567-039X</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad 02442876

<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú          Departamento: Puno          Provincia: San Román          Distrito: Juliaca          Latitud: S 15° 29' 27"          Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p><a href="https://maps.app.goo.gl/PAEvstH2rCu8SncP6">https://maps.app.goo.gl/PAEvstH2rCu8SncP6</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2023 - Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería Civil  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a>          Ingeniería de la construcción  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p>
	- Librería

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS FÍSICAS  
 DIRECTOR  
 Dr. Efraín Pazillo Sosa  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI, identificado con DNI Nro. 46037158, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS  
SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO  
CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

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 13 de enero del 2025



Firma del Asesor  
(obligatoria)



Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar, a Dios por ser mi guía quien siempre me ha guiado por el buen camino brindándome sabiduría durante toda mi carrera universitaria.

A mis padres José y Nelly, quienes fueron los pilares fundamentales en el transcurso de mi vida y mi carrera universitaria, gracias desde el fondo de mi corazón a toda mi familia mi hermano y hermanas quienes estuvieron siempre ahí para apoyarme a concluir esta grandiosa etapa de mi vida.



## AGRADECIMIENTO

Un Mi gratitud especial a la Universidad especialmente a la facultad de Ingeniería Civil, lugar donde formo mi camino profesional, y lugar donde tuve buenos y gratos momentos inolvidables.

A mi asesor, Dr. Efraín Parillo Sosa por ser mi apoyo y mi guía e impulsor de este proyecto de mi tesis, y todos los maestros que durante toda esta etapa de mi formación académica impartieron sus conocimientos para así contribuir con mi desarrollo profesional.



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA..... i**

**AGRADECIMIENTO..... ii**

**ÍNDICE GENERAL ..... iii**

**ÍNDICE DE TABLAS ..... vi**

**ÍNDICE DE FIGURAS ..... ¡Error! Marcador no definido.**

**RESUMEN..... x**

**ABSTRACT ..... xii**

**INTRODUCCIÓN..... xiv**

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

**1.1. Análisis de la situación problemática ..... 1**

**1.2. Planteamiento del problema ..... 3**

    1.2.1. Problema general..... 3

    1.2.2. Problemas específicos ..... 3

**1.3. Objetivos de la investigación ..... 4**

    1.3.1. Objetivo general..... 4

    1.3.2. Objetivos específicos ..... 4

**1.4. Justificación de la investigación ..... 4**

    1.4.1. Justificación técnica ..... 4

    1.4.2. Justificación práctica ..... 5

    1.4.3. Justificación social ..... 5

    1.4.4. Justificación ambiental ..... 5

**1.5. Hipótesis de la investigación ..... 6**

    1.5.1. Hipótesis general ..... 6

    1.5.2. Hipótesis específicas ..... 6

**1.6. Variables e indicadores ..... 6**

    1.6.1. Variable independiente ..... 6

    1.6.2. Variable dependiente ..... 7

**1.7. Operacionalización de variables ..... 8**

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

**2.1. Antecedentes de la investigación ..... 9**



2.1.1. Antecedentes internacionales .....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	11
2.1.3. Antecedentes locales .....	14
<b>2.2. Bases teóricas .....</b>	<b>15</b>
2.2.1. Concreto .....	15
2.2.2. Concreto ligero.....	26
2.2.3. Agregados .....	33
2.2.4. Piedra pómez.....	43
2.2.5. Fibra de aluminio .....	50
2.2.6. Propiedades físicas de un concreto .....	60
2.2.7. Propiedades mecánicas del concreto.....	62
<b>2.3. Marco conceptual.....</b>	<b>65</b>

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1. Diseño de la investigación.....</b>	<b>68</b>
<b>3.2. Método de la investigación.....</b>	<b>69</b>
<b>3.3. Nivel y tipo de la investigación.....</b>	<b>69</b>
3.3.1. Nivel de la investigación.....	69
3.3.2. Tipo de la investigación.....	70
<b>3.4. Población y muestra .....</b>	<b>70</b>
3.4.1. Población .....	70
3.4.2. Muestra.....	71
<b>3.5. Técnicas e instrumentos.....</b>	<b>72</b>
3.5.1. Técnicas .....	72
3.5.2. Instrumentos .....	74
<b>3.6. Plan de recolección y procesamiento de datos .....</b>	<b>74</b>
3.6.1. Desarrollo del plan de recolección de datos.....	74
3.6.2. Procesamiento y análisis de datos .....	88

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. Resultados obtenidos .....</b>	<b>89</b>
4.1.1. Resultados de la influencia de la adición de la piedra pómez y fibra de aluminio en el asentamiento del concreto. ....	97



4.1.2. Resultados de la incorporación de piedra pómez y fibra de aluminio en la resistencia a compresión .....	99
4.1.3. Resultados de la aplicación de la piedra pómez y fibra de aluminio en la resistencia a flexión del concreto convencional.....	120
4.1.4. Comparación de resistencias a la compresión de CC, +%PP y +%FA.....	141
4.1.5. Resumen de resistencias a la flexión de CC, +%PP y +%FA.....	150
<b>4.2. Discusión de resultados .....</b>	<b>152</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>155</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>156</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>160</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1** Operacionalización de variables ..... 8

**Tabla 2** Composición química de la piedra pómez ..... 47

**Tabla 3** Resumen de las principales ventajas y desventajas ..... 56

**Tabla 4** Resumen de propiedades de las fibras de aluminio..... 59

**Tabla 5** Clasificación de la consistencia ..... 61

**Tabla 6** Cantidad de muestra utilizadas en el asentamiento del CP, PP y FA..... 71

**Tabla 7** Número de especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión y a la flexión ..... 72

**Tabla 8** Granulometría del agregado grueso ..... 89

**Tabla 9** Granulometría del agregado fino ..... 90

**Tabla 10** Granulometría del agregado grueso (piedra pómez)..... 91

**Tabla 11** Humedad de los agregados..... 92

**Tabla 12** Peso específico y absorción de agregados..... 93

**Tabla 13** Pesos unitarios de los agregados ..... 93

**Tabla 14** Desgaste de materiales de agregado natural..... 94

**Tabla 15** Desgaste de materiales de agregado grueso (piedra pómez) ..... 94

**Tabla 16** Dosificación según diseño de mezcla ..... 95

**Tabla 17** Dosificación según diseño de mezcla ..... 96

**Tabla 18** Dosificación según diseño de mezcla ..... 96

**Tabla 19** Asentamiento del concreto + piedra pómez ..... 97

**Tabla 20** Asentamiento del concreto patrón + fibra de aluminio..... 98

**Tabla 21** Resistencia del CC ..... 99

**Tabla 22** Resistencia del CC ..... 100

**Tabla 23** Resistencia del CC ..... 101

**Tabla 24** Resistencia del CC + 30% PP ..... 102

**Tabla 25** Resistencia del CC + 30% PP ..... 103

**Tabla 26** Resistencia del CC + 30% PP ..... 104

**Tabla 27** Resistencia del CC + 40% PP ..... 105

**Tabla 28** Resistencia del CC + 40% PP ..... 106

**Tabla 29** Resistencia del CC + 40% PP ..... 107

**Tabla 30** Resistencia del CC + 50% PP ..... 108

**Tabla 31** Resistencia del CC + 50% PP ..... 109

**Tabla 32** Resistencia del CC + 50% PP ..... 110

**Tabla 33** Resistencia del CC + 0.50% FA..... 111



<b>Tabla 34</b>	Resistencia del CC + 0.50% FA.....	112
<b>Tabla 35</b>	Resistencia del CC + 0.50% FA.....	113
<b>Tabla 36</b>	Resistencia del CC + 1.00% FA.....	114
<b>Tabla 37</b>	Resistencia del CC + 1.00% FA.....	115
<b>Tabla 38</b>	Resistencia del CC + 1.00% FA.....	116
<b>Tabla 39</b>	Resistencia del CC + 1.50% FA.....	117
<b>Tabla 40</b>	Resistencia del CC + 1.50% FA.....	118
<b>Tabla 41</b>	Resistencia del CC + 1.50% FA.....	119
<b>Tabla 42</b>	Resistencia a la flexión del CC .....	120
<b>Tabla 43</b>	Resistencia a la flexión del CC .....	121
<b>Tabla 44</b>	Resistencia a la flexión del CC .....	122
<b>Tabla 45</b>	Resistencia a la flexión del CC + 30% PP.....	123
<b>Tabla 46</b>	Resistencia a la flexión del CC + 30% PP.....	124
<b>Tabla 47</b>	Resistencia a la flexión del CC + 30% PP.....	125
<b>Tabla 48</b>	Resistencia a la flexión del CC + 40% PP.....	126
<b>Tabla 49</b>	Resistencia a la flexión del CC + 40% PP.....	127
<b>Tabla 50</b>	Resistencia a la flexión del CC + 40% PP.....	128
<b>Tabla 51</b>	Resistencia a la flexión del CC + 50% PP.....	129
<b>Tabla 52</b>	Resistencia a la flexión del CC + 50% PP.....	130
<b>Tabla 53</b>	Resistencia a la flexión del CC + 50% PP.....	131
<b>Tabla 54</b>	Resistencia a la flexión del CC + 0.50% FA.....	132
<b>Tabla 55</b>	Resistencia a la flexión del CC + 0.50% FA.....	133
<b>Tabla 56</b>	Resistencia a la flexión del CC + 0.50% FA.....	134
<b>Tabla 57</b>	Resistencia a la flexión del CC + 1.00% FA.....	135
<b>Tabla 58</b>	Resistencia a la flexión del CC + 1.00% FA.....	136
<b>Tabla 59</b>	Resistencia a la flexión del CC + 1.00% FA.....	137
<b>Tabla 60</b>	Resistencia a la flexión del CC + 1.50% FA.....	138
<b>Tabla 61</b>	Resistencia a la flexión del CC + 1.50% FA.....	139
<b>Tabla 62</b>	Resistencia a la flexión del CC + 1.50% FA.....	140
<b>Tabla 63</b>	Resistencias del CC + % PP.....	141
<b>Tabla 64</b>	Resistencias del CC + % PP.....	142
<b>Tabla 65</b>	Resistencias del CC + % PP.....	144
<b>Tabla 66</b>	Resistencias del CC + % FA.....	145
<b>Tabla 67</b>	Resistencias del CC + % FA.....	147
<b>Tabla 68</b>	Resistencias del CC + FA.....	148
<b>Tabla 69</b>	Resistencias a flexión del CC + % PP tras los 7, 14 y 28 días .....	150
<b>Tabla 70</b>	Resistencias a flexión del CC + % FA tras los 7, 14 y 28 días .....	151



### ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1** Componentes del concreto ..... 17

**Figura 2** Piedra pómez..... 44

**Figura 3** Fibras de aluminio..... 52

**Figura 4** Prueba de Slump ..... 62

**Figura 5** Resistencia a la compresión ..... 63

**Figura 6** Tipos de roturas en briquetas..... 64

**Figura 7** Resistencia a la flexión..... 65

**Figura 8** Ubicación de la cantera Unocolla ..... 75

**Figura 9** Piedra pómez..... 76

**Figura 10** Plástico reciclado ..... 77

**Figura 11** Ensayo de asentamiento..... 83

**Figura 12** Resistencia a la compresión..... 85

**Figura 13** Resistencia a la compresión..... 87

**Figura 14** Granulometría del agregado grueso..... 90

**Figura 15** Granulometría del agregado fino..... 91

**Figura 16** Granulometría del agregado grueso (piedra pómez) ..... 92

**Figura 17** Variación del CC – 7 días de curado ..... 99

**Figura 18** Variación del CC – 14 días de curado ..... 100

**Figura 19** Variación del CC – 28 días de curado ..... 101

**Figura 20** Variación de la resistencia de CC + 30% PP ..... 102

**Figura 21** Variación de la resistencia de CC + 30% PP ..... 103

**Figura 22** Variación de la resistencia de CC + 30% PP ..... 104

**Figura 23** Variación de la resistencia de CC + 40% PP ..... 105

**Figura 24** Variación de la resistencia de CC + 40% PP ..... 106

**Figura 25** Variación de la resistencia de CC + 40% PP ..... 107

**Figura 26** Variación de la resistencia de CC + 50% PP ..... 108

**Figura 27** Variación de la resistencia CC + 50% PP ..... 109

**Figura 28** Variación del CC + 50% PP ..... 110

**Figura 29** Variación de la resistencia de CC +0.50% FA ..... 111

**Figura 30** Variación de la resistencia de CC + 0.50% FA ..... 112

**Figura 31** Variación de la resistencia de CC + 0.50% FA ..... 113

**Figura 32** Variación de la resistencia de CC + 1.00% FA ..... 114

**Figura 33** Variación de la resistencia de CC + 1.00% FA ..... 115

**Figura 34** Variación de la resistencia de CC + 1.00% FA ..... 116

**Figura 35** Variación de la resistencia de CC + 1.50% FA ..... 117



<b>Figura 36</b>	Variación de la resistencia de CC + 1.50% FA.....	118
<b>Figura 37</b>	Variación de la resistencia CC + 1.50% FA.....	119
<b>Figura 38</b>	Variación flexión del CC.....	120
<b>Figura 39</b>	Variación de la flexión del CC.....	121
<b>Figura 40</b>	Variación de la flexión del CC.....	122
<b>Figura 41</b>	Variación de la flexión del CC + 30% PP.....	123
<b>Figura 42</b>	Variación de la flexión del CC + 30% PP.....	124
<b>Figura 43</b>	Variación de la flexión del CC + 30% PP.....	125
<b>Figura 44</b>	Variación de la flexión del CC + 40% PP.....	126
<b>Figura 45</b>	Variación de la flexión del CC + 40% PP.....	127
<b>Figura 46</b>	Variación de la flexión del CC + 40% PP.....	128
<b>Figura 47</b>	Variación de la flexión del CC + 50% PP.....	129
<b>Figura 48</b>	Variación de la flexión del CC + 50% PP.....	130
<b>Figura 49</b>	Variación de la flexión del CC + 50% PP.....	131
<b>Figura 50</b>	Variación de la flexión del CC + 0.50% FA.....	132
<b>Figura 51</b>	Variación de la flexión del CC + 0.50% FA.....	133
<b>Figura 52</b>	Variación de la flexión del CC + 0.50% FA.....	134
<b>Figura 53</b>	Variación de la flexión del CC + 1.00% FA.....	135
<b>Figura 54</b>	Variación de la flexión del CC + 1.00% FA.....	136
<b>Figura 55</b>	Variación de la flexión del CC + 1.00% FA.....	137
<b>Figura 56</b>	Variación de la flexión del CC + 1.50% FA.....	138
<b>Figura 57</b>	Variación de la flexión del CC + 1.50% FA.....	139
<b>Figura 58</b>	Variación de la flexión del CC + 1.50% FA.....	140
<b>Figura 59</b>	Comparativo de la resistencia del CC + % PP.....	141
<b>Figura 60</b>	Variación de las resistencias CC + % PP.....	142
<b>Figura 61</b>	Comparativo de la resistencia del CC + % PP.....	143
<b>Figura 62</b>	Variación de las resistencias CC + % PP.....	143
<b>Figura 63</b>	Comparación de la resistencia del CC + % PP.....	144
<b>Figura 64</b>	Variación de las resistencias CC + % PP.....	145
<b>Figura 65</b>	Comparativo de las resistencias del CC + % FA.....	146
<b>Figura 66</b>	Variación de las resistencias CC + % FA.....	146
<b>Figura 67</b>	Comparativo de las resistencias del CC + % FA.....	147
<b>Figura 68</b>	Variación de las resistencias CC + % FA.....	148
<b>Figura 69</b>	Comparativo de las resistencias del CC + % FA.....	149
<b>Figura 70</b>	Variación de las resistencias CC + % FA.....	149
<b>Figura 71</b>	Comparativo de la resistencia a flexión del CC + % PP.....	150
<b>Figura 72</b>	Comparativo de la resistencia a flexión del CC + % FA.....	151



## RESUMEN

El presente proyecto titulado "Incidencia de la piedra pómez y fibra de aluminio recicladas sobre las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional en la ciudad de Juliaca", El propósito de este estudio es evaluar el impacto de la inclusión de la piedra pómez y fibras de aluminio en la resistencia de un concreto convencional en la ciudad de Juliaca. La metodología presenta un tipo explicativo, método cuantitativo, nivel explicativo, diseño experimental; además, la muestra para el presente estudio está constituida por briquetas en estado endurecido del concreto elaboradas con proporciones específicas de piedra pómez (PP) y fibra de aluminio reciclado (FA) en función del volumen de los agregados. Los resultados obtenidos con respecto al asentamiento del concreto convencional mediante la adición de la piedra pómez y fibra de aluminio, obteniéndose resultados significativos. Para las proporciones de piedra pómez del 30%, 40% y 50%, los asentamientos registrados fueron de 2.80", 2.50" y 2.00" respectivamente, indicando una reducción progresiva en la plasticidad de la mezcla con el aumento del porcentaje del aditivo. Por otro lado, al adicionar fibra de aluminio en porcentajes de 0.50, 1.00 y 1.50, los asentamientos obtenidos fueron de 3.20", 2.90" y 2.50" respectivamente. Los resultados obtenidos con relación a la resistencia del concreto con la adición de PP y FA, presenta una pérdida de la resistencia con la adición de la piedra pómez, se obtuvo la resistencia de 207.41 kg/cm<sup>2</sup> con un 30% de adición, 193.24 kg/cm<sup>2</sup> con un 40% y 178.36 kg/cm<sup>2</sup> con un 50%. Del mismo modo, la adición de fibra de aluminio mostró ligeras pérdidas en comparación con la muestra patrón, alcanzando resistencias de 235.87 kg/cm<sup>2</sup> con un 0.50%, 230.90 kg/cm<sup>2</sup> con un 1.00%, y 222.78 kg/cm<sup>2</sup> con un 1.50%. Finalmente, los resultados obtenidos con respecto a la resistencia a la flexión del concreto convencional disminuyó al añadir la piedra pómez, alcanzando valores de 32.38 kg/cm<sup>2</sup> con una adición del 30%, 28.61 kg/cm<sup>2</sup> con un 40%, y 24.32 kg/cm<sup>2</sup> con un 50%. En contraste, las vigas con fibra de aluminio presentaron una ligera pérdida en la resistencia a flexión, alcanzando 37.35 kg/cm<sup>2</sup> con un 0.50%, 34.91 kg/cm<sup>2</sup> con un 1.00%, y 32.75 kg/cm<sup>2</sup> con un 1.50%.



En la investigación se **concluye** que, el empleo de la fibra de aluminio presenta mejores resultados que la piedra pómez, en los aspectos de resistencia a compresión y flexión.

**Palabras Clave:** Concreto convencional, piedra pómez, fibra de aluminio, Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión.



## ABSTRACT

The present project titled "Incidence of recycled pumice stone and aluminum fiber on the physical and mechanical properties of conventional concrete in the city of Juliaca", The purpose of this study is to evaluate the impact of the inclusion of pumice stone and fibers of aluminum in the resistance of conventional concrete in the city of Juliaca. The methodology presents an explanatory type, quantitative method, explanatory level, experimental design; Furthermore, the sample for this study consists of briquettes in the hardened state of concrete made with specific proportions of pumice stone (PP) and recycled aluminum fiber (FA) depending on the volume of the aggregates. The results obtained with respect to the settlement of conventional concrete by adding pumice stone and aluminum fiber, obtaining significant results. For the pumice proportions of 30%, 40% and 50%, the recorded settlements were 2.80", 2.50" and 2.00" respectively, indicating a progressive reduction in the plasticity of the mixture with increasing percentage of the additive. On the other hand, when adding aluminum fiber in percentages of 0.50, 1.00 and 1.50, the settlements obtained were 3.20", 2.90" and 2.50" respectively. The results obtained in relation to the resistance of the concrete with the addition of PP and FA, presents a loss of resistance with the addition of pumice stone, the resistance of 207.41 kg/cm<sup>2</sup> was obtained with a 30% addition, 193.24 kg /cm<sup>2</sup> with 40% and 178.36 kg/cm<sup>2</sup> with 50%. Similarly, the addition of aluminum fiber showed slight losses compared to the standard sample, reaching strengths of 235.87 kg/cm<sup>2</sup> with 0.50%, 230.90 kg/cm<sup>2</sup> with 1.00%, and 222.78 kg/cm<sup>2</sup> with 1.50%. wFinally, the results obtained with respect to the flexural strength of conventional concrete decreased when adding pumice stone, reaching values of 32.38 kg/cm<sup>2</sup> with an addition of 30%, 28.61 kg/cm<sup>2</sup> with 40%, and 24.32 kg/cm<sup>2</sup> with an addition of 30%. cm<sup>2</sup> with 50%. In contrast, the beams with aluminum fiber presented a slight loss in flexural strength, reaching 37.35 kg/cm<sup>2</sup> with 0.50%, 34.91 kg/cm<sup>2</sup> with 1.00%, and 32.75 kg/cm<sup>2</sup> with 1.50%. The research concludes that the use of



aluminum fiber presents better results than pumice stone, in terms of resistance to compression and bending.

**Keywords:** Conventional concrete, pumice stone, aluminum fiber, Compressive strength, Flexural strength.



## INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados a nivel mundial, debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad. Sin embargo, con el aumento de la demanda en la construcción, surge la necesidad de innovar en la formulación de mezclas más sostenibles que optimicen sus propiedades mecánicas y físicas, sin comprometer la calidad estructural. El uso de agregados y materiales reciclados ha cobrado especial interés como una vía para reducir el impacto ambiental asociado a la producción de concreto, así como para mejorar ciertas características del material.

Entre los materiales alternativos que han despertado interés está la piedra pómez, un material volcánico ampliamente disponible, caracterizado por su baja densidad y estructura altamente porosa. Estos atributos hacen que la piedra pómez sea adecuada para su uso como agregado ligero, lo que podría reducir el peso del concreto y mejorar su capacidad de aislamiento térmico. Diversos estudios han explorado la influencia de la piedra pómez en las mezclas de concreto, sugiriendo que su inclusión puede contribuir a una reducción en la densidad del material, pero los efectos sobre sus propiedades mecánicas aún requieren más análisis.

Por otro lado, las fibras recicladas, especialmente las de aluminio, han mostrado un gran potencial para reforzar las propiedades mecánicas del concreto. Estas fibras no solo contribuyen a mejorar la resistencia y el comportamiento ante impactos, sino que también favorecen una mayor resistencia a las fisuras, lo que prolonga la vida útil del concreto. El uso de fibras de aluminio reciclado no solo reduce la dependencia de materiales vírgenes, sino que también contribuye a la reutilización de residuos industriales, disminuyendo la generación de desechos y promoviendo un enfoque más sostenible.

Este trabajo de investigación tiene como propósito analizar en detalle la incidencia de la piedra pómez y la fibra de aluminio reciclado en las propiedades de un concreto



convencional. Se estudiará el efecto de estos materiales en la resistencia a la compresión y flexión del concreto. Este estudio no solo se enfocará en las mejoras mecánicas, sino también en cómo estas modificaciones pueden influir en el desempeño del concreto a largo plazo y su viabilidad en aplicaciones estructurales.

**En el capítulo I**, se realiza una descripción exhaustiva del problema de investigación, incluyendo la identificación de la problemática, los objetivos planteados, la justificación del estudio, las hipótesis formuladas, así como las variables y dimensiones consideradas. Estos elementos constituyen la base fundamental para el desarrollo integral del presente estudio.

**En el capítulo II**, se realiza el análisis de los antecedentes relacionados con la investigación, estructurados en niveles internacionales, nacionales y locales, lo que permite comprender el contexto amplio y específico del tema estudiado. A continuación, se desarrolla el marco teórico, donde se recopilan y explican las principales bases conceptuales y teorías fundamentales que sustentan la investigación, aportando un enfoque integral para su comprensión. Finalmente, se presenta el marco conceptual, el cual está respaldado por las ideas más recientes y relevantes de autores contemporáneos, proporcionando una guía clara para la aplicación de los conceptos en este estudio.

**En el capítulo III**, se aborda en detalle la metodología utilizada en la investigación, especificando el diseño, método, nivel y tipo de investigación aplicados al estudio. Además, se describen las técnicas y herramientas empleadas para la recolección y análisis de datos, proporcionando una base sólida para la evaluación de los resultados obtenidos. También se incluyen los procedimientos desarrollados para garantizar la validez y confiabilidad del estudio, así como una descripción exhaustiva de la población y muestra seleccionadas, que constituyen el objeto de evaluación.

**En el capítulo IV**, se exponen los valores obtenidos en los cálculos realizados durante el desarrollo de la investigación. Estos resultados se presentan de manera clara y



comprensible mediante tablas y gráficos que facilitan su interpretación y permiten una comparación visual. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis detallado de los datos obtenidos, destacando su relevancia en relación con los objetivos del estudio. Además, se realiza una discusión crítica, contrastando los resultados con los planteamientos de los autores referidos en los antecedentes, lo que enriquece la comprensión del contexto y aporta un mayor rigor al análisis.

Para concluir, se presentan las principales conclusiones derivadas del estudio, las cuales responden a los objetivos planteados y aportan una síntesis clara de los hallazgos más relevantes. Además, se incluyen recomendaciones específicas que buscan orientar futuras investigaciones o acciones prácticas relacionadas con el tema abordado. También se proporcionan las referencias utilizadas, esenciales para un mayor entendimiento y validación de los contenidos desarrollados. Finalmente, los anexos comprenden evidencia complementaria como registros fotográficos, fichas de inspección visual y certificados de calidad emitidos por laboratorios especializados, los cuales refuerzan la credibilidad y el rigor del trabajo realizado.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

En las últimas décadas, la industria de la construcción ha experimentado un crecimiento exponencial, lo que ha incrementado la demanda de materiales de construcción como el concreto, uno de los más utilizados a nivel global. Sin embargo, la producción masiva de concreto plantea desafíos importantes, tanto a nivel ambiental como económico, debido al consumo de recursos no renovables y a la alta generación de residuos asociados a este proceso.

A nivel internacional, diversas investigaciones han explorado el uso de materiales reciclados y agregados ligeros como la piedra pómez en la construcción de concreto. Por ejemplo, países como Italia y Turquía han utilizado piedra pómez para la producción de concretos ligeros con el fin de mejorar el aislamiento térmico y reducir el peso estructural en edificaciones. Estas investigaciones han demostrado que la piedra pómez es eficaz para reducir la densidad del concreto, mejorando la eficiencia energética de los edificios, aunque con variaciones en la resistencia mecánica que requieren un estudio específico para cada región.



En cuanto al uso de fibras de aluminio reciclado, en países como Estados Unidos y Alemania, la inclusión de fibras metálicas en concreto ha mostrado mejoras en la resistencia a la tracción, la flexión y el comportamiento post-fisuración, promoviendo su uso en aplicaciones donde se requiere mayor durabilidad y resistencia a impactos. Sin embargo, la implementación masiva de este tipo de fibras en la construcción aún enfrenta retos relacionados con la consistencia de las mezclas y la disponibilidad de residuos de aluminio procesados de manera adecuada.

En el ámbito nacional en Perú, la industria de la construcción ha comenzado a explorar alternativas más sostenibles en respuesta a la creciente presión para reducir las emisiones de carbono y mejorar la eficiencia energética de los edificios. El uso de piedra pómez como agregado ligero ha sido estudiado en diversas regiones del país, especialmente en zonas volcánicas como Arequipa y Cusco, donde la disponibilidad de este material es considerable. Los estudios realizados en estas áreas indican que la piedra pómez puede reducir el peso del concreto sin comprometer de manera significativa su resistencia, lo que la convierte en una opción viable para edificaciones en regiones sísmicas.

En cuanto al reciclaje de aluminio, su aplicación en concreto es aún incipiente en el país. A pesar de que existen iniciativas de reciclaje de metales, su incorporación en la construcción aún no se ha desarrollado ampliamente. No obstante, la creciente preocupación por la gestión de residuos industriales en ciudades como Lima y Trujillo ha llevado a la investigación de posibles usos del aluminio reciclado en la industria, lo que podría abrir el camino a la implementación de fibras de aluminio en el concreto a nivel nacional.

A nivel local en la ciudad de Juliaca, el uso de materiales reciclados en la construcción aún es limitado, a pesar de que la región cuenta con lugares donde se encuentra la piedra pómez. La industria de la construcción en Juliaca sigue basándose principalmente en el uso de concreto convencional, sin explorar a profundidad las



posibilidades de incorporar agregados ligeros o materiales reciclados. Esta situación ha generado preocupación, ya que la infraestructura local debe enfrentar desafíos como las condiciones climáticas extremas y la actividad sísmica de la región.

El reciclaje de aluminio en Juliaca también es una práctica emergente, pero su aplicación en la construcción es prácticamente inexistente. En un contexto donde la gestión de residuos sigue siendo un desafío, la adición de fibras de aluminio podría representar una solución viable no solo para mejorar las propiedades del concreto, sino también para contribuir a la reducción de residuos en la región.

El propósito del presente estudio en la ciudad de Juliaca radica en evaluar la viabilidad técnica y ambiental de la adición de piedra pómez y fibras de aluminio reciclado en la fabricación de concreto. Dado que Juliaca posee condiciones particulares de recursos naturales, como la disponibilidad de piedra pómez, y enfrenta desafíos en la gestión de residuos, este estudio busca determinar cómo estos materiales pueden influir en las propiedades del concreto utilizado en construcciones locales. El objetivo es ofrecer una solución sostenible que mejore la calidad de las estructuras en la ciudad.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la incidencia de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado sobre las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional en la ciudad de Juliaca?

### **1.2.2. Problemas específicos**

1. ¿De qué manera el empleo de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables influye en el asentamiento de la mezcla de concreto convencional?



2. ¿De qué manera influye la incorporación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables en la resistencia a la compresión del concreto convencional?
3. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables en la resistencia a la flexión del concreto convencional?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar la incidencia de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado sobre las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional en la ciudad de Juliaca.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar la manera en que el empleo de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables influye en el asentamiento de la mezcla de concreto convencional.
2. Determinar la influencia de la incorporación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables en la resistencia a la compresión del concreto convencional.
3. Determinar el efecto de la aplicación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables en la resistencia a la flexión del concreto convencional.

### **1.4. Justificación de la investigación**

#### **1.4.1. Justificación técnica**

La investigación busca evaluar la viabilidad del uso de piedra pómez y fibras de aluminio reciclado en la mezcla de concreto convencional. El objetivo es analizar cómo

estos materiales afectan propiedades como la resistencia a la compresión, tracción y densidad del concreto. Este estudio puede ofrecer nuevas soluciones tecnológicas para mejorar las propiedades del concreto, especialmente en condiciones específicas como la resistencia sísmica y la durabilidad en climas extremos, relevantes para regiones como Juliaca.

#### **1.4.2. Justificación práctica**

la investigación ofrece una justificación económica importante al explorar la posibilidad de reducir los costos de producción del concreto mediante la incorporación de materiales disponibles localmente, como la piedra pómez, y reciclados, como el aluminio. El uso de estos materiales puede disminuir la dependencia de recursos tradicionales más costosos y reducir la necesidad de importación de insumos. Además, el reciclaje de aluminio no solo aporta a la reducción de costos de materiales, sino que también podría generar una nueva cadena de valor económico en la región.

#### **1.4.3. Justificación social**

La investigación contribuye a mejorar la calidad de las construcciones en Juliaca, lo que a su vez beneficiará a la población al promover el uso de un concreto más duradero y resistente. Las mejoras en la infraestructura local generadas por el uso de estos nuevos materiales pueden traducirse en un aumento en la seguridad y en la calidad de vida de los habitantes, especialmente en zonas vulnerables a sismos u otras condiciones ambientales adversas.

#### **1.4.4. Justificación ambiental**

La justificación ambiental es una de las más destacadas en este estudio, ya que propone el uso de materiales reciclados (aluminio) y de bajo impacto ambiental (piedra pómez) en la producción de concreto. La incorporación de fibras de aluminio reciclado reduce la acumulación de residuos industriales y promueve el reciclaje de materiales,



contribuyendo a una economía circular. Por otro lado, la utilización de piedra pómez como agregado ligero en lugar de otros recursos más limitados puede reducir la extracción de materiales naturales, disminuyendo el impacto ecológico de la industria de la construcción.

## 1.5. Hipótesis de la investigación

### 1.5.1. *Hipótesis general*

La incidencia de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado sobre las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional en la ciudad de Juliaca, mejorará moderadamente.

### 1.5.2. *Hipótesis específicas*

1. El empleo de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables influirá de manera positiva en el asentamiento de la mezcla de concreto convencional.
2. La influencia de la incorporación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables incidirá moderadamente en la resistencia a la compresión del concreto convencional.
3. El efecto de la aplicación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables será positiva ya que mejorará en la resistencia a la flexión del concreto convencional.

## 1.6. Variables e indicadores

### 1.6.1. *Variable independiente*

Piedra Pómez y Fibra de Aluminio Recicladas.

#### **Indicadores**

- Dosificación de PP en 30%, 40% y 50%
- Dosificación de FAR en 0.50%, 1.00% y 1.50%



## 1.6.2. *Variable dependiente*

Propiedades del concreto convencional

### **Indicadores**

- Asentamiento (Slump).
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.

### 1.7. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<b>Piedra pómez y fibra de aluminio recicladas</b>	<p>La piedra pómez es una roca volcánica ígnea extrusiva de baja densidad, formada cuando la lava rica en gases se enfría rápidamente, creando una estructura porosa con numerosas burbujas de gas atrapadas. Este material, de color claro, es ligero y flota en el agua debido a su alto contenido de vesículas. Las fibras de aluminio recicladas son delgadas hebras de aluminio obtenidas a partir del reciclaje de productos y desechos de aluminio, lo que contribuye a reducir el impacto ambiental asociado con la extracción de materia prima.</p>	<b>Dosificaciones de:</b>	Piedra pómez en: 30%, 40%, 50%	Ficha de control de calidad de laboratorio
			Fibra de aluminio en: 0.50%, 1.00%, 1.50%	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<b>Propiedades del concreto convencional</b>	<p>El concreto convencional posee varias propiedades fundamentales que lo hacen uno de los materiales más utilizados en la construcción. Su alta resistencia a la compresión le permite soportar grandes cargas, mientras que su trabajabilidad facilita su moldeado en diferentes formas antes de fraguar. Además, tiene durabilidad y resistencia al desgaste, lo que lo hace ideal para estructuras expuestas a condiciones climáticas adversas.</p>	<b>Asentamiento</b>	Slump	Equipos y herramientas de laboratorio
		<b>Resistencia a la compresión</b>	Esfuerzo a la rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	
		<b>Resistencia a la flexión</b>	Esfuerzo a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Guías de laboratorio

*Nota:* Elaboración del tesista.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Según, Benalcázar (2022) en su proyecto "Análisis comparativo del peso y resistencia a compresión del hormigón convencional con un hormigón ligero de piedra pómez para una resistencia de diseño a compresión de  $F'c=240$  kg/cm<sup>2</sup> con diferentes porcentajes de aditivo superplastificante", El propósito del experimento sugerido es determinar cómo la densidad y las cualidades de resistencia se ven afectadas por la adición de superplastificante y piedra pómez en porcentajes variables. El primer paso consistió en reunir los materiales necesarios: cemento tipo GU, aditivo superplastificante y agregados pétreos de diversas procedencias, entre ellos agregado fino y grueso de densidad normal (grava TMN=19 mm) de Ambato y grueso de baja densidad. -árido de densidad (piedra pómez TMN=19 mm) procedente de Latacunga. Luego de la recolección de los materiales en el Laboratorio de Ensayos de Materiales del FICM, se les realizaron las pruebas correspondientes de acuerdo con las normas INEN y ASTM. Siguiendo las recomendaciones de la investigación y del fabricante, la dosis se determinó utilizando los métodos ACI 211.1 y 211.2 para concreto convencional y liviano, para una resistencia a la



compresión de diseño de 240 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 0, 0,8 y 1 por ciento de superplastificante. aditivo. Para cada tipo de concreto se elaboraron ejemplares cilíndricos utilizando las cantidades sugeridas de aditivos y se ensayaron bajo compresión a los 7, 14 y 28 días de edad. Tanto para el hormigón convencional como para el ligero, la proporción ideal de adición de superplastificante es del 1 por ciento. A los 28 días, las densidades y resistencias a la compresión fueron 2218,02 y 1573,41 kg/m<sup>3</sup> y 312,62 y 176,85 kg/cm<sup>2</sup>, en cada caso.

Además, Baquero et al. (2019) en su proyecto "Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros", Este proyecto experimental pretendía utilizar elementos como la arcilla (denominada arlita) y la piedra pómez como sustitutos de los áridos tradicionales en la fabricación de hormigón. Se realizaron patrones de mezcla utilizando arcilla y piedra pómez saturadas y no saturadas. Se fabricaron cilindros, viguetas y paneles que alcanzaron densidades de 1400 a 1600 Kg/m<sup>3</sup> y resistencias de 14 a 19 MPa. Se realizaron ensayos de densidad para hormigón ligero, porcentaje de huecos, absorción capilar y microscopía electrónica de barrido (SEM) para determinar ciertas cualidades de los áridos y el hormigón. Así, puede establecerse que la arcilla expandida y la piedra pómez sirven como alternativas viables a los áridos convencionales en la fabricación de hormigón dentro del país.

Asimismo, Bonilla y Lascano (2017) en su proyecto "Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de aluminio reciclado", El objetivo de este trabajo de investigación es comparar la resistencia y a la flexión de un hormigón que contiene fibras de aluminio. A excepción de las fibras, los demás componentes de los hormigones eran idénticos. Para determinar el % óptimo de inclusión, se utilizaron dos tipos diferentes de fibra de aluminio, y los % de inclusión de fibra se modificaron en 0,30%, 0,35%, 0,40% y 0,50% respectivamente. Para llevar a cabo los ensayos de compresión y flexión de las mezclas de hormigón, se construyeron probetas cilíndricas y vigas específicamente para



la realización de los ensayos. Tras la finalización de ambos experimentos, se determinó que la utilización de 0,30% de fibra de aluminio reciclada dio lugar a que el hormigón alcanzara un mayor nivel de rendimiento. Como resultado, se desarrolló un hormigón que poseía un rendimiento mecánico.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Según, Mamani (2024) en su proyecto "Influencia de la sustitución porcentual del agregado grueso por piedra pómez en propiedades físico-mecánicas de albañilería de concreto - 2023", El propósito de este estudio es investigar el impacto que tiene la piedra pómez en las propiedades físico-mecánicas de la mampostería de concreto examinando los efectos de un porcentaje de sustitución del 75%, 85% y 100% de agregado grueso por piedra pómez. Además, la población está compuesta por probetas de concreto y bloques de ladrillos de concreto que han sido sometidos a pruebas de laboratorio como resistencia a compresión y flexión. La metodología que se utiliza es de nivel explicativo, de tipo básico, de enfoque cuantitativo y de diseño cuasiexperimental. Al compararse con el porcentaje de sustitución del 85% con 198,2 kg/cm<sup>2</sup> y del 100% con 167,8 kg/cm<sup>2</sup>, el resultado obtenido tras el porcentaje de sustitución del 75% de agregado grueso por piedra pómez fue el más ideal y ventajoso. Resultó en una resistencia promedio de 219,5 kg/cm<sup>2</sup>, que fue significativamente mayor que las otras dos sustituciones porcentuales. Descubrimos que la densidad de los bloques de ladrillo de hormigón había aumentado significativamente y pudimos alcanzar una densidad de 1.112 gr/cm<sup>3</sup> sustituyendo el 100 por ciento del material original. Se midió un porcentaje de sustitución de piedra pómez por agregado grueso y los resultados mostraron que esta sustitución no mejoró la resistencia a la flexión.

Además, Colombo y Mendoza (2021) en su proyecto "Piedra pómez como agregado grueso para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto ligero estructural", Este estudio bibliográfico que emplea el método deductivo, enfoque cuantitativo y orientación aplicada, con niveles descriptivo, correlacional y explicativo. El



diseño fue experimental. A medida que avanzó la investigación se constató que la sustitución de piedra pómez por un agregado grueso mejoró las propiedades del concreto liviano estructural, logrando porcentajes ideales de 15%, 25% y 50% para una flexión de 19 kg/cm<sup>2</sup>. Se observaron resistencias de 34 kg/cm<sup>2</sup>, 78 kg/cm<sup>2</sup>, 194 kg/cm<sup>2</sup>, 235 kg/cm<sup>2</sup> y 297 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que a medida que aumenta la dosis, mejora la calidad del diseño. El material presenta características geológicas, con conductividades térmicas que disminuyen a 0,33 W/mK, 0,38 W/mK y 0,5 W/mK, atribuidas a su alta porosidad y baja densidad, lo que da como resultado densidades de 1500 kg/m<sup>3</sup>, 1923 kg/m<sup>3</sup>, y 2126 kg/m<sup>3</sup>. Se determina que, con un porcentaje y dosis ideal, la piedra pómez sirve como un sustituto eficaz del agregado grueso en los diseños de mezclas de estructuras de concreto liviano.

Asimismo, Quispe (2022) en su proyecto "Aplicación de fibras de aluminio reciclado en losas de pavimento rígido en la ciudad de Huancayo", Esta investigación se inició para abordar la pregunta general: El objetivo principal era determinar el impacto de las FA sobre losas de pavimento rígido. Su teoría postulaba que el uso de FA influye sustancialmente en las propiedades del hormigón endurecido, sin ejercer ningún impacto en sus características de estado fresco para aplicaciones de pavimento rígido. Su metodología de investigación fue científico-experimental, caracterizada como investigación aplicada, con enfoque en niveles de investigación experimental. La hipótesis propuesta fue validada a través de un diseño de investigación cuasi-experimental, involucrando una población y muestra de 96 ensayos sobre las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido, incorporando FA en proporciones de 0.00%, 0.15%, 0.25%, 0.35. %, y 0,50% del peso de la mezcla. La conclusión es que se pueden utilizar FA, siendo la proporción más ventajosa del 0,16% con respecto al peso de la mezcla de hormigón de diseño para losas de pavimento, ya que no influye sustancialmente en las propiedades del hormigón, incluido el asentamiento, fraguado. tiempo y resistencia a la tracción a la flexión, con excepción del contenido de aire y la resistencia; el beneficio es una reducción en los costos de producción de 15,67%.



Finalmente, Manotupa (2022) en su proyecto "Influencia de sustitución del agregado grueso por piedra pómez en permeabilidad y resistencia por compresión del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>, 2022", Evaluar el impacto de la sustitución del agregado grueso por piedra pómez sobre la permeabilidad y resistencia del concreto a 210 kg/cm<sup>2</sup>, 2022; Objetivos particulares: Determinar la resistencia del hormigón a 210 kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo el árido grueso por piedra pómez. Evaluar la permeabilidad del concreto a fc 210 kg/cm<sup>2</sup> con la misma sustitución de agregado grueso por piedra pómez. La investigación será de carácter aplicado, tal como se describió anteriormente. Metodología de la investigación: Este estudio empleará un enfoque cuantitativo ya que es de naturaleza experimental. La evaluación de la permeabilidad y resistencia del concreto, con agregado grueso sustituido por piedra pómez, se realizará mediante ensayos, prácticas y cálculos. El diseño de la investigación se considera puramente experimental si cumple estos tres criterios esenciales. La investigación tendrá un carácter explicativo, centrándose en las propiedades del hormigón y su comportamiento en la sustitución de áridos. desgastar con piedra pómez, y dilucidar y abordar las incertidumbres presentadas. La población de investigación estará compuesta por 60 especímenes derivados de concreto con una densidad de 210 kg/cm<sup>2</sup>, lograda mediante la sustitución de agregado grueso por piedra pómez de media pulgada en las siguientes proporciones: 25%, 50%, 75% y 100%. La estrategia de recolección de datos empleada en esta investigación es la observación directa. Instrumentos: La ficha de observación será utilizada en esta investigación ya que facilita la identificación de los conceptos más significativos e informativos, permitiendo representar el contenido a través de análisis documental de elementos del laboratorio. La Tabla 12 y el Gráfico 7 ilustran la carga máxima promedio durante los experimentos realizados. En concreto ordinario el promedio a los 7 días es de 158.751 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días es de 198.51 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días llegó a 232.03 kg/cm<sup>2</sup>. En concreto con 25% de sustitución, la resistencia promedio alcanzada fue de 147,53 kg/cm<sup>2</sup> después de 7 días, 187,64 kg/cm<sup>2</sup> después de 14 días y 218,71 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días. En concreto con reposición del 50%, la resistencia a la compresión promedio a los 7 días fue de 141,69

kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días fue de 162,98 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días alcanzó 172,31 kg/cm<sup>2</sup>. En concreto con 75% de sustitución, la resistencia a la compresión promedio a los 7 días fue de 106,58 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días fue de 116,64 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días fue de 123,14 kg/cm<sup>2</sup>. En concreto con 100% de reposición, la resistencia a la compresión promedio a los 7 días fue de 80,12 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días fue de 107,23 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días fue de 113,86 kg/cm<sup>2</sup>. Las Tablas 15 y 16 presentan los resultados, indicando la profundidad máxima de agua alcanzada en las pruebas realizadas. Los datos revelan que el hormigón estándar presentó una profundidad de agua de 142,51 mm, mientras que el hormigón con una sustitución del 25% alcanzó una profundidad de 226 mm. El hormigón con sustituciones del 50%, 75% y 100% alcanzó una profundidad de 400 mm, lo que indica que el agua impregnó las muestras.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Según, Condori y Roque (2022) en su proyecto "Evaluación de las propiedades físico mecánicas del concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  -  $f'c=245\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra de aluminio reciclado, Puno - 2022", El objetivo de este estudio fue evaluar cómo la adición de FAR afectó las características del concreto con  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=245\text{ kg/cm}^2$  en Juliaca, 2022. Se aplica la metodología, utilizando un enfoque cuantitativo, un diseño de investigación experimental, cuasiexperimental y un nivel explicativo. Treinta vigas de hormigón y 180 tubos de ensayo componían la población. Los hallazgos indican que las dosis mejoraron las características mecánicas de resistencia en comparación con el concreto patrón, logrando  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ ; PB+0,30% (260,61 kg/cm<sup>2</sup>), PB+0,50% (36,56 kg/cm<sup>2</sup>) y PB+0,50% (36,30 kg/cm<sup>2</sup>), respectivamente. Los hallazgos de la investigación fueron los siguientes:  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  con una adición de 0,30% de FAR para resistencia, un aumento del 18,87%; para tracción al 0,50% FAR, aumentó del 17,18%; y para flexión la mejor resistencia se encontró al 0,50% del FAR aumentando un 9,21%, sin disminuir la resistencia en las dosis sugeridas. Estos resultados se obtuvieron para  $f'c=245\text{ kg/cm}^2$  CP+0.50% (279.55 kg/cm<sup>2</sup>), CP + 0.50% (41.72 kg/cm<sup>2</sup>) y CP + 0.50% (40.96



kg/cm<sup>2</sup>), respectivamente. En contraste, obtuvieron un aumento del 6,12% en la resistencia para  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup> al 0,50%, un aumento del 12,85% para la tensión al 0,30% de FAR y un aumento del 14,54% para la resistencia a la compresión al 0,50% para la flexión al 0,50%. 6,12%. sin disminuir la resistencia en las dosis sugeridas, al concreto modelo, respectivamente.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Concreto

Es un material compuesto principalmente por una mezcla de cemento, agua, agregados gruesos y agregados finos. Este material es esencial en la ingeniería civil debido a su alta resistencia, lo que lo hace ideal para estructuras que soportan grandes cargas. La composición del concreto es clave para sus propiedades finales: el cemento, al reaccionar con el agua en un proceso químico llamado hidratación, se endurece y forma un material sólido y resistente. Los agregados, por su parte, actúan como relleno, dándole al concreto la resistencia y estabilidad necesarias para soportar esfuerzos mecánicos, mientras que el agua facilita la mezcla y el proceso de hidratación. (Pérez, 2021).

La historia del concreto se remonta a miles de años, con ejemplos tempranos en las civilizaciones antiguas de Egipto y Roma, donde se empleaban mezclas primitivas similares para la construcción de templos, acueductos y monumentos que aún perduran. Sin embargo, el concreto moderno, tal como se conoce hoy en día, se desarrolló en el siglo XIX con la invención del cemento, un tipo de cemento caracterizado por su capacidad para generar una resistencia elevada y su durabilidad. Desde entonces, el concreto ha sido perfeccionado, añadiendo diversos aditivos y técnicas de mezcla que mejoran sus propiedades. Por ejemplo, existen concretos reforzados con fibras, que incluyen materiales como acero o fibra de vidrio, y concretos de alta resistencia, adecuados para proyectos estructurales complejos.

El uso del concreto en la construcción ofrece múltiples ventajas, entre las cuales destacan su durabilidad, su resistencia al fuego y la versatilidad en la aplicación. Puede adaptarse a una gran variedad de formas y tamaños mediante el uso de moldes, lo que permite su aplicación en columnas, losas, muros y cimentaciones. (Pérez, 2021).

En términos ambientales, el concreto es uno de los materiales con mayor impacto debido a que la producción de cemento, componente esencial, genera altas emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Sin embargo, en la actualidad se están desarrollando alternativas y tecnologías para reducir la huella ecológica del concreto, tales como la incorporación de residuos industriales en su composición, el uso de cementos ecológicos y técnicas de captura de carbono.

### 2.2.1.1. Composición del concreto

La composición del concreto se basa en cuatro componentes principales: cemento, agua, agregados (finos y gruesos) y aditivos. La proporción de estos ingredientes es fundamental para definir las propiedades del concreto. (Salinas, 2023).

- **Cemento:** Generalmente en forma de cemento Portland, es el ingrediente activo del concreto. Actúa como aglutinante al reaccionar químicamente con el agua en el proceso de hidratación, formando una pasta que envuelve los agregados y, al endurecerse, une todo el material en una masa sólida. La calidad del cemento es fundamental, ya que una mezcla de mayor calidad incrementa la resistencia del concreto y su durabilidad en condiciones adversas.
- **Agua:** Es esencial para hidratar el cemento, ya que desencadena el proceso de fraguado y endurecimiento. Sin embargo, el contenido de agua debe controlarse, ya que un exceso de agua puede provocar cavidades y reducir la resistencia final del hormigón. una menor relación produce un concreto más resistente, aunque también más difícil de manejar; una mayor relación, en cambio, mejora la trabajabilidad, pero reduce la resistencia.

- **Agregados:** Constituyen entre el 60% y 75% del volumen del concreto. Los agregados finos y los agregados gruesos ayudan a mejorar la densidad y la resistencia del concreto. La selección y graduación de estos agregados es importante, ya que la presencia de partículas uniformes y libres de impurezas contribuye a una mezcla más compacta y uniforme, lo cual se traduce en un concreto más resistente y durable.
- **Aditivos:** Son aditivos introducidos en cantidades mínimas para alterar o mejorar características específicas del hormigón, tanto en su forma fresca como curada. Existen varios tipos de aditivos, como los acelerantes, que disminuyen el tiempo de fraguado y son útiles en climas fríos; los retardantes, que prolongan el tiempo de trabajabilidad en climas cálidos; los plastificantes o superplastificantes, que reducen la cantidad de agua necesaria sin afectar la consistencia; y los incorporadores de aire, que mejoran la resistencia.

**Figura 1**

*Componentes del concreto*



*Nota:* Principales componentes del concreto, tomado de AVledi

### 2.2.1.2. Propiedades y comportamiento del concreto

Es un material con propiedades únicas que lo hacen ideal para la construcción de gran envergadura, desde edificios hasta puentes y presas. Sus propiedades pueden clasificarse en dos categorías principales:

#### 1. Propiedades en estado fresco.

Son fundamentales para su manipulación y colocación en la obra (Perez, 2021). Estas propiedades influyen en la facilidad con que se puede trabajar con el concreto antes de que comience a endurecer.

- **Trabajabilidad:** Es la capacidad del concreto fresco de ser mezclado, colocado y compactado sin pérdida significativa de su homogeneidad. La trabajabilidad depende de la relación agua-cemento, el tamaño y gradación de los agregados y el uso de aditivos plastificantes. Un concreto muy trabajable es esencial para llenar completamente los moldes y eliminar posibles vacíos que reducirían su resistencia.
- **Consistencia:** Refleja la fluidez de la mezcla fresca y se mide comúnmente mediante la prueba de asentamiento o "Slump". Una buena consistencia permite que el concreto fluya y se distribuya uniformemente en el molde, asegurando una estructura homogénea sin segregaciones.
- **Tiempo de fraguado:** Es el periodo que tarda el concreto en endurecerse lo suficiente para soportar su propio peso. Depende de factores como la temperatura, la proporción de agua y cemento, y el uso de aditivos acelerantes o retardantes. Un fraguado adecuado es necesario para evitar deformaciones y asegurar la integridad de la estructura.

#### 2. Propiedades en estado endurecido.

Una vez que el concreto se ha endurecido, presenta un conjunto de propiedades físicas y mecánicas que definen su comportamiento a largo plazo.



- **Resistencia a la compresión:** Esta es la propiedad más destacada del concreto. La resistencia se mide mediante ensayos a 28 días y es fundamental para soportar cargas estáticas y dinámicas. Un concreto de alta resistencia es crucial en estructuras sometidas a cargas elevadas, como columnas y losas de gran envergadura.
- **Durabilidad:** El concreto es muy resistente a la intemperie y a la acción de agentes químicos, siempre y cuando se diseñe y se cure correctamente. Sin embargo, está expuesto a posibles daños por ciclos de congelamiento y deshielo, sales y ácidos, los cuales pueden deteriorar su integridad con el tiempo. Aditivos específicos y un diseño cuidadoso de la mezcla pueden mejorar significativamente la durabilidad del concreto.
- **Resistencia a la tracción:** El concreto es débil frente a esfuerzos de tracción, por lo que es común reforzarlo con barras de acero (concreto armado). En aplicaciones donde se espera la presencia de esfuerzos de tracción, como en puentes y edificios altos, el concreto armado es crucial para evitar fallos estructurales.
- **Módulo de elasticidad:** Representa la rigidez del concreto y es una medida de cuánto se deforma bajo una carga determinada. lo cual es ventajoso en estructuras que requieren alta rigidez. Sin embargo, una rigidez excesiva también puede hacer que el concreto sea más susceptible a fracturas bajo cargas repetidas o en situaciones de sismo.
- **Permeabilidad:** Esta propiedad está relacionada con la capacidad del concreto para la penetración de agua. La permeabilidad baja es esencial en estructuras expuestas a ambientes húmedos o en contacto directo con agua, como cimientos y represas. Una mayor relación agua-cemento o una mala compactación durante el vertido pueden aumentar la permeabilidad del concreto, lo cual comprometería su durabilidad.



- **Conductividad térmica:** El concreto posee una alta capacidad de almacenamiento de calor, lo cual lo hace útil para moderar fluctuaciones de temperatura en climas extremos. Sin embargo, esta propiedad también significa que el concreto se expande con el calor y se contrae con el frío, un comportamiento que debe considerarse en el diseño para evitar la aparición de grietas.

### 3. Comportamiento del concreto.

El concreto es un material que, en estado endurecido, sigue comportándose de manera compleja en respuesta a las cargas y a las condiciones ambientales.

Algunas de sus características de comportamiento más relevantes son:

- **Creep o fluencia:** Bajo una carga sostenida en el tiempo, el concreto experimenta una deformación adicional lenta y progresiva conocida como fluencia. Esta propiedad es importante en estructuras pesadas, ya que con el tiempo puede generar desplazamientos o deformaciones indeseadas.
- **Retracción:** Durante el proceso de secado y endurecimiento, el concreto pierde agua y se contrae. Esta retracción puede causar grietas superficiales o internas si no se controla adecuadamente mediante un buen proceso de curado.
- **Resistencia a ciclos de congelación y descongelación:** En climas fríos, el concreto puede ser susceptible al daño por ciclos de congelación y descongelación, especialmente si es permeable. El uso de aditivos incorporadores de aire puede mejorar esta resistencia al proporcionar pequeños espacios dentro de la estructura del concreto, permitiendo que el agua se expanda sin dañar la integridad del material.

### 2.2.1.3. Tipos de concreto

Existen diversos tipos de concreto, diseñados para satisfacer necesidades específicas en proyectos de construcción y optimizar su rendimiento en distintas aplicaciones. Los principales tipos de concreto se agrupan según sus características, resistencia y componentes adicionales, que le otorgan propiedades únicas. (Goitia, 2022).

A continuación, se detallan algunos de los tipos más utilizados:

- **Concreto de alta resistencia.**

Este tipo de concreto presenta una resistencia superior a los 40 MPa, alcanzada mediante el uso de cemento de alta calidad, agregados de características específicas y una baja relación agua-cemento. Se utiliza en estructuras que deben soportar cargas elevadas, como puentes, rascacielos y estructuras de infraestructura pesada. Su uso se orienta principalmente en proyectos que requieren alta durabilidad y un bajo nivel de deformación.

- **Concreto ligero.**

El concreto ligero está compuesto por agregados livianos, como arcilla expandida, piedra pómez o vermiculita, y tiene una densidad considerablemente menor que el concreto convencional. Su resistencia es menor, pero su peso reducido facilita su aplicación en estructuras donde el peso propio debe ser limitado, como techos y estructuras de edificios altos. También es útil en aplicaciones de aislamiento térmico y acústico.

- **Concreto reforzado.**

El concreto reforzado incorpora acero en forma de barras, mallas o fibras, para incrementar su resistencia. Este refuerzo permite que el concreto soporte cargas de tracción, que de otra manera lo afectarían debido a su baja capacidad de resistencia en estas condiciones.

- **Concreto de alta densidad.**

Este concreto utiliza agregados densos, como la barita o el hematita, para alcanzar una densidad mucho mayor que la del concreto convencional. Se usa en



aplicaciones especiales que requieren protección contra la radiación, como en hospitales y centrales nucleares. Su densidad le permite bloquear o reducir significativamente la radiación de rayos gamma o de neutrones.

- **Concreto pretensado y postensado.**

Estos tipos de concreto se emplean en estructuras de gran envergadura y se caracterizan por la introducción de fuerzas de compresión en las secciones de concreto antes de aplicar la carga. Ambos métodos aumentan la capacidad de resistencia a la tracción, por lo que son comunes en puentes, grandes vigas y losas.

- **Concreto autocompactante (SCC).**

El concreto autocompactante es altamente fluido y puede fluir y compactarse bajo su propio peso, sin necesidad de vibración mecánica. Su formulación incluye aditivos plastificantes y, en ocasiones, agregados muy finos para mejorar su fluidez.

- **Concreto de alta durabilidad.**

Diseñado para resistir condiciones ambientales severas, el concreto de alta durabilidad se formula con aditivos que reducen la permeabilidad, aumentando así su resistencia a los agentes agresivos como el cloro, sulfatos y ciclos de congelación y descongelación. Este tipo de concreto es adecuado para estructuras en ambientes marinos o zonas industriales, donde la durabilidad es una prioridad.

- **Concreto con fibras.**

Incorpora fibras de distintos materiales para mejorar ciertas propiedades, especialmente la resistencia al agrietamiento y la durabilidad. Las fibras ayudan a controlar la formación de grietas y mejoran la resistencia. Es común en pavimentos, túneles y aplicaciones de concreto expuesto a desgaste mecánico.

- **Concreto translúcido.**

Es una innovación reciente que incluye fibras ópticas en su composición, lo que le permite transmitir luz. Este tipo de concreto es de uso principalmente arquitectónico y permite crear efectos estéticos únicos, así como mejorar la eficiencia energética en edificaciones al permitir la entrada de luz natural.

- **Concreto permeable o poroso.**

Caracterizado por su estructura porosa, este concreto permite el paso de agua, reduciendo problemas de inundación en pavimentos y zonas urbanas. áreas de estacionamiento y zonas urbanas donde se busca reducir el impacto de las escorrentías de agua de lluvia.

Cada uno de estos tipos de concreto ha sido diseñado para satisfacer requisitos específicos y optimizar el rendimiento del material en distintos entornos y aplicaciones. La elección del tipo adecuado depende de factores como las cargas previstas, las condiciones ambientales y los requisitos de durabilidad y resistencia de cada proyecto.

#### **2.2.1.4. Usos del concreto en la construcción**

Se emplea en una variedad de aplicaciones que van desde la construcción de cimientos hasta acabados arquitectónicos, permitiendo cubrir las necesidades de diferentes tipos de estructuras y proyectos (Silva, 2021).

- a. Cimentaciones y bases.**

Es esencial en la construcción de cimentaciones, ya que proporciona la estabilidad y resistencia necesarias para soportar el peso de las estructuras y transferir las cargas al suelo de manera uniforme. Existen varios tipos de cimentaciones de concreto, como losas de cimentación, zapatas, pilotes y losas de concreto, cada una adaptada a las condiciones del suelo y las necesidades estructurales del proyecto.

- b. Muros de contención y paredes.**

Se utilizan para sostener el suelo y evitar deslizamientos en terrenos inclinados o cerca de estructuras, lo que los hace vitales en obras y construcción de carreteras. Los muros de concreto también son comunes en sótanos y estructuras subterráneas debido a su resistencia y durabilidad, brindando una protección estructural y seguridad.



### **c. Columnas y Vigas.**

Las columnas y vigas de concreto armado son elementos estructurales que proporcionan resistencia y estabilidad a edificios y puentes. Las columnas soportan cargas verticales, mientras que las vigas distribuyen las cargas horizontales. Al estar reforzados con acero, estos elementos pueden resistir tanto cargas de compresión como de tracción, lo cual es crucial en construcciones de gran altura y puentes.

### **d. Pisos y losas.**

Las losas de concreto ofrecen una superficie plana y resistente para la construcción de pisos de varios niveles, techos y azoteas. Las losas pueden ser de concreto macizo o de concreto pretensado y postensado, dependiendo de las necesidades estructurales y de carga de cada proyecto.

### **e. Carreteras.**

El concreto es común en la construcción de carreteras y calles gracias a su resistencia al desgaste y bajo costo de mantenimiento. Los pavimentos de concreto son ideales para áreas de alto tráfico y climas extremos, pues resisten mejor que el asfalto el desgaste y los cambios de temperatura. Además, el concreto permeable es una opción sostenible para pavimentos.

### **f. Puentes y viaductos.**

El concreto pretensado y postensado es común en estas estructuras, ya que permite cubrir grandes luces sin necesidad de muchos soportes, lo cual es ideal para puentes y otras infraestructuras viales. Además, el concreto reforzado con acero permite que estas estructuras resistan tanto cargas de compresión como de tracción.

### **g. Presas y estructuras hidráulicas.**

Las presas de concreto y otras estructuras hidráulicas, como canales, acueductos y diques, dependen del concreto por su impermeabilidad y resistencia a las fuerzas de compresión. Este material es ideal para soportar grandes volúmenes de agua y



garantizar la seguridad en el control y almacenamiento de recursos hídricos. Además, el concreto de alta densidad y alta durabilidad se utiliza en estas construcciones para prevenir el deterioro en contacto con el agua y minimizar el riesgo de fugas.

### **h. Túneles y estructuras subterráneas.**

Los túneles y otras estructuras subterráneas requieren un material resistente y duradero que soporte la presión de la tierra y el agua circundantes, lo que hace al concreto ideal para estos proyectos. En muchos casos, el concreto proyectado, o "shotcrete", se utiliza en la construcción de túneles, ya que permite aplicar el material de manera rápida y eficiente sobre las paredes y techos de la excavación, formando una capa protectora y estable.

### **i. Edificios de gran altura.**

El concreto es un material común en edificios de gran altura debido a su resistencia. En estos edificios, el concreto reforzado y el concreto de alta resistencia se emplean en la construcción de núcleos estructurales, columnas y muros de carga. Su resistencia al fuego y su capacidad para reducir la transmisión de ruido entre pisos también son factores importantes que favorecen su uso en rascacielos y edificios residenciales.

### **j. Acabados arquitectónicos.**

El concreto también es utilizado para crear acabados arquitectónicos y decorativos en proyectos de construcción. Gracias a su versatilidad, puede moldearse en diferentes formas y texturas, permitiendo a los arquitectos y diseñadores explorar diversas posibilidades estéticas. El concreto pulido, estampado, coloreado y expuesto son algunas de las técnicas de acabado que proporcionan valor estético en edificios, fachadas y elementos decorativos.

### **k. Infraestructura de transporte.**

La infraestructuras en el transporte, como aeropuertos, terminales de autobuses y estaciones de trenes. Las pistas de aterrizaje de concreto en los aeropuertos, por

ejemplo, son ideales para soportar el peso y la fricción de los aviones debido a su resistencia y durabilidad. Las plataformas, muros y otros elementos en estas instalaciones también se construyen con concreto para asegurar una larga vida útil y baja necesidad de mantenimiento.

#### I. **Obras marítimas y portuarias.**

Las estructuras en ambientes marinos, como muelles, espigones y rompeolas, deben soportar condiciones extremas de humedad y la acción corrosiva del agua salada. El concreto de alta durabilidad y resistencia a la corrosión es utilizado en estas aplicaciones debido a su capacidad para resistir la acción de la sal y otros agentes químicos presentes en el agua marina, asegurando la estabilidad y seguridad de las estructuras portuarias.

#### 2.2.2. **Concreto ligero**

Es un concreto especial que se conoce por su baja densidad en comparación con el concreto. La densidad típica del concreto ligero suele estar entre 1440 y 1840 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la del concreto convencional ronda los 2400 kg/m<sup>3</sup>. La reducción en peso hace que el concreto ligero sea ideal para aplicaciones donde es necesario minimizar las cargas sobre la estructura, como en edificios altos, techos y muros divisorios, sin sacrificar su resistencia y durabilidad. (Villalobos et al., 2016).

##### 1. **Composición del concreto ligero.**

El concreto ligero se obtiene reemplazando los agregados tradicionales, como la grava y la arena, por agregados livianos naturales o artificiales. Los agregados más comunes incluyen la piedra pómez, la arcilla expandida, la escoria, la vermiculita y la perlita. Estos materiales tienen estructuras internas porosas, lo que les otorga una menor densidad sin afectar significativamente su resistencia. En algunos casos, se emplean aditivos para mejorar la cohesión de la mezcla y facilitar su colocación, sobre todo cuando se busca que el concreto tenga propiedades autocompactantes. También puede utilizarse aire incluido en la mezcla mediante

agentes espumantes, lo que genera concretos con densidades muy bajas, ideales para aislamiento térmico y acústico.

## 2. Propiedades y ventajas del concreto ligero.

El concreto ligero ofrece una serie de ventajas sobre el concreto convencional, principalmente por su menor peso. Esta característica permite disminuir las cargas sobre elementos estructurales como vigas, columnas y cimientos, lo que a su vez puede reducir los costos de materiales y facilitar el proceso de construcción. Además, el concreto ligero tiene un excelente comportamiento como aislante térmico y acústico, debido a la naturaleza porosa de sus agregados, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en edificios residenciales, comerciales e industriales donde se busca mejorar el confort ambiental.

Otra ventaja del concreto ligero es su mayor resistencia al fuego en comparación con el concreto convencional. Los agregados ligeros naturales y artificiales son más resistentes a altas temperaturas, por lo que el concreto ligero presenta un mejor desempeño en situaciones de incendio, retardando la propagación del calor y protegiendo la integridad estructural. Asimismo, su menor densidad facilita el transporte y la manipulación en obra, permitiendo una ejecución más rápida y sencilla, especialmente en construcciones prefabricadas y modulares.

## 3. Tipos de concreto ligero.

Existen diferentes tipos de concreto ligero, clasificados principalmente por el tipo de agregados y sus aplicaciones específicas:

- **Concreto ligero estructural:** Tiene una resistencia suficiente para usarse en elementos estructurales como vigas, columnas y losas. Su densidad oscila entre 1400 y 2000 kg/m<sup>3</sup>, y se utiliza principalmente en construcciones donde se requiere un menor peso estructural sin perder capacidad de soporte.
- **Concreto ligero de no-estructural:** Este concreto, también conocido como concreto de relleno o de baja densidad, tiene una resistencia inferior a 10 MPa



y se utiliza principalmente para rellenar cavidades, fabricar paneles de partición y techos que no soportan cargas estructurales significativas.

#### 4. Limitaciones y consideraciones del concreto ligero.

A pesar de sus numerosas ventajas, el concreto ligero presenta algunas limitaciones que deben considerarse en el diseño y construcción. Su resistencia a tiende a ser inferior a la del concreto, lo que restringe su uso en ciertas aplicaciones estructurales donde se requiere alta capacidad de soporte. Además, el proceso de fabricación de concreto ligero puede ser más costoso debido al precio de los agregados livianos y la necesidad de aditivos especializados para mantener la cohesión de la mezcla.

Asimismo, el concreto ligero puede ser más vulnerable a la absorción de agua, especialmente si los agregados no están adecuadamente sellados o impermeabilizados. Por estas razones, es fundamental evaluar cuidadosamente las condiciones de exposición y los requisitos estructurales antes de optar por el uso de concreto ligero.

#### 5. Aplicaciones del concreto ligero.

El concreto ligero es ampliamente utilizado en proyectos que requieren una reducción de peso estructural o mejor aislamiento térmico y acústico. Entre sus aplicaciones más comunes se encuentran:

- **Edificaciones de varios niveles:** Al reducir el peso de los elementos estructurales, permite construcciones más altas y ligeras, optimizando el diseño de vigas, columnas y cimientos.
- **Elementos prefabricados:** Se emplea en la fabricación de bloques, paneles y losas ligeras, que se utilizan en la construcción de paredes no portantes, techos y divisiones interiores.



- **Cubiertas y techos:** Su capacidad de aislamiento y su bajo peso lo hacen ideal para cubiertas que requieren resistencia térmica y acústica, mejorando el confort en el interior de las edificaciones.
- **Rellenos y nivelación:** En obras de infraestructura, el concreto ligero es útil como material de relleno en zanjas y espacios huecos, donde no se necesita alta resistencia, pero sí ligereza y capacidad de absorción de impactos.

### 2.2.2.1. Características del concreto ligero

El concreto ligero se caracteriza principalmente por su menor densidad en comparación con el concreto tradicional, además de otras propiedades específicas que lo hacen adecuado para aplicaciones donde se necesita reducir el peso de las estructuras sin comprometer ciertos niveles de resistencia y durabilidad (Villalobos et al., 2016).

#### ❖ **Baja densidad.**

La densidad del concreto ligero oscila entre 1440 y 1640 kg/m<sup>3</sup>, en contraste con el concreto convencional, que suele tener una densidad de aproximadamente 2400 kg/m<sup>3</sup>. Esta característica se logra mediante el uso de agregados livianos y, en algunos casos, mediante la incorporación de aire en la mezcla. La baja densidad es ideal para aplicaciones donde la reducción de peso es prioritaria, como en edificios altos, techos y estructuras de soporte.

#### ❖ **Resistencia a la compresión variable.**

El concreto ligero puede alcanzar resistencias superiores a 17 MPa, haciéndolo adecuado para aplicaciones estructurales ligeras. Sin embargo, en casos de concreto no estructural, la resistencia puede ser considerablemente más baja, rondando los 7-10 MPa.

#### ❖ **Buen aislamiento acústico.**

Gracias a su estructura porosa y menor densidad, el concreto ligero ofrece mejores propiedades de aislamiento acústico. Esta característica es especialmente útil en edificios residenciales, hospitales, auditorios y cualquier espacio donde se necesite

controlar el ruido. La capacidad del concreto ligero para absorber y disipar ondas sonoras contribuye a crear ambientes más silenciosos y cómodos.

❖ **Mayor facilidad de manipulación y colocación.**

La baja densidad del concreto ligero facilita su transporte y colocación en obra, especialmente en proyectos de gran altura donde el peso es un factor limitante. Este concreto es más fácil de manipular y aplicar, lo cual reduce el tiempo de trabajo y los costos de mano de obra. Además, la menor carga sobre los cimientos puede reducir el tamaño y la cantidad de estos, disminuyendo los costos de construcción.

❖ **Versatilidad en aplicaciones.**

El concreto ligero es versátil y puede adaptarse a una variedad de aplicaciones, tanto estructurales como no estructurales. Desde la fabricación de paneles de relleno y muros divisorios hasta la construcción de losas y techos, este concreto ofrece soluciones ligeras sin sacrificar propiedades esenciales de resistencia. También es común en elementos prefabricados, donde la reducción de peso facilita el transporte y la instalación.

❖ **Propensión a la absorción de agua.**

Debido a su estructura porosa, el concreto ligero es más susceptible a la absorción de agua, lo que puede afectar su durabilidad en ambientes húmedos. Para mejorar esta propiedad, se suelen aplicar selladores o aditivos que reducen la permeabilidad del concreto, o bien se recurre al uso de concretos ligeros especiales con mayor resistencia a la humedad.

❖ **Sostenibilidad.**

El concreto ligero contribuye a la sostenibilidad al reducir el consumo de materiales y la cantidad de recursos necesarios para su producción y transporte. Además, ciertos agregados livianos, como los provenientes de residuos industriales o reciclados, pueden utilizarse en su fabricación, disminuyendo así el impacto ambiental asociado con la extracción de agregados naturales.

### 2.2.2.2. Factores que influyen en el concreto ligero

Varios factores afectan el rendimiento, la durabilidad y las propiedades del concreto ligero, los factores que influyen en el concreto ligero abarcan tanto los componentes de la mezcla como los procesos de fabricación y las condiciones ambientales (Villalobos et al., 2016). A continuación, se analizan estos factores:

- **Tipo y calidad de los agregados livianos.**

Los agregados livianos son uno de los factores más importantes que afectan las propiedades del concreto ligero, ya que son responsables de su baja densidad y muchas de sus características térmicas y acústicas. La elección del tipo de agregado (como piedra pómez, arcilla expandida, escoria granulada o perlas de poliestireno) influye en la resistencia, el aislamiento térmico y la capacidad de absorción de agua. La calidad del agregado también es esencial: debe ser uniforme, libre de impurezas y con una granulometría adecuada para evitar segregación y asegurar una mezcla homogénea.

- **Relación agua-cemento.**

Una menor cantidad de agua en la mezcla mejora la resistencia al reducir los vacíos, pero también puede afectar su trabajabilidad, especialmente en el caso de los agregados livianos, que tienden a absorber agua. Por otro lado, una relación agua-cemento elevada facilita el manejo y la colocación, pero puede comprometer la resistencia y aumentar la permeabilidad, lo cual es especialmente importante en el concreto ligero, donde el exceso de agua puede debilitar la estructura.

- **Uso de aditivos.**

Los aditivos son utilizados en el concreto ligero para mejorar ciertas propiedades. Los plastificantes y superplastificantes pueden reducir el agua, mejorando la trabajabilidad sin afectar la resistencia. Los incorporadores de aire son comunes del concreto ligero, ya que las burbujas de aire permiten la expansión del agua sin dañar la estructura.



- **Tamaño de los agregados.**

El tamaño de los agregados afecta la densidad y la resistencia del concreto ligero. Los agregados más finos generan una mezcla más compacta y uniforme, mientras que los agregados gruesos tienden a reducir la densidad y mejorar el aislamiento térmico y acústico. La granulometría adecuada evita la segregación y mejora la cohesión, asegurando que la mezcla tenga una consistencia uniforme y una resistencia adecuada.

- **Método de curado.**

El proceso de curado es esencial para alcanzar la resistencia y durabilidad deseadas en el concreto ligero. Un curado adecuado permite que el cemento hidrate correctamente, minimizando el riesgo de fisuras y retracción. La falta de un curado adecuado puede hacer que el concreto pierda agua rápidamente, lo que afecta negativamente su resistencia y durabilidad. Especialmente en el caso del concreto ligero, que puede ser más poroso, el curado ayuda a asegurar que los agregados no absorban en exceso el agua de la mezcla.

- **Densidad de la mezcla.**

La densidad final de la mezcla es un factor clave en el rendimiento del concreto ligero. Aunque la baja densidad es una de sus principales características, es importante encontrar un equilibrio entre la densidad y la resistencia estructural. Para aplicaciones estructurales, se busca una densidad controlada que permita una resistencia suficiente sin aumentar excesivamente el peso. En aplicaciones no estructurales, como paneles de partición o rellenos, se puede optar por densidades más bajas para maximizar el aislamiento térmico y reducir el peso.

- **Propiedades del cemento.**

La calidad y tipo de cemento utilizado también impactan las propiedades del concreto ligero. Un cemento de alta resistencia permite obtener un concreto más resistente, incluso en aplicaciones de baja densidad. Además, el uso de cementos especiales, como el cemento de alta durabilidad o cementos que contienen

materiales suplementarios, puede mejorar la durabilidad y reducir la absorción de agua, aumentando la vida útil del concreto ligero en condiciones agresivas.

- **Condiciones ambientales.**

Vertido y curado pueden afectar significativamente el comportamiento del concreto ligero. En climas cálidos, el concreto puede perder agua rápidamente, aumentando el riesgo de fisuración y afectando el proceso de hidratación del cemento. En climas fríos, el fraguado es más lento, lo que puede prolongar el tiempo de curado y, en casos extremos, afectar la durabilidad debido a ciclos de congelación y descongelación. El control de las condiciones ambientales es especialmente importante en el concreto ligero, ya que su alta porosidad lo hace más susceptible a los cambios de temperatura y humedad.

- **Tipo de concreto ligero.**

Existen varios tipos de concreto ligero (estructural, no estructural, y aireado), y el tipo específico seleccionado influye en sus propiedades finales. Por ejemplo, el concreto ligero estructural se formula para proporcionar resistencia adecuada en aplicaciones de soporte de carga, mientras que el concreto aireado o celular está diseñado principalmente para aislamiento térmico y acústico. Elegir el tipo adecuado de concreto ligero según los requisitos específicos de la obra permite obtener el máximo beneficio de sus propiedades.

### **2.2.3. Agregados**

Son materiales granulares, que se usan en diversas aplicaciones dentro de la construcción, como componente fundamental en la fabricación de concretos, morteros y pavimentos, entre otros. Se componen principalmente de partículas de roca y otros minerales que, al mezclarse con un aglomerante como el cemento, aportan resistencia y estabilidad a las estructuras construidas. En función de sus características, los agregados se clasifican en diferentes tipos, siendo los principales los agregados finos y los agregados gruesos. Los agregados finos, como la arena, están formados por partículas más

pequeñas, mientras que los agregados gruesos, como la grava, tienen partículas de mayor tamaño.

Además de su tamaño, los agregados se clasifican de acuerdo con su origen en naturales y artificiales. Los naturales provienen de la desintegración de rocas y se encuentran en depósitos fluviales, lacustres o marítimos, y no requieren mayor procesamiento, excepto su limpieza y separación por tamaño. Por otro lado, los agregados artificiales se obtienen mediante procesos de trituración o incluso de reciclaje de materiales, como en el caso de ciertos residuos de construcción. Cada tipo de agregado posee propiedades específicas que determinan su utilización según el tipo de obra y las exigencias estructurales, ya que factores como la dureza, la resistencia y la absorción de agua impactan directamente en la durabilidad del concreto o mortero final.

Los agregados también cumplen funciones específicas en el diseño de mezclas de concreto. Por ejemplo, los agregados gruesos aportan esqueleto y rigidez a la mezcla, mientras que los finos ayudan a rellenar los espacios vacíos y a mejorar la trabajabilidad del concreto fresco. (Conarsac, 2023).

### 2.2.3.1. Tipos de agregados

Son materiales sólidos que se mezclan con el cemento y el agua para formar concreto, desempeñando un papel crucial en la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del mismo. Los agregados representan aproximadamente el 60-80% del volumen del concreto y se clasifican según su origen, tamaño y densidad.

#### 1. Agregados según su tamaño.

- **Agregados finos:** Estos agregados están compuestos por partículas menores a 5 mm de diámetro, y el material más común es la arena. La función de los agregados finos es llenar los vacíos entre los agregados gruesos y mejorar la cohesión de la mezcla. La arena puede ser de origen natural, como la arena de río o de cantera, o procesada mediante trituración de piedra.

- **Agregados gruesos:** Son aquellos que tienen un tamaño mayor a 5 mm y están conformados por materiales como grava, piedra triturada o roca de origen volcánico. Su función principal es proporcionar resistencia y rigidez al concreto. Los agregados gruesos se seleccionan en función de las propiedades mecánicas que se requieren, y su tamaño debe ser adecuado para facilitar la colocación y compactación del concreto en el encofrado.

## 2. Agregados según su origen.

- **Agregados naturales:** Proviene del río, terrazas aluviales, y yacimientos naturales de arena y grava. No requieren procesos complejos de manufactura, solo el lavado y, en algunos casos, la trituración y cribado para ajustar su tamaño. Son los más utilizados en la construcción debido a su disponibilidad y bajo costo.
- **Agregados artificiales:** Se obtienen de los procesos industriales y suelen ser productos derivados de materiales naturales o subproductos industriales. Ejemplos de agregados artificiales incluyen la escoria de alto horno, la arcilla expandida y la vermiculita. Estos agregados se utilizan principalmente en concretos ligeros debido a su baja densidad y capacidad aislante. (Conarsac, 2023).
- **Agregados reciclados:** Estos agregados se obtienen de la trituración y procesamiento de residuos de construcción, como concreto y ladrillos de demoliciones. Se emplean en concreto reciclado o en mezclas de bajo rendimiento. Aunque su resistencia puede ser inferior a la de los agregados naturales, los avances en su procesamiento los han hecho cada vez más viables para ciertos proyectos.

## 3. Agregados según su densidad.

- **Agregados normales:** Son los agregados convencionales utilizados en la fabricación de concreto estructural, con una densidad que oscila entre 2,400 y



2,900 kg/m<sup>3</sup>. Estos agregados proporcionan la resistencia necesaria para elementos estructurales de concreto y son los más empleados en proyectos de construcción.

- **Agregados ligeros:** Estos agregados tienen una densidad menor a la de los agregados normales (entre 300 y 1,800 kg/m<sup>3</sup>) y se utilizan para fabricar concreto ligero. Ejemplos comunes incluyen la piedra pómez, la arcilla expandida, la escoria y la vermiculita. Debido a su estructura porosa, estos agregados reducen el peso del concreto, lo que es útil en edificaciones donde se requiere disminuir la carga sobre la estructura, así como en aplicaciones de aislamiento térmico y acústico.
- **Agregados pesados:** Son aquellos con densidad superior a 3,000 kg/m<sup>3</sup> y se utilizan concretos de mayor densidad, como los que se emplean en estructuras de protección contra la radiación (ej., hospitales o plantas nucleares). Ejemplos de agregados pesados incluyen la barita, la magnetita y la hematita. Estos materiales incrementan significativamente la masa del concreto, proporcionando mayor absorción de radiaciones y resistencia a impactos.

#### 4. Agregados según su forma.

- **Agregados redondeados:** Estos agregados tienen superficies lisas y contornos redondeados debido a su origen fluvial o marino, donde el movimiento del agua los desgasta. Su forma mejora la trabajabilidad del concreto, permitiendo una mezcla fluida y fácil de compactar. Sin embargo, presentan menor adherencia al cemento debido a su superficie lisa, por lo que suelen utilizarse en concretos con menor demanda estructural.
- **Agregados angulares:** Son agregados con bordes afilados y superficies rugosas, generalmente obtenidos por trituración de roca. Sin embargo, su trabajabilidad es menor debido a que los bordes pueden trabarse entre sí, dificultando el flujo de la mezcla.



- **Agregados alargados y aplanados:** Estos agregados presentan una forma irregular, siendo largos o aplanados, y pueden generar problemas de adherencia y resistencia en el concreto. Generalmente se evitan en mezclas estructurales, ya que tienden a crear vacíos y a disminuir la cohesión de la mezcla. Si se usan, se requiere una selección cuidadosa y un diseño de mezcla que considere sus propiedades.

### 5. Agregados especiales.

- **Agregados para concreto decorativo:** Incluyen materiales como el mármol triturado, el vidrio y otros agregados de colores o texturas especiales que se emplean para darle un acabado estético al concreto, como en pavimentos decorativos y elementos arquitectónicos. Además de su aspecto visual, estos agregados deben seleccionarse en función de su durabilidad y resistencia.
- **Agregados con propiedades de resistencia a químicos:** En ciertos proyectos industriales, se requieren agregados que ofrezcan resistencia a químicos, ácidos o sales para estructuras que estarán en contacto con sustancias corrosivas. Estos agregados son seleccionados específicamente para evitar reacciones que comprometan la durabilidad del concreto.
- **Agregados reactivos:** Este tipo de agregados puede reaccionar con el cemento u otros componentes del concreto, produciendo expansiones o contracciones indeseables que afectan la durabilidad de la estructura. Un ejemplo es el agregado que contiene sílice reactiva, que puede formar gel expansivo al reaccionar con álcalis presentes en el cemento, causando fisuras y deterioro. Por ello, se suele evitar su uso en concreto estructural, o se utilizan cementos de bajo contenido de álcalis para mitigar estas reacciones.

### 2.2.3.2. Propiedades del agregado

Influyen en las características y desempeño del concreto, ya que representan el mayor volumen de su composición. A continuación, se describen las propiedades esenciales para la formulación de mezclas de concreto de calidad:

#### a) Tamaño y granulometría.

El tamaño y la granulometría del agregado, es decir, la distribución de los tamaños de las partículas, son fundamentales para determinar la trabajabilidad y compacidad del concreto. Una granulometría continua, que incluye una buena distribución de tamaños, mejora la trabajabilidad y reduce la porosidad, lo cual contribuye a una mayor resistencia del concreto.

#### b) Forma y textura superficial.

La forma del agregado afecta tanto la adherencia al cemento como la facilidad de manejo de la mezcla. Los agregados redondeados, como los de origen fluvial, tienen una superficie lisa que mejora la trabajabilidad del concreto, pero presentan menor adherencia al cemento en comparación con los agregados angulares, que tienen superficies rugosas y proporcionan mejor anclaje con la matriz cementante, aumentando la resistencia del concreto. Sin embargo, los agregados angulares tienden a disminuir la trabajabilidad debido a su forma irregular.

#### c) Densidad y peso específico.

La densidad y el peso específico de los agregados influyen en la densidad final del concreto. Los agregados con mayor peso específico, como los agregados normales (grava y piedra triturada), aportan resistencia y rigidez al concreto. Los agregados ligeros, como la piedra pómez o la arcilla expandida, producen concretos de menor densidad, lo cual es útil en aplicaciones que requieren ligereza estructural o aislamiento. El peso específico del agregado también determina el volumen de agregado necesario para alcanzar una resistencia específica en la mezcla.



### **d) Absorción de agua y humedad.**

Es la capacidad del agregado para retener agua en sus poros internos. Este factor es crítico en la formulación de la mezcla, ya que un alto nivel de absorción puede alterar la proporción de agua necesaria en la mezcla y afectar la trabajabilidad y resistencia del concreto. Los agregados deben estar en condiciones de humedad controlada antes de su uso para evitar que absorban agua de la mezcla o que añadan exceso de agua al concreto. La humedad de los agregados es controlada mediante ensayos previos para asegurar que el contenido de agua en el concreto sea el adecuado.

### **e) Módulo de elasticidad.**

Afecta el módulo de elasticidad del concreto final. Los agregados con un módulo de elasticidad alto, como los agregados de roca dura, proporcionan una mayor rigidez al concreto, lo que es importante en estructuras sometidas a cargas pesadas. Por el contrario, los agregados ligeros o porosos tienen un módulo de elasticidad bajo y producen concretos con mayor capacidad de deformación, adecuados para aplicaciones donde se requiere flexibilidad o capacidad de absorción de impactos.

### **f) Durabilidad y resistencia química.**

La durabilidad y resistencia química del agregado son fundamentales para garantizar la vida útil del concreto en condiciones ambientales adversas. Algunos agregados son más resistentes a los ataques químicos, como la exposición a sulfatos o ácidos, mientras que otros pueden reaccionar con los álcalis del cemento, provocando expansiones y fisuras en el concreto (reacción álcali-agregado). Los agregados deben seleccionarse en función de la exposición prevista de la estructura para evitar problemas de deterioro.

### **g) Porosidad y permeabilidad.**

Afectan la cantidad de agua que puede retener y transmitir al concreto. Los agregados con alta porosidad pueden absorber más agua, lo que impacta en el

control de la humedad de la mezcla y en la cantidad de cemento necesaria para lograr una buena cohesión. Un agregado con alta permeabilidad puede reducir la durabilidad del concreto si permite la entrada de agua, como sales o ácidos, que pueden acelerar el deterioro. Por ello, se prefieren agregados de baja porosidad y permeabilidad en estructuras expuestas a la intemperie o en contacto con agua.

#### h) **Color.**

El color del agregado puede no afectar las propiedades mecánicas, pero sí influye en el acabado visual de elementos de concreto arquitectónico o decorativo. Los agregados de colores claros pueden reflejar mejor la luz y reducir la absorción de calor en estructuras exteriores, lo cual puede ser beneficioso en climas cálidos. Asimismo, algunos agregados de colores específicos son seleccionados para obtener acabados decorativos en pisos, paredes y otros elementos visibles.

#### i) **Impurezas y limpieza.**

La presencia de impurezas en el agregado, como arcilla, materia orgánica o partículas finas, puede afectar negativamente el desempeño del concreto. Estas impurezas pueden interferir con la adherencia entre el cemento y el agregado, disminuyendo la resistencia de la mezcla. Además, las impurezas pueden alterar el tiempo de fraguado y la durabilidad del concreto.

### 2.2.3.3. **Funciones del agregado en el concreto**

Los agregados cumplen múltiples funciones esenciales en el concreto, contribuyendo a su resistencia, durabilidad, economía y trabajabilidad. Dado que representan entre el 60% y 80% del volumen total de la mezcla, su papel es fundamental para el rendimiento del concreto. A continuación, se detallan las principales funciones de los agregados en el concreto:

- ✓ **Proporcionar resistencia estructural:** Los agregados aportan la mayor parte de la resistencia en el concreto, ya que las partículas de los agregados son inherentemente más fuertes que la pasta de cemento. Su dureza y rigidez permiten



que el concreto soporte cargas pesadas y mantenga su integridad estructural. Agregados gruesos, como la grava o piedra triturada, son particularmente efectivos en este aspecto, ya que proporcionan un núcleo resistente dentro de la matriz de cemento, incrementando la capacidad del concreto para soportar esfuerzos de compresión y de tracción indirecta.

- ✓ **Reducir la contracción y expansión:** La adición de agregados en el concreto ayuda a reducir la contracción que ocurre durante el proceso de fraguado. La pasta de cemento, al hidratarse y secarse, tiende a disminuir su volumen, lo que genera contracción. Los agregados, al ser inertes, actúan como un esqueleto estable dentro del concreto, limitando la cantidad de contracción y reduciendo la posibilidad de formación de fisuras. Además, los agregados reducen la expansión que puede ocurrir por variaciones de humedad o temperatura, lo que aumenta la estabilidad dimensional del concreto.
- ✓ **Mejorar la durabilidad:** La durabilidad del concreto depende en gran medida de los agregados, especialmente en ambientes expuestos a factores corrosivos, como humedad, sales y agentes químicos. Los agregados resistentes a estos elementos ayudan a prolongar la vida útil del concreto al evitar que se deterioren o reaccionen químicamente con el cemento. Asimismo, los agregados de baja porosidad reducen la permeabilidad del concreto, limitando la entrada de agentes externos que podrían acelerar su desgaste o causar corrosión.
- ✓ **Incrementar la rigidez y reducir la deformación:** La incorporación de agregados en el concreto le otorga una mayor rigidez y limita su deformación bajo carga. Los agregados con un alto módulo de elasticidad, como los de piedra dura, contribuyen a incrementar la elasticidad del concreto, lo que permite que la estructura sea más rígida y resistente a la flexión. Esto es especialmente importante en elementos estructurales de gran envergadura, como vigas y losas, donde es fundamental evitar la deformación excesiva.



- ✓ **Mejorar la trabajabilidad:** Una mezcla bien proporcionada de agregados mejora la cohesión y facilita el manejo, colocación y compactación del concreto fresco. Además, los agregados redondeados, como los de origen fluvial, reducen la fricción interna en la mezcla, mejorando su flujo y facilitando su colocación en el molde o encofrado. Una buena trabajabilidad también ayuda a reducir la cantidad de esfuerzo necesario para compactar el concreto, eliminando burbujas de aire y asegurando un acabado uniforme.
- ✓ **Reducir el costo de la mezcla:** El uso del agregado reduce el costo total del concreto al disminuir la cantidad de cemento necesario. Como el cemento es el componente más costoso de la mezcla, los agregados permiten producir concreto a un precio más accesible sin comprometer sus propiedades mecánicas. Este beneficio económico es clave en proyectos de construcción de gran escala, donde el volumen de concreto requerido es significativo.
- ✓ **Aportar estabilidad volumétrica:** La estabilidad volumétrica del concreto, es decir, su capacidad para mantener su volumen original sin cambios significativos, se ve favorecida por la presencia de agregados. Estos actúan como un esqueleto interno que limita la deformación y expansión de la pasta de cemento bajo condiciones ambientales variables. En climas con cambios extremos de temperatura, como en zonas frías o cálidas, los agregados contribuyen a que el concreto resista mejor los ciclos de congelación y deshielo o los efectos de la radiación solar.
- ✓ **Disminuir la permeabilidad:** Los agregados de baja porosidad reducen la cantidad de vacíos en el concreto, lo que disminuye su permeabilidad. Esto es importante para evitar que el agua y otros agentes externos entren al concreto, ya que la presencia de agua puede reducir su durabilidad y provocar la corrosión del acero. Los agregados que no son fácilmente absorbentes o que tienen una buena compactación permiten obtener un concreto menos permeable, lo cual es crucial en

estructuras expuestas a la humedad o sumergidas en agua, como puentes, muros de contención y canales.

- ✓ **Mejorar las propiedades térmicas:** Los agregados también influyen en las propiedades térmicas del concreto, como su capacidad para disipar o retener el calor. En climas cálidos, los agregados claros, como ciertos tipos de piedra caliza, pueden reflejar mejor la radiación solar, evitando que la estructura se caliente excesivamente. Asimismo, los agregados ligeros, por su estructura porosa, aportan propiedades de aislamiento térmico al concreto, lo que puede mejorar la eficiencia energética en edificaciones, al mantener temperaturas interiores más estables.
- ✓ **Contribuir al aspecto estético:** En aplicaciones arquitectónicas y decorativas, los agregados seleccionados pueden mejorar la apariencia del concreto. Los agregados de colores y texturas especiales, como mármol triturado, cuarzo o vidrio reciclado, se utilizan en concretos decorativos para producir acabados estéticos. Estos agregados pueden dejarse expuestos mediante técnicas de pulido o lavado, brindando un acabado atractivo que resalta el diseño de pisos, paredes y elementos arquitectónicos.

#### **2.2.4. Piedra pómez**

Es un tipo de roca volcánica de baja densidad y gran porosidad que se ha empleado en la construcción debido a sus propiedades particulares. Su origen se da cuando la lava rica en gases se enfría rápidamente, creando una estructura de burbujas en su interior que le confiere una densidad muy baja. Esta característica hace que la piedra pómez sea especialmente valorada como un agregado ligero en la elaboración de concreto, ya que reduce el peso total de la mezcla sin comprometer su resistencia. Además, su estructura porosa le permite mantener cierta capacidad de absorción, lo cual puede influir en el comportamiento del concreto en presencia de humedad.

La inclusión de piedra pómez en el concreto resulta en un material más ligero en comparación con los concretos convencionales, lo que disminuye la carga muerta sobre

las estructuras y permite diseños arquitectónicos más innovadores. La reducción de peso es particularmente beneficiosa en edificaciones de varios pisos, estructuras de puentes, y en elementos prefabricados que deben ser transportados y manipulados fácilmente. Además, el concreto con piedra pómez posee ciertas ventajas térmicas y acústicas, ya que sus propiedades aislantes pueden contribuir a mejorar la transmisión de sonidos, creando ambientes más confortables en interiores. (Cyad, 2023).

Desde el punto de vista mecánico, el concreto elaborado con piedra pómez tiende a mostrar una resistencia adecuada para aplicaciones estructurales específicas. Este tipo de concreto se utiliza en aplicaciones donde las cargas no son excesivas, pero donde la reducción de peso y el ahorro de costos resultan esenciales. La piedra pómez también se valora en el concreto por sus beneficios medioambientales, ya que es un recurso natural y puede ser una alternativa sostenible frente a otros agregados de mayor impacto ambiental.

En cuanto a su durabilidad, el concreto con piedra pómez puede tener un buen comportamiento en ambientes de exposición moderada, aunque puede requerir un tratamiento adicional para prevenir el deterioro en condiciones más agresivas, como aquellas con alta presencia de sulfatos o en ambientes marinos. En general, la piedra pómez en el concreto representa una opción viable y eficiente para construcciones de bajo peso, siempre y cuando se realice un diseño de mezcla adecuado que garantice tanto su rendimiento estructural como su durabilidad en las condiciones específicas de la obra.

### **Figura 2**

*Piedra pómez*



*Nota:* Tomado de la recolección de materiales por el tesista.



## 2.2.4.1. Propiedades de la piedra pómez

La piedra pómez es una roca volcánica ígnea extrusiva conocida por su baja densidad y textura porosa, lo que le otorga propiedades únicas que la hacen útil en diversas aplicaciones, especialmente en construcción. Aquí tenemos un resumen de sus principales propiedades:

- **Baja densidad y ligereza:** La piedra pómez es extremadamente ligera, debido a su alta porosidad. Su estructura esponjosa y llena de cavidades de aire permite que flote en el agua, algo inusual en materiales rocosos. Esta propiedad facilita su manejo y transporte en la construcción, además de hacerla ideal como agregado en concretos ligeros y productos que requieren aislamiento térmico y acústico.
- **Alta porosidad:** La estructura de la piedra pómez está llena de poros y cavidades, formados por gases atrapados durante su rápida solidificación volcánica. Esta característica la convierte en un excelente material absorbente, capaz de retener agua y nutrientes, por lo que es frecuentemente usada en la horticultura y jardinería para mejorar la aireación y retención de humedad en el suelo.
- **Propiedades abrasivas suaves:** Su textura ligeramente abrasiva la hace útil en productos de limpieza y cosméticos, como exfoliantes y pulidores. En el ámbito industrial, es comúnmente utilizada para limpiar y alisar superficies, como en la industria del vidrio o de materiales metálicos.
- **Resistencia química:** La piedra pómez es resistente a una variedad de sustancias químicas, lo que la hace adecuada para aplicaciones en las que está expuesta a condiciones ambientales adversas. Su resistencia al ataque de ácidos y bases la convierte en un material duradero y estable en ambientes agresivos.
- **Buen aislante térmico y acústico:** Gracias a su estructura esponjosa, la piedra pómez tiene propiedades de aislamiento, tanto térmico como acústico. Esto la hace ideal para su uso en construcción, en la elaboración de bloques de concreto liviano y paneles, mejorando el confort de los edificios.

- **Baja conductividad térmica:** La piedra pómez no transfiere fácilmente el calor, lo cual, junto con su capacidad aislante, la hace un material eficiente en aplicaciones donde se necesita control de temperatura. En la construcción, puede ayudar a reducir las necesidades energéticas de calefacción y refrigeración.
- **Estabilidad y resistencia a la compresión:** A pesar de ser ligera, la piedra pómez en forma compacta o granular tiene buena resistencia. Esto permite su uso en aplicaciones estructurales de bajo peso, como en el concreto ligero, donde aporta estabilidad sin agregar una carga excesiva.

Estas propiedades físicas y químicas convierten a la piedra pómez en un recurso valioso en sectores como la construcción, la agricultura, la industria cosmética y diversas aplicaciones industriales.

#### 2.2.4.2. Características de la piedra pómez

Aquí tenemos algunas definiciones de las características principales de la piedra pómez, detalladas para comprender mejor sus propiedades y aplicaciones:

- Ligereza:** La piedra pómez es increíblemente ligera debido a su estructura de esponja, que está llena de pequeñas burbujas de aire atrapadas durante su formación volcánica. Esta característica le permite flotar en el agua, a diferencia de la mayoría de las rocas. En aplicaciones prácticas, esta ligereza facilita su transporte y la convierte en un agregado ideal en concretos ligeros para reducir el peso de las estructuras sin sacrificar resistencia.
- Porosidad:** Los poros de la piedra pómez, que representan una gran parte de su volumen total, la convierten en un excelente material absorbente. Esta capacidad para retener agua y aire la hace especialmente útil en jardinería, donde se usa para mejorar la retención de humedad en el suelo, favoreciendo el crecimiento de las plantas al proporcionar una mezcla aireada y bien drenada. También es muy valorada en aplicaciones de filtración, donde su capacidad para retener partículas es clave.

- c) **Composición química:** La piedra pómez es una roca volcánica cuya composición química predominante incluye.

**Tabla 2***Composición química de la piedra pómez*

Componentes	Cantidad (%)
Dióxido de silicio	74%
Óxido de aluminio	12.6%
Óxido de hierro	1.2%
Óxido ferroso	0.7%
Sodio	2.1%
Potasio	3.0%
Calcio	0.7%
Dióxido de titanio	0.1%
Óxido de magnesio	0.3%
Agua	3.4%

*Nota:* Tomado de la ficha técnica de Armisum.

La piedra pómez no se forma de manera uniforme en la naturaleza; sus características químicas difieren en función de la ubicación del yacimiento

- d) **Textura abrasiva:** La superficie rugosa y la estructura porosa de la piedra pómez le otorgan un poder abrasivo suave que es útil para aplicaciones cosméticas y de limpieza. En productos de cuidado personal, se usa para exfoliar la piel, eliminando células muertas de forma no invasiva. También es eficaz en la industria para pulir y alisar superficies, como en el pulido de metales, maderas y vidrio.
- e) **Color claro:** La piedra pómez se presenta en tonos claros, como blanco, gris y crema, debido a su composición química rica en sílice y bajo contenido en minerales oscuros. Esto le da un aspecto limpio y estético, siendo utilizada en la decoración y diseño de interiores, especialmente en elementos de construcción que requieren de un acabado natural y neutral.

- f) **Estabilidad térmica:** Gracias a su estructura porosa, la piedra pómez actúa como un aislante térmico eficaz. Su baja conductividad térmica la hace adecuada en la construcción de edificaciones que requieren aislamiento, como paneles y bloques de concreto, para mejorar la eficiencia energética. Ayuda a mantener una temperatura estable al reducir la transferencia de calor desde y hacia el exterior.
- g) **Resistencia química:** Es resistente a una variedad de compuestos químicos, incluidos algunos ácidos y bases, lo que la convierte en un material duradero en entornos donde otros materiales podrían degradarse. Esta resistencia química es especialmente útil en la industria para aplicaciones que requieren un material confiable y resistente a la corrosión o degradación.
- h) **Origen volcánico:** La piedra pómez es un material de origen natural formado a partir de erupciones volcánicas explosivas. Estas erupciones expulsan magma al aire, donde se enfría y solidifica rápidamente atrapando gases en su interior, lo que crea su estructura esponjosa y porosa. Como es una roca formada naturalmente, es renovable en áreas volcánicas activas y constituye una fuente de material sostenible para usos industriales y de construcción.

#### 2.2.4.3. Ventajas del uso de la piedra pómez

El uso de piedra pómez en el concreto ofrece varias ventajas, especialmente en la producción de concreto ligero y mejorado. Estas son algunas de las principales ventajas:

- Reducción de peso: Disminuye el peso del concreto, ideal para estructuras que requieren menor carga, como edificios altos y puentes.
- Mejor aislamiento térmico y acústico: Ofrece propiedades aislantes, contribuyendo a mantener temperaturas internas estables y reduciendo el ruido en edificios.
- Absorción de agua controlada: Ayuda en el curado del concreto, mejorando su resistencia y reduciendo fisuras.
- Reducción de la conductividad térmica: Limita la transferencia de calor, mejorando la eficiencia energética de las edificaciones.



- Mayor resistencia al fuego: Resistente a altas temperaturas, incrementando la seguridad contra incendios en estructuras.
- Sostenibilidad y menor impacto ambiental: Disminuye el uso de otros agregados pesados, reduciendo la huella de carbono y promoviendo prácticas de construcción más sostenibles.
- Mejora en la durabilidad del concreto: Reduce los efectos de expansión y contracción.
- Resistencia a la contracción y fisuración: Retiene humedad para un mejor curado, minimizando la contracción y fisuración en el concreto.

#### 2.2.4.4. Desventajas del uso de la piedra pómez

Aquí tenemos alguna de las principales desventajas del uso de la piedra pómez en el concreto:

- Mayor absorción de agua: La piedra pómez absorbe más agua que los agregados convencionales, lo cual puede afectar la relación agua/cemento y la consistencia de la mezcla si no se controla adecuadamente, pudiendo generar variaciones en la resistencia.
- Dificultad en el acabado: El concreto con piedra pómez tiende a ser más poroso y áspero, lo que puede dificultar obtener un acabado liso y uniforme. Esto puede requerir de tratamientos adicionales para mejorar la apariencia y resistencia superficial del concreto.
- Costos de transporte en ciertas regiones: En zonas donde no se encuentra piedra pómez de forma local, los costos de transporte pueden ser elevados debido al volumen de material requerido y su peso específico, aumentando el costo total del concreto.
- Durabilidad en ambientes agresivos: En ciertos ambientes altamente agresivos (como aquellos con presencia de sales o químicos fuertes), la alta porosidad del

concreto con piedra pómez puede hacer que sea más susceptible a la penetración de sustancias que pueden reducir su durabilidad.

- Limitaciones en aplicaciones estructurales: Debido a su menor densidad y resistencia a compresión en comparación con otros agregados, la piedra pómez no es adecuada para todas las aplicaciones estructurales, especialmente en estructuras que soportan grandes cargas.
- Necesidad de dosificación precisa: Es fundamental ajustar y controlar la dosificación de la piedra pómez en el concreto, ya que su alta porosidad y capacidad de absorción de agua pueden afectar las propiedades mecánicas de la mezcla si no se dosifica adecuadamente.

#### **2.2.5. Fibra de aluminio**

Las fibras de aluminio son filamentos finos, alargados y flexibles hechos de aluminio, un metal conocido por su ligereza, alta conductividad térmica y eléctrica, y resistencia a la corrosión. Estas fibras pueden producirse mediante diferentes procesos de fabricación, como el corte, la extrusión y el trefilado, que permiten obtener hilos delgados y con propiedades específicas según su aplicación. Las fibras de aluminio se utilizan ampliamente en diversas industrias, desde la automotriz hasta la construcción, debido a sus propiedades únicas que mejoran el rendimiento de materiales compuestos, especialmente en términos de resistencia, rigidez y reducción de peso.

El aluminio es conocido por ser un material ligero, resistente a la corrosión y con una buena conductividad térmica y eléctrica. Las fibras de aluminio conservan estas propiedades y las mejoran debido a su forma fibrosa. La disposición de las fibras permite que el material sea más flexible y resistente a la tracción, lo que lo hace ideal para aplicaciones en las que se necesita una combinación de rigidez y resistencia. Además, las fibras de aluminio tienen una excelente capacidad para disipar calor, lo que las convierte en un componente valioso en materiales compuestos que deben soportar altas temperaturas o condiciones de operación exigentes.



Uno de los usos más comunes de las fibras de aluminio es como refuerzo en materiales compuestos. Estos compuestos, llamados comúnmente "composites", están formados por una matriz, generalmente de polímero, en la que se integran las fibras de aluminio para mejorar sus propiedades mecánicas. El aluminio refuerza la matriz, mejorando la resistencia estructural del compuesto y aumentando su capacidad para soportar cargas sin romperse. En la industria automotriz, por ejemplo, las fibras de aluminio se utilizan en componentes de carrocería y en partes estructurales, donde ayudan a reducir el peso del vehículo y a mejorar su eficiencia energética.

Además, las fibras de aluminio tienen aplicaciones en materiales de blindaje electromagnético. Debido a su alta conductividad eléctrica, el aluminio es efectivo en la absorción y desviación de ondas electromagnéticas, lo que permite que las fibras sean empleadas en productos que requieren protección contra interferencias electromagnéticas (EMI). Esto es particularmente útil en dispositivos electrónicos y en la industria aeroespacial, donde es necesario proteger los sistemas electrónicos de las interferencias externas para asegurar un funcionamiento seguro y preciso.

Otra aplicación relevante de las fibras de aluminio es en el reforzamiento de concretos y materiales de construcción. En las construcciones, las fibras de aluminio pueden añadirse a mezclas de concreto para aumentar su resistencia a la compresión y a la flexión. Este uso es especialmente importante en estructuras expuestas a ambientes corrosivos, ya que el aluminio es naturalmente resistente a la corrosión. (Álvarez, 2023).

En conclusión, las fibras de aluminio son materiales avanzados que combinan las propiedades inherentes del aluminio con las ventajas de una estructura fibrosa, lo que las hace útiles en múltiples aplicaciones. Su ligereza, resistencia a la corrosión, buena conductividad y capacidad de refuerzo las convierten en una opción versátil para mejorar la resistencia y funcionalidad de diversos productos, desde compuestos y blindajes hasta materiales de construcción. Su uso continúa expandiéndose a medida que se desarrollan nuevos materiales y tecnologías que aprovechan al máximo sus propiedades únicas.

**Figura 3***Fibras de aluminio*

*Nota:* Filamentos de aluminio, tomado de aluminis-sergi.

#### 2.2.5.1. Características de las fibras de aluminio

presenta una serie de características que las hacen altamente valoradas en diversas aplicaciones.

- **Ligereza.**

El aluminio es un material de baja densidad, por lo que las fibras de aluminio son extremadamente ligeras en comparación con otros materiales metálicos.

- **Alta resistencia a la corrosión.**

Una de las propiedades distintivas del aluminio es su resistencia natural a la corrosión. Las fibras de aluminio, por lo tanto, mantienen esta resistencia a la corrosión, lo que las hace ideales para entornos húmedos o corrosivos y en aplicaciones de construcción donde se requiere durabilidad a largo plazo.

- **Buena conductividad térmica y eléctrica.**

Las fibras de aluminio conservan la excelente conductividad térmica y eléctrica del aluminio. Esta característica es particularmente útil en aplicaciones de disipación



de calor, como en componentes electrónicos y eléctricos que requieren eficiencia térmica, o en materiales compuestos de blindaje electromagnético, donde se necesita absorber y desviar las ondas electromagnéticas para proteger equipos sensibles.

- **Alta resistencia específica.**

La relación entre resistencia y peso del aluminio es notablemente alta. Esto significa que las fibras de aluminio pueden proporcionar una buena resistencia mecánica sin añadir un peso significativo. Al ser usadas como refuerzo en materiales compuestos, las fibras de aluminio contribuyen a mejorar la resistencia estructural del material, permitiendo que soporte mayores cargas y condiciones de operación más exigentes sin comprometer la ligereza.

- **Flexibilidad y maleabilidad.**

Es un metal relativamente dúctil, lo que permite que las fibras se adapten a diferentes formas y aplicaciones. Las fibras de aluminio son fáciles de trabajar y pueden integrarse en matrices de otros materiales para formar compuestos complejos. Esta característica también facilita el proceso de fabricación de las fibras y su integración en diferentes aplicaciones, desde concretos reforzados hasta componentes de vehículos y aeronaves.

- **Alta capacidad de refuerzo.**

Cuando se añaden a materiales como el concreto o polímeros, las fibras de aluminio mejoran la resistencia, la flexión y el impacto. Este refuerzo es particularmente útil en aplicaciones de construcción, donde se busca mejorar la resistencia del concreto, o en la industria automotriz y aeroespacial, donde los materiales deben resistir fuerzas significativas sin deformarse o fallar.

### 2.2.5.2. Ventajas y desventajas de las fibras de aluminio

Presentan una serie de ventajas y desventajas que influyen en su uso en distintas aplicaciones industriales y tecnológicas (Olivo & Paucar, 2022). A continuación, se detallan estas ventajas y desventajas:

#### **Ventajas de las fibras de aluminio:**

- ✓ **Alta resistencia a la corrosión:** Debido a la capa de óxido de aluminio que se forma en su superficie, que lo protege de la oxidación y de la agresión de los agentes corrosivos, el aluminio posee una resistencia excepcional a la corrosión. Esto hace que las fibras de aluminio sean ideales para aplicaciones en ambientes húmedos o corrosivos y en estructuras de construcción que requieren durabilidad a largo plazo.
- ✓ **Buena conductividad térmica y eléctrica:** Las fibras de aluminio mantienen la conductividad térmica y eléctrica del aluminio, lo cual es útil en aplicaciones de disipación de calor y en blindajes electromagnéticos (EMI). Esto permite que se utilicen en dispositivos electrónicos y en la industria de telecomunicaciones para proteger equipos sensibles de interferencias.
- ✓ **Alta relación resistencia-peso:** Gracias a su excepcional relación resistencia-peso, las fibras de aluminio confieren a los materiales a los que se incorporan una buena resistencia sin aumentar significativamente su peso. Esto es ideal para aplicaciones estructurales, donde se requiere alta resistencia sin comprometer la ligereza del producto final.
- ✓ **Compatibilidad de los compuestos:** Las fibras de aluminio son fácilmente compatibles con una variedad de matrices, como polímeros y concreto, para crear materiales compuestos. Al ser integradas en materiales compuestos, mejoran la resistencia mecánica y aumentan la durabilidad del producto final, permitiendo una mayor versatilidad en aplicaciones de construcción, transporte y equipo deportivo.



- ✓ **Resistencia a la fatiga:** Las fibras de aluminio tienen buena resistencia a la fatiga, lo que significa que pueden soportar cargas cíclicas sin fracturarse. Esto es importante en aplicaciones que están sometidas a vibraciones o cargas repetitivas, como en el transporte y en infraestructuras.
- ✓ **Facilidad de fabricación y maleabilidad:** El aluminio es un metal relativamente maleable, lo que facilita la fabricación de las fibras y su integración en diferentes aplicaciones. Esto permite personalizar el tamaño y la forma de las fibras según los requerimientos específicos de cada aplicación.

### **Desventajas de las fibras de aluminio:**

- ✓ **Baja resistencia a altas temperaturas:** Aunque el aluminio es estable a temperaturas moderadas. Esto limita a su uso que requieren una alta resistencia al calor o en ambientes de temperaturas extremas, donde otros materiales podrían ser más adecuados.
- ✓ **Propensión a la deformación bajo carga elevada:** Aunque las fibras de aluminio tienen buena resistencia, pueden deformarse bajo cargas elevadas o prolongadas debido a la maleabilidad del aluminio. Esto limita su uso en aplicaciones donde se requiere una rigidez absoluta, y puede requerir el uso de otros materiales de refuerzo adicionales para evitar deformaciones.
- ✓ **Dificultad para reciclar en forma de fibra:** Aunque el aluminio es un material reciclable, el proceso de reciclaje de las fibras de aluminio es más complejo y costoso en comparación con el reciclaje de aluminio en otras formas. Esto se debe a que las fibras suelen estar integradas en matrices de otros materiales, lo cual dificulta la separación y recuperación eficiente del aluminio en su forma fibrosa.
- ✓ **Propiedades mecánicas limitadas en comparación con otras fibras:** Las fibras de aluminio, aunque ofrecen buena resistencia en relación a su peso, no alcanzan las propiedades mecánicas de otras fibras avanzadas, como las fibras de carbono. Esto puede ser una desventaja en aplicaciones que requieren una resistencia

extremadamente alta, donde las fibras de carbono o aramida pueden ser opciones más efectivas.

- ✓ **Oxidación en ambientes específicos:** Aunque el aluminio es resistente a la corrosión en la mayoría de los ambientes, en condiciones de alta alcalinidad o en presencia de ciertos compuestos químicos, puede experimentar oxidación acelerada. Esto limita su uso en algunas aplicaciones específicas, como en ciertos tipos de concreto con alta alcalinidad o en ambientes industriales con exposición a químicos agresivos.
- ✓ **Fragilidad al impacto en diámetros finos:** Las fibras de aluminio, especialmente cuando son de diámetros muy finos, pueden ser frágiles frente a impactos y golpes fuertes. Esto puede dificultar su manipulación e integración en ciertos procesos de fabricación y puede requerir un manejo cuidadoso para evitar roturas.

**Tabla 3**

*Resumen de las principales ventajas y desventajas*

Ventajas	Desventajas
Ligereza	Baja resistencia a altas temperaturas
Alta resistencia a la corrosión	Costos relativamente elevados
Buena conductividad térmica	Propensión a la deformación bajo carga elevada
Alta relación resistencia – peso	Dificultad para reciclar en forma de fibra
Compatibilidad con materiales compuestos	Propiedades mecánicas limitadas frente a otras fibras
Resistencia a la fatiga	Oxidación en ambientes específicos
Facilidad de fabricación y maleabilidad	Fragilidad al impacto en diámetros finos

Las fibras de aluminio ofrecen numerosas ventajas, como su ligereza, resistencia a la corrosión, y buena conductividad, lo que las convierte en una opción valiosa en aplicaciones donde estas propiedades son esenciales. Sin embargo, también presentan desventajas, como su bajo punto de fusión, su fragilidad en ciertos casos y el costo relativamente alto de su producción.

### 2.2.5.3. Propiedades de las fibras de aluminio

Las fibras de aluminio, cuando se utilizan como refuerzo en el concreto, aportan una serie de propiedades que mejoran su rendimiento y durabilidad (Olivo & Paucar, 2022).

#### a) Mejora de la resistencia a la flexión.

La resistencia a la flexión de la matriz de hormigón aumenta gracias al refuerzo proporcionado por las fibras de aluminio. Esta propiedad es útil en aplicaciones como losas, pavimentos y otras estructuras que están sometidas a cargas de flexión y que requieren una resistencia adicional para prevenir fisuras y grietas.

#### b) Aumento de la ductilidad.

Las fibras de aluminio mejoran la ductilidad del concreto, lo que significa que el material se vuelve más capaz de deformarse bajo carga sin romperse de manera frágil. Esta mayor ductilidad es importante en estructuras que están sometidas a cargas dinámicas, como puentes o pavimentos en carreteras, ya que permite que el concreto absorba mejor las deformaciones y resistencias sin fracturarse abruptamente.

#### c) Reducción de grietas por contracción.

Al añadir fibras de aluminio, se reduce la formación de grietas por contracción en el concreto fresco durante el fraguado. Las fibras ayudan a distribuir las tensiones de retracción de manera más uniforme, evitando la aparición de microfisuras que podrían, con el tiempo, convertirse en grietas visibles. Esto contribuye a la durabilidad y estética del concreto, ya que minimiza las fisuras y reduce la necesidad de reparaciones.

#### d) Mejora en la resistencia a la compresión.

Aunque las fibras de aluminio no son tan efectivas en la resistencia como otros tipos de refuerzo, en combinación con el concreto pueden aportar una leve mejora en esta propiedad. La presencia de fibras en la matriz de concreto ayuda a absorber y distribuir la energía de cargas de compresión, haciendo que el material sea más resistente y menos susceptible a fallos catastróficos bajo cargas elevadas.



**e) Incremento en la resistencia al impacto y al desgaste.**

Las fibras de aluminio aumentan la capacidad del concreto a impactos y desgastes, lo que es beneficioso en aplicaciones donde la estructura está expuesta a cargas de impacto, abrasión o tránsito constante, como en pavimentos, losas industriales y estructuras de transporte. Las fibras ayudan a disipar la energía del impacto y reducen la posibilidad de fisuras, lo que prolonga la vida útil del concreto en ambientes de alta exigencia.

**f) Mejora en el comportamiento ante cambios de temperatura.**

Las fibras de aluminio ayudan a mejorar la estabilidad térmica del concreto, ya que el aluminio tiene una buena conductividad térmica. Esto permite que el concreto disipen el calor de manera más uniforme, lo cual es beneficioso en aplicaciones expuestas a cambios de temperatura significativos. Esto ayuda a reducir la formación de grietas térmicas y contribuye a una mayor estabilidad estructural en condiciones de temperatura variables.

**g) Reducción de la propagación de grietas.**

Las fibras de aluminio funcionan como una barrera física que impide que las grietas se propaguen una vez que se han iniciado. En lugar de permitir que una fisura se expanda, las fibras de aluminio restringen su desarrollo, manteniéndola en un tamaño menor y evitando daños más extensos en el concreto. Esto es fundamental para mejorar la integridad estructural y extender la vida útil de la estructura.

**h) Baja densidad y ligereza.**

Las fibras de aluminio tienen una baja densidad, lo que significa que no añaden un peso significativo al concreto reforzado. Esto es particularmente ventajoso en estructuras que requieren resistencia adicional sin un incremento en la carga, como en construcciones de gran altura o en aplicaciones que requieren ligereza estructural.

**i) Compatibilidad con el concreto.**

Las fibras de aluminio tienen una buena compatibilidad química y física con el concreto. No reaccionan desfavorablemente con los componentes de la mezcla y se integran fácilmente en la matriz de concreto durante el proceso de mezclado, lo que permite una distribución uniforme de las fibras y facilita su incorporación en el concreto sin problemas de adherencia o reacción.

**Tabla 4***Resumen de propiedades de las fibras de aluminio*

Propiedades	Descripción
Resistencia a la flexión	Mejora la capacidad del concreto para resistir cargas flexionantes
Aumento de ductilidad	Permite una deformación controlada bajo carga sin fractura brusca
Reducción de grietas por contracción	Minimiza las micro fisuras durante el fraguado del concreto
Mejora de la resistencia a compresión	Contribuye a absorber y distribuir cargas de compresión
Resistencia al impacto y al desgaste	Incrementa la capacidad del concreto para soportar impactos y abrasión
Resistencia a la corrosión	Ofrece alta resistencia a la corrosión en ambientes húmedos o agresivos
Estabilidad ante cambios de temperatura	Disipa el calor de manera uniforme, reduciendo grietas térmicas
Reducción en la propagación de grietas	Actúa como barrera física que limita la expansión de fisuras
Baja densidad	No añade peso significativo a la estructura
Compatibilidad con el concreto	Se integra fácilmente en la mezcla de concreto sin problemas de adherencia

Las fibras de aluminio mejoran varias propiedades del concreto, especialmente en términos de resistencia a la flexión y reducción de grietas. Su resistencia a la corrosión y ligereza las convierten en una opción atractiva para aplicaciones donde se requiere durabilidad y ligereza. Además, su capacidad para reducir la propagación de grietas y soportar cambios de temperatura proporciona beneficios adicionales en la estabilidad y durabilidad de las estructuras de concreto en condiciones exigentes. Sin embargo, como con cualquier

material, su uso debe evaluarse en función de las necesidades específicas de la estructura y el ambiente al que estará expuesta.

### **2.2.6. Propiedades físicas de un concreto**

Una mezcla de cemento, áridos, agua y aditivos constituye el hormigón, un material compuesto fundamental en la construcción. Su popularidad radica en sus propiedades físicas únicas, que lo hacen versátil y resistente, adecuado para aplicaciones estructurales y decorativas. Estas propiedades dependen de su composición, proceso de mezcla, curado y condiciones ambientales.

#### **2.2.6.1. Asentamiento del concreto**

La consistencia y trabajabilidad de una nueva mezcla de hormigón se miden por su asentamiento. Representa la capacidad de la mezcla para fluir y adaptarse a los moldes o formas durante su colocación, lo cual es crucial para garantizar una adecuada compactación y, en consecuencia, una estructura sólida y uniforme. Este parámetro se mide mediante el ensayo de asentamiento, conocido como prueba de revenimiento, que sigue normas estandarizadas como la ASTM C143.

La prueba de asentamiento se realiza utilizando un molde troncocónico metálico. El concreto fresco se coloca en capas dentro del cono y se compacta con una varilla estándar. Una vez lleno, el molde se retira verticalmente, permitiendo que el concreto "asiente" bajo su propio peso. El grado de asentamiento se determina midiendo la diferencia de altura entre la altura inicial del cono y la altura final del hormigón, que se expresa en centímetros o pulgadas. Los valores típicos oscilan entre 2.5 cm y 2.0 cm, dependiendo del diseño de la mezcla y los requerimientos del proyecto.

Una medida importante de la trabajabilidad es el asentamiento, que caracteriza la facilidad con que el hormigón puede mezclarse, moverse, colocarse y compactarse sin separar sus partes constituyentes. Un asentamiento adecuado asegura que la mezcla tenga la fluidez suficiente para llenar los moldes completamente y rodear los refuerzos,

mientras mantiene la homogeneidad. Una mezcla con bajo asentamiento puede ser difícil de trabajar y conducir a vacíos o nidos de grava, mientras que una mezcla con un asentamiento excesivo puede segregarse, reduciendo su resistencia y durabilidad.

Factores como la relación agua-cemento, el tipo y la cantidad de aditivos, y la naturaleza de los agregados influyen directamente en el asentamiento. En proyectos específicos, se ajusta el asentamiento para cumplir con los requisitos del diseño estructural y las condiciones de obra. Por ejemplo, un concreto con un asentamiento alto es ideal para elementos con refuerzo denso o formas complejas, mientras que un asentamiento bajo es preferido para estructuras masivas que requieren estabilidad durante el fraguado inicial.

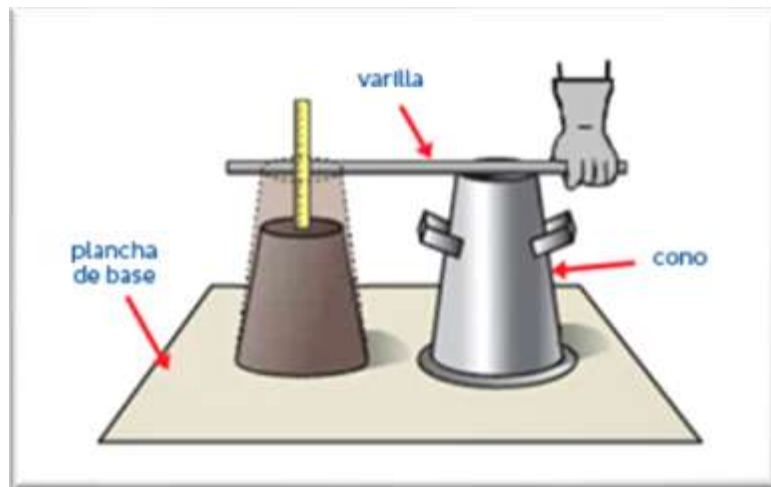
En resumen, el asentamiento del concreto es un parámetro esencial en la construcción, ya que afecta tanto la calidad como la durabilidad de las estructuras. Un control adecuado del asentamiento asegura que el concreto cumpla con los estándares de diseño, facilitando su manejo en el sitio y garantizando un desempeño estructural óptimo a largo plazo.

**Tabla 5**

*Clasificación de la consistencia*

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento (Slump)</b>	<b>Trabajabilidad</b>	<b>Método de Compactación</b>
Seca	0" - 2"	Poca trabajable	Vibración normal
Plástica	3" - 4"	Trabajable	Vibración ligera
Fluida	5" a más	Muy trabajable	Chuseado

*Nota:* Trabajabilidad del concreto, tomado de AA.

**Figura 4***Prueba de Slump*

Nota: Ensayo del cono de Abrams, tomado de AA.

### **2.2.7. Propiedades mecánicas del concreto**

Las propiedades mecánicas del concreto describen su comportamiento ante fuerzas o cargas aplicadas, siendo esenciales para el diseño estructural. La más destacada es su resistencia, que establece la capacidad del concreto para soportar cargas sin fracturarse, variando según su composición y alcanzando valores superiores a 40 MPa en concretos de alta calidad. Sin embargo, el concreto presenta baja resistencia a la tracción, lo que requiere refuerzo con acero en aplicaciones estructurales. Otras propiedades importantes incluyen su módulo de elasticidad, que mide la rigidez del material; su resistencia al corte, clave en elementos sometidos a fuerzas tangenciales; y su resiliencia, o capacidad de absorber energía antes de fracturarse.

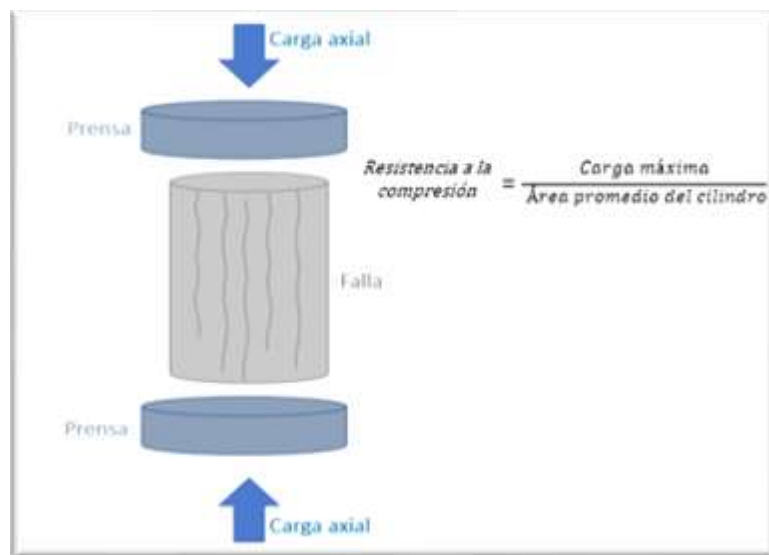
#### **2.2.7.1. Resistencia a la compresión del concreto**

Es la capacidad que tiene este material para soportar cargas de compresión sin fracturarse, siendo una de sus propiedades mecánicas más importantes. Se mide mediante ensayos estándar en los que cilindros o cubos de concreto, previamente curados, se someten a fuerzas crecientes en una prensa hidráulica hasta alcanzar su punto de ruptura.

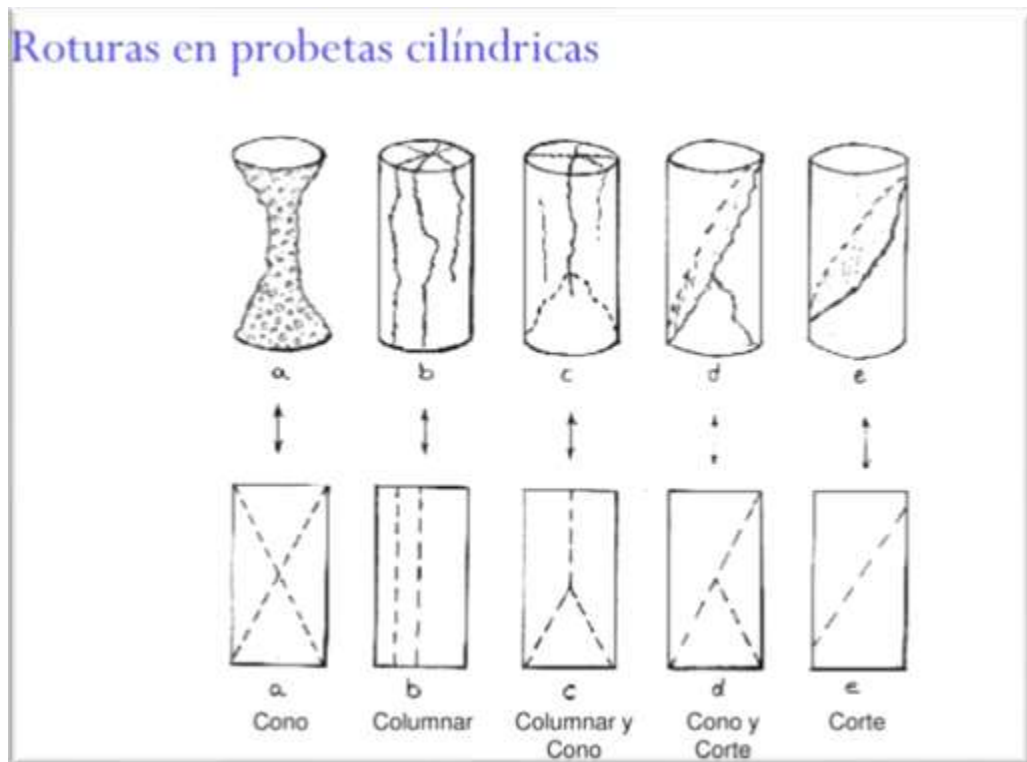
Los valores típicos de resistencia varían dependiendo de la mezcla, el curado y los materiales utilizados, oscilando entre 20 MPa y más de 50 MPa en concretos de alta resistencia. Esta propiedad es fundamental para el diseño estructural, ya que establece la capacidad del concreto para soportar las cargas propias y las externas en elementos como columnas, vigas y cimientos, asegurando la estabilidad y seguridad.

### Figura 5

#### *Resistencia a la compresión*



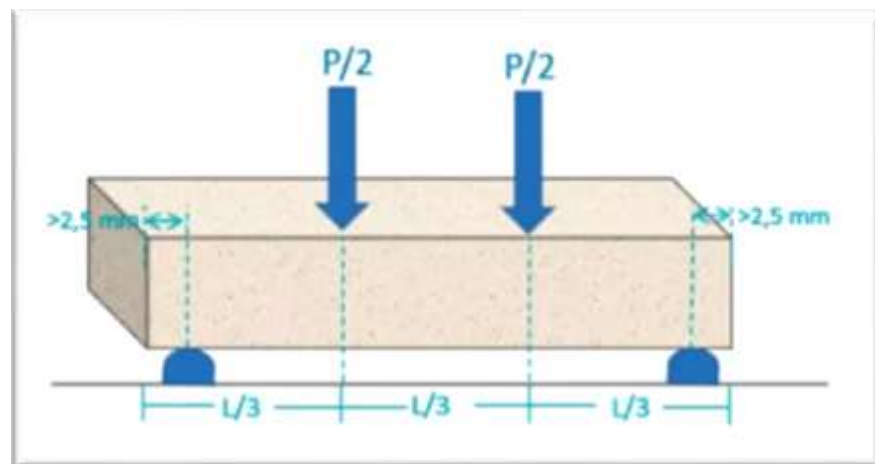
*Nota:* Esquema de la resistencia a compresión, tomado de Alion.

**Figura 6***Tipos de roturas en briquetas*

*Nota:* Tipos de fallas que presenta un concreto endurecido

### 2.2.7.2. Resistencia a la flexión del concreto

Es la capacidad del material para resistir esfuerzos de flexión o doblado antes de fracturarse. Esta propiedad es crucial en elementos estructurales como losas y vigas, donde las tensiones de tracción generadas por las cargas aplicadas deben ser soportadas sin comprometer la integridad del elemento. La resistencia a la flexión se mide mediante ensayos estándar en los que se aplica una carga en el centro de una viga de concreto simplemente apoyada hasta que se produce la ruptura. Aunque es significativamente menor que la resistencia a la compresión, generalmente entre el 10% y el 20% de esta última, su conocimiento es vital para diseñar estructuras que puedan soportar cargas y deformaciones sin fallar prematuramente.

**Figura 7***Resistencia a la flexión*

*Nota:* Esquema de la resistencia a flexión, tomado de Alion.

### 2.3. Marco conceptual

#### a) Agregados.

Los áridos son sustancias granulares inertes que se utilizan con cemento y agua para producir hormigón u otros materiales de construcción. Representan entre el 60% y el 75% del volumen total del concreto, desempeñando un papel crucial en sus propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad. Los agregados pueden ser naturales, como arena y grava extraídas de ríos y canteras, o artificiales, como los obtenidos mediante procesos industriales, incluyendo la escoria o materiales reciclados.

#### b) Asentamiento.

El asentamiento es una propiedad del concreto fresco que describe su consistencia y trabajabilidad, indicando qué tan fácilmente puede mezclarse, transportarse, colocarse y compactarse en el sitio de construcción. Es una medida clave para evaluar si el concreto es adecuado para los requerimientos específicos de una obra,

como llenar moldes con formas complejas o rodear refuerzos densos sin segregarse.

**c) Concreto.**

Cemento, áridos, agua y, en ocasiones, aditivos son los ingredientes del hormigón, un material de construcción. Su adaptabilidad, dureza y capacidad de carga lo convierten en uno de los materiales de construcción más populares. Su éxito radica en la combinación de sus componentes que, al mezclarse y reaccionar químicamente durante la causa de hidratación del cemento, se transforman en un material sólido y resistente.

**d) Diseño de mezclas.**

El proceso de determinar las proporciones ideales de los componentes del hormigón, cemento, áridos, agua y aditivos, para satisfacer las necesidades particulares de resistencia, trabajabilidad, durabilidad y economía se conoce como diseño de la mezcla. Este proceso es fundamental para garantizar que el concreto tenga el desempeño necesario según las condiciones de uso, las cargas estructurales y los factores ambientales.

**e) Fibra de aluminio.**

Las fibras de aluminio recicladas son un recurso innovador y sostenible que aprovecha desechos de aluminio, como virutas o restos de procesos industriales, para su transformación en fibras delgadas y funcionales. Estas fibras se utilizan como refuerzo en materiales compuestos, especialmente en concreto y otros productos de ingeniería, mejorando sus propiedades mecánicas y contribuyendo a la economía circular al reducir el impacto ambiental asociado con los residuos de aluminio.



### **f) Granulometría.**

El estudio y examen de la distribución granulométrica de los materiales granulares, como los áridos utilizados en el suelo, la arena o el hormigón, se conoce como granulometría. Este análisis es fundamental en la construcción, ya que influye directamente en las propiedades mecánicas, físicas y de trabajabilidad de los materiales, como el concreto y el mortero.

### **g) Piedra Pómez.**

La piedra pómez es una roca volcánica ígnea extrusiva de textura vítrea, altamente porosa y de baja densidad, que se forma cuando el magma rico en gases se solidifica rápidamente tras una erupción volcánica. Su estructura ligera y esponjosa se debe a la rápida desgasificación durante el enfriamiento, lo que crea una red de cavidades interconectadas.

### **h) Resistencia a compresión.**

La capacidad del hormigón para tolerar cargas de compresión sin romperse se mide por su resistencia a la compresión, que es una de sus propiedades mecánicas más cruciales. Es un parámetro esencial en el diseño estructural, ya que determina la capacidad del material para soportar las fuerzas que actúan sobre elementos como columnas, muros y cimientos.

### **i) Resistencia a flexión.**

Una de las propiedades mecánicas del hormigón es su resistencia a la flexión, que es una medida de la capacidad del material para soportar esfuerzos de flexión o doblado antes de romperse. Es particularmente relevante en estructuras como losas, vigas y pavimentos, que están sujetos a fuerzas que generan tensiones de tracción en su superficie inferior y compresión en la superior.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es un marco estructurado que guía el proceso de recopilación, análisis e interpretación de datos, asegurando que se aborden adecuadamente las preguntas de investigación planteadas. Según (Creswell & Creswell, 2018), el diseño debe ser elegido con base en los objetivos del estudio, los tipos de datos necesarios y las técnicas de análisis a utilizar, lo que implica una toma de decisiones sobre el enfoque metodológico, el tipo de muestreo y los métodos de recolección de datos.

El diseño utilizado para este estudio es **experimental**, ya que busca evaluar la influencia de dos variables independientes (la piedra pómez y la fibra de aluminio reciclado) sobre las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional. Se realizaron pruebas y ensayos de laboratorio con diferentes mezclas de concreto, variando las proporciones de estos materiales, con el fin de observar y analizar los efectos de dichas variables en las propiedades del concreto.

### 3.2. Método de la investigación

Según (Creswell & Creswell, 2018), el método de la investigación hace referencia a las estrategias y procedimientos sistemáticos que guían el proceso de recolección, análisis e interpretación de datos, para contestar a las interrogantes planteadas en la investigación.

El método utilizado para este estudio es **científico**, ya que sigue un enfoque sistemático que incluye la observación del problema, la formulación de hipótesis, la experimentación y el análisis de resultados. Este método asegura un proceso estructurado y objetivo para evaluar el impacto de la piedra pómez y la fibra de aluminio reciclada en las propiedades del concreto, permitiendo la validación o refutación de las hipótesis planteadas mediante evidencia empírica.

### 3.3. Nivel y tipo de la investigación

#### 3.3.1. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación se centra en la intensidad con la que se trata el problema de investigación. Tal como lo indican (Hernández & Mendoza, 2018), el nivel exploratorio se utiliza cuando el objeto de estudio es poco conocido o no ha sido suficientemente investigado, y tiene como objetivo generar ideas, definir conceptos y desarrollar hipótesis. En el nivel descriptivo, el investigador se centra en caracterizar un fenómeno o población de manera detallada, sin intervenir en sus variables, para ofrecer una representación precisa del mismo.

El nivel utilizado para este estudio es **explicativo**, ya que se busca determinar no solo si la piedra pómez y la fibra de aluminio reciclado influyen en las propiedades del concreto, sino también cómo y por qué estas variables afectan el comportamiento físico y mecánico del material.



### 3.3.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación se entiende como la clasificación de un trabajo en función de sus objetivos, la naturaleza del problema y el enfoque metodológico utilizado. Según (Creswell & Creswell, 2018). La elección del tipo de investigación depende del propósito del estudio, las hipótesis planteadas y los recursos disponibles, y es esencial para que los resultados sean válidos y aplicables.

El tipo de investigación empleado para este estudio es **aplicado**, ya que su finalidad es generar conocimientos prácticos que puedan ser implementados en el sector de la construcción, especialmente en la ciudad de Juliaca, donde se busca mejorar la calidad del concreto mediante el uso de materiales locales y reciclados.

## 3.4. Población y muestra

### 3.4.1. Población

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), la población se entiende como el total de individuos, objetos, eventos o elementos que presentan una determinada característica y constituyen el objeto de análisis de una investigación. Representa el universo al cual se pretende generalizar los resultados del estudio y puede ser finita o infinita, dependiendo de la naturaleza y alcance del fenómeno investigado. La población se define claramente en términos de criterios específicos, como ubicación geográfica, edad, género, profesión u otras características relevantes para garantizar que sea representativa del problema planteado.

La población del presente estudio está constituida por todas las mezclas de concreto convencional producidas en la ciudad de Juliaca, con un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> y con agregados provenientes de la cantera Unocolla.

### 3.4.2. Muestra

Según Hernández y Mendoza (2018), La muestra es un subgrupo de la sociedad que se selecciona para formar parte de un estudio, con el propósito de facilitar la recolección de datos y el análisis, debido a que en muchas ocasiones es impráctico o imposible estudiar a toda la población. Si se quiere que los resultados se generalicen, la selección de la muestra debe ser cuidadosa elegida utilizando métodos probabilísticos o no probabilísticos, dependiendo del diseño del estudio. La selección adecuada de la muestra asegura que esta refleje las características esenciales de la población y contribuye a la validez y confiabilidad de los resultados.

La muestra utilizada en este estudio está conformada por briquetas elaboradas a partir de concreto en estado endurecido, elaboradas con proporciones específicas de piedra pómez (PP) y fibra de aluminio reciclado (FA) en función del volumen del concreto. Estas mezclas fueron seleccionadas para ser sometidas a pruebas de laboratorio.

**Tabla 6**

*Cantidad de muestra utilizadas en el asentamiento del CP, PP y FA*

Slump – CP, PP y FA	
Proporciones	Cantidad
CP	1
CP + 30% PP	1
CP + 40% PP	1
CP + 50% PP	1
CP + 0.50% FA	1
CP + 1.00% FA	1
CP + 1.50% FA	1
<b>Total</b>	<b>7</b>

*Nota:* CP (Concreto Patrón), PP (Piedra Pómez) y FA (Fibra de Aluminio)

**Tabla 7***Número de especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión y a la flexión*

Muestra	Descripción de la muestra	Número de probetas por ensayo			Total
		7 días	14 días	28 días	
CP	F <sup>c</sup> =210 kg/cm <sup>2</sup>	5	5	5	15
<b>Muestra</b>	<b>Con adición</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>	
<b>M-1</b>	CP + 30% PP	5	5	5	15
<b>M-2</b>	CP + 40% PP	5	5	5	15
<b>M-3</b>	CP + 50% PP	5	5	5	15
<b>M-6</b>	CP + 0.50% FA	5	5	5	15
<b>M-7</b>	CP + 1.00% FA	5	5	5	15
<b>M-8</b>	CP + 1.50% FA	5	5	5	15
	<b>Total</b>				105

*Nota:* Cantidad total de briquetas

En la tabla se detalla el número total de probetas utilizadas para los ensayos de resistencia a compresión y flexión, que asciende a 90 uds. en total. Para el concreto convencional se requieren 15 testigos, mientras que para el concreto mejorado con la incorporación de piedra pómez (PP) y fibra de aluminio reciclado (FA), el número total de briquetas necesarias aumenta a 105.

### 3.5. Técnicas e instrumentos

#### 3.5.1. Técnicas

En el contexto de un estudio, las técnicas de investigación son instrumentos o métodos concretos utilizados para recopilar, examinar y procesar datos, con el objetivo de



obtener datos fiables y relevantes que respondan a las preguntas planteadas. Estas técnicas varían según el enfoque de estudio. (Silvestre & Huamán, 2019).

### **1. Elaboración de muestras de concreto.**

Se utilizará la técnica de preparación y mezclado controlado para elaborar las muestras experimentales. Se medirán y dosificarán las proporciones de cemento, piedra pómez, fibra de aluminio reciclado y agua, según las proporciones establecidas en el diseño experimental.

### **2. Ensayos de laboratorio.**

- Ensayo de resistencia a la compresión: Esta técnica se utiliza para determinar la resistencia del concreto a las cargas de compresión antes de romperse.
- Ensayo de resistencia a la flexión: Se realizará para evaluar la resistencia del concreto reforzado para resistir fuerzas de flexión, lo cual es crucial para entender el comportamiento en estructuras sometidas a cargas laterales.
- Ensayo de densidad: Se medirá la densidad del concreto para conocer el efecto de la piedra pómez como agregado ligero y cómo influye en la reducción del peso volumétrico del concreto.
- Ensayo de absorción de agua y porosidad: Técnica para evaluar la capacidad del concreto de absorber agua y su porosidad, aspectos importantes para la durabilidad.

### **3. Análisis estadístico.**

Se utilizaron técnicas estadísticas para analizar los resultados de las pruebas de laboratorio, tales como análisis de varianza (ANOVA) y regresión, con el fin de identificar relaciones significativas entre las variables (proporción de piedra pómez y fibras de aluminio reciclado) y las propiedades evaluadas del concreto.



### **3.5.2. Instrumentos**

Son herramientas creadas para recolectar información de manera precisa, sistemática y confiable durante el desarrollo de un estudio. Estos instrumentos permiten obtener datos cuantitativos o cualitativos según los objetivos y el enfoque del trabajo investigativo. Hernández y Mendoza (2018).

#### **1. Máquina universal de ensayo de compresión**

Este instrumento se utilizará para realizar el ensayo de resistencia en las muestras de concreto, proporcionando datos precisos sobre la resistencia máxima que puede aguantar el material.

#### **2. Máquina de ensayo de flexión**

Se empleará para realizar el ensayo de resistencia a la flexión, permitiendo evaluar el comportamiento del concreto.

#### **3. Prensa hidráulica**

Utilizada en los ensayos permitiendo aplicar fuerzas controladas para medir la resistencia del concreto.

#### **4. Picnómetro**

Instrumento utilizado para determinar la densidad de las muestras de concreto, lo que permite calcular la relación entre masa y volumen del material.

#### **5. Software estadístico**

Se emplearon software de análisis de datos (como SPSS o R) para realizar el análisis estadístico de los ensayos. Este software permitirá identificar correlaciones y diferencias significativas entre las muestras de concreto probadas.

### **3.6. Plan de recolección y procesamiento de datos**

#### **3.6.1. Desarrollo del plan de recolección de datos**

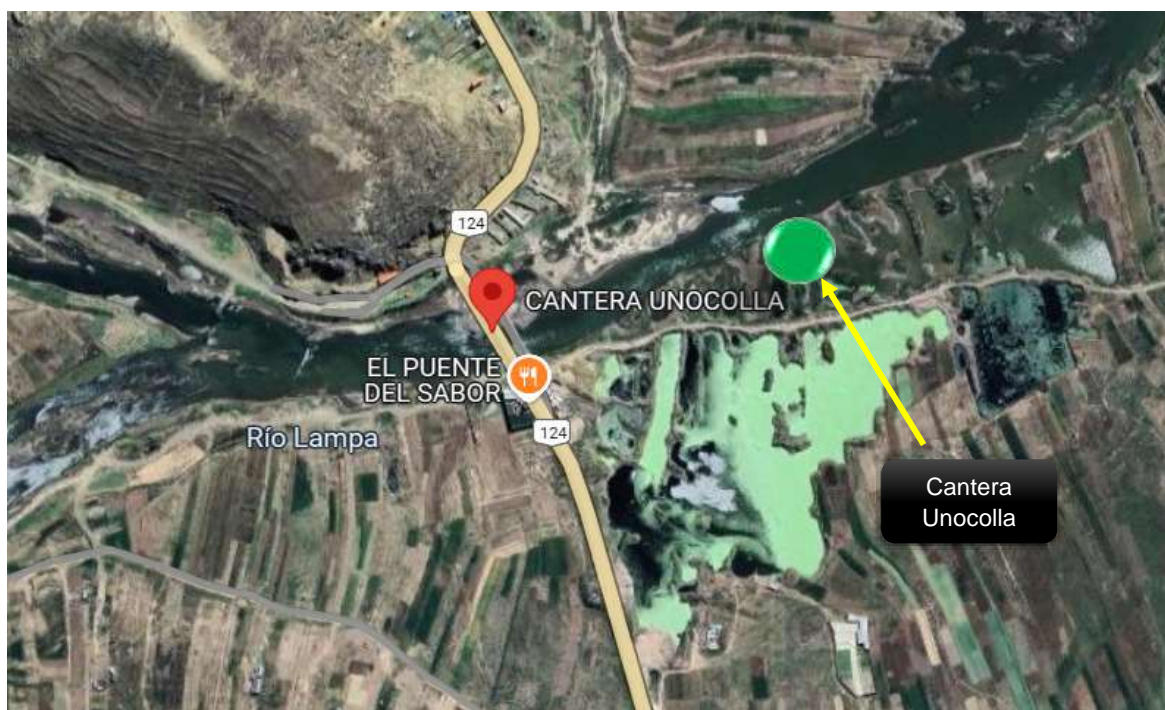
Para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos y asegurar el desarrollo efectivo, este estudio se llevó a cabo en varias etapas. A continuación, se describe en detalle cada una de estas etapas y cómo fueron implementadas.

### Fase I: Procedencia de los materiales.

- a) **Obtención de agregados naturales.** Para llevar a cabo las pruebas y la fabricación de bloques de concreto, se utilizaron materiales extraídos de la cantera de Unocolla, ubicada en las laderas del río del mismo nombre. Esta cantera provee insumos esenciales, como arena y grava, los cuales son indispensables para la producción de concreto y la elaboración de bloques de concreto. Los materiales utilizados se han sometido a un riguroso procedimiento de selección y tratamiento que garantiza el cumplimiento de los criterios técnicos y las normas de calidad para la producción de briquetas.

### Figura 8

*Ubicación de la cantera Unocolla*



*Nota:* Cantera Unocolla, adaptado de Google Maps.

- b) **Obtención de la piedra pómez:** La obtención de la piedra se realizó mediante recolección directa en las laderas del río Pomata, en la región de Puno, Perú. Este material fue seleccionado debido a su alta porosidad y ligereza, características inherentes a su origen. La metodología consistió en identificar zonas superficiales con afloramientos accesibles, recolectando muestras manualmente para garantizar

su estado natural. Posteriormente, Las muestras se limpiaron y clasificaron según su tamaño y textura, asegurando que cumplieran con los estándares requeridos para los fines del estudio, centrado en aplicaciones arquitectónicas y medioambientales.

**Figura 9**

*Piedra pómez*



*Nota:* La piedra pómez en la elaboración del concreto.

- c) Obtención de la fibra de aluminio:** La obtención de la fibra de aluminio reciclada se llevó a cabo mediante un proceso sistemático utilizando latas de bebidas como materia prima, recolectadas en centros de acopio en Juliaca, Puno. Primero, las latas fueron seleccionadas y limpiadas para eliminar residuos de líquidos y etiquetas. Luego, se realizó un corte mecánico en tiras finas utilizando herramientas de corte de precisión. Estas tiras fueron sometidas a un proceso de trefilado artesanal para reducir su tamaño y obtener fibras delgadas y uniformes. Este método permitió optimizar el reciclaje y resaltar la viabilidad del aluminio posconsumo como un material sostenible y funcional.

**Figura 10***Plástico reciclado*

*Nota:* La fibra de aluminio recicladas en la elaboración del concreto.

**Fase II: Ensayos en laboratorio.**

En esta etapa del estudio, se realizaron las pruebas y ensayos necesarios para evaluar las cualidades de los áridos recogidos en la cantera de Unocolla. Este proceso se enfocó principalmente en la ejecución de pruebas de calidad, con el fin de comprobar que los materiales cumplieran las normas exigidas para su uso en la producción de concreto. En seguida se presentan los ensayos realizados en laboratorio.

**a) Ensayo de granulometría:**

En mi proyecto, realicé el ensayo de granulometría con el objetivo de analizar la distribución de tamaños de las partículas de los agregados que utilizaría en la mezcla de concreto. Este análisis es crucial para garantizar una adecuada trabajabilidad, compactación y resistencia del material. A continuación, describo el procedimiento que seguí:

**Procedimiento:**

- Recolecté una muestra representativa de agregados gruesos (grava) y finos (arena), siguiendo el método de muestreo por cuarteo, para asegurar la



- homogeneidad. Posteriormente, las muestras se secaron en el horno a 110 °C a lo largo de 24h. con el fin de quitarles la humedad que pudiera afectar a los resultados.
- Una vez secas, pesé las muestras en la balanza de precisión. El peso total de cada muestra quedó registrado para calcular los porcentajes retenidos en los tamices.
  - Coloqué los tamices con la abertura más grande arriba y la más pequeña abajo, en orden decreciente de tamaño. Recogí lo que pasó por el tamiz más fino en un recipiente de fondo ciego.
  - Vertí la muestra seca en el tamiz superior y procedí a agitar manualmente el juego de tamices durante aproximadamente 10 minutos. Me aseguré de que cada tamiz recibiera movimientos circulares, horizontales y golpes suaves para garantizar que las partículas pasaran correctamente según su tamaño.
  - Después de tamizar, retiré el contenido de cada tamiz y lo pesé individualmente. Limpié cuidadosamente cada tamiz con el cepillo de cerdas antes de medir el material del siguiente tamiz.
  - Dividí el peso mantenido por el peso total de la muestra y, a continuación, multipliqué el valor por 100 para calcular el porcentaje retenido en cada tamiz. Luego, obtuve el porcentaje acumulado retenido y el acumulado que pasa por cada tamiz.
  - Con los datos obtenidos, tracé una curva granulométrica en papel semilogarítmico, donde el eje horizontal representó el tamaño de las partículas (en mm) y el eje vertical el porcentaje que pasa. Esto permitió identificar si los agregados eran bien graduados, uniformes o mal graduados.

### **b) Contenido de humedad.**

En mi proyecto, realicé el ensayo de contenido de humedad para determinar la cantidad de agua presente en los agregados que emplearía en la mezcla de concreto. Este análisis es crucial, ya que el exceso o déficit de agua puede afectar

la relación agua-cemento y, por ende, la resistencia y trabajabilidad del concreto. A continuación, describo el procedimiento detallado que seguí:

#### **Procedimiento:**

- Seleccioné una muestra representativa de los agregados mediante el método de cuarteo para asegurar su homogeneidad. Esta muestra se tomó directamente del lote que se usaría en el diseño de la mezcla.
- Pesé la muestra fresca (sin secar) en un recipiente metálico limpio y seco. Registré este peso como el peso húmedo.
- Coloqué la muestra en el horno eléctrico previamente calentado a una temperatura constante de  $110 \pm 5$  °C. Dejé que la muestra se secara durante 24 horas para eliminar completamente el contenido de humedad.
- Una vez transcurrido el tiempo, retiré la muestra del horno utilizando pinzas y dejé que se enfriara a temperatura ambiente en un lugar seco. Luego, pesé nuevamente la muestra y registré este peso como el peso seco.
- Utilicé la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de humedad presente en la muestra:

#### **Cálculo:**

Formula del % de humedad:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W : Contenido de humedad (%)

W<sub>w</sub>: Peso del agua

W<sub>s</sub> : Peso seco del material

**c) Ensayo de abrasión.**

En mi proyecto de tesis, realicé el ensayo de abrasión para evaluar la resistencia al desgaste de los agregados gruesos que emplearía en las mezclas de concreto. Esta prueba es crucial para saber cuánto durará el hormigón, especialmente en estructuras expuestas a tráfico o condiciones de alta fricción, como pavimentos y pisos industriales. A continuación, detallo el procedimiento que seguí:

**Procedimiento:**

- Seleccioné una muestra representativa de agregado grueso, con partículas comprendidas en un rango de tamaño específico según la norma ASTM C131 (por ejemplo, entre los tamices de 19 mm y 9.5 mm). Pesé una cantidad predeterminada de muestra seca, registrándola como el peso inicial.
- Coloqué la muestra seca en el tambor de la máquina de abrasión Los Ángeles, junto con una cantidad específica de esferas de acero estandarizadas que servirían como elementos abrasivos. La cantidad de esferas y las revoluciones requeridas dependieron del tipo de ensayo establecido por la norma.
- Puse en funcionamiento la máquina, permitiendo que el tambor girara a una velocidad constante durante 500 revoluciones. Este proceso simuló las condiciones de desgaste y fractura que los agregados podrían experimentar en la práctica.
- Una vez finalizadas las revoluciones, retiré la muestra y la tamicé utilizando un tamiz de 1.7 mm para separar las partículas desgastadas. Pesé el material retenido en el tamiz, registrándolo como el peso final.
- Calculé el porcentaje de desgaste o índice de abrasión utilizando la fórmula:

$$(\%)Desgaste = \frac{P1 - P2}{P1} * 100$$

**d) Ensayo de peso específico.**

En mi proyecto de tesis, realicé el ensayo de peso específico para determinar la densidad relativa de los agregados (finos y gruesos) en comparación con el agua.



Este parámetro es crucial, ya que influye en el diseño de las proporciones de las mezclas de concreto, afectando su densidad, trabajabilidad y resistencia. A continuación, detallo el procedimiento que seguí:

**Procedimiento:**

- Seleccioné muestras representativas de los agregados finos y gruesos mediante el método de cuarteo.
- Sequé las muestras en el horno a  $110 \pm 5$  °C durante 24 horas y las dejé enfriar a temperatura ambiente.
- Pesé la muestra seca utilizando la balanza de precisión y registré este valor.
- Sumergí la muestra en agua durante 24 horas para saturar los poros de las partículas.
- Para el agregado fino, utilicé un picnómetro lleno de agua para medir el volumen desplazado por la muestra saturada.
- Para el agregado grueso, retiré la muestra del agua y eliminé el exceso de agua superficial con un paño húmedo para obtener la condición de saturado con superficie seca.
- Pesé la muestra en estado SSS y registré el valor.
- Para el agregado grueso, coloqué la muestra en un recipiente con agua y registré su peso bajo el agua.
- Para el agregado fino, llené el picnómetro con agua y registré el peso total (picnómetro + agua + muestra).
- Utilicé las fórmulas estándar según el tipo de agregado:

- Para el agregado grueso:

$$PE = \frac{W_s}{W_{ss} - W_{sum}}$$

- Para el agregado fino (en picnómetro):

$$PE = \frac{W_s}{W_s + W_p - W_{ps}}$$

**e) Ensayo de asentamiento.**

En mi proyecto, realicé el ensayo de asentamiento para evaluar la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco, asegurándome de que la mezcla cumpliera con los requisitos de diseño y las condiciones de colocación en la obra. Este ensayo es clave para garantizar que el concreto pueda ser manejado y compactado adecuadamente sin segregar sus componentes. A continuación, detallo el procedimiento que seguí:

**Procedimiento:**

- Preparé la mezcla de concreto utilizando los materiales y proporciones diseñadas para mi proyecto. La mezcla se realizó en condiciones controladas para garantizar su homogeneidad y representatividad.
- Coloqué el cono de Abrams sobre la base metálica húmeda y limpia para evitar la adherencia del concreto. Aseguré que el cono estuviera bien centrado y firme durante el ensayo.
- Llené el cono en tres capas iguales de altura aproximadamente (10 cm cada una). Compacté cada capa con 25 golpes uniformemente distribuidos utilizando la varilla metálica, asegurándome de no perforar completamente la capa inferior al compactar.
- Después de rellenar el cono, utilicé la varilla metálica para nivelar la parte superior del hormigón y eliminar cualquier exceso.
- Retiré el cono de Abrams levantándolo verticalmente y de manera cuidadosa en un tiempo aproximado de 5 segundos, permitiendo que el concreto se deformara por su propio peso.
- Medí la diferencia entre la altura media del hormigón asentado y la altura original del cono (30 cm) en cuanto lo retiré. Este valor representó el asentamiento de la mezcla, expresado en milímetros.

**Figura 11***Ensayo de asentamiento*

*Nota:* Slump del concreto realizado en laboratorio, según la ASTM C-143.

**f) Ensayo de resistencia a la compresión.**

Para determinar si el hormigón podía soportar esfuerzos axiales sin fallar, realicé una prueba de resistencia a la compresión para mi proyecto. Este ensayo es fundamental en el diseño estructural, ya que garantiza que las mezclas de concreto cumplan con los requisitos de resistencia especificados para el proyecto. A continuación, detallo el procedimiento que seguí:

**Procedimiento:**

- Mezclé el concreto siguiendo las proporciones diseñadas para mi proyecto.
- Utilicé la varilla metálica para comprimir cada una de las tres capas iguales de mezcla que introduje en los moldes cilíndricos con 25 golpes espaciados por igual.



- Una vez llenos los moldes, alisé la superficie superior del concreto para que quedara nivelada.
- Deje que las probetas fraguaran en los moldes durante 24 horas antes de desmoldarlas.
- Tras desmoldar las probetas, las sumergí en un tanque de agua a temperatura controlada ( $23 \pm 2$  °C) para garantizar un curado adecuado.
- Mantuve las probetas en el agua durante los tiempos establecidos (7, 14 y 28 días), dependiendo del ensayo programado.
- Antes del ensayo, retiré las probetas del tanque y las dejé secar superficialmente.
- Verifiqué que las superficies superiores e inferiores estuvieran planas y lisas para evitar concentraciones de esfuerzo durante la prueba.
- Coloqué la probeta en la máquina de compresión hidráulica, asegurándome de que estuviera centrada.
- Apliqué la carga de manera uniforme y constante a una velocidad de deformación controlada, según lo especificado por la norma ASTM C39.
- Registré la carga máxima soportada por la probeta antes de que ocurriera la falla.
- Utilicé la siguiente fórmula para calcular la resistencia:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

- Realicé el ensayo con tres probetas para cada edad (7, 14 y 28 días) y calculé el promedio de los valores obtenidos.

**Figura 12**

*Resistencia a la compresión*



*Nota:* Tomado de los ensayos realizados en laboratorio, según Norma

**g) Ensayo de resistencia a la flexión.**

En mi proyecto, realicé el ensayo de resistencia a la flexión para evaluar la capacidad del concreto de resistir esfuerzos de flexión sin fracturarse. Este ensayo es fundamental en elementos sometidos a cargas flexionantes, como losas y pavimentos, donde la resistencia a la tracción en la fibra inferior del elemento es crítica. A continuación, detallo el procedimiento que seguí:

**Procedimiento:**

- Mezclé el concreto siguiendo las proporciones diseñadas para mi proyecto.



- Vertí la mezcla en los moldes de vigas en tres capas iguales, compactando cada capa con una varilla metálica para eliminar vacíos.
- Una vez lleno el molde, alisé la superficie para obtener una terminación uniforme.
- Dejé que las vigas fraguaran en los moldes durante 24 horas antes de desmoldarlas.
- Desmoldé las vigas y las sumergí en un tanque de agua a temperatura controlada ( $23 \pm 2$  °C) para garantizar un curado adecuado.
- Mantuve las vigas en el tanque durante 7, 14 y 28 días según el ensayo programado.
- Antes del ensayo, retiré las vigas del tanque y las dejé secar superficialmente.
- Inspeccioné las vigas para asegurarme de que no presentaran defectos visibles que pudieran influir en los resultados.
- Coloqué la viga en la máquina de ensayos, apoyándola sobre dos rodillos con una separación definida según la norma (por ejemplo, 40 cm entre los apoyos).
- Apliqué una carga concentrada en el centro de la viga o en dos puntos equidistantes, dependiendo del método especificado.
- Incrementé la carga de manera uniforme hasta que se produjo la falla por flexión.
- Registré la carga máxima soportada antes de la fractura.
- Utilicé la fórmula estándar para calcular la resistencia a la flexión:

$$F'c = \frac{PL}{bd^2}$$

- Realicé el ensayo con tres vigas para cada edad de curado (7, 14 y 28 días) y calculé el promedio de los valores obtenidos.

### Figura 13

*Resistencia a la compresión*



*Nota:* Tomado de los ensayos realizados en laboratorio, según Norma

### Fase III: Evaluación de los resultados

Se utilizarán tablas comparativas para mostrar los resultados, las cuales permitirán visualizar de manera clara y organizada las evaluaciones realizadas entre los distintos grupos etarios analizados. Estas tablas reflejarán no solo las diferencias observadas entre los grupos, sino también las proporciones asociadas a cada evaluación, facilitando así una interpretación detallada y fundamentada de los hallazgos obtenidos en el estudio.



### **3.6.2. Procesamiento y análisis de datos**

Para procesar y analizar los datos se utilizarán diversas herramientas, como gráficos, cálculos complejos y tablas bien estructuradas, con el fin de facilitar la comprensión de los resultados. La recopilación de datos se realizará a través de ensayos cuidadosamente diseñados, aplicando metodologías confiables que garanticen una recolección sistemática, precisa y acorde con los objetivos del estudio. Este enfoque asegura que la información obtenida sea representativa y permita fundamentar adecuadamente las conclusiones del análisis.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados obtenidos

##### a) Ensayo de análisis granulométrico:

Tabla 8

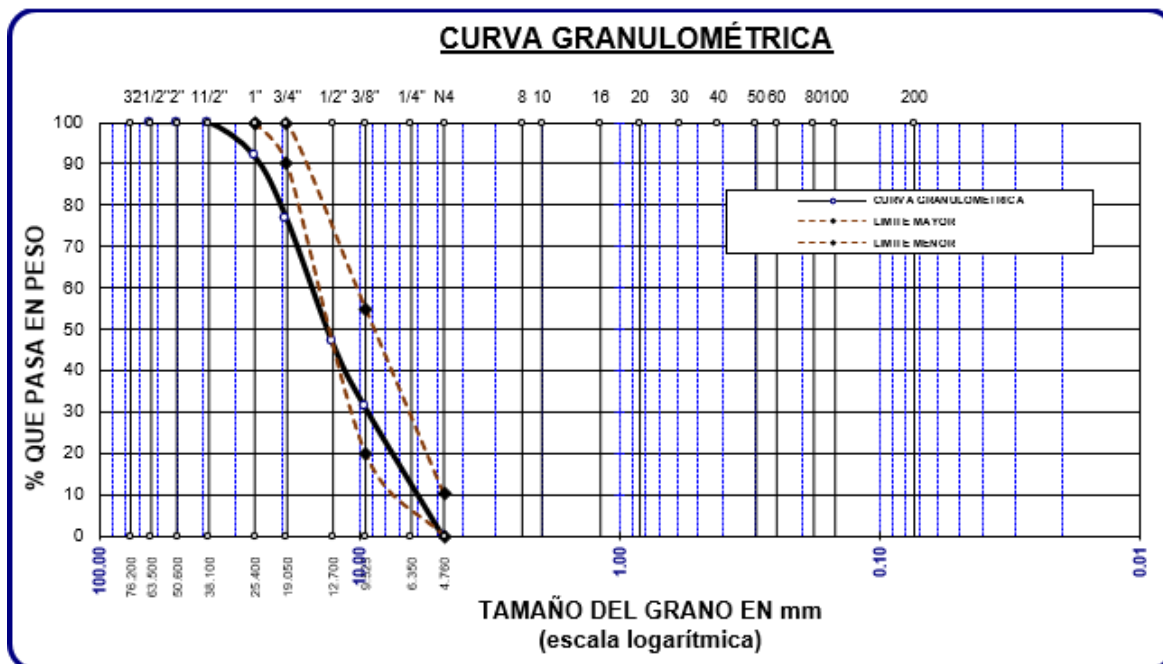
*Granulometría del agregado grueso*

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3"	76.200					
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	-
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	-
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	-
1"	25.400	283.00	8.09	8.09	<b>91.91</b>	<b>100%</b>
3/4"	19.050	531.00	15.17	23.26	<b>76.74</b>	<b>90 - 100%</b>
1/2"	12.700	1043.00	29.80	53.06	<b>46.94</b>	-
3/8"	9.525	547.00	15.63	68.69	<b>31.31</b>	<b>20 - 55 %</b>
1/4"	6.350	-	-	-		-
No4	4.760	1096.00	31.31	100.00	<b>0.00</b>	<b>0 - 10 %</b>
<b>Base</b>		0.00	0.00	100.00	0.0	
<b>Total</b>		3500.00	100.00			
<b>% Perdida</b>		0.00				

*Nota:* Derivado de la evaluación que se realizó en el laboratorio

**Figura 14**

*Granulometría del agregado grueso*



En la figura 14 se presenta la curva granulométrica correspondiente al agregado grueso, evidenciando una distribución no uniforme en la gradación, lo que refleja variaciones significativas en el tamaño de las partículas.

**Tabla 9**

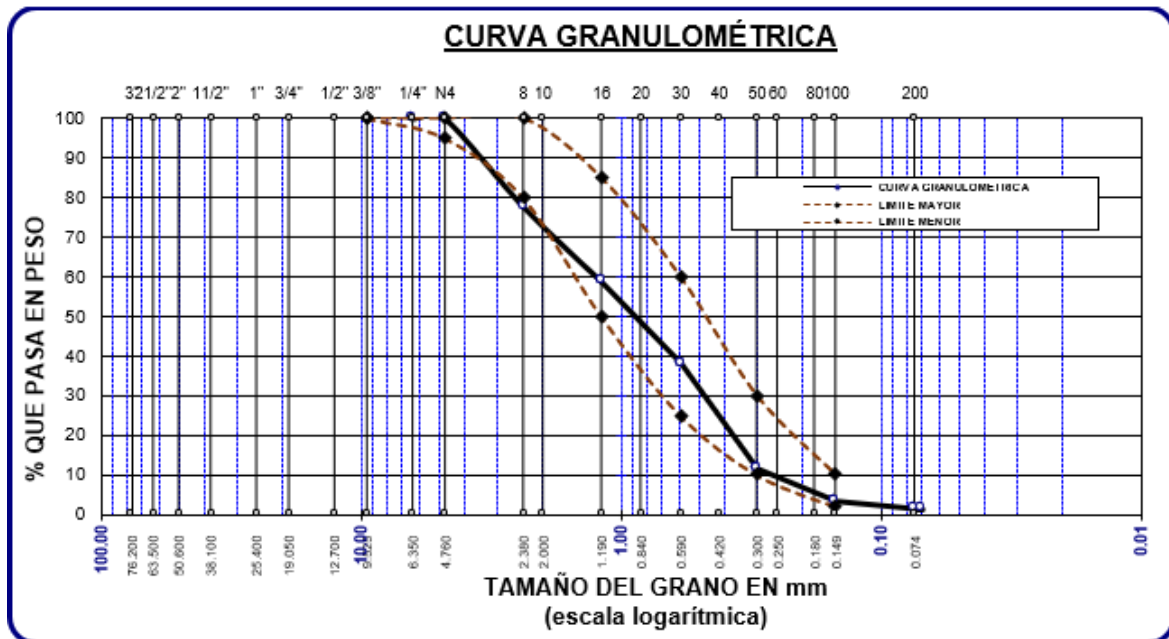
*Granulometría del agregado fino*

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100%
No8	2.380	110.84	22.17	22.17	77.83	80 - 100%
No10	2.000					
No16	1.190	95.03	19.01	41.17	58.83	50 - 85%
No20	0.840					
No30	0.590	102.24	20.45	61.62	38.38	25 - 60%
No40	0.420					
No 50	0.300	133.35	26.67	88.29	11.71	10 - 30%
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	41.14	8.23	96.52	3.48	2 - 10%
No200	0.074	10.21	2.04	98.56	1.44	
<b>Base</b>		7.19	1.44	100.00	0.00	
<b>Total</b>		500.00	100.00			
<b>% Perdida</b>		1.44				

*Nota:* Derivado de la evaluación que se realizó en el laboratorio

**Figura 15**

*Granulometría del agregado fino*



Como puede verse en la figura 15, el análisis granulométrico del material revela una gradación que se ajusta a los parámetros estipulados para los materiales finos, excepto en el caso del tamiz 8, donde se aprecia una desviación fuera del rango especificado.

**Tabla 10**

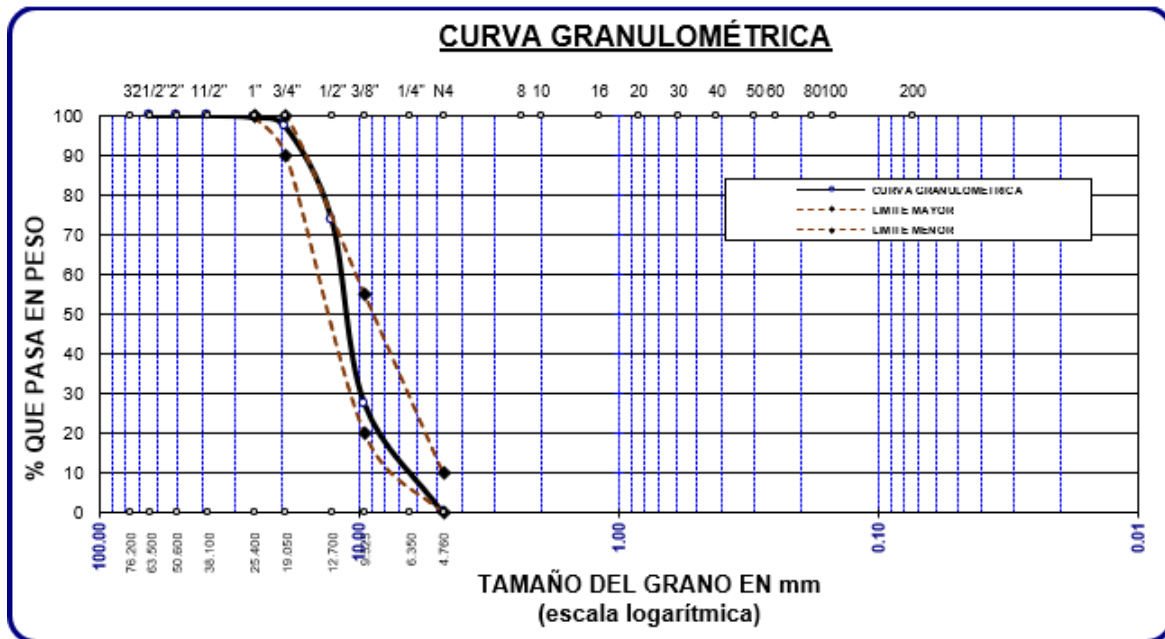
*Granulometría del agregado grueso (piedra pómez)*

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3"	76.200					
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	-
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	-
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	-
1"	25.400	15.00	0.43	0.43	<b>99.57</b>	<b>100%</b>
3/4"	19.050	89.00	2.54	2.97	<b>97.03</b>	<b>90 - 100%</b>
1/2"	12.700	812.00	23.20	26.17	<b>73.83</b>	-
3/8"	9.525	1617.00	46.20	72.37	<b>27.63</b>	<b>20 - 55%</b>
1/4"	6.350	-	-	-		-
No4	4.760	965.00	27.57	99.94	<b>0.06</b>	<b>0 - 10%</b>
<b>Base</b>		2.00	0.06	100.00	0.0	
<b>Total</b>		3500.00	100.00			
<b>% Perdida</b>		0.06				

*Nota:* Derivado de la evaluación que se realizó en el laboratorio

**Figura 16**

*Granulometría del agregado grueso (piedra pómez)*



Como puede verse en la figura16, el análisis granulométrico del material revela una gradación uniforme que se ajusta a los parámetros establecidos para materiales gruesos, donde se puede evidencia un pequeño desvío en el tamiz 1/2".

**b) Módulo de fineza:**

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (3" , 1 1/2" , 3/4" , 3/8" , N\#4)}}{100}$$

$$MF = 3.10$$

**c) Contenido de humedad:**

**Tabla 11**

*Humedad de los agregados*

Muestra: agregados	Agregado fino	Agregado grueso
Peso de la muestra húmeda + tarro (gr.)	304.38	439.61
Peso de la muestra seca + tarro (gr.)	293.85	426.92
Peso del tarro (gr.)	51.12	55.95
Peso de la muestra húmeda (gr.)	<b>253.26</b>	<b>383.66</b>
Peso de la muestra seco (gr.)	<b>242.73</b>	<b>370.97</b>
Peso del agua (gr.)	<b>10.53</b>	<b>12.69</b>
% humedad	<b>4.34</b>	<b>3.42</b>

*Nota:* Derivado de la evaluación que se realizó en el laboratorio

Como se aprecia en la Tabla 11, los porcentajes de humedad detectados en los agregados naturales provenientes de la cantera Unocola. Los resultados indican que el agregado fino alcanzó un nivel de humedad del 4.34%, y el agregado grueso mostró un índice ligeramente menor, del 3.42%.

**d) Ensayo peso específico de agregados:**

Los valores obtenidos en el ensayo de peso específico y capacidad de absorción de los áridos procedentes de la cantera Unocola, tanto arena como grava, se presentan a continuación. Estos parámetros son esenciales para evaluar las propiedades físicas de los materiales, que influyen directamente en el diseño de las mezclas y en el rendimiento del hormigón en estado fresco y endurecido:

**Tabla 12**

*Peso específico y absorción de agregados*

Peso específico y absorción		
Muestra	Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)
Agregado fino	2.53	2.84
Agregado grueso	2.61	2.12
Agregado piedra pómez	2.57	3.74

*Nota:* Derivado de la evaluación que se realizó en el laboratorio

**e) Ensayo de pesos unitarios:**

**Tabla 13**

*Pesos unitarios de los agregados*

Pesos unitarios de los agregados		
	Suelto (gr/cm <sup>3</sup> )	Compactado (gr/cm <sup>3</sup> )
Agregado fino	1.591	1.712
Agregado grueso	1.512	1.631

*Nota:* Derivado de la evaluación que se realizó en el laboratorio

Como se aprecia en la Tabla 13, al comparar los pesos unitarios de los áridos en sus estados suelto y compactado, es importante señalar que el material compactado presenta los mayores valores.

**f) Ensayo de resistencia al desgaste:**

**Tabla 14**

*Desgaste de materiales de agregado natural*

<b>Abrasión de Agregados Naturales</b>	
<b>Gradación</b>	<b>M - 1</b>
1 1/2" -1"	1349.00
1" - 3/4"	1281.00
3/4" - 1/2"	1208.00
1/2" /3/8"	1182.00
Resistencia al desgaste	77.57%
<b>Perdida</b>	<b>22.43%</b>

La tabla 14 indica el índice de resistencia al desgaste y la pérdida correspondiente del árido de la cantera de Unocolla. Según los resultados obtenidos, el material presentó una pérdida del 22.43%, lo que proporciona una medida de su durabilidad y comportamiento frente a las fuerzas abrasivas.

**Tabla 15**

*Desgaste de materiales de agregado grueso (piedra pómez)*

<b>Abrasión los Ángeles</b>	
<b>Gradación</b>	<b>M - 1</b>
1 1/2" -1"	1239.00
1" - 3/4"	1321.00
3/4" - 1/2"	1218.00
1/2" /3/8"	1282.00
Resistencia al desgaste	61.44%
<b>Perdida</b>	<b>38.56%</b>

La tabla 15 se presentan los resultados del ensayo de resistencia al desgaste, incluyendo el porcentaje de pérdida registrado para el agregado de piedra pómez. Los datos muestran una pérdida del 38.56%, lo que refleja las características abrasivas de este material y su comportamiento frente a esfuerzos mecánicos.

#### g) Cantidad de elementos para mezcla de concreto convencional

Se proporciona un desglose completo de las proporciones de los materiales utilizados en el diseño de la mezcla destinadas a un concreto convencional con una resistencia característica de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Estas proporciones se determinaron basándose en los informes de control de calidad del mencionado laboratorio, garantizando así la confiabilidad de los resultados y la adecuación del diseño a las exigencias estructurales del proyecto.

La información recopilada durante el proceso de creación y validación de las ratios elegidas se describe en los párrafos siguientes:

**Tabla 16**

*Dosificación según diseño de mezcla*

Material	Dosificación en Peso seco (Kg/m <sup>3</sup> )	Prop. en Volumen Seco	Dosificación en Peso húmedo (Kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	366.07	1.00	366.07
Agua	205.00	0.56	188.98
A. Grueso	962.10	2.63	988.36
A. Fino	674.09	1.84	703.33
Aire	2.0%		2.0%

La tabla 16 se especifican las dosificaciones de los materiales utilizados en la elaboración del concreto convencional, expresadas en términos de peso y volumen. Estas dosificaciones incluyen un contenido de aire del 2.0%, el cual es considerado dentro del diseño para garantizar las propiedades deseadas en el concreto.

**h) Cantidad de elementos para mezcla de CP + % de piedra pómez****Tabla 17***Dosificación según diseño de mezcla*

Material	Dosificación en Peso seco (Kg/m <sup>3</sup> )	Prop. en Volumen Seco	Dosificación en Peso húmedo (Kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	366.07	1.00	366.07
Agua	205.00	0.56	188.98
A. Grueso	962.10	2.63	988.36
A. Fino	674.09	1.84	703.33
Aire	2.0%		2.0%
30% PP	109.80	0.300	109.80
40% PP	146.40	0.400	146.40
50% PP	183.00	0.500	183.00

Como se aprecia en la Tabla 17, el diseño de mezclas está compuestas por CP con distintos porcentajes de piedra pómez (PP). Las cantidades de PP se determinaron en función del agregado grueso, resultando en 110 kg, 146 kg y 183 kg para proporciones de 30%, 40% y 50%, respectivamente.

**i) Cantidad de elementos para mezcla de CP + % de fibra de aluminio****Tabla 18***Dosificación según diseño de mezcla*

Material	Dosificación en Peso seco (Kg/m <sup>3</sup> )	Prop. en Volumen Seco	Dosificación en Peso húmedo (Kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	366.07	1.00	366.07
Agua	205.00	0.56	188.98
A. Grueso	962.10	2.63	988.36
A. Fino	674.09	1.84	703.33
Aire	2.0%		2.0%
0.50% FA	1.83	0.050	1.83
1.00% FA	3.66	0.100	3.66
1.50% FA	5.49	0.150	5.49

Como se aprecia en la Tabla 18, el diseño de mezclas está compuestas por CP con distintos porcentajes de fibra de aluminio (FA). Las cantidades de FA se determinaron en función del agregado fino, resultando en 1.83 kg, 3.66 kg y 5.49 kg para proporciones de 0.50%, 1.00% y 1.50%, respectivamente.

#### 4.1.1. Resultados de la influencia de la adición de la piedra pómez y fibra de aluminio en el asentamiento del concreto.

##### 4.1.1.1. Medición del asentamiento (ASTM C-143)

El asentamiento se determinó con el empleo de un cono Abrams de 30 cm de altura, 10 cm de diámetro superior y 20 cm de diámetro inferior, y para compactar el concreto se utilizó una varilla de acero lisa de 5/8" de 60 cm de longitud. La mezcla se distribuyó en tres capas uniformes, y cada capa se compactó con 25 golpes hasta obtener una base plana.

A continuación, Se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 19**

*Asentamiento del concreto + piedra pómez*

Descripción	Medida de asentamiento con Cono de Abrams		Consistencia	Trabajabilidad
	Asentamiento			
	In	cm		
CP	3.00	7.62	Plástica	Trabajable
CP + 30% PP	2.80	7.11	Seca	Poco trabajable
CP + 40% PP	2.50	6.35	Seca	Poco trabajable
CP + 50% PP	2.00	5.08	Seca	Poco trabajable

*Nota:* Derivado de la evaluación que se realizó en el laboratorio

La Tabla 19, presenta los asentamientos de la mezcla de concreto y las mezclas con adiciones de piedra pómez en proporciones de 30%, 40%, y 50%. Los resultados obtenidos fueron 2.80", 2.50" y 2.00" en cada caso. Las estadísticas sugieren que el asentamiento disminuye con el aumento de la cantidad de piedra pómez, lo que indica que el hormigón alcanza una mayor estabilidad con un mayor contenido de PP.

**Tabla 20***Asentamiento del concreto patrón + fibra de aluminio*

Descripción	Medida de asentamiento con Cono de Abrams		Consistencia	Trabajabilidad
	Asentamiento			
	In	cm		
CP	3.00	7.62	Plástica	Trabajable
CP + 0.50% FA	3.20	8.13	Plástica	Trabajable
CP + 1.00% FA	2.90	7.37	Seca	Poco trabajable
CP + 1.50% FA	2.50	6.35	Seca	Poco trabajable

*Nota:* Derivado de la evaluación que se realizó en el laboratorio

La Tabla 20, presenta los asentamientos del concreto y de las mezclas con adiciones de fibra de aluminio en proporciones de 0.50%, 1.00%, y 1.50%, obteniendo valores de 3.20", 2.90", y 2.50" en cada caso. Los datos revelan que el asentamiento disminuye al aumentar la cantidad de fibra de aluminio, lo que indica que el hormigón alcanza una mayor estabilidad con un elevado aporte de FA.

#### 4.1.2. Resultados de la incorporación de piedra pómez y fibra de aluminio en la resistencia a compresión

##### a) Resistencia a compresión del Concreto – 7 días

Tabla 21

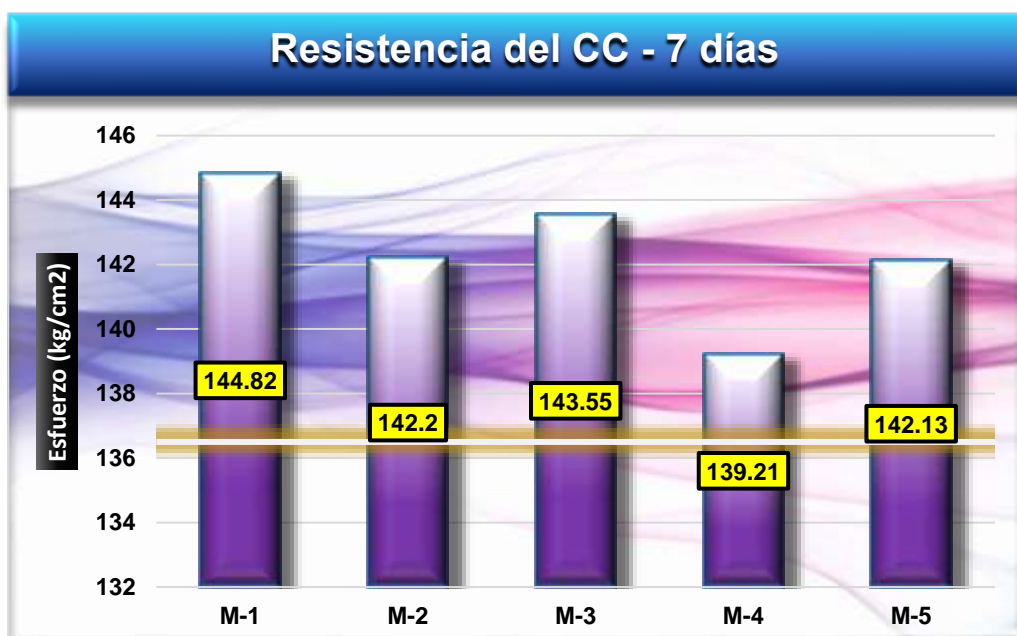
Resistencia del CC

Resistencia a compresión CC – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B - 1	144.82		6.10
B - 2	142.20		4.18
B - 3	143.55	136.50	5.16
B - 4	139.21		1.99
B - 5	142.13		4.12
$\bar{X}$	<b>142.38</b>	-	<b>4.31</b>

Como se aprecia en la tabla, las resistencias obtenidas mediante la rotura de briquetas del concreto tras los 7 días de fraguado, obteniendo un esfuerzo promedio de 142.38 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al diseño.

Figura 17

Variación del CC – 7 días de curado



En la figura 17 se detalla la evolución de la resistencia del concreto convencional (CC), alcanzando un promedio de 142.38 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa más del 65% de la resistencia proyectada en el diseño tras 7 días.

### b) Resistencia a compresión del concreto – 14 días

**Tabla 22**

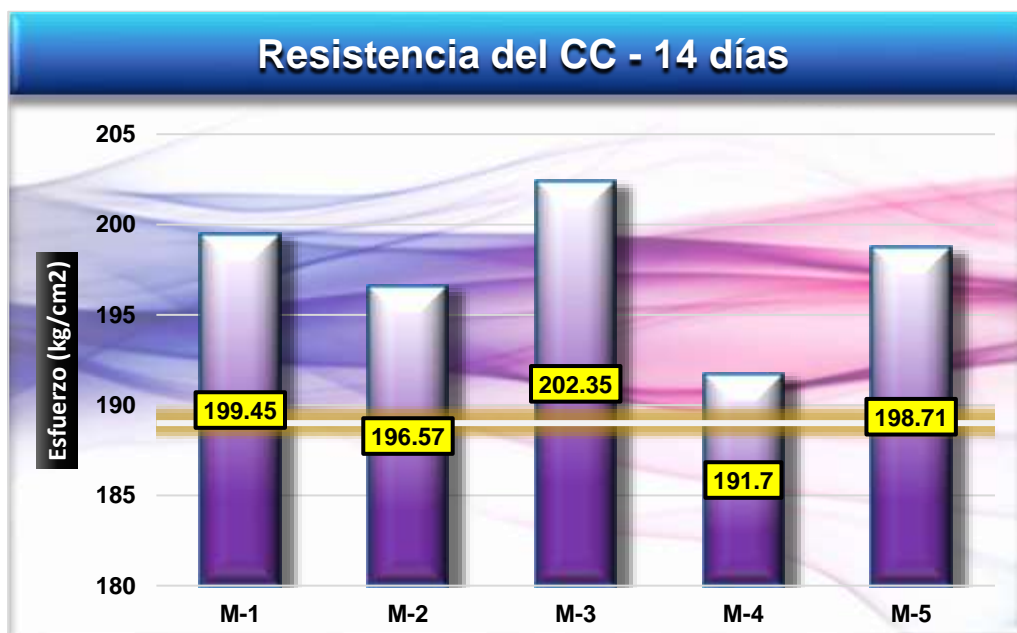
*Resistencia del CC*

Resistencia a compresión CC – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B - 1	199.45		5.53
B - 2	196.57		4.01
B - 3	202.35	189.00	7.06
B - 4	191.70		1.43
B - 5	198.71		5.14
$\bar{X}$	<b>197.76</b>	-	<b>4.63</b>

Como se aprecia en la tabla, las resistencias obtenidas mediante la rotura de briquetas del concreto tras los 14 días de fraguado, obteniendo un esfuerzo promedio de 197.76 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al diseño.

**Figura 18**

*Variación del CC – 14 días de curado*



En la figura 18 se detalla la evolución de la resistencia del concreto convencional (CC), alcanzando un promedio de 197.76 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa más del 90% de la resistencia proyectada en el diseño tras 14 días.

### c) Resistencia a compresión del concreto – 28 días

**Tabla 23**

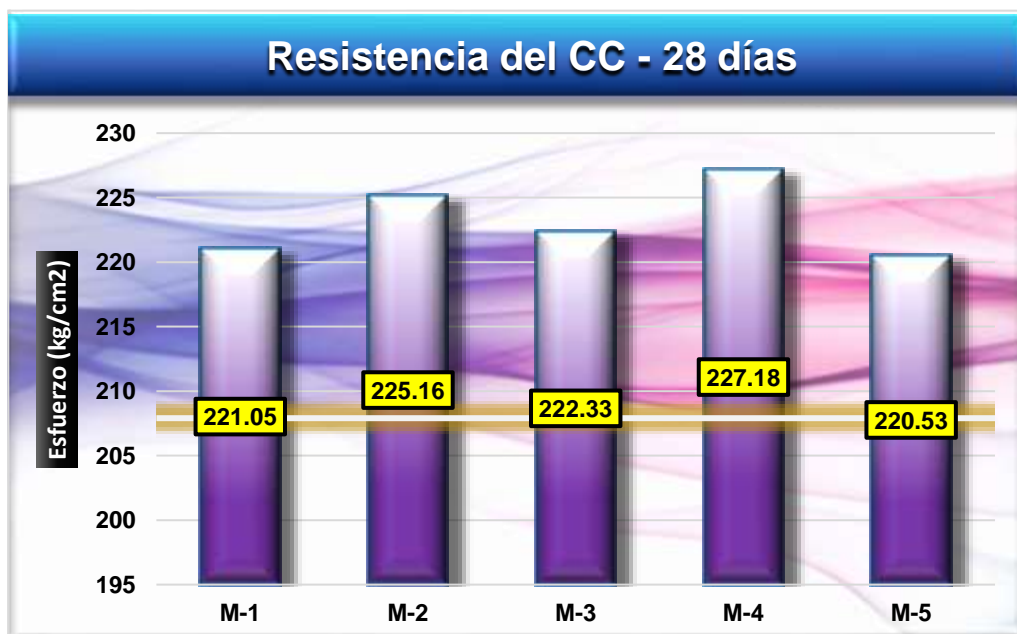
*Resistencia del CC*

Resistencia a compresión CC – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B - 1	221.05		6.33
B - 2	225.16		8.30
B - 3	222.33	207.90	6.94
B - 4	227.18		9.27
B - 5	220.53		6.08
$\bar{X}$	<b>223.25</b>	-	<b>7.38</b>

Como se aprecia en la tabla, las resistencias obtenidas mediante la rotura de briquetas del concreto tras los 28 días de fraguado, obteniendo un esfuerzo promedio de 223.25 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al diseño.

**Figura 19**

*Variación del CC – 28 días de curado*



En la figura 19 se detalla la evolución de la resistencia del concreto convencional (CC), alcanzando un promedio de 223.25 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa más del 99% de la resistencia proyectada en el diseño tras 28 días.

### 4.3.1.1. Resistencia del concreto con la adición de la piedra pómez

#### a) Resistencia a compresión del CC + 30% PP tras 7 días

**Tabla 24**

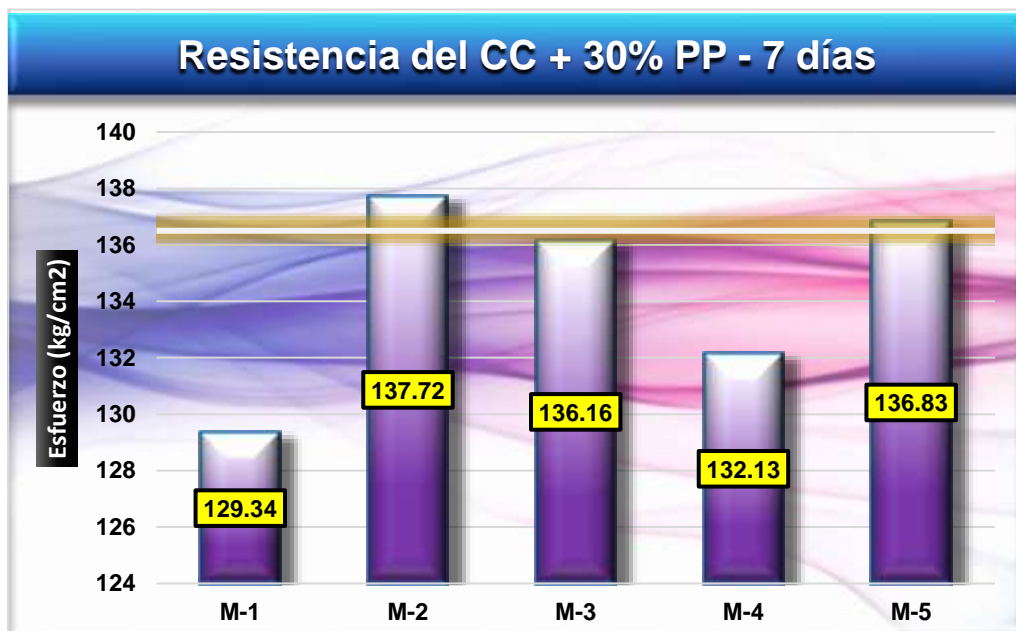
*Resistencia del CC + 30% PP*

Resistencia a compresión CC + 30% PP – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	129.34		-5.25
B-2	137.72		0.89
B-3	136.16	136.50	-0.25
B-4	132.13		-3.20
B-5	136.83		0.24
$\bar{X}$	<b>134.44</b>	-	<b>-1.51</b>

La tabla 24, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 30% PP, mostrando una variación negativa. Esto indica una pérdida en la resistencia.

**Figura 20**

*Variación de la resistencia de CC + 30% PP*



La figura 20 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 30% de PP, alcanzando un valor de 134.44 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una pérdida en la resistencia con respecto al diseño luego de los 7 días de curado.

### b) Resistencia a compresión de CC + 30% PP tras 14 días

**Tabla 25**

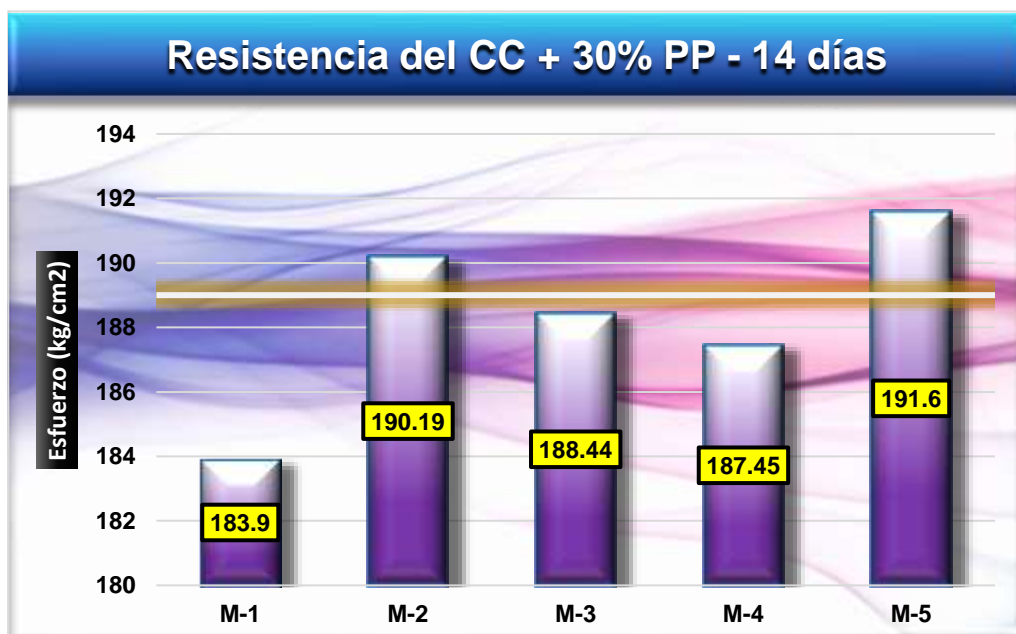
*Resistencia del CC + 30% PP*

Resistencia a compresión CC + 30% PP – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	183.90		-2.70
B-2	190.19		0.63
B-3	188.44	189.00	-0.30
B-4	187.45		-0.82
B-5	191.60		1.38
$\bar{X}$	<b>188.32</b>	-	<b>-0.36</b>

La tabla 25, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 30% PP, mostrando una variación negativa. Esto indica una pérdida en la resistencia.

**Figura 21**

*Variación de la resistencia de CC + 30% PP*



La figura 21 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 30% de PP, alcanzando un valor de 188.32 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una pérdida en la resistencia con respecto al diseño luego de los 14 días de curado.

### c) Resistencia a compresión de CC + 30% PP tras 28 días

**Tabla 26**

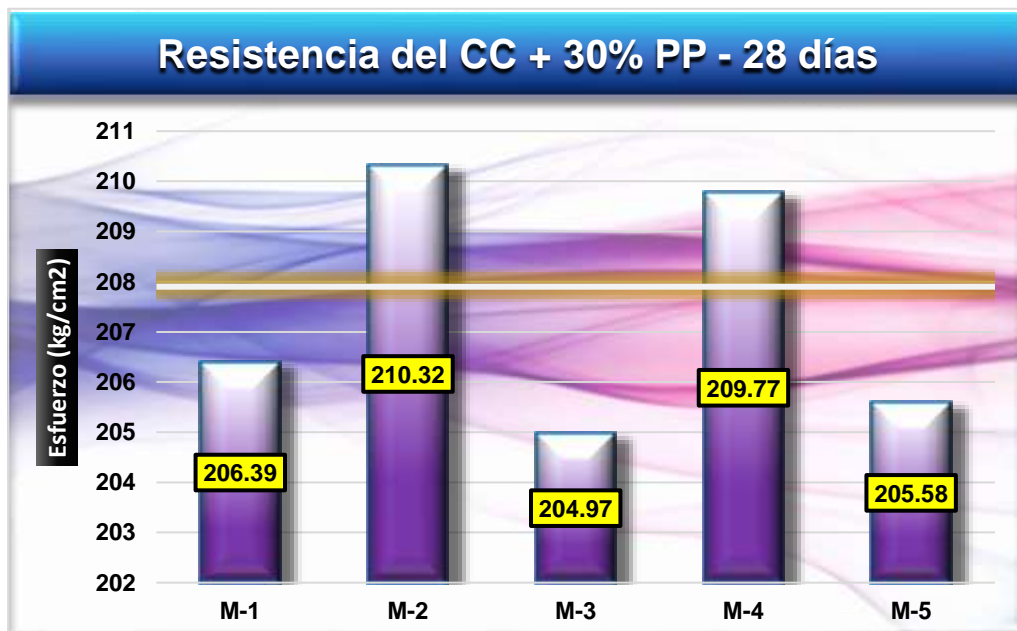
*Resistencia del CC + 30% PP*

Resistencia a compresión CC + 30% PP – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	206.39		-0.73
B-2	210.32		1.16
B-3	204.97	207.90	-1.41
B-4	209.77		0.90
B-5	205.58		-1.12
$\bar{X}$	<b>207.41</b>	-	<b>-0.24</b>

La tabla 26, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 30% PP, mostrando una variación negativa. Esto indica una pérdida en la resistencia.

**Figura 22**

*Variación de la resistencia de CC + 30% PP*



La figura 22 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 30% de PP, alcanzando un valor de 207.41 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una pérdida en la resistencia con respecto al diseño luego de los 28 días de curado.

## d) Resistencia a compresión de CC + 40% PP a 7 Días

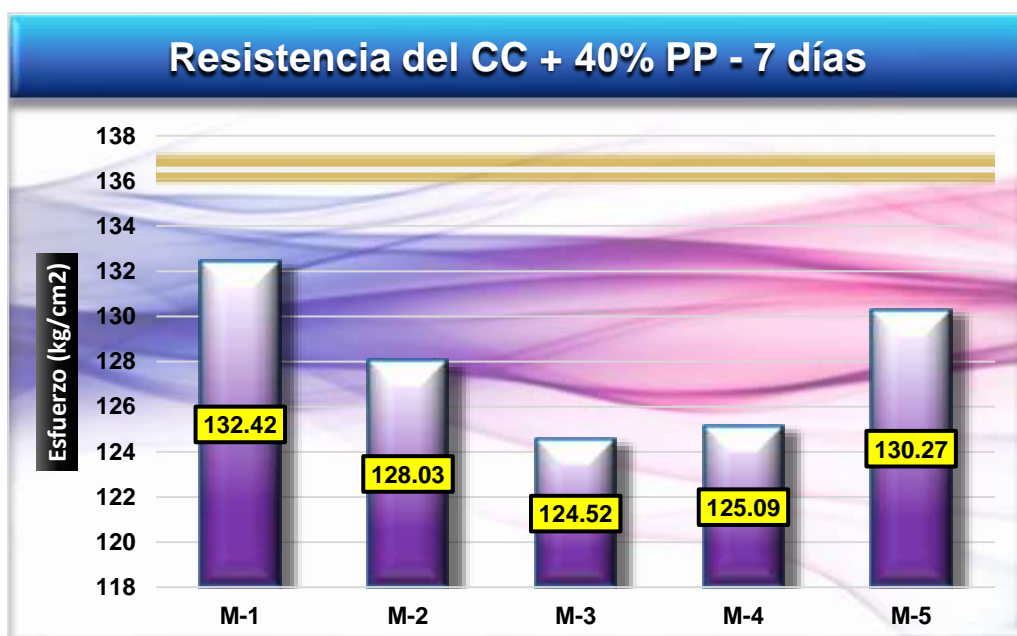
Tabla 27

*Resistencia del CC + 40% PP*

Resistencia a compresión CC + 40% PP – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	132.42		-2.99
B-2	128.03		-6.21
B-3	124.52	136.50	-8.78
B-4	125.09		-8.36
B-5	130.27		-4.56
$\bar{X}$	<b>128.06</b>	-	<b>-6.18</b>

La tabla 27, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 40% PP, mostrando una variación negativa. Esto indica una pérdida en la resistencia.

Figura 23

*Variación de la resistencia de CC + 40% PP*

La figura 23 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 40% de PP, alcanzando un valor de 128.06 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una pérdida en la resistencia con respecto al diseño luego de los 7 días de curado.

### e) Resistencia a compresión de CC + 40% PP a 14 Días

**Tabla 28**

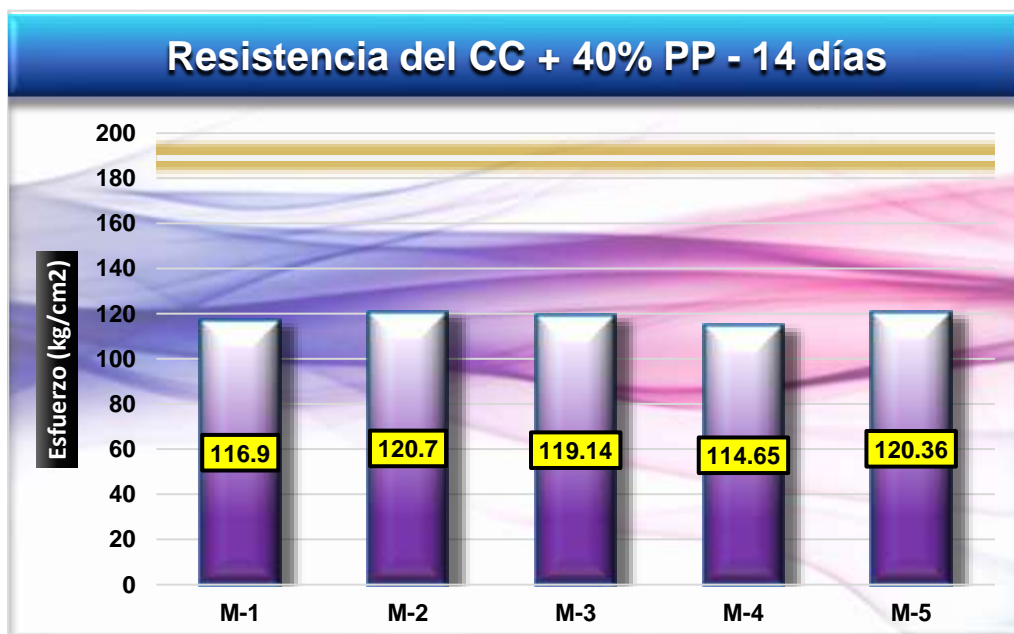
*Resistencia del CC + 40% PP*

Resistencia a compresión CC + 40% PP – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	116.90		-8.10
B-2	120.70		-5.66
B-3	119.14	189.00	-7.56
B-4	114.65		-4.99
B-5	120.36		-4.23
$\bar{X}$	<b>177.46</b>	-	<b>-6.11</b>

La tabla 28, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 40% PP, mostrando una variación negativa. Esto indica una pérdida en la resistencia.

**Figura 24**

*Variación de la resistencia de CC + 40% PP*



La figura 24 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 40% de PP, alcanzando un valor de 177.46 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una pérdida en la resistencia con respecto al diseño luego de los 14 días de curado.

### f) Resistencia a compresión de CC + 40% PP tras 28 días

**Tabla 29**

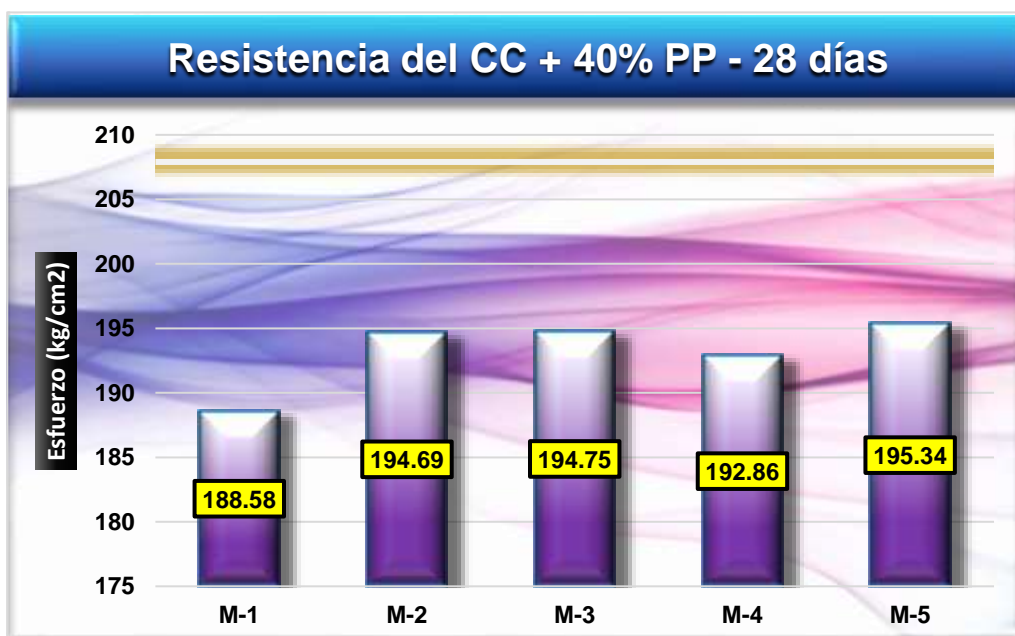
*Resistencia del CC + 40% PP*

Resistencia a compresión CC + 40% PP – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	188.58		-9.29
B-2	194.69		-6.35
B-3	194.75	207.90	-6.33
B-4	192.86		-7.23
B-5	195.34		-6.04
$\bar{X}$	<b>193.24</b>	-	<b>-7.05</b>

La tabla 29, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 40% PP, mostrando una variación negativa. Esto indica una pérdida en la resistencia.

**Figura 25**

*Variación de la resistencia de CC + 40% PP*



La figura 25 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 40% de PP, alcanzando un valor de 193.24 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una pérdida en la resistencia con respecto al diseño luego de los 28 días de curado.

### g) Resistencia a compresión de CC + 50% PP tras 7 días

**Tabla 30**

*Resistencia del CC + 50% PP*

<b>Resistencia a compresión CC + 50% PP – 7 días</b>			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	116.94		-14.33
B-2	120.71		-11.57
B-3	119.14	136.50	-12.72
B-4	114.65		-16.01
B-5	120.36		-11.82
$\bar{X}$	<b>118.36</b>	-	<b>-13.29</b>

La tabla 30, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 50% PP, mostrando una variación negativa. Esto indica una pérdida en la resistencia.

**Figura 26**

*Variación de la resistencia de CC + 50% PP*



La figura 26 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 50% de PP, alcanzando un valor de 118.36 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una pérdida en la resistencia con respecto al diseño luego de los 7 días de curado.

### h) Resistencia a compresión de CC + 50% PP tras 14 días

**Tabla 31**

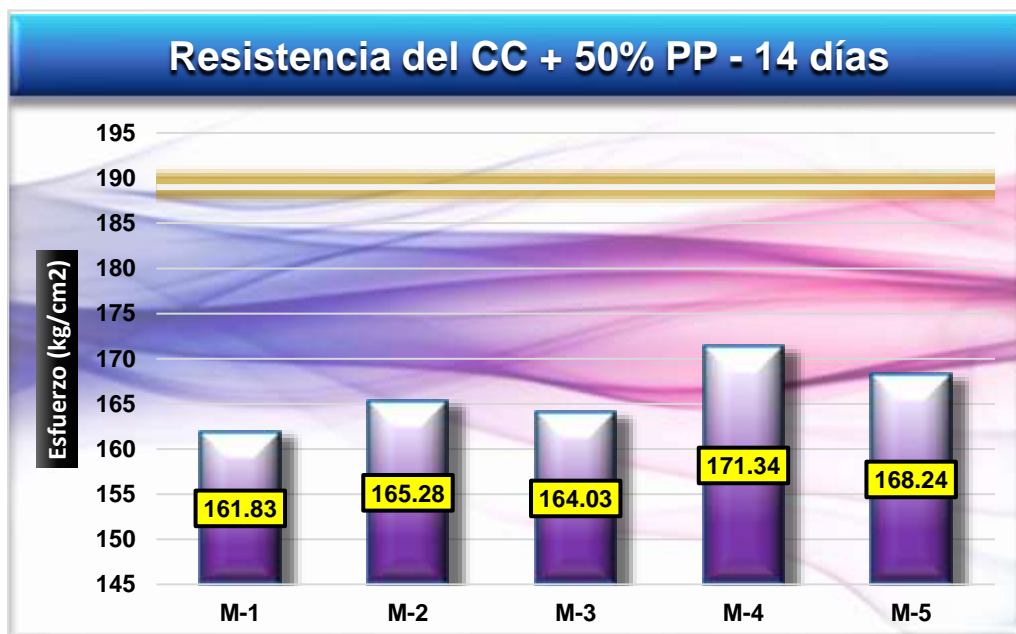
*Resistencia del CC + 50% PP*

Resistencia a compresión CC + 50% PP – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	161.83		-14.38
B-2	165.28		-12.55
B-3	164.03	189.00	-13.21
B-4	171.34		-9.34
B-5	168.24		-10.98
$\bar{X}$	<b>166.15</b>	-	<b>-12.09</b>

La tabla 31, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 50% PP, mostrando una variación negativa. Esto indica una pérdida en la resistencia.

**Figura 27**

*Variación de la resistencia CC + 50% PP*



La figura 27 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 50% de PP, alcanzando un valor de 166.15 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una pérdida en la resistencia con respecto al diseño luego de los 14 días de curado.

### i) Resistencia a compresión de CC + 50% PP tras 28 días

**Tabla 32**

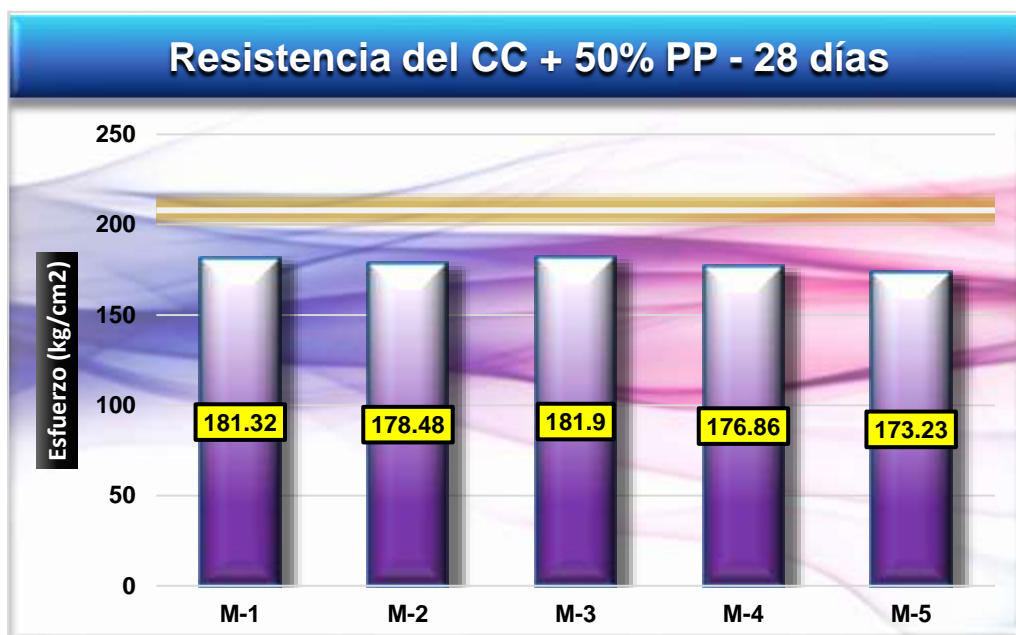
*Resistencia del CC + 50% PP*

Resistencia a compresión CC + 50% PP – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	181.32		-12.78
B-2	178.48		-14.15
B-3	181.90	207.90	-12.51
B-4	176.86		-14.93
B-5	173.23		-16.68
$\bar{X}$	<b>178.36</b>	-	<b>-14.21</b>

La tabla 32, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 50% PP, mostrando una variación negativa. Esto indica una pérdida en la resistencia.

**Figura 28**

*Variación del CC + 50% PP*



La figura 28 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 50% de PP, alcanzando un valor de 178.36 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando una pérdida en la resistencia con respecto al diseño luego de los 28 días de curado.

### 4.3.1.2. Resistencia del concreto con la adición de fibra de aluminio

#### 1) Resistencia a compresión de CC + 0.50% FA tras 7 días

**Tabla 33**

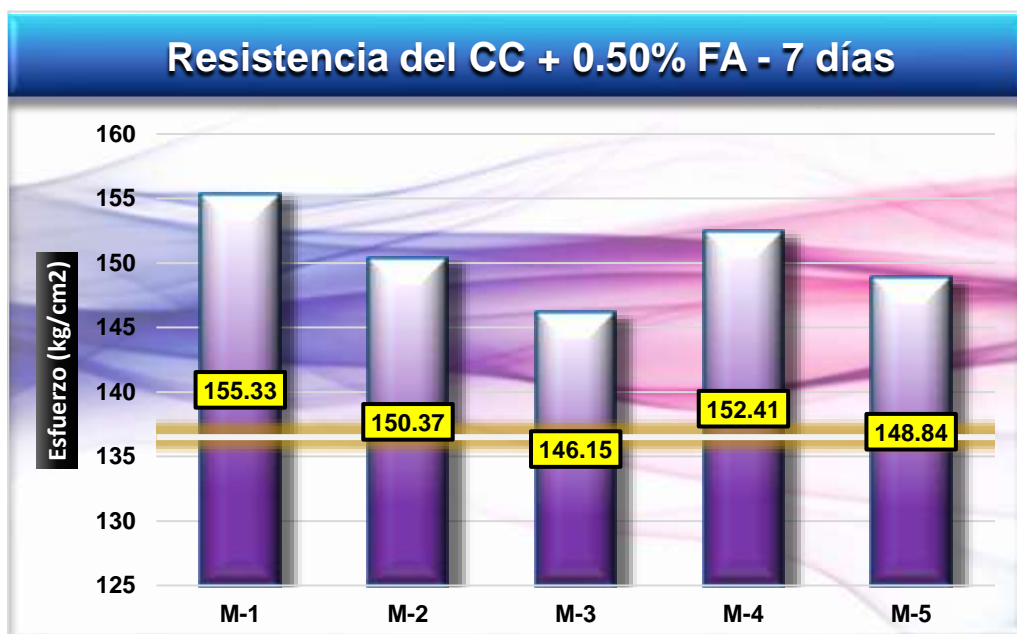
*Resistencia del CC + 0.50% FA*

<b>Resistencia a la compresión CC + 0.50% FA – 7 días</b>			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	155.33		13.79
B-2	150.37		10.16
B-3	146.15	136.50	7.07
B-4	152.41		11.66
B-5	148.84		9.04
$\bar{X}$	<b>150.62</b>	-	<b>10.34</b>

La tabla 33, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 0.50% FA, mostrando una variación positiva. Esto indica el incremento de la resistencia.

**Figura 29**

*Variación de la resistencia de CC +0.50% FA*



La figura 29 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 0.50% de FA, alcanzando un valor de 150.62 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando mayores resistencias con respecto al diseño luego de los 7 días de curado.

### 2) Resistencia a compresión de CC + 0.50% FA tras 14 días

**Tabla 34**

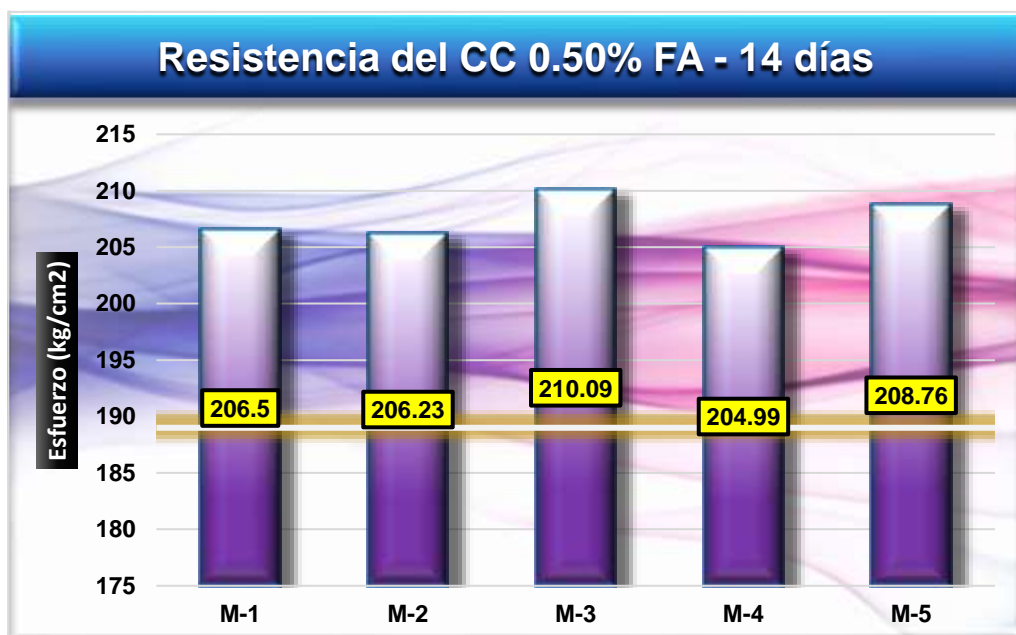
*Resistencia del CC + 0.50% FA*

Resistencia a compresión CC + 0.50% FA – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	206.50		9.26
B-2	206.23		9.12
B-3	210.09	189.00	11.16
B-4	204.99		8.46
B-5	208.76		10.46
$\bar{X}$	<b>207.31</b>	-	<b>9.69</b>

La tabla 34, muestra las resistencias obtenidas del CC con la adición de 0.50% FA, mostrando una variación positiva. Esto indica el incremento de la resistencia.

**Figura 30**

*Variación de la resistencia de CC + 0.50% FA*



La figura 30 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 0.50% de FA, alcanzando un valor de 207.31 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando mayores resistencias con respecto al diseño luego de los 14 días de curado.

### 3) Resistencia a compresión de CC + 0.50% FA tras 28 días

**Tabla 35**

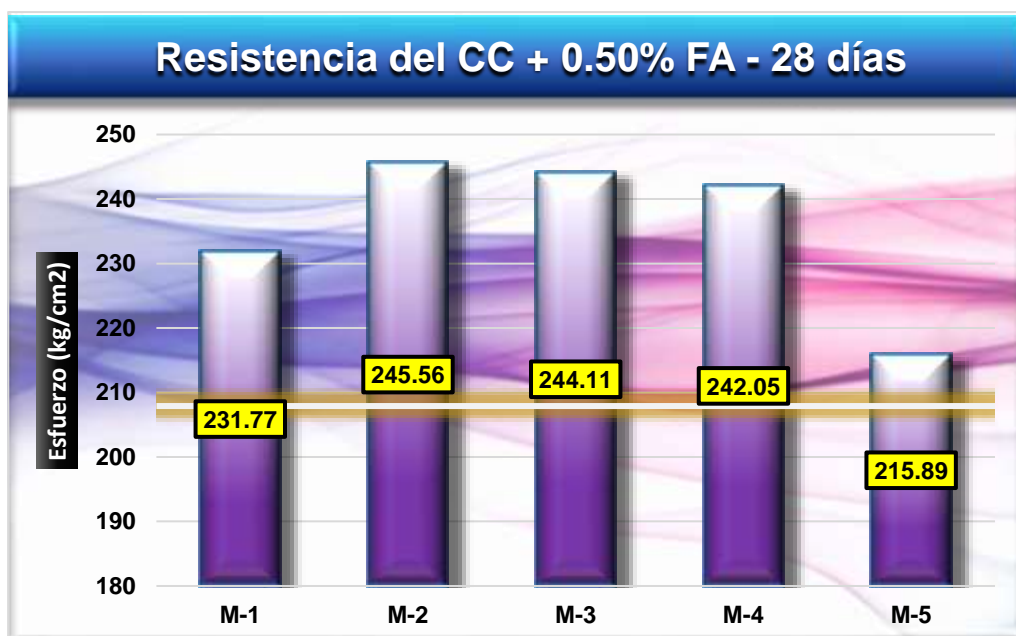
*Resistencia del CC + 0.50% FA*

Resistencia a compresión CC + 0.50% FA – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	231.77		11.48
B-2	245.56		18.11
B-3	244.11	207.90	17.42
B-4	242.05		16.43
B-5	215.89		3.84
$\bar{X}$	<b>235.87</b>	-	<b>13.46</b>

La tabla 35, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 0.50% FA, mostrando una variación positiva. Esto indica el incremento de la resistencia.

**Figura 31**

*Variación de la resistencia de CC + 0.50% FA*



La figura 31 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 0.50% de FA, alcanzando un valor de 235.87 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando mayores resistencias con respecto al diseño luego de los 28 días de curado.

### 4) Resistencia a compresión de CC + 1.00% FA tras 7 días

**Tabla 36**

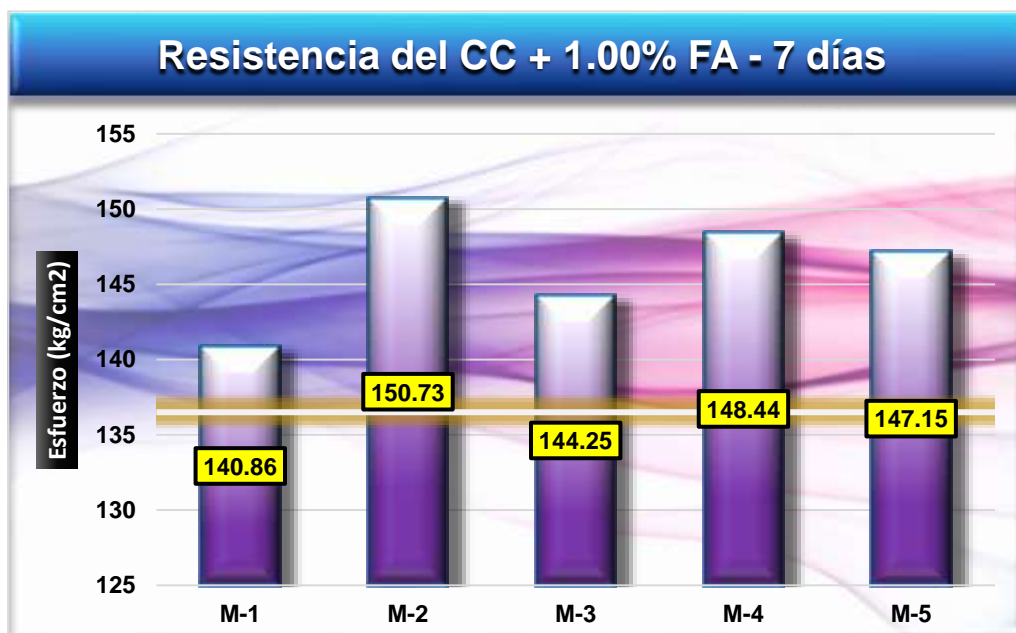
*Resistencia del CC + 1.00% FA*

Resistencia a compresión CC + 1.00% FA – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	140.86		3.19
B-2	150.73		10.42
B-3	144.25	136.50	5.68
B-4	148.44		8.75
B-5	147.15		7.80
$\bar{X}$	<b>146.29</b>	-	<b>7.17</b>

La tabla 36, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 1.00% FA, mostrando una variación positiva. Esto indica el incremento de la resistencia.

**Figura 32**

*Variación de la resistencia de CC + 1.00% FA*



La figura 32 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 1.00% de FA, alcanzando un valor de 146.29 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando mayores resistencias con respecto al diseño luego de los 7 días de curado.

### 5) Resistencia a compresión de CC + 1.00% FA tras 14 días

**Tabla 37**

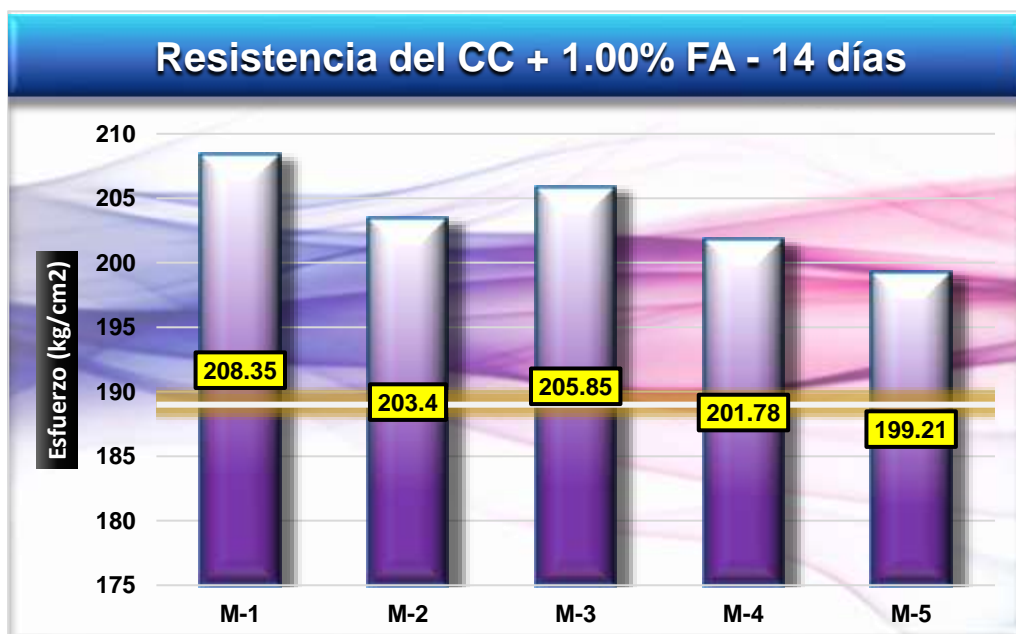
*Resistencia del CC + 1.00% FA*

Resistencia a compresión CC + 1.00% FA – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	208.35		10.24
B-2	203.40		7.62
B-3	205.85	189.00	8.92
B-4	201.78		6.76
B-5	199.21		5.40
<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>203.72</b>	-	<b>7.79</b>

La tabla 37, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 1.00% FA, mostrando una variación positiva. Esto indica el incremento de la resistencia.

**Figura 33**

*Variación de la resistencia de CC + 1.00% FA*



La figura 33 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 1.00% de FA, alcanzando un valor de 203.72 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando mayores resistencias con respecto al diseño luego de los 14 días de curado.

### 6) Resistencia a compresión de CC + 1.00% FA tras 28 días

**Tabla 38**

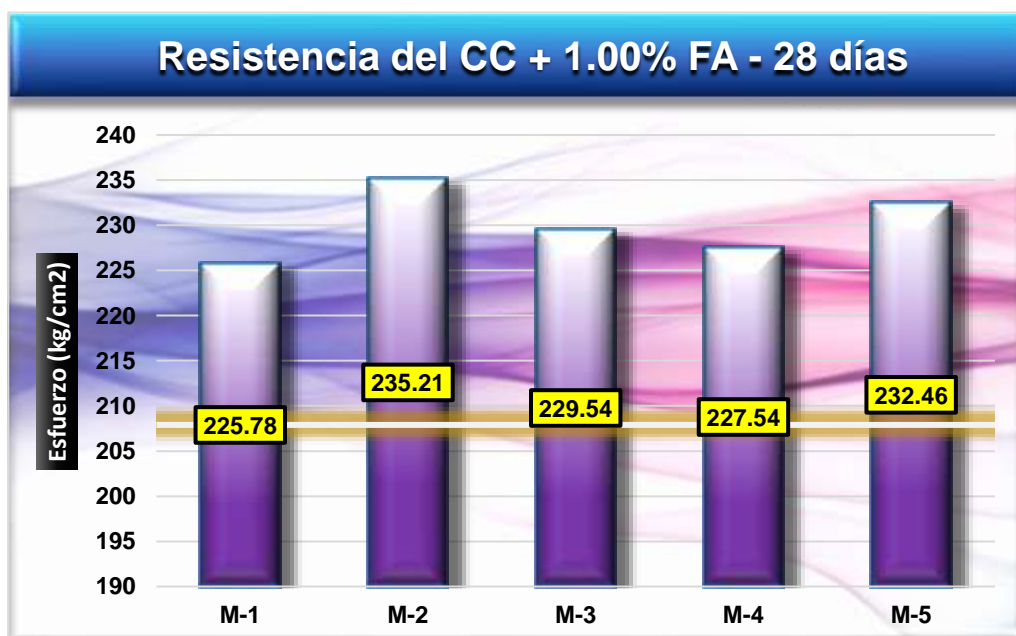
*Resistencia del CC + 1.00% FA*

Resistencia a compresión CC + 1.00% FA – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	225.78		8.60
B-2	235.21		13.14
B-3	229.54	207.90	10.41
B-4	227.54		9.45
B-5	232.46		11.81
$\bar{X}$	<b>230.11</b>	-	<b>10.68</b>

La tabla 38, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 1.00% FA, mostrando una variación positiva. Esto indica el incremento de la resistencia.

**Figura 34**

*Variación de la resistencia de CC + 1.00% FA*



La figura 34 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 1.00% de FA, alcanzando un valor de 230.11 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando mayores resistencias con respecto al diseño luego de los 28 días de curado.

### 7) Resistencia a compresión de CC + 1.50% FA tras 7 días

**Tabla 39**

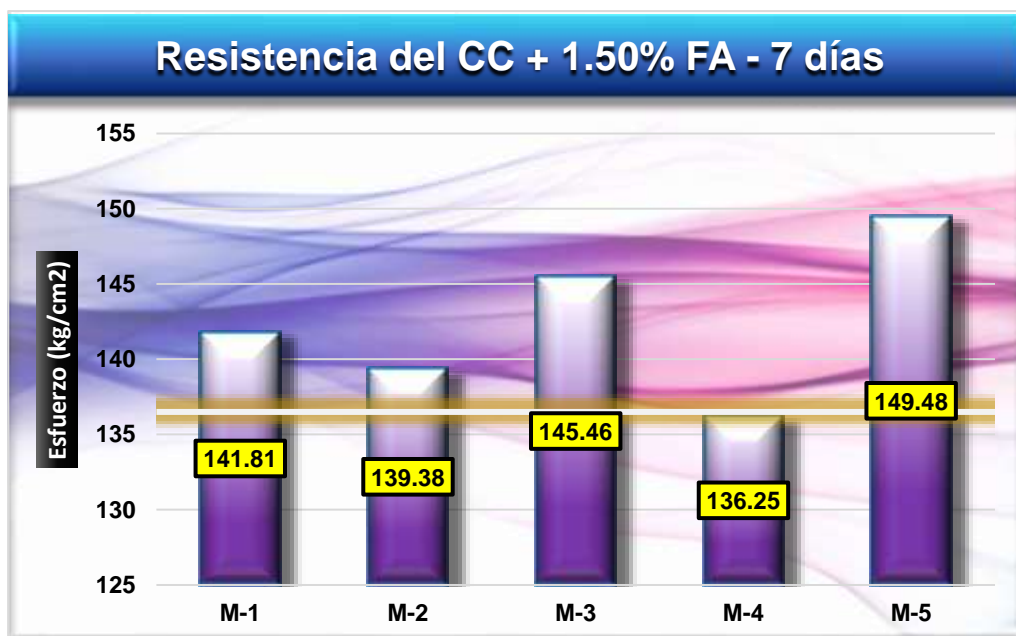
*Resistencia del CC + 1.50% FA*

Resistencia a compresión CC + 1.50% FA – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	141.81		3.89
B-2	139.38		2.11
B-3	145.46	136.50	6.56
B-4	136.25		-0.18
B-5	149.48		9.51
<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>142.48</b>	-	<b>4.38</b>

La tabla 39, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 1.50% FA, mostrando una variación positiva. Esto indica el incremento de la resistencia.

**Figura 35**

*Variación de la resistencia de CC + 1.50% FA*



La figura 35 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 1.50% de FA, alcanzando un valor de 142.48 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando mayores resistencias con respecto al diseño luego de los 7 días de curado.

### 8) Resistencia a compresión de CC + 1.50% FA tras 14 días

**Tabla 40**

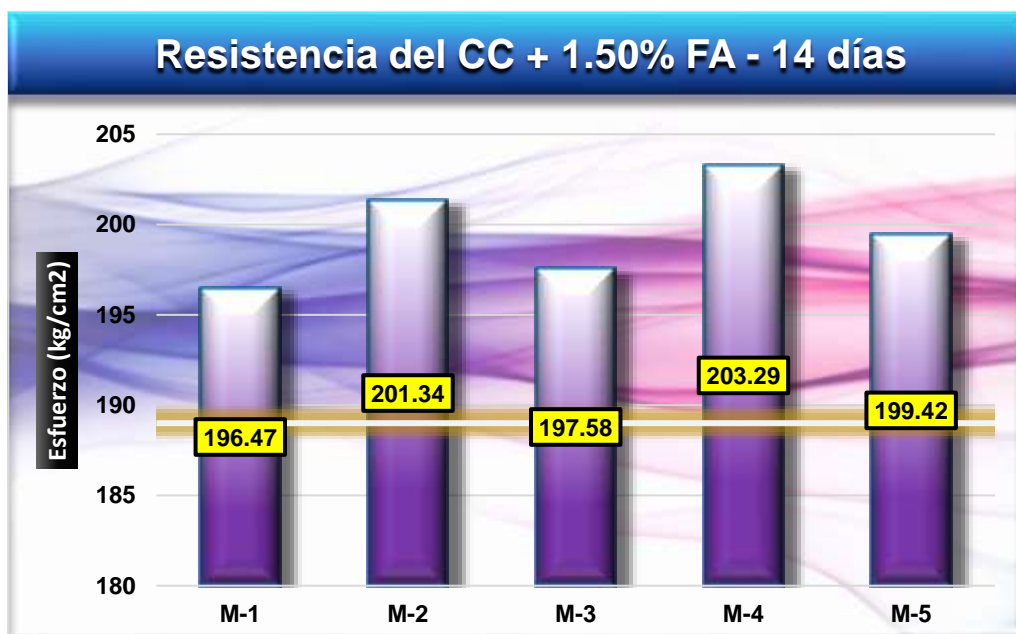
*Resistencia del CC + 1.50% FA*

Resistencia a compresión CC + 1.50% FA – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	196.47		3.95
B-2	201.34		6.53
B-3	197.58	189.00	4.54
B-4	203.29		7.56
B-5	199.42		5.51
$\bar{X}$	<b>199.62</b>	-	<b>5.62</b>

La tabla 40, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 1.50% FA, mostrando una variación positiva. Esto indica el incremento de la resistencia.

**Figura 36**

*Variación de la resistencia de CC + 1.50% FA*



La figura 36 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 1.50% de FA, alcanzando un valor de 199.62 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando mayores resistencias con respecto al diseño luego de los 14 días de curado.

### 9) Resistencia a compresión de CC + 1.50% FA tras 28 días

**Tabla 41**

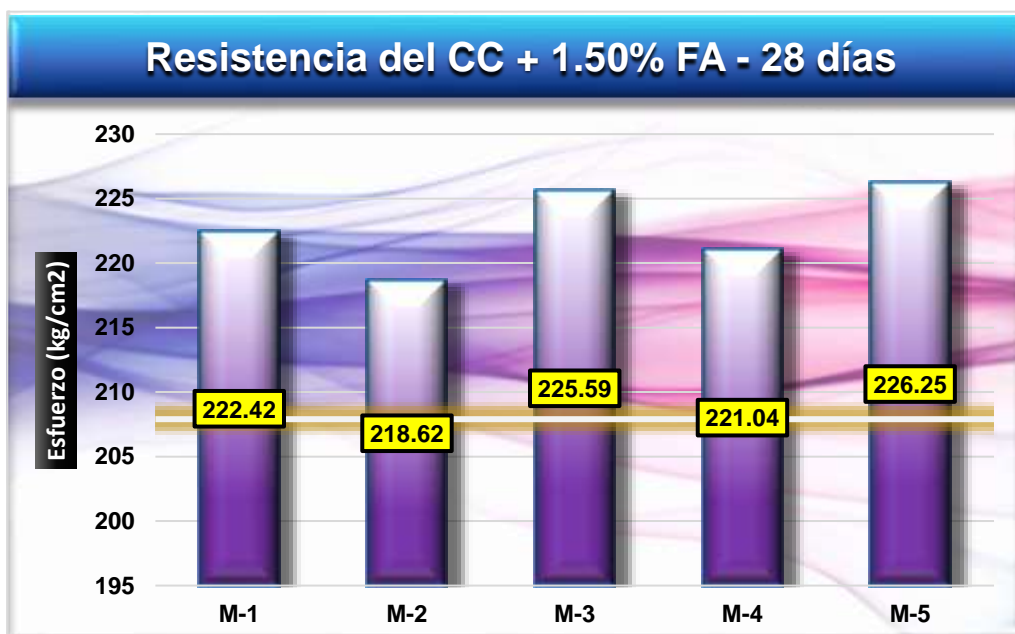
*Resistencia del CC + 1.50% FA*

Resistencia a compresión CC + 1.50% FA – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
B-1	222.42		6.98
B-2	218.62		5.16
B-3	225.59	207.90	8.51
B-4	221.04		6.32
B-5	226.25		8.83
$\bar{X}$	<b>222.78</b>	-	<b>7.16</b>

La tabla 41, muestra las resistencias obtenidas del CC con una adición de 1.50% FA, mostrando una variación positiva. Esto indica el incremento de la resistencia.

**Figura 37**

*Variación de la resistencia CC + 1.50% FA*



La figura 37 ilustra la diferencia en la resistencia del concreto convencional con la adición de un 1.50% de FA, alcanzando un valor de 222.78 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando mayores resistencias con respecto al diseño luego de los 28 días de curado.

#### 4.1.3. Resultados de la aplicación de la piedra pómez y fibra de aluminio en la resistencia a flexión del concreto convencional

##### a) Resistencia a la flexión del concreto – 7 días

Tabla 42

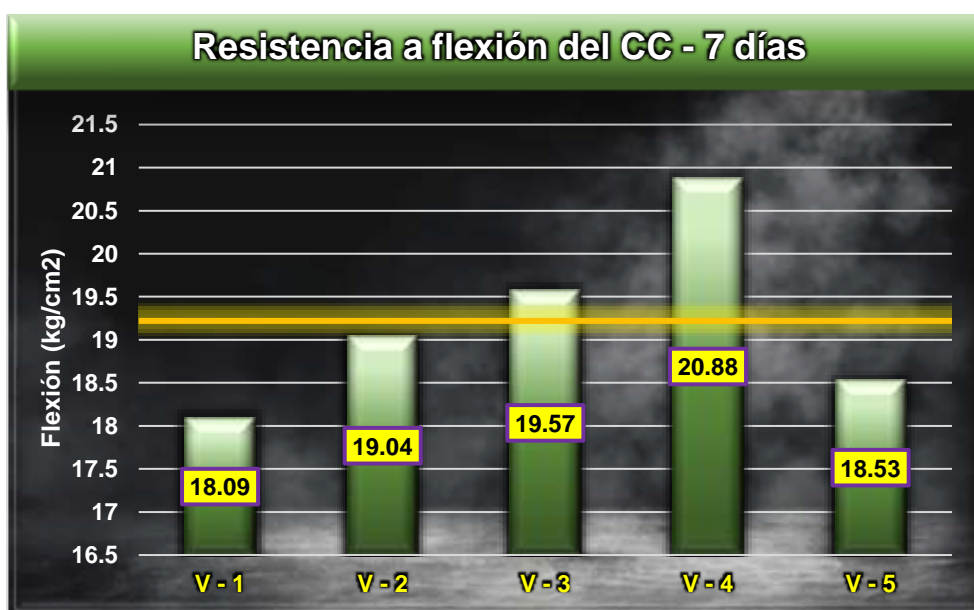
Resistencia a la flexión del CC

Resistencia a la flexión del CC			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1216.97	18.09	19.22 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1285.12	19.04	
V - 3	1321.05	19.57	
V - 4	1409.19	20.88	
V - 5	1251.07	18.53	

La tabla 42 indica las resistencias a la flexión de los CC, indicando que todas las muestras examinadas presentan un comportamiento coherente con una resistencia media a la flexión de 19.22 kg/cm<sup>2</sup>.

Figura 38

Variación flexión del CC



La figura 38 evidencia la variación de la resistencia a la flexión del CC entre las diversas probetas. A los 7 días, la máxima flexión observada fue de 20.88 kg/cm<sup>2</sup>.

### b) Resistencia a la flexión del concreto – 14 días

**Tabla 43**

*Resistencia a la flexión del CC*

Resistencia a la flexión del CC			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1579.31	23.48	24.58 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1626.47	24.10	
V - 3	1454.61	21.55	
V - 4	1880.45	27.86	
V - 5	1750.11	25.93	

La tabla 43 indica las resistencias a la flexión de los CC, indicando que todas las muestras examinadas presentan un comportamiento coherente con una resistencia media a la flexión de 24.58 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 39**

*Variación de la flexión del CC*



La figura 39 evidencia la variación de la resistencia a la flexión del CC entre las diversas probetas. A los 14 días, la máxima flexión observada fue de 27.86 kg/cm<sup>2</sup>.

### c) Resistencia a la flexión del concreto – 28 días

**Tabla 44**

*Resistencia a la flexión del CC*

Resistencia a la flexión del CC			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2312.31	34.37	35.88 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	2515.16	37.26	
V - 3	2362.00	34.99	
V - 4	2429.31	35.99	
V - 5	2483.84	36.80	

La tabla 44 indica las resistencias a la flexión de los CC, indicando que todas las muestras examinadas presentan un comportamiento coherente con una resistencia media a la flexión de 35.88 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 40**

*Variación de la flexión del CC*



La figura 40 evidencia la variación de la resistencia a la flexión del CC entre las diversas probetas. A los 28 días, la máxima flexión observada fue de 37.26 kg/cm<sup>2</sup>.

### 4.1.3.1. Resistencia del concreto con la adición de la piedra pómez

#### a) Resistencia a la flexión de CC + 30% PP a 7 días

Tabla 45

Resistencia a la flexión del CC + 30% PP

Resistencia a la flexión del CC + 30% PP			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1217.35	18.10	17.87 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1156.22	17.13	
V - 3	1142.34	16.92	
V - 4	1304.50	19.33	
V - 5	1205.74	17.86	

La tabla 45, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 30% de PP. La evaluación revela que, tras 7 días de curado, se consiguió una dureza media de 17,87 kg/cm<sup>2</sup>.

Figura 41

Variación de la flexión del CC + 30% PP

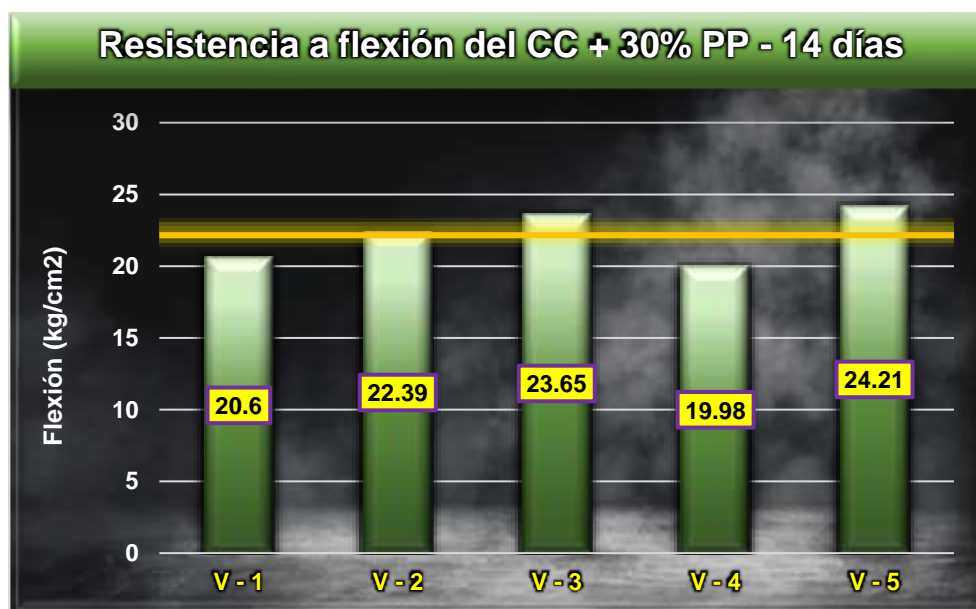


En la Figura 41, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 30% de PP. Después de 7 días, se ha registrado un valor máximo de 19.33 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

**b) Resistencia a la flexión de CC + 30% PP a 14 días****Tabla 46***Resistencia a la flexión del CC + 30% PP*

Resistencia a la flexión del CC + 30% PP			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1385.66	20.60	22.16 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1511.20	22.39	
V - 3	1596.38	23.65	
V - 4	1348.35	19.98	
V - 5	1634.16	24.21	

La tabla 46, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 30% de PP. La evaluación revela que, tras 14 días de curado, se consiguió una dureza media de 22.16 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 42***Variación de la flexión del CC + 30% PP*

En la Figura 42, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 30% de PP. Después de 14 días, se ha registrado un valor máximo de 24.21 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### c) Resistencia a la flexión de CC + 30% PP a 28 días

**Tabla 47**

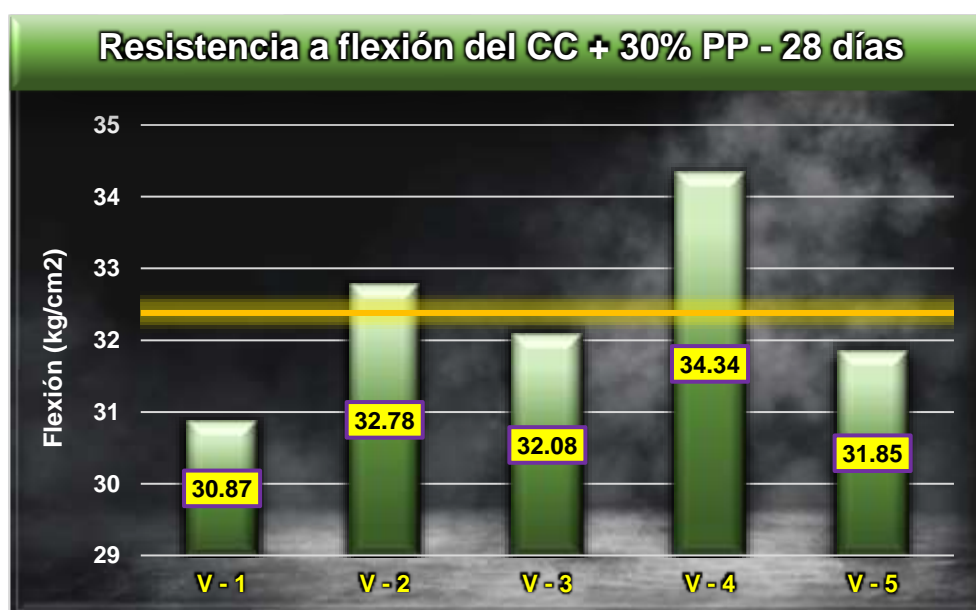
*Resistencia a la flexión del CC + 30% PP*

Resistencia a la flexión del CC + 30% PP			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2077.10	30.87	32.38 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	2212.64	32.78	
V - 3	2165.33	32.08	
V - 4	2318.27	34.34	
V - 5	2149.61	31.85	

La tabla 47, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 30% de PP. La evaluación revela que, tras 28 días de curado, se consiguió una dureza media de 32.38 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 43**

*Variación de la flexión del CC + 30% PP*



En la Figura 43, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 30% de PP. Después de 28 días, se ha registrado un valor máximo de 34.34 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### d) Resistencia a la flexión de CC + 40% PP a 7 días

**Tabla 48**

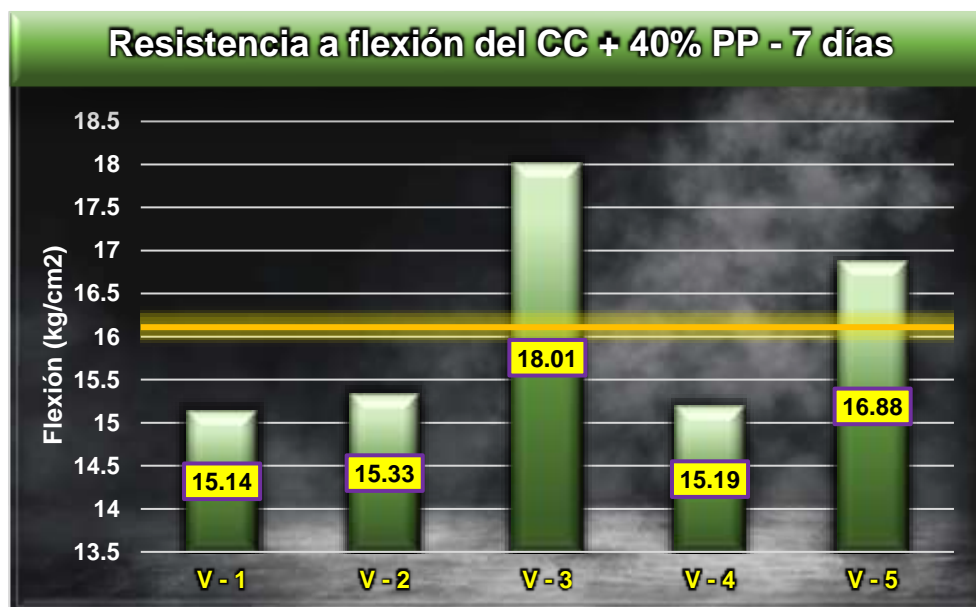
*Resistencia a la flexión del CC + 40% PP*

Resistencia a la flexión del CC + 40% PP			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1018.74	15.14	16.11 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1034.62	15.33	
V - 3	1215.40	18.01	
V - 4	1025.21	15.19	
V - 5	1139.33	16.88	

La tabla 48, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 40% de PP. La evaluación revela que, tras 7 días de curado, se consiguió una dureza media de 16.11 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 44**

*Variación de la flexión del CC + 40% PP*



En la Figura 44, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 40% de PP. Después de 7 días, se ha registrado un valor máximo de 18.01 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### e) Resistencia a la flexión de CC + 40% PP a 14 días

**Tabla 49**

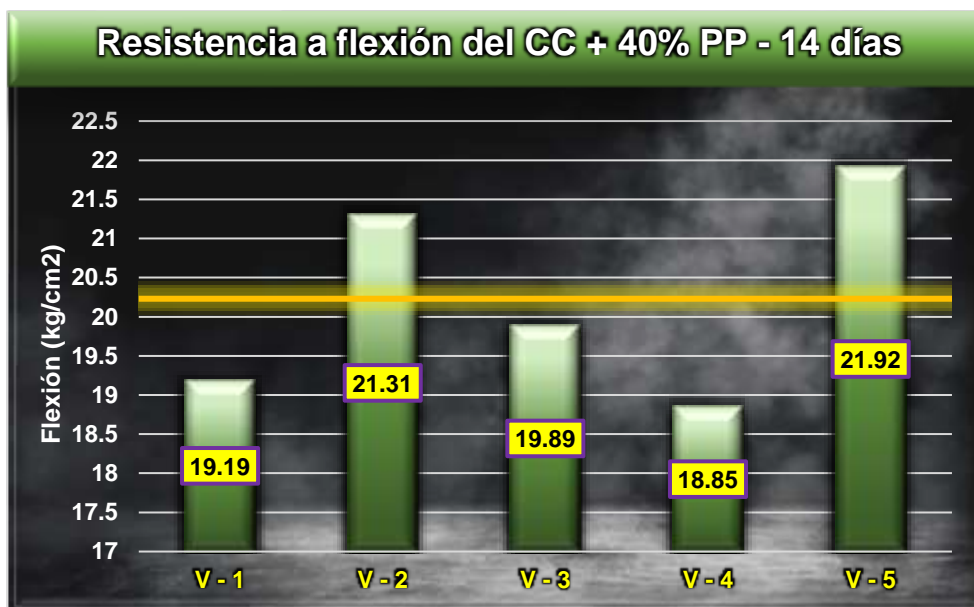
*Resistencia a la flexión del CC + 40% PP*

Resistencia a la flexión del CC + 40% PP			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1291.34	19.19	20.23 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1438.65	21.31	
V - 3	1342.59	19.89	
V - 4	1272.30	18.85	
V - 5	1479.92	21.92	

La tabla 49, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 40% de PP. La evaluación revela que, tras 14 días de curado, se consiguió una dureza media de 20.23 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 45**

*Variación de la flexión del CC + 40% PP*



En la Figura 45, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 40% de PP. Después de 14 días, se ha registrado un valor máximo de 21.92 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### f) Resistencia a la flexión de CC + 40% PP a 28 días

**Tabla 50**

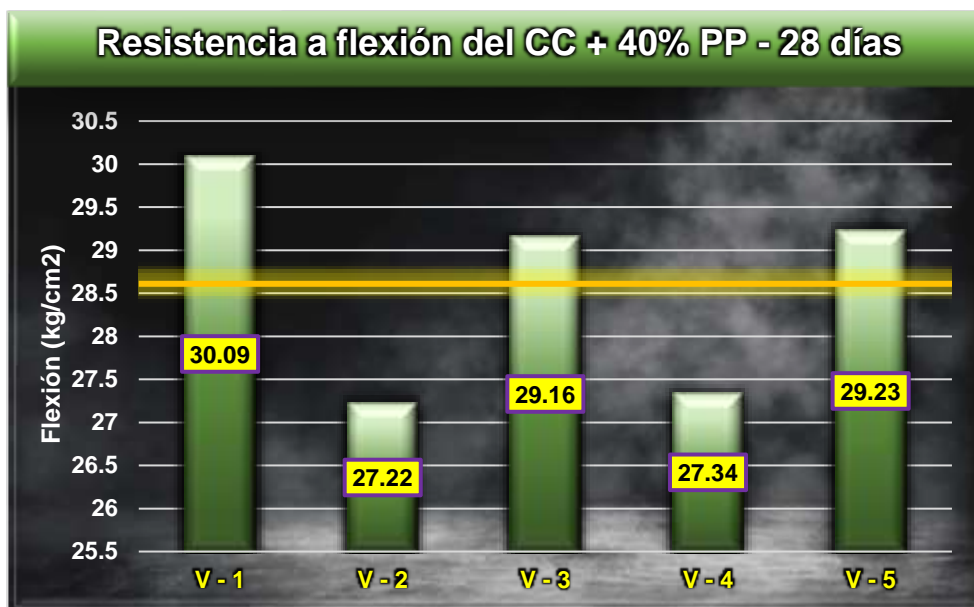
*Resistencia a la flexión del CC + 40% PP*

Resistencia a la flexión del CC + 40% PP			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2024.30	30.09	28.61 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1837.54	27.22	
V - 3	1968.21	29.16	
V - 4	1845.56	27.34	
V - 5	1972.98	29.23	

La tabla 50, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 40% de PP. La evaluación revela que, tras 28 días de curado, se consiguió una dureza media de 28.61 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 46**

*Variación de la flexión del CC + 40% PP*



En la Figura 46, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 40% de PP. Después de 28 días, se ha registrado un valor máximo de 30.09 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

## g) Resistencia a la flexión de CC + 50% PP a 7 días

Tabla 51

*Resistencia a la flexión del CC + 50% PP*

Resistencia a la flexión del CC + 50% PP			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	905.42	13.46	13.86 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	828.61	12.28	
V - 3	1008.84	14.95	
V - 4	1016.82	15.06	
V - 5	914.69	13.55	

La tabla 51, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 50% de PP. La evaluación revela que, tras 7 días de curado, se consiguió una dureza media de 13.86 kg/cm<sup>2</sup>.

Figura 47

*Variación de la flexión del CC + 50% PP*

En la Figura 47, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 50% de PP. Después de 7 días, se ha registrado un valor máximo de 15.06 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### h) Resistencia a la flexión de CC + 50% PP a 14 días

**Tabla 52**

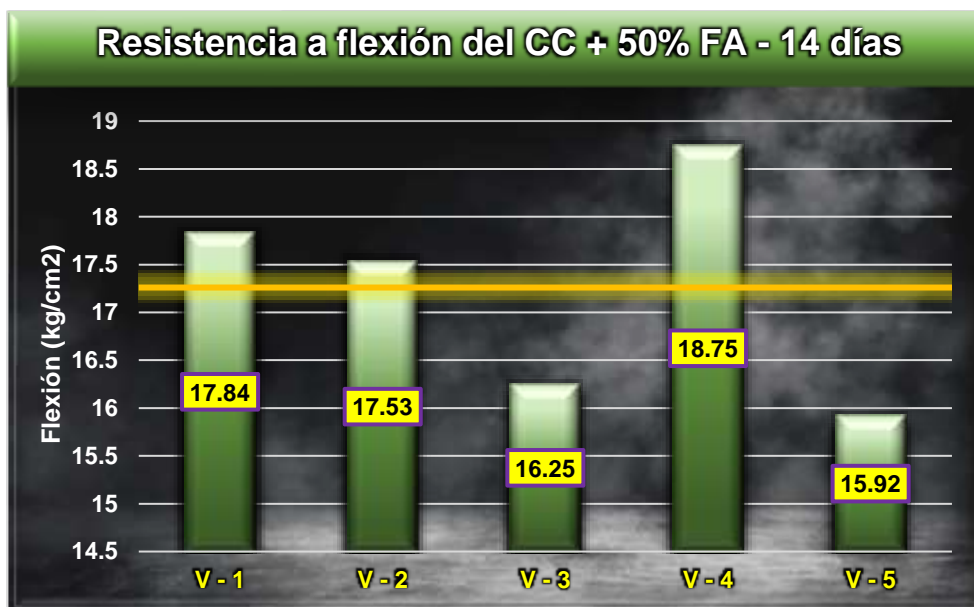
*Resistencia a la flexión del CC + 50% PP*

Resistencia a la flexión del CC + 50% PP			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1199.99	17.84	17.26 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1183.34	17.53	
V - 3	1096.58	16.25	
V - 4	1265.77	18.75	
V - 5	1074.63	15.92	

La tabla 52, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 50% de PP. La evaluación revela que, tras 14 días de curado, se consiguió una dureza media de 17.26 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 48**

*Variación de la flexión del CC + 50% PP*



En la Figura 48, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 50% de PP. Después de 14 días, se ha registrado un valor máximo de 18.75 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### i) Resistencia a la flexión de CC + 50% PP a 28 días

**Tabla 53**

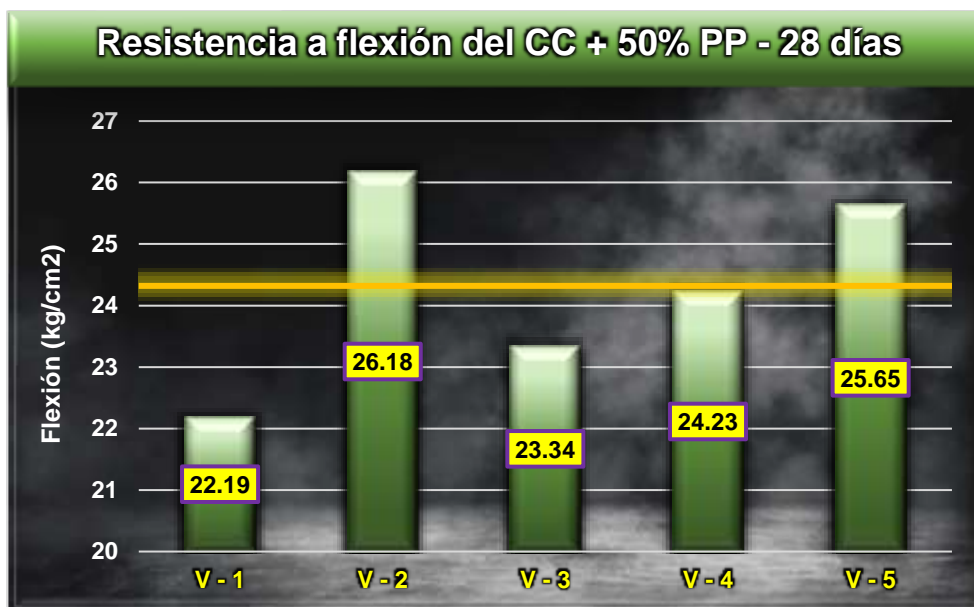
*Resistencia a la flexión del CC + 50% PP*

Resistencia a la flexión del CC + 50% PP			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1492.78	22.19	24.32 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1767.33	26.18	
V - 3	1575.26	23.34	
V - 4	1635.71	24.23	
V - 5	1731.07	25.65	

La tabla 53, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 50% de PP. La evaluación revela que, tras 28 días de curado, se consiguió una dureza media de 24.32 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 49**

*Variación de la flexión del CC + 50% PP*



En la Figura 49, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 50% de PP. Después de 28 días, se ha registrado un valor máximo de 26.18 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### 4.1.3.2. Resistencia del concreto con la adición de fibra de aluminio

#### 1) Resistencia a la flexión de CC + 0.50% FA a 7 días

**Tabla 54**

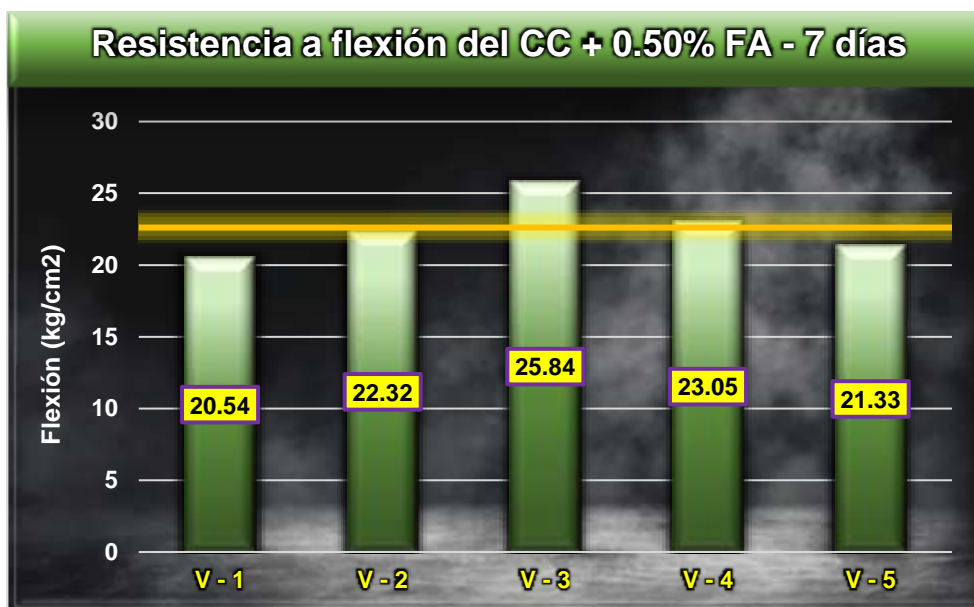
*Resistencia a la flexión del CC + 0.50% FA*

Resistencia a la flexión del CC + 0.50% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1381.60	20.54	22.61 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1506.40	22.32	
V - 3	1744.03	25.84	
V - 4	1555.61	23.05	
V - 5	1439.77	21.33	

La tabla 51, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 0.50% de FA. La evaluación revela que, tras 7 días de curado, se consiguió una dureza media de 22.61 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 50**

*Variación de la flexión del CC + 0.50% FA*



En la Figura 50, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 0.50% de FA. Después de 7 días, se ha registrado un valor máximo de 25.84 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

## 2) Resistencia a la flexión de CC + 0.50% FA a 14 días

Tabla 55

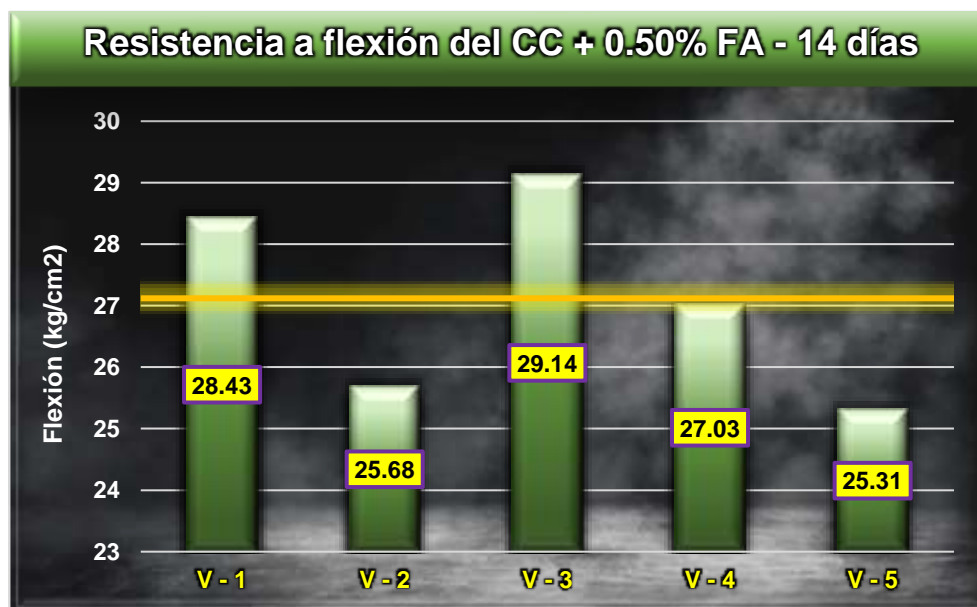
Resistencia a la flexión del CC + 0.50% FA

Resistencia a la flexión del CC + 0.50% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1912.64	28.43	27.12 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1733.53	25.68	
V - 3	1966.99	29.14	
V - 4	1824.82	27.03	
V - 5	1708.71	25.31	

La tabla 55, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 0.50% de FA. La evaluación revela que, tras 14 días de curado, se consiguió una dureza media de 27.12 kg/cm<sup>2</sup>.

Figura 51

Variación de la flexión del CC + 0.50% FA



En la Figura 51, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 0.50% de FA. Después de 14 días, se ha registrado un valor máximo de 29.14 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### 3) Resistencia a la flexión de CC + 0.50% FA a 28 días

**Tabla 56**

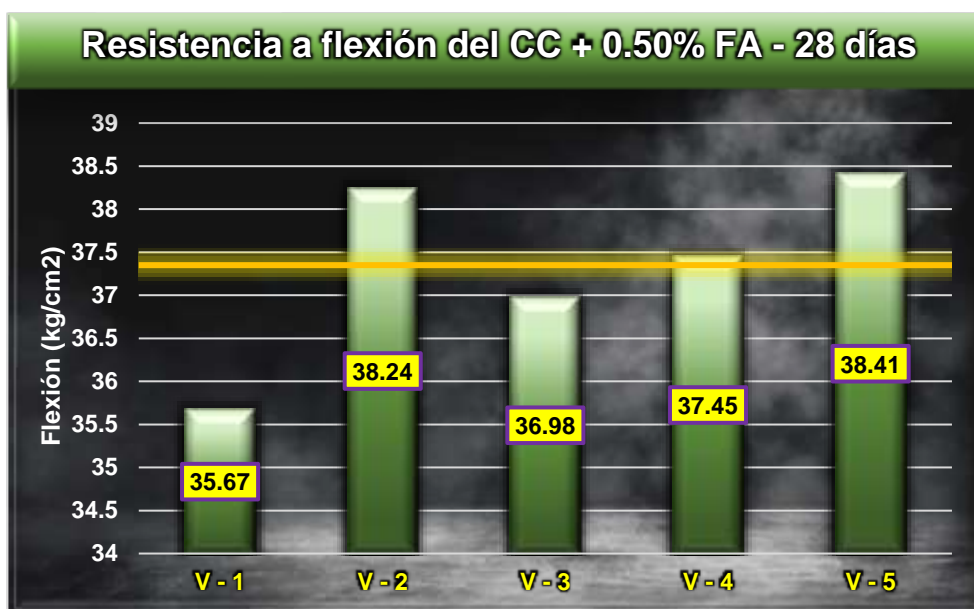
*Resistencia a la flexión del CC + 0.50% FA*

Resistencia a la flexión del CC + 0.50% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2399.67	35.67	37.35 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	2581.36	38.24	
V - 3	2496.05	36.98	
V - 4	2527.68	37.45	
V - 5	2592.93	38.41	

La tabla 56, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 0.50% de FA. La evaluación revela que, tras 28 días de curado, se consiguió una dureza media de 37.35 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 52**

*Variación de la flexión del CC + 0.50% FA*



En la Figura 52, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 0.50% de FA. Después de 28 días, se ha registrado un valor máximo de 38.41 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### 4) Resistencia a la flexión de CC + 1.00% FA a 7 días

**Tabla 57**

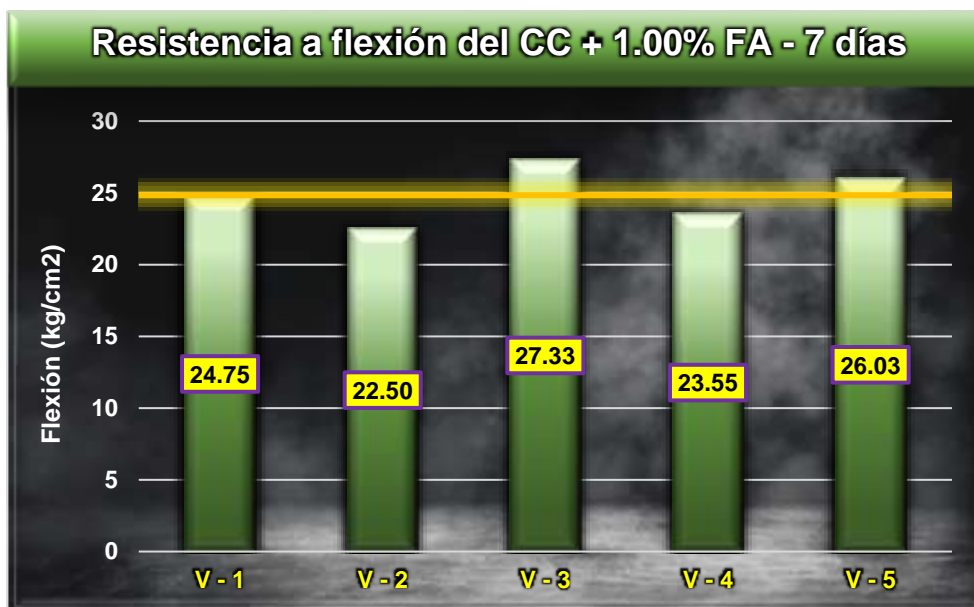
*Resistencia a la flexión del CC + 1.00% FA*

Resistencia a la flexión del CC + 1.00% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1665.14	24.75	24.83 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1518.43	22.50	
V - 3	1844.72	27.33	
V - 4	1589.32	23.55	
V - 5	1756.92	26.03	

La tabla 57, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 1.00% de FA. La evaluación revela que, tras 7 días de curado, se consiguió una dureza media de 24.83 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 53**

*Variación de la flexión del CC + 1.00% FA*



En la Figura 53, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 1.00% de FA. Después de 7 días, se ha registrado un valor máximo de 27.33 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### 5) Resistencia a la flexión de CC + 1.00% FA a 14 días

**Tabla 58**

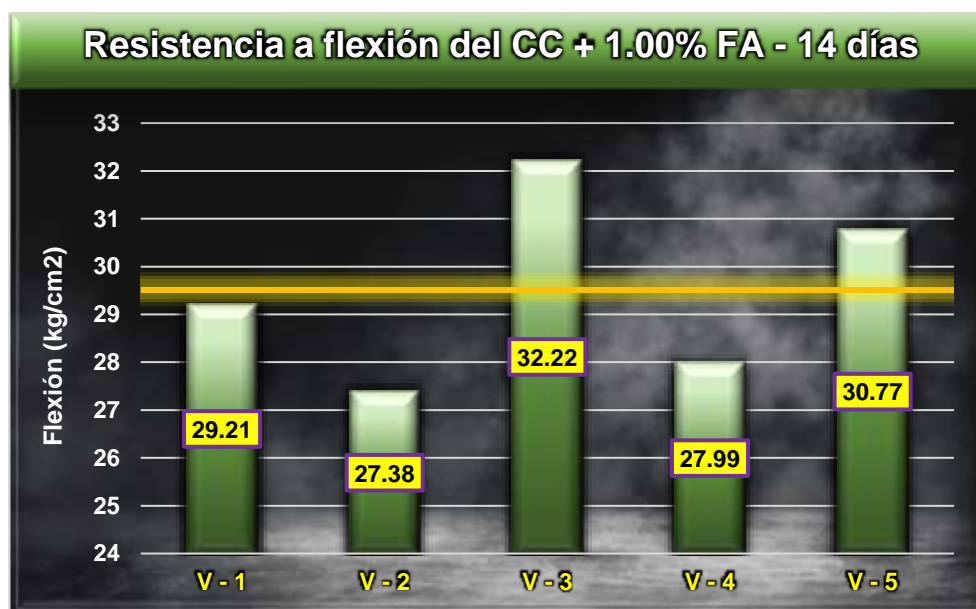
*Resistencia a la flexión del CC + 1.00% FA*

Resistencia a la flexión del CC + 1.00% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1965.25	29.21	29.51 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1848.32	27.38	
V - 3	2174.66	32.22	
V - 4	1889.15	27.99	
V - 5	2076.84	30.77	

La tabla 58, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 1.00% de FA. La evaluación revela que, tras 14 días de curado, se consiguió una dureza media de 29.51 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 54**

*Variación de la flexión del CC + 1.00% FA*



En la Figura 54, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 1.00% de FA. Después de 14 días, se ha registrado un valor máximo de 32.22 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### 6) Resistencia a la flexión de CC + 1.00% FA a 28 días

**Tabla 59**

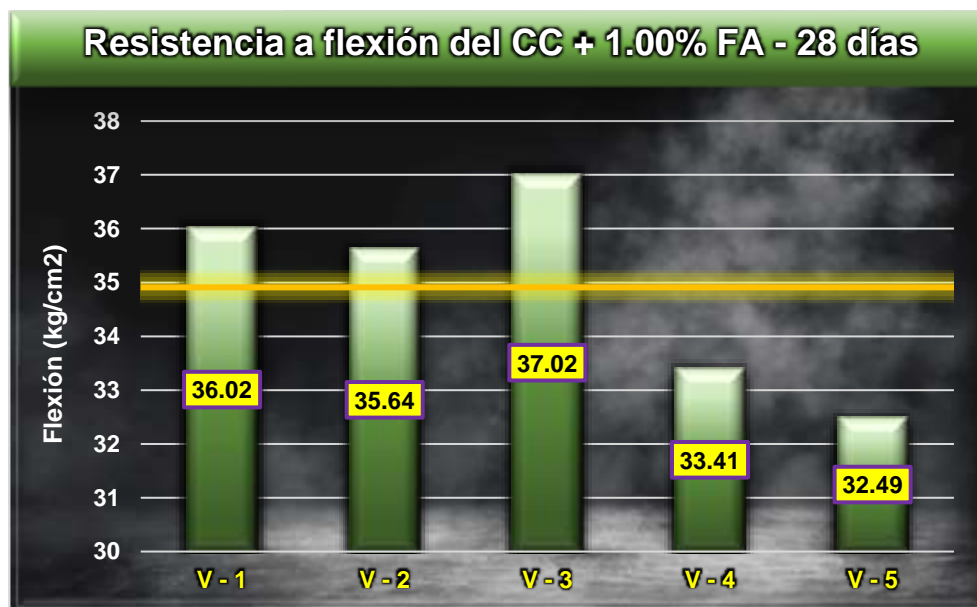
*Resistencia a la flexión del CC + 1.00% FA*

Resistencia a la flexión del CC + 1.00% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2423.06	36.02	34.91 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	2405.64	35.64	
V - 3	2498.72	37.02	
V - 4	2255.15	33.41	
V - 5	2192.79	32.49	

La tabla 59, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 1.00% de FA. La evaluación revela que, tras 28 días de curado, se consiguió una dureza media de 34.91 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 55**

*Variación de la flexión del CC + 1.00% FA*



En la Figura 55, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 1.00% de FA. Después de 28 días, se ha registrado un valor máximo de 37.02 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### 7) Resistencia a la flexión de CC + 1.50% FA a 7 días

**Tabla 60**

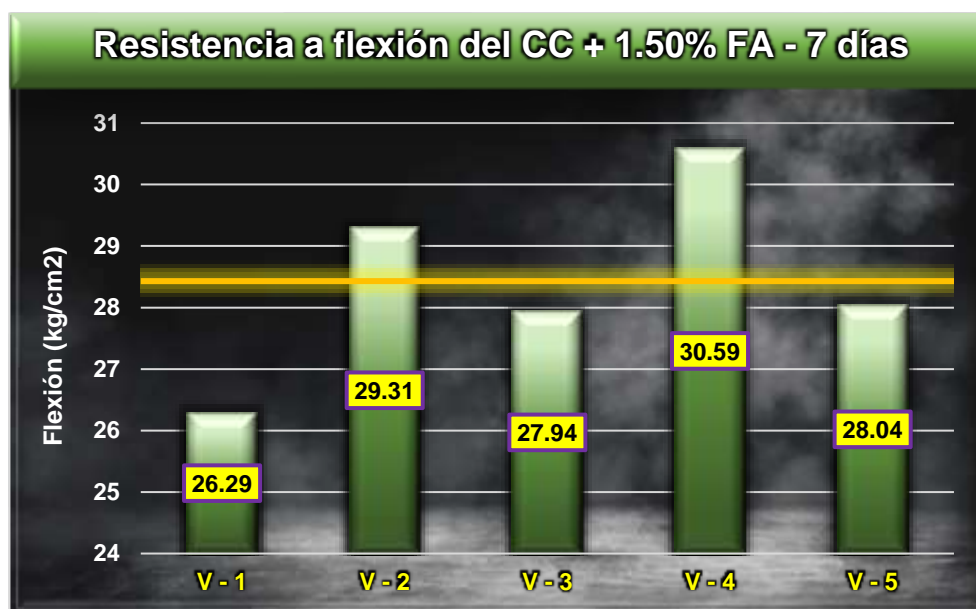
*Resistencia a la flexión del CC + 1.50% FA*

Resistencia a la flexión del CC + 1.50% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1768.77	26.29	28.43 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1978.31	29.31	
V - 3	1885.64	27.94	
V - 4	2064.85	30.59	
V - 5	1892.37	28.04	

La tabla 60, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 1.50% de FA. La evaluación revela que, tras 7 días de curado, se consiguió una dureza media de 28.43 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 56**

*Variación de la flexión del CC + 1.50% FA*



En la Figura 56, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 1.50% de FA. Después de 7 días, se ha registrado un valor máximo de 29.31 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### 8) Resistencia a la flexión de CC + 1.50% FA a 14 días

**Tabla 61**

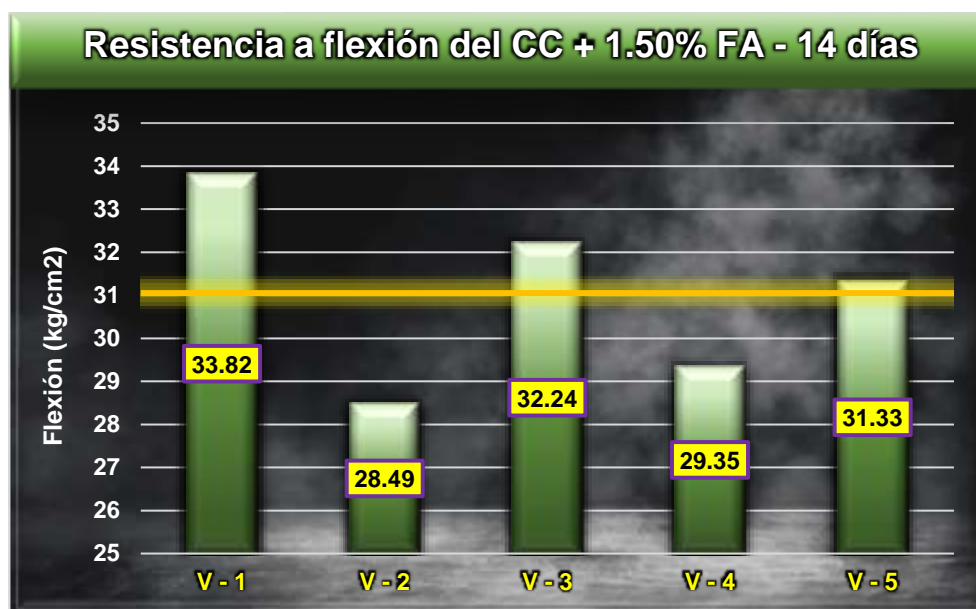
*Resistencia a la flexión del CC + 1.50% FA*

Resistencia a la flexión del CC + 1.50% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2275.22	33.82	31.05 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	1922.87	28.49	
V - 3	2176.48	32.24	
V - 4	1981.29	29.35	
V - 5	2114.66	31.33	

La tabla 61, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 1.50% de FA. La evaluación revela que, tras 14 días de curado, se consiguió una dureza media de 31.05 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 57**

*Variación de la flexión del CC + 1.50% FA*



En la Figura 57, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 1.50% de FA. Después de 14 días, se ha registrado un valor máximo de 33.82 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### 9) Resistencia a la flexión de CC + 1.50% FA a 28 días

**Tabla 62**

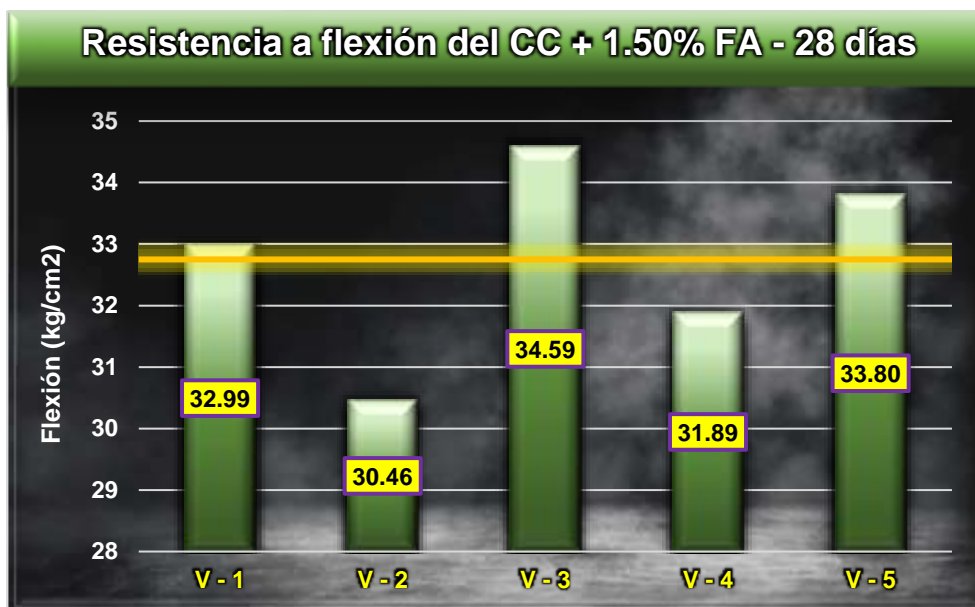
*Resistencia a la flexión del CC + 1.50% FA*

Resistencia a la flexión del CC + 1.50% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2219.48	32.99	32.75 kg/cm <sup>2</sup>
V - 2	2056.34	30.46	
V - 3	2334.88	34.59	
V - 4	2152.84	31.89	
V - 5	2281.67	33.80	

La tabla 62, revela el análisis del comportamiento a la flexión del CC con la adición de un 1.50% de FA. La evaluación revela que, tras 28 días de curado, se consiguió una dureza media de 32.75 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 58**

*Variación de la flexión del CC + 1.50% FA*



En la Figura 58, se visualiza la variación de la flexión del concreto convencional (CC) con la adición del 1.50% de FA. Después de 28 días, se ha registrado un valor máximo de 34.59 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una disminución en la resistencia en comparación con la muestra de diseño.

### 4.1.4. Comparación de resistencias a la compresión de CC, +%PP y +%FA

#### a) Comparativo del concreto + PP a los 7 días

**Tabla 63**

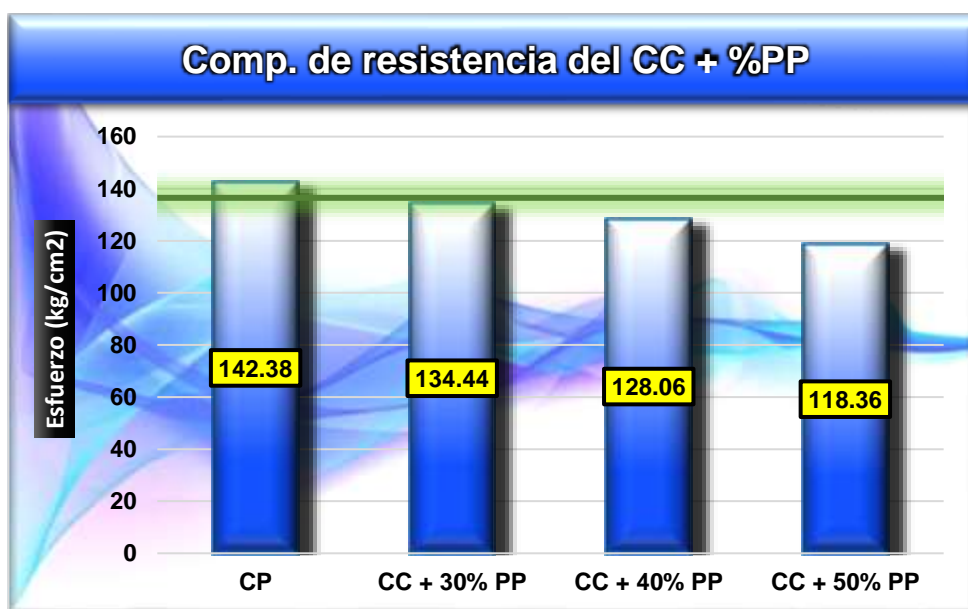
*Resistencias del CC + % PP*

Comparativo de la resistencia			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
CP	142.38		4.31
CC + 30% PP	134.44	136.50	-1.51
CC + 40% PP	128.06		-6.18
CC + 50% PP	118.36		-13.29

La tabla 63, revela la evaluación de las resistencias medias conseguidas tras 7 días de curado, indicando una notable reducción de la resistencia del 13,29% en relación con el CC.

**Figura 59**

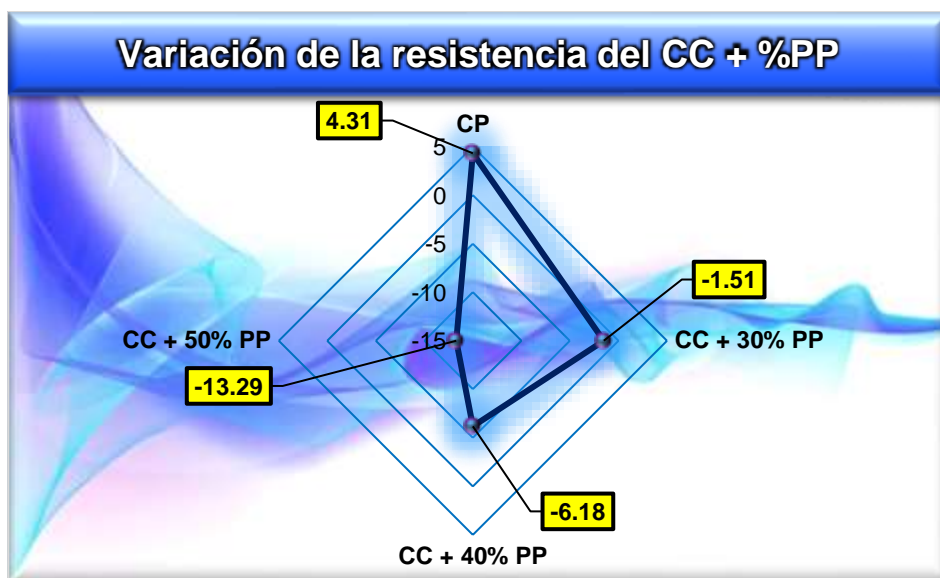
*Comparativo de la resistencia del CC + % PP*



En la figura 59, se visualiza un análisis comparativo de las resistencias promedio obtenidas después de 7 días. Alcanzando un valor de 134.44 kg/cm<sup>2</sup>, corresponde a la mezcla con la combinación de CC con un 30% de PP.

**Figura 60**

*Variación de las resistencias CC + % PP*



La imagen refleja cómo se modifican las resistencias obtenidas tras la incorporación de piedra pómez en el concreto. En este análisis, se evidenció una disminución en los valores de resistencia del material.

**b) Comparativo de las resistencias del concreto + PP a los 14 días**

**Tabla 64**

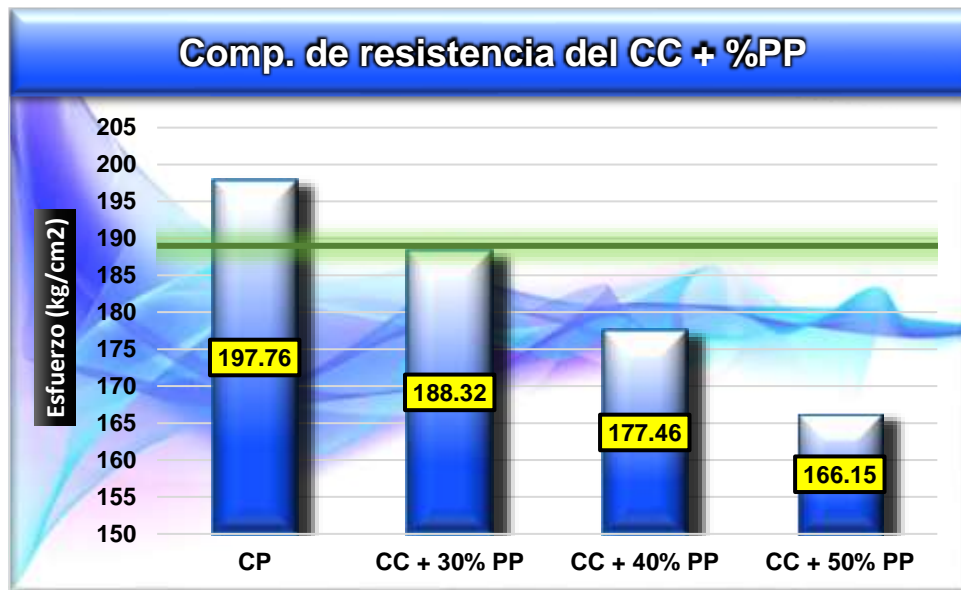
*Resistencias del CC + % PP*

Muestra	Comparativo de la resistencia		
	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
CP	197.76		4.63
CC + 30% PP	188.32	189.00	-0.36
CC + 40% PP	177.46		-6.11
CC + 50% PP	166.15		-12.09

La tabla 64, revela la evaluación de las resistencias medias conseguidas tras 14 días de curado, indicando una notable reducción de la resistencia del 12.09% en relación con el CC.

**Figura 61**

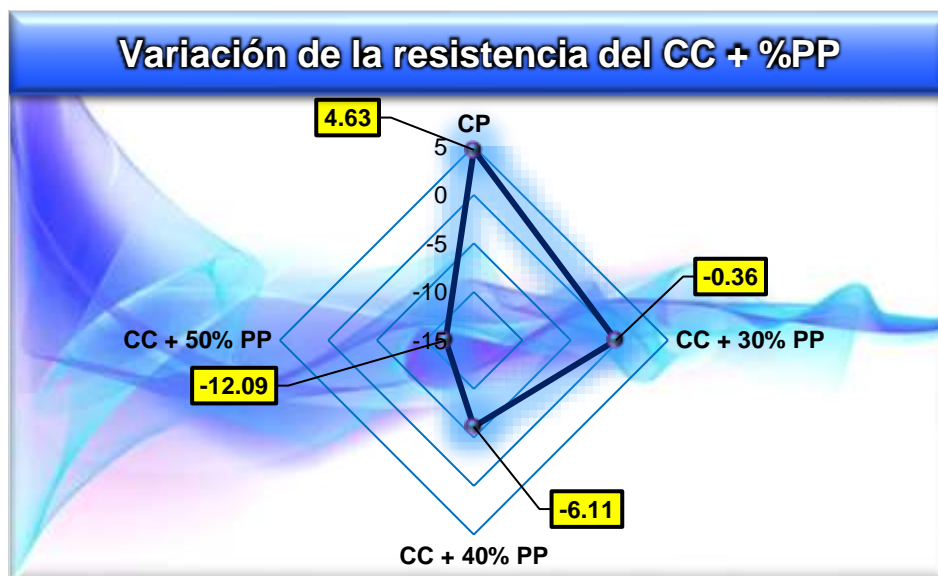
*Comparativo de la resistencia del CC + % PP*



En la figura 61, se visualiza un análisis comparativo de las resistencias promedio obtenidas después de 7 días. Alcanzando un valor de 188.32 kg/cm<sup>2</sup>, corresponde a la mezcla con la combinación de CC con un 30% de PP.

**Figura 62**

*Variación de las resistencias CC + % PP*



La imagen refleja cómo se modifican las resistencias obtenidas tras la incorporación de piedra pómez en el concreto. En este análisis, se evidenció una disminución en los valores de resistencia del material.

### c) Comparativo de las resistencias del concreto + PP a los 28 días

**Tabla 65**

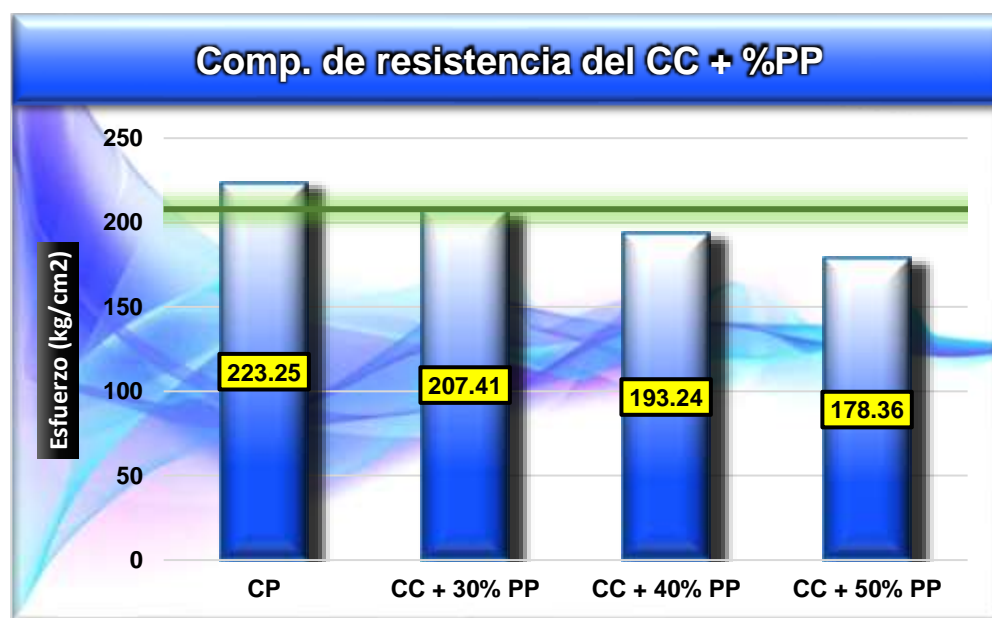
*Resistencias del CC + % PP*

Comparativo de la resistencia			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
CP	223.25		7.38
CC + 30% PP	207.41	207.90	-0.24
CC + 40% PP	193.24		-7.05
CC + 50% PP	178.36		-14.21

La tabla 65, revela la evaluación de las resistencias medias conseguidas tras 28 días de curado, indicando una notable reducción de la resistencia del 14.21% en relación con el CC.

**Figura 63**

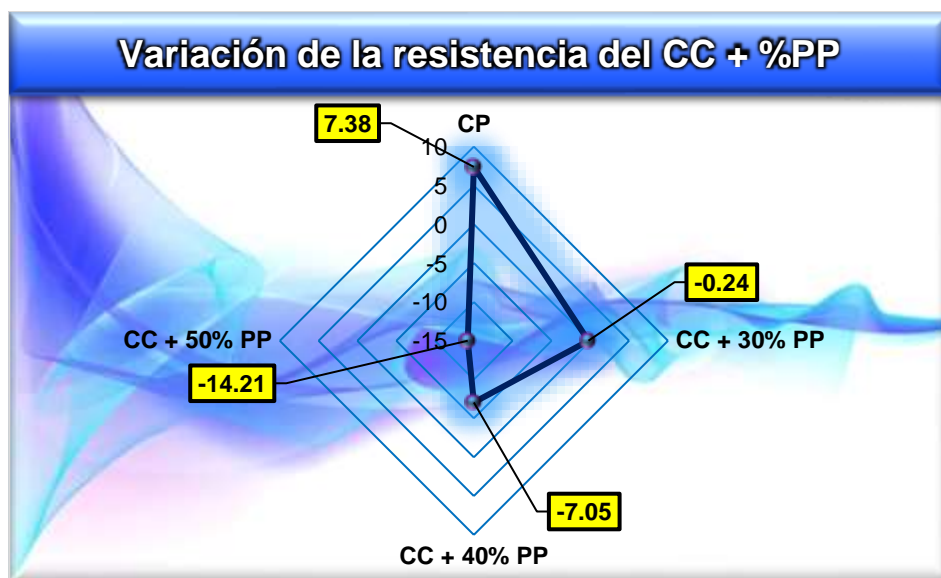
*Comparación de la resistencia del CC + % PP*



En la figura 63, se visualiza un análisis comparativo de las resistencias promedio obtenidas después de 7 días. Alcanzando un valor de 188.32 kg/cm<sup>2</sup>, corresponde a la mezcla con la combinación de CC con un 30% de PP.

**Figura 64**

*Variación de las resistencias CC + % PP*



La imagen refleja cómo se modifican las resistencias obtenidas tras la incorporación de piedra pómez en el concreto. En este análisis, se evidenció una disminución en los valores de resistencia del material.

**d) Comparativo de la resistencia del concreto + FA a los 7 días**

**Tabla 66**

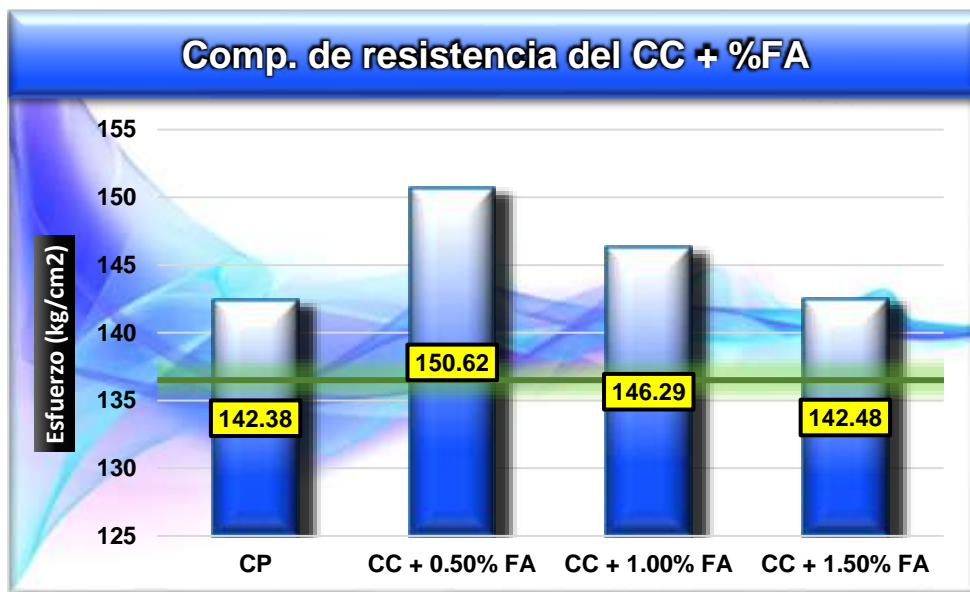
*Resistencias del CC + % FA*

Muestra	Comparativo de la resistencia		
	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
CP	142.38		4.31
CC + 0.50% FA	150.62	136.50	10.34
CC + 1.00% FA	146.29		7.17
CC + 1.50% FA	142.48		4.38

La tabla 66, revela la evaluación de las resistencias medias conseguidas tras 7 días de curado, indicando un incremento notable de la resistencia del 10.34% en relación con el CC.

**Figura 65**

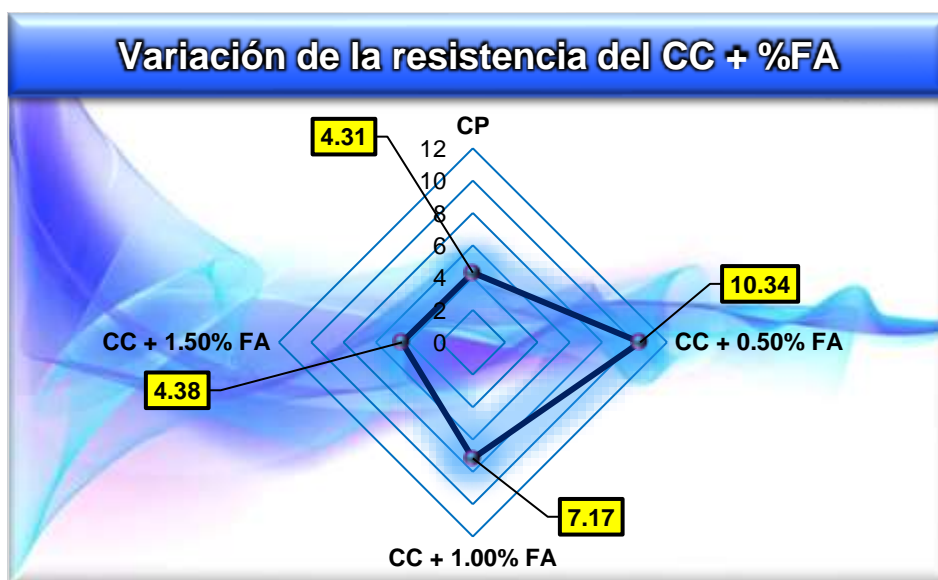
*Comparativo de las resistencias del CC + % FA*



En la figura 65, se visualiza un análisis comparativo de las resistencias promedio obtenidas después de 7 días. Alcanzando un valor de 150.62 kg/cm<sup>2</sup>, corresponde a la mezcla con combinación de CC con un 0.50% de FA.

**Figura 66**

*Variación de las resistencias CC + % FA*



La imagen refleja cómo se modifican las resistencias obtenidas tras la incorporación de fibra de aluminio en el concreto. En este análisis, se evidenció un incremento en los valores de resistencia del material.

### e) Comparativo de la resistencia del concreto + FA a los 14 días

**Tabla 67**

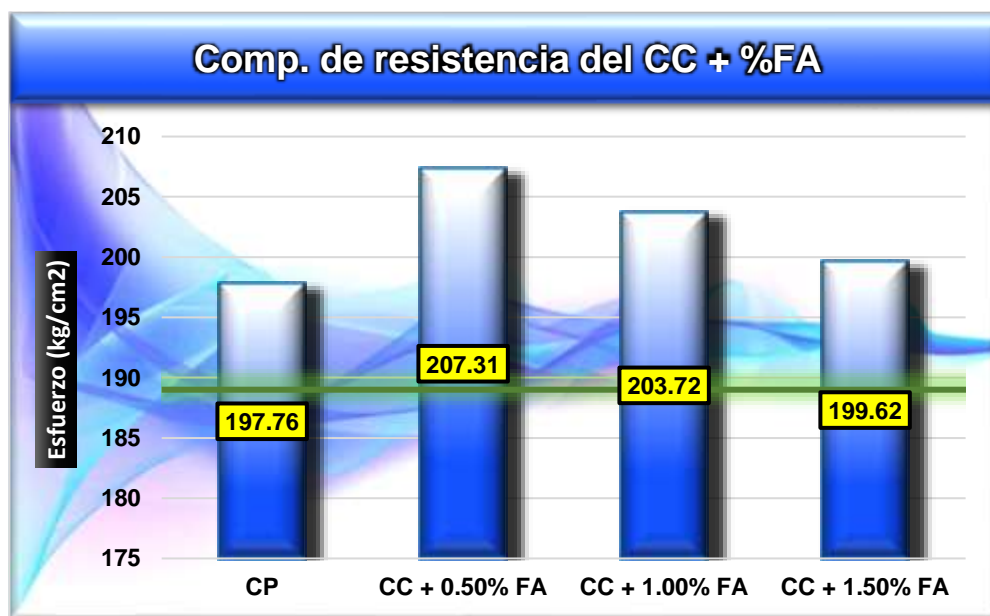
*Resistencias del CC + % FA*

Comparativo de la resistencia			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
CP	197.76		4.63
CC + 0.50% FA	207.31	189.00	9.69
CC + 1.00% FA	203.72		7.79
CC + 1.50% FA	199.62		5.62

La tabla 67, revela la evaluación de las resistencias medias conseguidas tras 14 días de curado, indicando un incremento notable de la resistencia del 9.63% en relación con el CC.

**Figura 67**

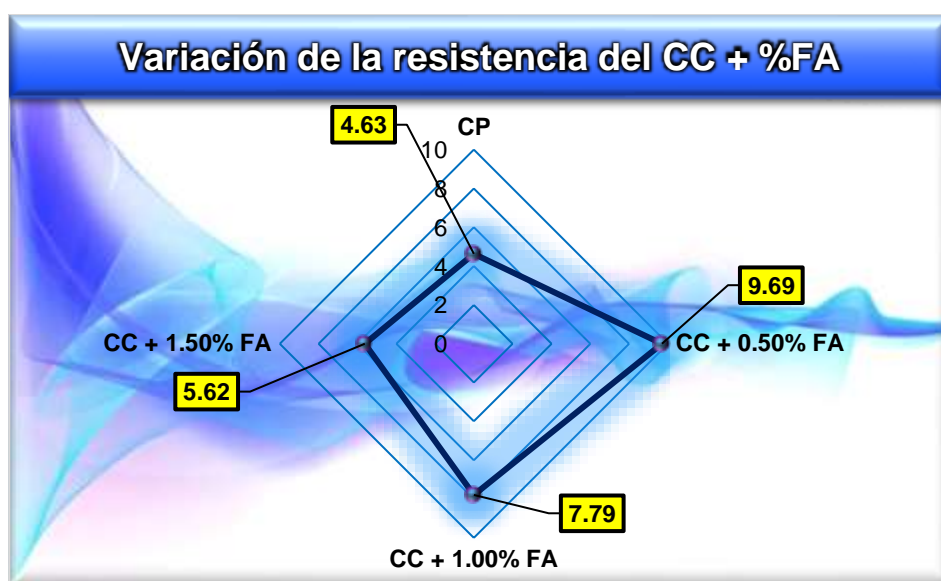
*Comparativo de las resistencias del CC + % FA*



En la figura 67, se visualiza un análisis comparativo de las resistencias promedio obtenidas después de 14 días. Alcanzando un valor de 207.31 kg/cm<sup>2</sup>, corresponde a la mezcla con combinación de CC con un 0.50% de FA.

**Figura 68**

*Variación de las resistencias CC + % FA*



La imagen refleja cómo se modifican las resistencias obtenidas tras la incorporación de fibra de aluminio en el concreto. En este análisis, se evidenció un incremento en los valores de resistencia del material.

**f) Comparativo de la resistencia del concreto + FA a los 28 días**

**Tabla 68**

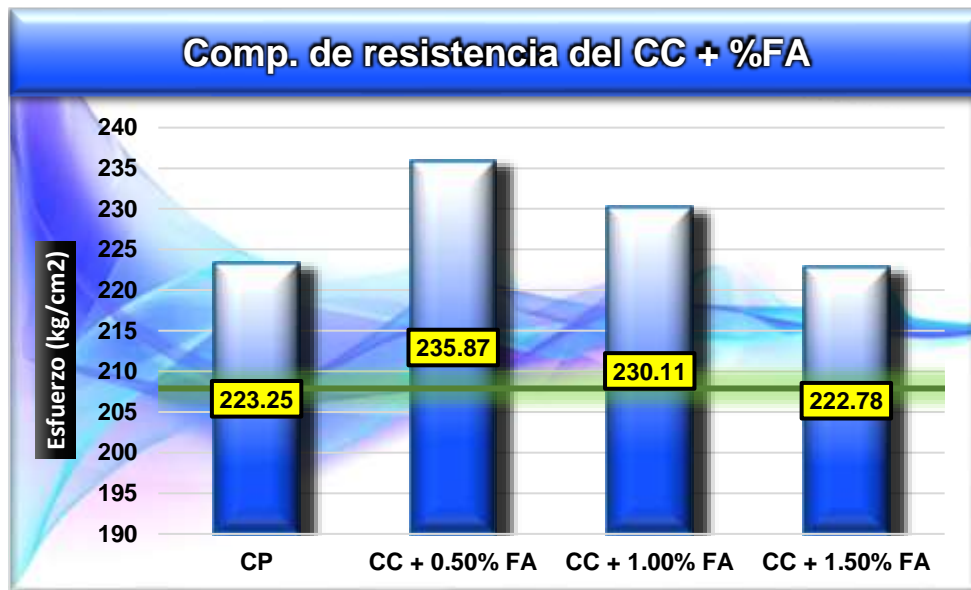
*Resistencias del CC + FA*

Comparativo de la resistencia			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Variación
CP	223.25		7.38
CC + 0.50% FA	235.87		13.46
CC + 1.00% FA	230.11	207.90	10.68
CC + 1.50% FA	222.78		7.16

La tabla 68, revela la evaluación de las resistencias medias conseguidas tras 28 días de curado, indicando un incremento notable de la resistencia del 13.46% en relación con el CC.

**Figura 69**

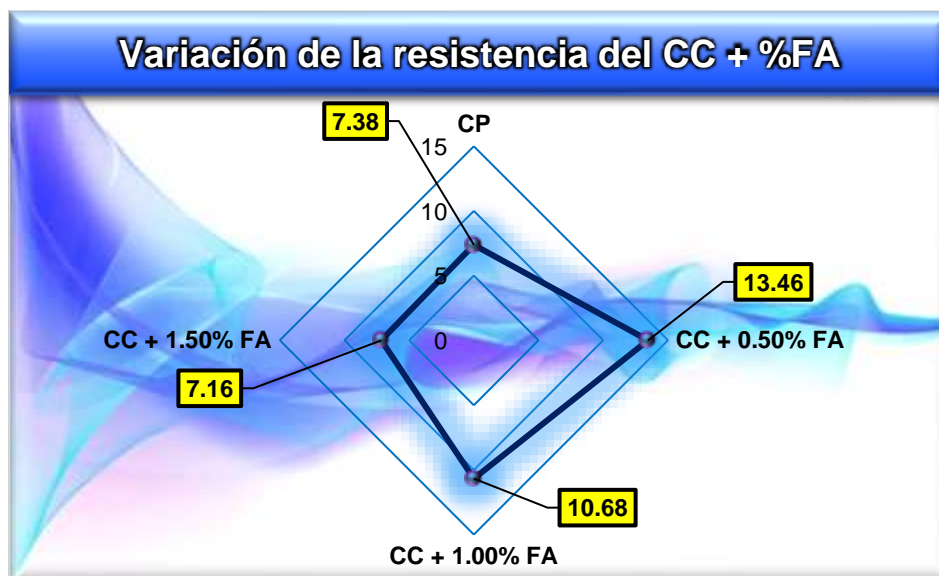
*Comparativo de las resistencias del CC + % FA*



En la figura 69, se visualiza un análisis comparativo de las resistencias promedio obtenidas después de 28 días. Alcanzando un valor de 235.87 kg/cm<sup>2</sup>, corresponde a la mezcla con combinación de CC con un 0.50% de FA.

**Figura 70**

*Variación de las resistencias CC + % FA*



La imagen refleja cómo se modifican las resistencias obtenidas tras la incorporación de fibra de aluminio en el concreto. En este análisis, se evidenció un incremento en los valores de resistencia del material.

### 4.1.5. Resumen de resistencias a la flexión de CC, +%PP y +%FA

#### a) Resumen de las resistencias a flexión del concreto + PP a los 7,14,28 días

**Tabla 69**

*Resistencias a flexión del CC + % PP tras los 7, 14 y 28 días*

Comparativo de la resistencia a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )			
Muestra	A los 7 días	A los 14 días	A los 28 días
CP	19.22	24.58	35.88
CC + 30% PP	17.87	22.16	32.38
CC + 40% PP	16.11	20.23	28.61
CC + 50% PP	13.86	17.26	24.32

Las resistencias a la flexión comparativas medidas a los 7, 14 y 28 días de curado se muestran en la Tabla 69, que también demuestra una mayor pérdida de resistencia a los 28 días de curado en comparación con la muestra de referencia.

**Figura 71**

*Comparativo de la resistencia a flexión del CC + % PP*



Las resistencias a la flexión comparativas obtenidas tras 28 días de curado se muestran en la Figura 71, siendo la combinación de CC + % PP la que proporciona la máxima resistencia en relación con CC 35.88 kg/cm<sup>2</sup>.

## b) Comparativo de las resistencias a flexión del concreto + FA a los 7,14,28 días

Tabla 70

*Resistencias a flexión del CC + % FA tras los 7, 14 y 28 días*

Comparativo de la resistencia a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )			
Muestra	A los 7 días	A los 14 días	A los 28 días
CP	19.22	24.58	35.88
CC + 0.50% FA	22.61	27.12	37.35
CC + 1.00% FA	24.83	29.51	34.91
CC + 1.50% FA	28.43	31.05	32.75

Las resistencias a la flexión comparativas medidas a los 7, 14 y 28 días de curado se muestran en la Tabla 70, que también demuestra un incremento de la resistencia a los 28 días de curado en comparación con la muestra de referencia.

Figura 72

*Comparativo de la resistencia a flexión del CC + % FA*

Las resistencias a la flexión comparativas obtenidas tras 28 días de curado se muestran en la Figura 72, siendo la combinación de CC + % FA la que proporciona la máxima resistencia en relación con CC 37.35 kg/cm<sup>2</sup>.

## 4.2. Discusión de resultados

La sección de discusión de resultados se centra en analizar de manera comparativa los datos obtenidos en este estudio frente a los hallazgos reportados por los autores referenciados en el capítulo II. Este enfoque permite identificar coincidencias, discrepancias y posibles tendencias en los resultados, lo cual enriquece la interpretación de los datos. Además, se examinan las posibles causas de las diferencias observadas, considerando las particularidades metodológicas, contextuales y experimentales de cada estudio citado. Este análisis contribuye no solo a validar los hallazgos de la presente investigación, sino también a contextualizarlos dentro del marco teórico previamente establecido.

**Para el objetivo específico 01**, los elementos para un diseño de mezcla de un concreto convencional de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera Unocolla, en la ciudad de Juliaca, en nuestro estudio se ha obtenido para la mezcla de hormigón estándar con una cantidad de dosificación de 1;0.56;2.63;1.84 lt/bls con 2.0% de contenido de aire, para el diseño de mezclas de CC + % PP, las cantidades de piedra pómez resultan de acuerdo al peso del agregado grueso a emplearse, teniéndose 109 kg, 146 kg. y 183 kg. para adiciones de 30%, 40% y 50% de piedra pómez para cada caso, y para el diseño de mezclas de CC + % FA, las cantidades de fibra de aluminio resultan de acuerdo al peso del agregado fino a emplearse, teniéndose 1.83 kg, 3.66 kg. y 5.49 kg. para adiciones de 0.50%, 1.00% y 1.50% de fibra de aluminio en cada caso.

**Para el objetivo específico 02**, se analizaron los resultados de los ensayos de compresión, comparándolos con los reportados por diversos autores. Según el estudio de Manotupa (2022), se evidenció que la incorporación de 50%, 75% y 100% de piedra pómez en el concreto genera una disminución en la resistencia a la compresión en los días 7, 14 y 28, en comparación con el diseño patrón. En particular, con un 100% de adición, la resistencia alcanzó únicamente  $113.86 \text{ kg/cm}^2$ . En el presente estudio, se observa un comportamiento similar. Con una sustitución del 50%, no se logra cumplir con la resistencia



proyectada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose una reducción a 178.36 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. De manera análoga, las sustituciones del 30%, 40% y 50% mostraron una disminución progresiva en la resistencia a la compresión, alcanzando valores de 207.41, 193.24 y 178.36 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Este comportamiento se alinea con los resultados obtenidos en investigaciones previas, debido a las similitudes en los materiales empleados. Asimismo, Colombo y Mendoza (2021), al sustituir la piedra pómez en proporciones de 15%, 20%, 25% y 30%, reportaron reducciones en la resistencia del 12% al 25% respecto al diseño patrón, para edades de 7, 14 y 28 días. Dichos resultados coinciden con la tendencia general observada en este trabajo, reforzando la hipótesis de que el uso de piedra pómez afecta negativamente la resistencia del concreto.

Finalmente, los resultados obtenidos en esta investigación muestran una clara tendencia a la disminución de la resistencia a la compresión. Tal comportamiento, evidenciado en las tablas comparativas, puede atribuirse tanto a las características del material como a las proporciones utilizadas. Esto refleja que los cambios en la resistencia dependen tanto del enfoque metodológico del estudio como de las propiedades específicas de los agregados empleados.

**Para el objetivo específico 03**, se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos en la resistencia a la flexión con los reportados por otros estudios. Según Manotupa (2022), la incorporación de 50%, 75% y 100% de piedra pómez en las mezclas de concreto genera una disminución significativa en la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días. En particular, con una adición del 100%, la resistencia a flexión se redujo al 14.38% respecto al diseño patrón, evidenciando el impacto negativo de altos porcentajes de sustitución. En el presente estudio, los resultados muestran una tendencia similar para una sustitución del 50%, que no alcanzó la resistencia diseñada de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, al analizar las proporciones de 30%, 40% y 50% de sustitución de piedra pómez a los 7, 14 y 28 días, se observó un incremento notable en la resistencia a flexión respecto al diseño patrón. A los 28 días de curado, esta mejora alcanzó un valor de 37.35 kg/cm<sup>2</sup>,



lo que sugiere que el uso moderado de piedra pómez puede tener un efecto positivo bajo ciertas condiciones.

Estos hallazgos resaltan la importancia de evaluar cuidadosamente las proporciones de los materiales utilizados en el diseño de mezclas, ya que los incrementos en la resistencia a flexión pueden estar influenciados por factores como el tamaño del agregado, el proceso de curado y la interacción entre los componentes. Los resultados obtenidos en este trabajo contribuyen al entendimiento del comportamiento mecánico del concreto modificado, proporcionando una base para futuras investigaciones orientadas a optimizar el uso de materiales reciclados y alternativos.

## CONCLUSIONES

**Primera**, se realizó la evaluación del asentamiento del concreto convencional mediante la adición de la piedra pómez y fibra de aluminio, obteniéndose resultados significativos. Para las proporciones de piedra pómez del 30%, 40% y 50%, los asentamientos registrados fueron de 2.80", 2.50" y 2.00" respectivamente, indicando una reducción progresiva en la plasticidad de la mezcla con el aumento del porcentaje del aditivo. Por otro lado, al adicionar fibra de aluminio en porcentajes de 0.50, 1.00 y 1.50, los asentamientos obtenidos fueron de 3.20", 2.90" y 2.50" respectivamente, reflejando una tendencia similar de disminución en el asentamiento a medida que se incrementa la proporción de este material.

**Segunda**, se concluye que la resistencia a la compresión del concreto convencional con la adición de PP y FA, presenta una pérdida de la resistencia con la adición de la piedra pómez, se obtuvo la resistencia de 207.41 kg/cm<sup>2</sup> con un 30% de adición, 193.24 kg/cm<sup>2</sup> con un 40% y 178.36 kg/cm<sup>2</sup> con un 50%. Del mismo modo, la adición de fibra de aluminio mostró ligeras pérdidas en comparación con la muestra patrón, alcanzando resistencias de 235.87 kg/cm<sup>2</sup> con un 0.50%, 230.90 kg/cm<sup>2</sup> con un 1.00%, y 222.78 kg/cm<sup>2</sup> con un 1.50%. Esto indica que, la piedra pómez no mejoran la resistencia, mientras que la fibra de aluminio tiene un mejor impacto que la piedra pómez.

**Tercera**, se concluye que la resistencia a la flexión del concreto convencional disminuyó al añadir la piedra pómez, alcanzando valores de 32.38 kg/cm<sup>2</sup> con una adición del 30%, 28.61 kg/cm<sup>2</sup> con un 40%, y 24.32 kg/cm<sup>2</sup> con un 50%. En contraste, las vigas con fibra de aluminio presentaron una ligera pérdida en la resistencia a flexión, alcanzando 37.35 kg/cm<sup>2</sup> con un 0.50%, 34.91 kg/cm<sup>2</sup> con un 1.00%, y 32.75 kg/cm<sup>2</sup> con un 1.50%. Estos resultados sugieren que la piedra pómez no son adecuadas para mejorar la resistencia a la flexión, mientras que la fibra de aluminio proporciona una mejor resistencia en este aspecto.



## RECOMENDACIONES

**Primera**, se recomienda que futuros tesisistas amplíen los rangos de proporciones de piedra pómez y fibra de aluminio reciclado para evaluar su impacto tanto en el asentamiento como concreto convencional.

**Segunda**, se recomienda que futuros tesisistas investiguen con mayor detalle las proporciones óptimas de piedra pómez y fibra de aluminio reciclado, considerando la evidente pérdida de resistencia a la compresión que genera la piedra pómez en proporciones crecientes.

**Tercera**, Se recomienda que futuros tesisistas enfoquen sus investigaciones en alternativas que combinen piedra pómez con otros materiales que compensen su impacto negativo en la resistencia a la flexión, dado que los resultados muestran una disminución significativa con su incorporación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, D. (20 de Diciembre de 2023). *Fibra de Aluminio*. Obtenido de <https://ifib.com/blog/fibra-de-aluminio-vs-aluminio/>
- Baquero, B., Güiza, R., & Garcia, F. (2019). *Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros*. Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Díos. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/852/85263724005/html/>
- Benalcázar, D. (2022). *Análisis comparativo del peso y resistencia a compresión del hormigón convencional con un hormigón ligero de piedra pómez para una resistencia de diseño a compresión de  $F'c=240$  kg/cm<sup>2</sup> con diferentes porcentajes de aditivo superplastificante*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Tesis%20I.C.%201570%20-%20Benalc%20A1zar%20Quiguango%20Dayana%20Pamela.pdf
- Bonilla, A., & Lascano, E. (2017). *Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de aluminio reciclado*. Quito - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14415/1/UPS%20-%20ST003139.pdf>
- Colombo, J., & Mendoza, G. (2021). *Piedra pómez como agregado grueso para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto ligero estructural*. Lima - Perú: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4783/T030\\_70980990\\_T%20%20%20MENDOZA%20PEREZ%20GERALDINE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4783/T030_70980990_T%20%20%20MENDOZA%20PEREZ%20GERALDINE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Conarsac. (02 de Mayo de 2023). *Agregados de Construcción*. Obtenido de <https://conarsac.com/blog/agregados-de-construccion/>



- Condori, J., & Roque, J. (2022). *Evaluación de las propiedades físico mecánicas del concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  -  $f'c=245\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra de aluminio reciclado, Puno - 2022*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <file:///C:/Users/INTEL/Documents/TESIS%20EMPRESARIAL/ING.%20CIVIL/Fibra%20de%20aluminio.pdf>
- Creswell, J., & Creswell, D. (2018). *Diseño de investigación: enfoques cualitativos, cuantitativos y de métodos mixtos*. Sage Publications. Obtenido de [https://pubhtml5.com/enuk/gksi/2018\\_Creswell\\_Research\\_Design\\_Qualitative%2C\\_Quantitative%2C\\_and\\_Mixed\\_Methods\\_Approaches\\_5th\\_Ed/4#google\\_vignette](https://pubhtml5.com/enuk/gksi/2018_Creswell_Research_Design_Qualitative%2C_Quantitative%2C_and_Mixed_Methods_Approaches_5th_Ed/4#google_vignette)
- Goitia, O. (11 de Julio de 2022). *Cementos Torices*. Obtenido de Tipos de Concreto: <https://cementostorices.com/blog/construccion/tipos-de-concreto-que-no-conocias-y-para-que-sirve/>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n.\\_Rutas\\_cuantitativa\\_\\_cualitativa\\_y\\_mixta-libre.pdf?1601784484=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA\\_DE\\_LA\\_INVESTIGACION\\_LAS\\_RUTA.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n._Rutas_cuantitativa__cualitativa_y_mixta-libre.pdf?1601784484=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_LAS_RUTA.pdf)
- Mamani, E. W. (2024). *Influencia de la sustitución porcentual del agregado grueso por piedra pómez en propiedades físico-mecánicas de albañilería de concreto - 2023*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Mamani\\_CEW-SD.pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Mamani_CEW-SD.pdf)
- Manotupa, M. (2022). *Influencia de sustitución del agregado grueso por piedra pómez en permeabilidad y resistencia por compresión del concreto  $210\text{ kg/cm}^2$ , 2022*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Manotupa\\_DM-SD.pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Manotupa_DM-SD.pdf)



- Olivo, E., & Paucar, E. (2022). *La influencia de fibra de aluminio reciclado en el concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con agregado de la cantera de Tacllán*. Huaráz: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/117352>
- Perez, J. (2021). *Comportamiento del Concreto*. Huaráz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-santiago-antunez-de-mayolo/tecnologia-del-concreto/comportamiento-y-propiedades-del-concreto-en-estado-fresco-y-estado-endurecido/26247637>
- Pérez, J. (8 de Diciembre de 2021). *Concreto*. Obtenido de <https://definicion.de/concreto/>
- Quispe, M. (2022). *Aplicación de fibras de aluminio reciclado en losas de pavimento rígido en la ciudad de Huancayo*. Huancayo - Perú: Universidad Peruana los Andes. Obtenido de [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/T037\\_73045685\\_T%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/T037_73045685_T%20(1).pdf)
- Salinas, M. (16 de Abril de 2023). *Concrelab*. Obtenido de <https://www.concrelab.com/los-diferentes-tipos-de-concreto-y-sus-usos/>
- Silva, O. (11 de Noviembre de 2021). *360 en Concreto*. Obtenido de *Uso y Aplicaciones del Concreto*: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/uso-y-aplicaciones-del-cemento-avanzado/>
- Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Universidad Autonoma Metropolitana. (11 de Setiembre de 2023). *Cyad*. Obtenido de Mineral-Piedra Poméz: <https://materialoteca.azc.uam.mx/index.php/catalogo-de-materiales/item/41-de-origen-mineral/3940-mineral-piedra-pomez>
- Villalobos et al. (2016). *Concreto Ligero*. Guanajuato: Jovenes en la Ciencia. Obtenido de <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/helguera,+1270-4115-1-CE.pdf>



## ANEXOS



## Anexo A. Matriz de consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuál es la incidencia de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado sobre las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional en la ciudad de Juliaca?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Evaluar la incidencia de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado sobre las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional en la ciudad de Juliaca.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La incidencia de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado sobre las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional en la ciudad de Juliaca, mejorará moderadamente.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>PIEDRA PÓMEZ <b>Indicadores:</b> <i>Proporciones de PP en 30%, 40%, 50%</i></p> <p>FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS <b>Indicadores:</b> <i>Proporciones de FA en 0.50%, 1.00%, 1.50%</i></p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL <b>Indicadores:</b> <i>Asentamiento (Slump)</i> <i>Resistencia a la compresión</i> <i>Resistencia a la flexión</i></p>	<p>Fichas de control de calidad de laboratorio</p> <p>Equipos y herramientas de laboratorio.</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p>		
<p>¿De qué manera el empleo de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables influye en el asentamiento de la mezcla de concreto convencional?</p> <p>¿De qué manera influye la incorporación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables en la resistencia a la compresión del concreto convencional?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables en la resistencia a la flexión del concreto convencional?</p>	<p>Evaluar la manera en que el empleo de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables influye en el asentamiento de la mezcla de concreto convencional.</p> <p>Determinar la influencia de la incorporación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables en la resistencia a la compresión del concreto convencional.</p> <p>Determinar el efecto de la aplicación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables en la resistencia a la flexión del concreto convencional.</p>	<p>El empleo de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables influirá de manera positiva en el asentamiento de la mezcla de concreto convencional.</p> <p>La influencia de la incorporación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables incidirá moderadamente en la resistencia a la compresión del concreto convencional.</p> <p>El efecto de la aplicación de la piedra pómez y fibra de aluminio reciclado en proporciones variables será positiva ya que mejorará en la resistencia a la flexión del concreto convencional.</p>		

## Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía N° 01: Materiales para la elaboración de la briqueta



Fotografía N° 02: Pesado de los agregados



Fotografía N° 03: Tamizado de los agregados



Fotografía N° 03: Pesado de la muestra tamizada



Fotografía N° 04: Ensayo de pesos unitarios



**Fotografía N° 05: Varillado**



**Fotografía N° 05: Pesado y secado de la muestra**



**Fotografía N° 06: Ensayo de picnómetro**



**Fotografía N° 07: Preparado de la mezcla**



**Fotografía N° 08: Prueba de asentamiento (Slump)**



**Fotografía N° 09: Medición del diámetro de la briqueta con vernier**



### Fotografía N° 10: Resistencia a la compresión



### Fotografía N° 11: Roturas de briquetas



Fotografía N° 12: Resistencia a la flexión





## Anexo C. Certificados de Calidad de Laboratorio



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



**PROYECTO:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

**CANTERA:** UNOCOLLA - AGREGADO FINO

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

**FECHA:** 08 DE ABRIL DEL 2024

## ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

### AGREGADO FINO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>486.21</u>
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
					Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1309.93</u>
N° 8	110.84	22.17	22.17	77.83	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1612.42</u>
					<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
N° 16	95.03	19.01	41.17	58.83	Wc+B =	<u>1810</u> Wc+B-W = <u>198</u>
					Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$ =	<u>2.53</u> gr/cm <sup>3</sup>
N° 30	102.24	20.45	61.62	38.38	<b>ABSORCIÓN</b>	
					B = $\frac{500.00}{1612.42}$ =	<u>31.01</u> %
N° 50	133.35	26.87	88.29	11.71	Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$ =	<u>2.84</u> %
					<b>Observaciones sobre el Análisis Granulométrico</b>	
FONDO	7.19	1.44	100.00	0.00		
SUMA	500.00	100.00				
<b>Mf = MÓDULO DE FINEZA</b>				<b>3.10</b>		

### AGREGADO GRUESO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>783.41</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
					Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1309.93</u>
1"	283	8.09	8.09	91.91	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1802.84</u>
					<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
3/4"	531	15.17	23.28	76.74	Wc+B =	<u>2110</u> Wc+B-W = <u>307</u>
					Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$ =	<u>2.61</u> gr/cm <sup>3</sup>
1/2"	1043	29.80	53.06	46.94	<b>ABSORCIÓN</b>	
					B = $\frac{800.00}{1802.84}$ =	<u>44.38</u> %
3/8"	547	15.83	68.69	31.31	Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$ =	<u>2.12</u> %
					<b>Observaciones sobre el Análisis Granulométrico</b>	
FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00		
SUMA	3500.00	100.00				

*[Firma manuscrita]*  
 LABORATORIO M.S.C.A. E.  
 JEFATURA  
 Dr. Ricardo Yana Torres  
 DIF: 8007 00052647



### AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ)

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 = <u>771.17</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B - Peso de muestra saturada seca (SSS) = <u>800.00</u>
					Wc - Peso del picnómetro con agua = <u>1309.93</u>
					W - Peso del Pic. + muestra + agua = <u>1798.89</u>
1"	16	0.43	0.43	99.57	
3/4"	89	2.54	2.97	97.03	
1/2"	812	23.20	26.17	73.83	
3/8"	1617	46.20	72.37	27.63	
1/4"					
Nº 4	965	27.57	99.94	0.06	
FONDO	2.00	0.06	100.00	0.00	
SUMA	3500.00	100.00			

**PESO ESPECÍFICO**

$$Wc+B = \frac{2110}{2110} \quad Wc+B-W = \frac{311}{311}$$

$$Pe = \frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800.00}{311} = 2.57 \text{ gr/cm}^3$$
  

**ABSORCIÓN**

$$B-A = \frac{800.00}{800.00} - \frac{771.17}{800.00} = 28.83$$

$$Abs = \frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{28.83 \times 100}{771.17} = 3.74 \%$$

#### OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 M.S.C.A. CAJAMARCA  
 Ing. Yanis Torres  
 CIP 103257



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



**PROYECTO** : INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

**CANTERA** : UNOCOLLA - AGREGADO GRUESO

**LUGAR** : UNOCOLLA - AGREGADO FINO

**FECHA** : 08 DE ABRIL DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T.M. HUM.	304.38
P.T.M. SECA	293.85
P. TARRO	51.12
P. AGUA	10.53
P.S. SECO	242.73
% HUMEDAD	4.34

A. GRUESO	
P.T.M. HUM.	405.23
P.T.M. SECA	395.82
P. TARRO	51.14
P. AGUA	9.41
P.S. SECO	344.68
% HUMEDAD	2.73

A. GRUESO RECICLADO	
P.T.M. HUM.	439.61
P.T.M. SECA	426.92
P. TARRO	55.95
P. AGUA	12.69
P.S. SECO	370.97
% HUMEDAD	3.42

### PESOS UNITARIOS

#### AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9314	5920	2128	1595
9299	5920	2128	1588
9305	5920	2128	1591
			1591

#### AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
12135	7105	3241	1552
11863	7105	3241	1468
12015	7105	3241	1515
			1512

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9614	5920	2128	1736
9496	5920	2128	1680
9577	5920	2128	1719
			1712

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
12464	7105	3241	1654
12281	7105	3241	1597
12425	7105	3241	1641
			1631

#### OBSERVACIONES:

LOS ENSAYOS FUERON REALIZADAS POR LOS TESISISTAS EN LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELÁSQUEZ"  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 M.S.C.A.  
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
 103257



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



## DISEÑO DE MEZCLA F'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**PROYECTO** : INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI  
**CANTERA** : UNOCOLLA - AGREGADO GRUESO  
UNOCOLLA - AGREGADO FINO  
**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO - UANCV  
**FECHA** : 08 DE ABRIL DEL 2024

### PROCESO DE DISEÑO:

**NORMAS:** ACI 211.1.74  
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 210 Kg./cm.<sup>2</sup> a los 28 días  
entonces la resistencia promedio F'cr = 294 Kg./cm.<sup>2</sup>

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

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI TIPO IP

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: 3/4" (19.05mm)

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

### RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.61	2.53
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1631	1712
P.U. Suelto	1512	1591
% de Absorción	2.12	2.84
% de Humedad Natural	2.73	4.34
Modulo de Fineza	-	3.10

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal 3/4" (19.05mm)
- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m<sup>3</sup>
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0 %
- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.56
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de: ( 205 Lt/m<sup>3</sup> ) / ( 0.56 ) = 366 Kg/m<sup>3</sup>





7. De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.10 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1631 Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.590 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.590) \cdot (1631) = 962 \text{ Kg/m}^3$$

8. Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m<sup>3</sup> de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

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

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= \left( \frac{205}{1000} \right) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= \left( \frac{366}{2.85 \cdot 1000} \right) = 0.128 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= \left( \frac{962}{2.53 \cdot 1000} \right) = 0.380 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= \left( \frac{2.0}{100} \right) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= \underline{\underline{0.734}} \\ \text{Volumen absoluto de arena} &= \end{aligned}$$

Por tanto el peso requerido de arena seca será de:  $= (1.000 - 0.734) = 0.266 \text{ m}^3$

$$(0.266) \cdot (2.53) \cdot 1000 = 674 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &= (962) \cdot (1.027301) = 988 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &= (674) \cdot (1.0434) = 703 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

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

$$205 - \frac{962 \cdot (2.73 - 2.12)}{100} - 674 \left( \frac{4.34 - 2.84}{100} \right) = 189$$

### DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	366.07	1.00	366.07	1.00
Agua	205.00	0.56	188.98	0.52
Agreg. Grueso	962.10	2.63	988.36	2.70
Agreg. Fino	674.09	1.84	703.33	1.92
Aire	2.0 %		2.0 %	

### 8.61 BOLSAS /m<sup>3</sup> DE CEMENTO

#### DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	81.66 Kg.
Agregado grueso húmedo	114.75 Kg.
Agua efectiva	21.94 Kg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257



### DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies<sup>3</sup>

#### 1.0 Bolsa de Cemento: Redondeo

1.81	p3 de Arena	1.8	p3 de Arena
2.68	p3 de Piedra Chancada	2.7	p3 de Piedra Chancada
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 debera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

### OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

**Dr. Arnaldo Yara Torres**  
C.I. 103257



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



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

**PROYECTO:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

**CANTERA:** UNOCOLLA - AGREGADO GRUESO

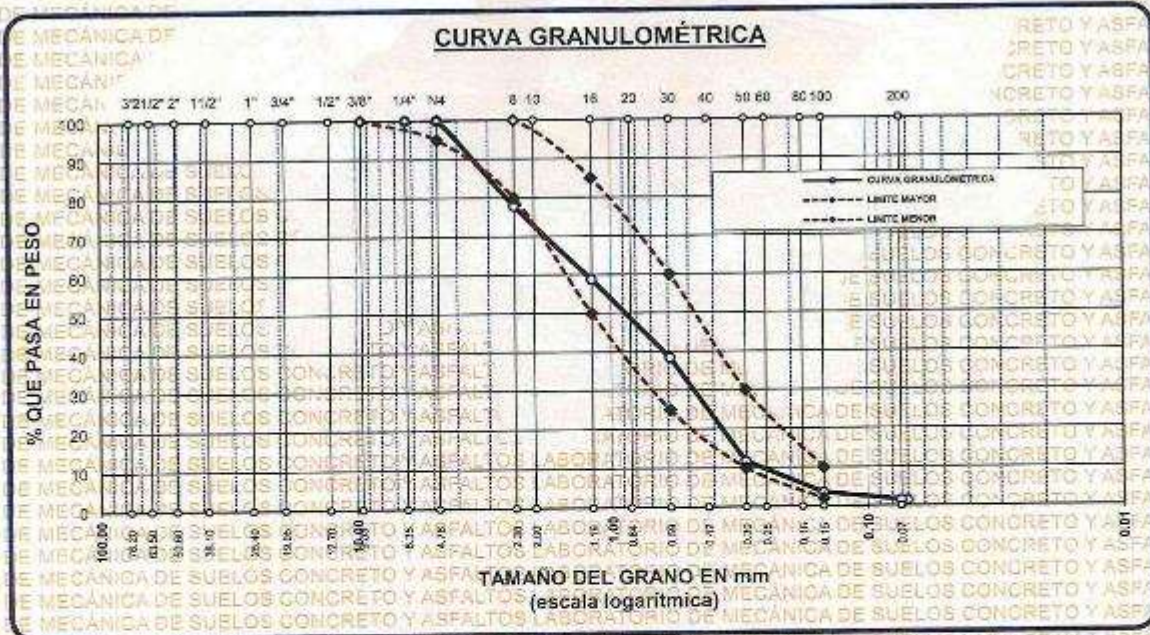
UNOCOLLA - AGREGADO FINO

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

**FECHA:** 08 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr.
1/2"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	80 - 100 %	Módulo de Fineza = 3.10
No8	2.380	110.84	22.17	22.17	77.83		
No10	2.000					50 - 85 %	
No16	1.190	95.03	19.01	41.17	58.83		
No20	0.840					25 - 60 %	
No30	0.590	102.24	20.45	61.62	38.38		
No40	0.420					10 - 30 %	
No 50	0.300	133.35	26.67	88.29	11.71		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	41.14	8.23	96.52	3.48	2-10%	
No200	0.074	10.21	2.04	98.56	1.44		
BASE		7.19	1.44	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		1.44					

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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



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



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

**PROYECTO:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

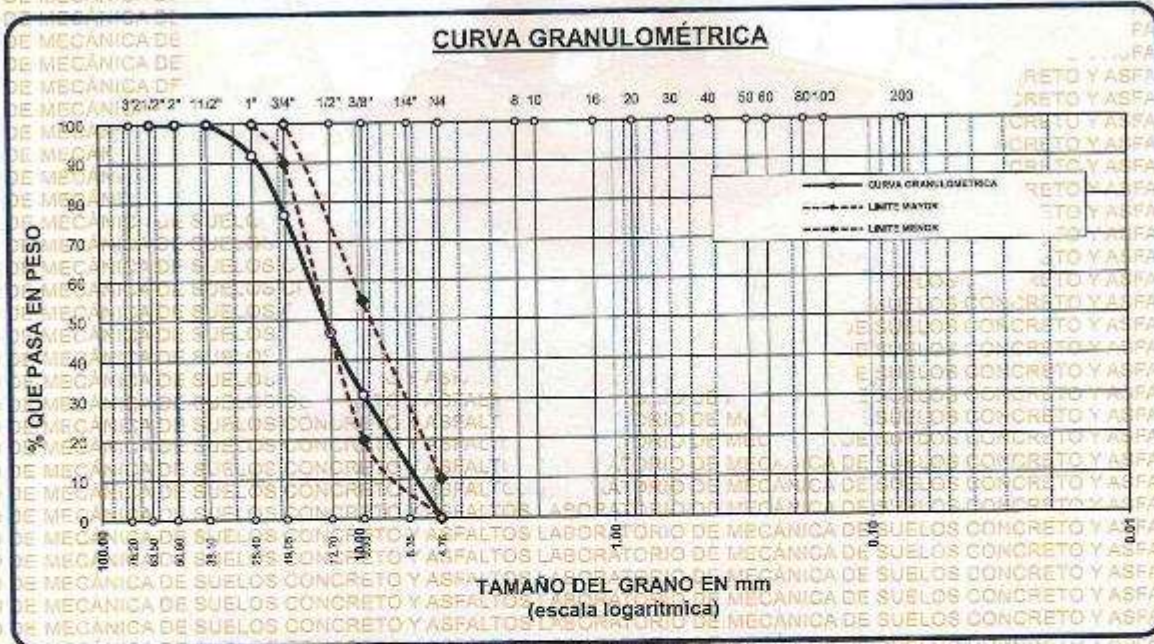
**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

**CANTERA:** UNOCOLLA - AGREGADO GRUESO  
UNOCOLLA - AGREGADO FINO

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

**FECHA:** 08 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIE	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4" OBSERVACIONES:	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00			
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00			
1"	25.400	283.00	8.09	8.09	91.91			
3/4"	19.050	531.00	15.17	23.26	76.74			
1/2"	12.700	1043.00	29.80	53.06	46.94			
3/8"	9.525	547.00	15.63	68.69	31.31			
1/4"	6.350							20 - 55 %
No4	4.760	1096.00	31.31	100.00	0.00			
BASE		0.00	0.00	100.0	0.0			
<b>TOTAL</b>		<b>3500.00</b>	<b>100.00</b>				0 - 10 %	
<b>% PERDIDA</b>		<b>0.00</b>						



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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL  
 Ing. Arnaldo Yana Torres  
 D.I.R. 103257



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



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C-33

**PROYECTO** : INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

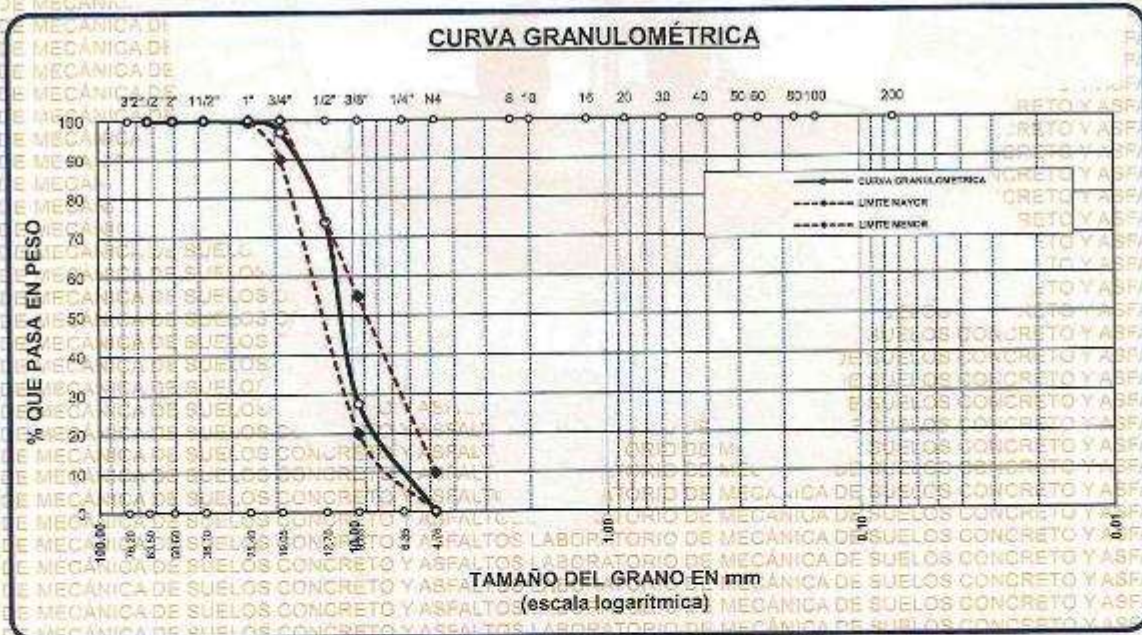
**SOLICITANTE** : Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

**CANTERA** : POMATA - PIEDRA PÓMEZ

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

**FECHA** : 08 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4" OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	15.00	0.43	0.43	99.57	100 %	
3/4"	19.050	89.00	2.54	2.97	97.03	90 - 100 %	
1/2"	12.700	812.00	23.20	26.17	73.83		
3/8"	9.525	1617.00	46.20	72.37	27.63	20 - 55 %	
1/4"	6.350						
No4	4.750	965.00	27.57	99.94	0.06	0 - 10 %	
BASE		2.00	0.06	100.0	0.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.06					



OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

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

*Mtro. Arnaldo Yana Torres*  
C.P. 303257

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA



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



## PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 ASHTO T - 19

**PROYECTO:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIMACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

**CANTERA:** UNOCOLLA - AGREGADO GRUESO

: UNOCOLLA - AGREGADO FINO

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

**FECHA:** 08 DE ABRIL DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm <sup>3</sup>	2128 cm <sup>3</sup>	2128 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9314.00 gr	9289.00 gr	9305.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3394.00 gr	3379.00 gr	3385.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.595 gr/cm <sup>3</sup>	1.588 gr/cm <sup>3</sup>	1.591 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.591 gr/cm <sup>3</sup>		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm <sup>3</sup>	2128 cm <sup>3</sup>	2128 cm <sup>3</sup>
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9614.00 gr	9496.00 gr	9577.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3694.00 gr	3576.00 gr	3657.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.736 gr/cm <sup>3</sup>	1.680 gr/cm <sup>3</sup>	1.719 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.712 gr/cm <sup>3</sup>		

### OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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



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



## PESOS UNITARIOS

NTE 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

**PROYECTO** : INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI  
**CANTERA** : UNOCOLLA - AGREGADO GRUESO  
: UNOCOLLA - AGREGADO FINO  
**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO - UANCV  
**FECHA** : 09 DE ABRIL DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm <sup>3</sup>	3241 cm <sup>3</sup>	3241 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12135.00 gr	11863.00 gr	12015.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	5030.00 gr	4758.00 gr	4910.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.552 gr/cm <sup>3</sup>	1.468 gr/cm <sup>3</sup>	1.515 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.512 gr/cm <sup>3</sup>		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm <sup>3</sup>	3241 cm <sup>3</sup>	3241 cm <sup>3</sup>
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	12464.00 gr	12281.00 gr	12425.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5359.00 gr	5176.00 gr	5320.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.654 gr/cm <sup>3</sup>	1.597 gr/cm <sup>3</sup>	1.641 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.631 gr/cm <sup>3</sup>		

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



*Néstor Arnaldo Yana Torres*  
CIP: 103257



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



### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

**PROYECTO** : INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI  
**CANTERA** : UNOCOLLA - AGREGADO GRUESO  
UNOCOLLA - AGREGADO FINO  
**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO - UANCV  
**FECHA** : 08 DE ABRIL DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	304.38
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	293.85
PESO DEL TARRO (gr.)	51.12
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	253.26
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	242.73
PESO DEL AGUA (gr.)	10.53
% HUMEDAD	4.34

MUESTRA : AGREGADO GRUESO	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	439.61
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	426.92
PESO DEL TARRO (gr.)	55.95
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	383.66
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	370.97
PESO DEL AGUA (gr.)	12.69
% HUMEDAD	3.42

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

Mgtr. Arnoldo 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



### RESISTENCIA AL DESGASTE "ABRASION LOS ANGELES" NORMAS ASTM C 131 AASTHO (DESIGNACION) T-26

**PROYECTO:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI  
**CANTERA:** UNOCOLLA - AGREGADO GRUESO  
**LUGAR:** LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO - UANCV  
**FECHA:** 08 DE ABRIL DEL 2024

**TIPO DE AGREGATO:** FINO:  GRUESO:  OTROS:   
**MUESTRA OBTENIDA POR:** CUARTEO:  DIVISOR DE MUESTRAS:   
**NUMERO DE REVOLUCIONES:** 500  1000

**CARGA ABRASIVA:** 12 **ESFERAS**  
**PESO SECO INICIAL DE LA MUESTRA:**  $W_i = 4980.82$  gr.  
**PESO SECO FINAL RETENIDA EN EL CEDAZO N° 12:**  $W_f = 3863.51$  gr.  
**PESO DEL MATERIAL QUE PASA EL CEDAZO N° 12:** = 1117.31 gr.

**PORCENTAJE DE PIEDRA:**  $De = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$   
 $De = 22.43$  %

**NOTA:**  
**GRADUACION:** "A", 3/4" - 1/2" = 2502, 1/2" - 3/8" = 2501  
**TIENE UNA RESISTENCIA AL DESGASTE DE:** 77.57 % **Y PERDIDA DE:** 22.43 %  
**NORMA AASTHO (DESIGNACION) T - 26, ASTM - C-131**

**OBSERVACION:**  
LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER

Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
CIP: 103257





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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1216.97	18.09	19.22	210.00	7	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1285.12	19.04				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1321.05	19.57				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1409.19	20.88				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1251.07	18.53				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1579.31	23.48	24.58	210.00	14	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1626.47	24.10				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1454.61	21.55				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1880.45	27.86				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1750.11	25.93				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2312.31	34.37	35.88	210.00	28	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2515.16	37.26				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2362.00	34.99				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2429.31	35.99				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2483.84	36.80				

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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
CIP: 103257



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACÁRARI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON PIEDRA PÓMEZ AL 30%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1217.35	16.10	17.87	210.00	7	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1156.22	17.13				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1142.34	16.92				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1304.50	19.33				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1205.74	17.86				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1385.66	20.60	22.16	210.00	14	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1511.20	22.39				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1596.38	23.65				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1348.35	19.96				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1634.16	24.21				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2077.10	30.87	32.38	210.00	28	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2212.64	32.78				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2165.33	32.06				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2318.27	34.34				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2149.61	31.85				

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

  
 Mr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP: 101257





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 FLEXIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON PIEDRA PÓMEZ AL 40%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1018.74	15.14	16.11	210.00	7	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1034.62	15.33			7	
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1215.40	16.01			7	
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1025.21	15.19			7	
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1139.33	16.98			7	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1291.34	19.19	20.23	210.00	14	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1438.65	21.31			14	
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1342.59	19.89			14	
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1272.30	18.85			14	
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1479.92	21.92			14	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2024.30	30.09	28.61	210.00	28	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1837.54	27.22			28	
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1966.21	29.16			28	
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1845.56	27.34			28	
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1972.98	29.23			28	

**OBSERVACIONES:**

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CARRERA INGENIERÍA CIVIL  
M.S.C. INVESTIGADOR  
Ing. Araldo Yana Torres  
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANÓNIMA 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 FLEXIÓN

NTP.338.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON PIEDRA PÓMEZ AL 50%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	905.42	13.46	13.86	210.00	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	826.81	12.28		210.00	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1008.84	14.95		210.00	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1016.82	15.06		210.00	7
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	914.69	13.55		210.00	7

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1199.99	17.84	17.26	210.00	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1183.34	17.53		210.00	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1096.56	16.25		210.00	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1265.77	18.75		210.00	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1074.63	15.92		210.00	14

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1492.78	22.19	24.32	210.00	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1767.33	26.18		210.00	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1575.26	23.34		210.00	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1635.71	24.23		210.00	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1731.07	25.65		210.00	28

**OBSERVACIONES:**

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



*[Signature]*  
 Ing. Arnaldo Yana Torres  
 CIP 103257



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI  
**LUGAR:** LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV - JULIACA  
**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS AL 0.50%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1381.80	20.54	22.81	210.00	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1506.40	22.32			7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1744.03	25.84			7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1555.81	23.05			7
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1439.77	21.33			7

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1912.64	28.43	27.12	210.00	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1733.53	25.88			14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1966.99	29.14			14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1824.82	27.03			14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1708.71	25.31			14

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2399.87	35.87	37.35	210.00	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2581.36	38.24			28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2498.05	36.98			28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2527.68	37.45			28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2592.93	36.41			28

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



*Mtr. Arnaldo Jara Torres*  
CIP: 103257



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA POMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS AL 1.00%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD DIAS
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1665.14	24.75	24.83	210.00	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1518.43	22.50			7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1844.72	27.33			7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1589.32	23.55			7
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1756.82	26.03			7

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD DIAS
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					
1	VIGA DE PRUEBA	14.65	15.00	50.00	1985.25	29.21	29.51	210.00	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1848.32	27.38			14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2174.66	32.22			14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1889.15	27.99			14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2076.84	30.77			14

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD DIAS
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					
1	VIGA DE PRUEBA	14.85	15.00	50.00	2423.06	36.02	34.91	210.00	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2405.64	35.64			28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2498.72	37.02			28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2255.15	33.41			28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2192.79	32.49			28

#### OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER

Arnaldo Yara 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 FLEXIÓN

NTF 338.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI  
**LUGAR:** LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV - JULIACA  
**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS AL 1.50%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1768.77	28.29	26.43	210.00	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1878.31	29.31		210.00	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1865.64	27.94		210.00	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2064.85	30.59		210.00	7
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1892.37	28.04		210.00	7

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2275.22	33.82	31.05	210.00	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1922.87	28.49		210.00	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2176.48	32.24		210.00	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1981.29	29.35		210.00	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2114.66	31.33		210.00	14

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2218.48	32.99	32.75	210.00	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2058.34	30.46		210.00	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2354.68	34.59		210.00	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2152.84	31.89		210.00	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2281.67	33.80		210.00	28

**OBSERVACIONES:**

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



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

Mr. Arnaldo Yana Torres



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA-PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	25523	14.98	176.24	144.82	210	08/04/2024	15/04/2024	7
2	BRIQUETA DE PRUEBA	25061	14.98	176.24	142.20	210	08/04/2024	15/04/2024	7
3	BRIQUETA DE PRUEBA	25402	15.01	176.95	143.55	210	08/04/2024	15/04/2024	7
4	BRIQUETA DE PRUEBA	24535	14.98	176.24	139.21	210	08/04/2024	15/04/2024	7
5	BRIQUETA DE PRUEBA	25049	14.98	176.24	142.13	210	08/04/2024	15/04/2024	7
Promedio De Esf. Rotura					142.38				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	35152	14.98	176.24	199.45	210	08/04/2024	22/04/2024	14
2	BRIQUETA DE PRUEBA	34645	14.98	176.24	196.57	210	08/04/2024	22/04/2024	14
3	BRIQUETA DE PRUEBA	35805	15.01	176.95	202.35	210	08/04/2024	22/04/2024	14
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33922	15.01	176.95	191.70	210	08/04/2024	22/04/2024	14
5	BRIQUETA DE PRUEBA	35021	14.98	176.24	198.71	210	08/04/2024	22/04/2024	14
Promedio De Esf. Rotura					197.76				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	39115	15.01	176.95	221.05	210	08/04/2024	06/05/2024	28
2	BRIQUETA DE PRUEBA	39842	15.01	176.95	225.16	210	08/04/2024	06/05/2024	28
3	BRIQUETA DE PRUEBA	39164	14.98	176.24	222.33	210	08/04/2024	06/05/2024	28
4	BRIQUETA DE PRUEBA	40039	14.98	176.24	227.18	210	08/04/2024	06/05/2024	28
5	BRIQUETA DE PRUEBA	39023	15.01	176.95	220.53	210	08/04/2024	06/05/2024	28
Promedio De Esf. Rotura					226.25				

#### OBSERVACIONES:

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



*Elvis Richard Huacani Acarapi*  
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
 Mestr. Aníbal Yana Torres  
 C.I.P. 103257



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON PIEDRA PÓMEZ AL 30%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	22868	15.01	176.95	129.34	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
2	BRIQUETA DE PRUEBA	24272	14.98	176.24	137.72	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
3	BRIQUETA DE PRUEBA	23998	14.98	176.24	136.16	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
4	BRIQUETA DE PRUEBA	23287	14.98	176.24	132.13	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
5	BRIQUETA DE PRUEBA	24212	15.01	176.95	136.83	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
Promedio De Esf. Rotura					134.44					

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	32542	15.01	176.95	183.90	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
2	BRIQUETA DE PRUEBA	33655	15.01	176.95	190.19	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
3	BRIQUETA DE PRUEBA	33211	14.98	176.24	188.44	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33036	14.98	176.24	187.45	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
5	BRIQUETA DE PRUEBA	33903	15.01	176.95	191.60	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
Promedio De Esf. Rotura					188.32					

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	36521	15.01	176.95	206.39	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
2	BRIQUETA DE PRUEBA	37067	14.98	176.24	210.32	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
3	BRIQUETA DE PRUEBA	38125	14.98	176.24	204.97	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
4	BRIQUETA DE PRUEBA	36971	14.98	176.24	209.77	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
5	BRIQUETA DE PRUEBA	36378	15.01	176.95	205.58	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
Promedio De Esf. Rotura					207.41					

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



*Elvis Richard Huacani Acarapi*  
 JEFE DE LABORATORIO  
 M.S.C. JEFATURA  
 CIP: 403287



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 338.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON PIEDRA POMÉZ AL 40%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	23431	15.01	176.95	132.42	210	08/04/2024	15/04/2024	7
2	BRIQUETA DE PRUEBA	22564	14.98	176.24	128.03	210	08/04/2024	15/04/2024	7
3	BRIQUETA DE PRUEBA	21945	14.98	176.24	124.52	210	08/04/2024	15/04/2024	7
4	BRIQUETA DE PRUEBA	22047	14.98	176.24	125.09	210	08/04/2024	15/04/2024	7
5	BRIQUETA DE PRUEBA	23051	15.01	176.95	130.27	210	08/04/2024	15/04/2024	7
Promedio De Esf. Rotura					128.06				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	30614	14.98	176.24	173.70	210	08/04/2024	22/04/2024	14
2	BRIQUETA DE PRUEBA	31425	14.98	176.24	178.30	210	08/04/2024	22/04/2024	14
3	BRIQUETA DE PRUEBA	30917	15.01	176.95	174.72	210	08/04/2024	22/04/2024	14
4	BRIQUETA DE PRUEBA	31846	14.98	176.24	179.56	210	08/04/2024	22/04/2024	14
5	BRIQUETA DE PRUEBA	31902	14.98	176.24	181.01	210	08/04/2024	22/04/2024	14
Promedio De Esf. Rotura					177.46				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	33369	15.01	176.95	188.58	210	08/04/2024	06/05/2024	28
2	BRIQUETA DE PRUEBA	34451	15.01	176.95	194.69	210	08/04/2024	06/05/2024	28
3	BRIQUETA DE PRUEBA	34324	14.98	176.24	194.75	210	08/04/2024	06/05/2024	28
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33990	14.98	176.24	192.86	210	08/04/2024	06/05/2024	28
5	BRIQUETA DE PRUEBA	34565	15.01	176.95	195.34	210	08/04/2024	06/05/2024	28
Promedio De Esf. Rotura					193.24				

#### OBSERVACIONES:

1- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER

W.S.C.A. JULIACA  
M.Sc. *Armando Yana Torres*  
C.I. 103257



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON PIEDRA PÓMEZ AL 50%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	20693	15.01	176.95	116.94	210	08/04/2024	15/04/2024	7
2	BRIQUETA DE PRUEBA	21275	14.98	176.24	120.71	210	08/04/2024	15/04/2024	7
3	BRIQUETA DE PRUEBA	20996	14.98	176.24	118.14	210	08/04/2024	15/04/2024	7
4	BRIQUETA DE PRUEBA	20287	15.01	176.95	114.65	210	08/04/2024	15/04/2024	7
5	BRIQUETA DE PRUEBA	21212	14.98	176.24	120.36	210	08/04/2024	15/04/2024	7
Promedio De Esf. Rotura					116.36				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	26521	14.98	176.24	161.83	210	08/04/2024	22/04/2024	14
2	BRIQUETA DE PRUEBA	29130	14.98	176.24	165.28	210	08/04/2024	22/04/2024	14
3	BRIQUETA DE PRUEBA	29026	15.01	176.95	164.03	210	08/04/2024	22/04/2024	14
4	BRIQUETA DE PRUEBA	30318	15.01	176.95	171.34	210	08/04/2024	22/04/2024	14
5	BRIQUETA DE PRUEBA	29652	14.98	176.24	168.24	210	08/04/2024	22/04/2024	14
Promedio De Esf. Rotura					166.15				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	31957	14.98	176.24	181.32	210	08/04/2024	06/05/2024	28
2	BRIQUETA DE PRUEBA	31456	14.98	176.24	178.48	210	08/04/2024	06/05/2024	28
3	BRIQUETA DE PRUEBA	32230	15.02	177.19	181.90	210	08/04/2024	06/05/2024	28
4	BRIQUETA DE PRUEBA	31171	14.98	176.24	176.86	210	08/04/2024	06/05/2024	28
5	BRIQUETA DE PRUEBA	30653	15.01	176.95	173.23	210	08/04/2024	06/05/2024	28
Promedio De Esf. Rotura					178.36				

#### OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



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

*Ignacio Armando Yana Torres*



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS AL 0.50%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	27486	15.01	178.95	155.33	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
2	BRIQUETA DE PRUEBA	26502	14.98	176.24	150.37	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
3	BRIQUETA DE PRUEBA	25758	14.98	176.24	145.15	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
4	BRIQUETA DE PRUEBA	26862	14.98	176.24	152.41	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
5	BRIQUETA DE PRUEBA	26337	15.01	178.95	148.84	210	08/04/2024	15/04/2024	7	
Promedio De Esf. Rotura					150.62					

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	36395	14.98	176.24	206.50	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
2	BRIQUETA DE PRUEBA	36347	14.98	176.24	206.23	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
3	BRIQUETA DE PRUEBA	37176	15.01	178.95	210.09	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
4	BRIQUETA DE PRUEBA	36128	14.98	176.24	204.99	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
5	BRIQUETA DE PRUEBA	36792	14.98	176.24	208.76	210	08/04/2024	22/04/2024	14	
Promedio De Esf. Rotura					207.31					

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	41012	15.01	178.95	231.77	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
2	BRIQUETA DE PRUEBA	43451	15.01	178.95	245.56	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
3	BRIQUETA DE PRUEBA	43022	14.98	176.24	244.11	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
4	BRIQUETA DE PRUEBA	42660	14.98	176.24	242.05	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
5	BRIQUETA DE PRUEBA	38202	15.01	178.95	215.89	210	08/04/2024	06/05/2024	28	
Promedio De Esf. Rotura					235.87					

**OBSERVACIONES:**

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER

  
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 FICP - C.A. INGENIERÍA CIVIL  
 Néstor Arnaldo Yana Torres  
 C.I. 102257



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE:** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA:** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS AL 1.00%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	24926	15.01	176.95	140.85	210	08/04/2024	15/04/2024	7
2	BRIQUETA DE PRUEBA	26566	14.98	176.24	150.73	210	08/04/2024	15/04/2024	7
3	BRIQUETA DE PRUEBA	25424	14.98	176.24	144.25	210	08/04/2024	15/04/2024	7
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28161	14.98	176.24	148.44	210	08/04/2024	15/04/2024	7
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28038	15.01	176.95	147.15	210	08/04/2024	15/04/2024	7
Promedio De Esf. Rotura					146.29				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	36721	14.98	176.24	208.35	210	08/04/2024	22/04/2024	14
2	BRIQUETA DE PRUEBA	35846	14.98	176.24	203.40	210	08/04/2024	22/04/2024	14
3	BRIQUETA DE PRUEBA	36425	15.01	176.95	205.85	210	08/04/2024	22/04/2024	14
4	BRIQUETA DE PRUEBA	35562	14.98	176.24	201.78	210	08/04/2024	22/04/2024	14
5	BRIQUETA DE PRUEBA	35110	14.98	176.24	199.21	210	08/04/2024	22/04/2024	14
Promedio De Esf. Rotura					203.72				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	39952	15.01	176.95	225.78	210	08/04/2024	06/05/2024	28
2	BRIQUETA DE PRUEBA	41621	15.01	176.95	235.21	210	08/04/2024	06/05/2024	28
3	BRIQUETA DE PRUEBA	40455	14.98	176.24	229.54	210	08/04/2024	06/05/2024	28
4	BRIQUETA DE PRUEBA	40102	14.98	176.24	227.54	210	08/04/2024	06/05/2024	28
5	BRIQUETA DE PRUEBA	41134	15.01	176.95	232.46	210	08/04/2024	06/05/2024	28
Promedio De Esf. Rotura					230.11				

#### OBSERVACIONES:

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

  
 Ing. Arnoldo Tano Torres  
 FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

BIE : 8007-00052647



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TEMA** INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** Bach. ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

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

**FECHA** ABRIL - MAYO DEL 2024

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS AL 1.50%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	25094	15.01	176.95	141.81	210	08/04/2024	15/04/2024	7
2	BRIQUETA DE PRUEBA	24585	14.98	176.24	139.38	210	08/04/2024	15/04/2024	7
3	BRIQUETA DE PRUEBA	25836	14.98	176.24	145.46	210	08/04/2024	15/04/2024	7
4	BRIQUETA DE PRUEBA	24014	14.98	176.24	136.25	210	08/04/2024	15/04/2024	7
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28451	15.01	176.95	149.48	210	08/04/2024	15/04/2024	7
Promedio De Esf. Rotura					142.48				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	34627	14.98	176.24	196.47	210	08/04/2024	22/04/2024	14
2	BRIQUETA DE PRUEBA	35485	14.98	176.24	201.34	210	08/04/2024	22/04/2024	14
3	BRIQUETA DE PRUEBA	34961	15.01	176.95	197.58	210	08/04/2024	22/04/2024	14
4	BRIQUETA DE PRUEBA	35829	14.98	176.24	203.29	210	08/04/2024	22/04/2024	14
5	BRIQUETA DE PRUEBA	35146	14.98	176.24	199.42	210	08/04/2024	22/04/2024	14
Promedio De Esf. Rotura					199.62				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS
1	BRIQUETA DE PRUEBA	39357	15.01	176.95	222.42	210	08/04/2024	06/05/2024	28
2	BRIQUETA DE PRUEBA	38685	15.01	176.95	218.62	210	08/04/2024	06/05/2024	28
3	BRIQUETA DE PRUEBA	39759	14.98	176.24	225.59	210	08/04/2024	06/05/2024	28
4	BRIQUETA DE PRUEBA	38957	14.98	176.24	221.04	210	08/04/2024	06/05/2024	28
5	BRIQUETA DE PRUEBA	40035	15.01	176.95	226.25	210	08/04/2024	06/05/2024	28
Promedio De Esf. Rotura					222.78				

**OBSERVACIONES:**

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 R.S.C.A. INVESTIGACIÓN  
 Lic. Armando Yane Torres



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 13-03-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ELVIS RICHARD HUACANI ACARAPI

Dirección: Jr. JOSE A. ZELA N° 1401

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46037158

Teléfono: 925 909 090 email: Richards.hu26@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

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

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: INCIDENCIA DE LA PIEDRA PÓMEZ Y FIBRA DE ALUMINIO RECICLADAS

SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO

CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONCRETO CONVENCIONAL, PIEDRA PÓMEZ, FIBRA DE ALUMINIO,

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1

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

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
- Título
- 2da Especialidad
- Maestría
- Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

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

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

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

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

13-01-2025

Fecha