



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



**ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN  
PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES  
MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO  
EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**  
**Bach. EDWIN CORAHUA TURPO**

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

**JULIACA – PERÚ**  
**2026**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN  
PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES  
MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO  
EN LA CIUDAD DE PUNO 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. EDWIN CORAHUA TURPO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

**PRIMER MIEMBRO**

:

Dr. RONALD MADERA TERÁN

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ASESOR DE TESIS**

:

Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - 017**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 0062-2026-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de enero del 2026

**VISTO:** El expediente N° 2026-CU-000630 presentado por el (la) Bachiller: **EDWIN CORAHUA TURPO** 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. **EDWIN CORAHUA TURPO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024**, 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. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- \* **1er Miembro** : Dr. RONALD MADERA TERÁN
- \* **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ARTICULO SEGUNDO.** – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

**ARTICULO TERCERO.** – **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **EDWIN CORAHUA TURPO**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : miércoles 28 de enero del 2026
- \* **HORA** : 09:30 horas
- \* **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. Ronald Madera Terán  
DECANO (e)  
CIP: 66975



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 483-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 19 de junio del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU - 5884 por el señor (a): **EDWIN CORAHUA TURPO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 316- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 038- 2025 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **EDWIN CORAHUA TURPO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Cesar Guillermo Camargo Najar** 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° 038- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **EDWIN CORAHUA TURPO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024** 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), **Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

**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. OSCAR V. VIAMONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32730

cc.  
Archivo  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 128-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de enero del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 18769, presentado el señor (a) EDWIN CORAHUA TURPO solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 1594-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 443-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): EDWIN CORAHUA TURPO ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 443-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): EDWIN CORAHUA TURPO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024** 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. FRITZ WILLY MAMANI APAZA.

**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 PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. Efraín Rangel Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc:  
Archivo 2025  
Interesado (a)



## ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina Nestor  
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

5%

2

Submitted to Higher Education Commission  
Pakistan

Trabajo del estudiante

2%

3

[repositorio.uancv.edu.pe](http://repositorio.uancv.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1%

6

[eprints.uanl.mx](http://eprints.uanl.mx)

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1%



| Título de la tesis                                                                                                                                                  |                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024</b> |                                                                                           |
| <b>Datos de autor</b>                                                                                                                                               |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | EDWIN CORAHUA TURPO                                                                       |
| Tipo de documento de identidad                                                                                                                                      | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                                                                                    | 47082662                                                                                  |
| URL de ORCID                                                                                                                                                        | <a href="https://orcid.org/0009-0004-4906-6868">https://orcid.org/0009-0004-4906-6868</a> |
| <b>Datos de asesor</b>                                                                                                                                              |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | FRITZ WILLI MAMANI APAZA                                                                  |
| Tipo de documento de identidad                                                                                                                                      | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                                                                                    | 02306659                                                                                  |
| URL de ORCID                                                                                                                                                        | <a href="https://orcid.org/0000-0002-0268-5061">https://orcid.org/0000-0002-0268-5061</a> |
| <b>Datos del jurado</b>                                                                                                                                             |                                                                                           |
| <b>Presidente del jurado</b>                                                                                                                                        |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR                                                             |
| Tipo de documento                                                                                                                                                   | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                                                                                    | 02441152                                                                                  |
| <b>Miembro del jurado 1</b>                                                                                                                                         |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | RONALD MADERA TERÁN                                                                       |
| Tipo de documento                                                                                                                                                   | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                                                                                    | 02429150                                                                                  |
| <b>Miembro del jurado 2</b>                                                                                                                                         |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | ARNALDO YANA TORRES                                                                       |
| Tipo de documento                                                                                                                                                   | DNI                                                                                       |



| Datos de investigación                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Línea de investigación                                                                                                                                | Tecnología de la Construcción – P17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Grupo de investigación                                                                                                                                | No aplica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Agencia de financiamiento                                                                                                                             | Sin financiamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ubicación geográfica de la investigación                                                                                                              | <p>País: Perú<br/>Departamento: Puno<br/>Provincia: Puno<br/>Distrito: Puno<br/>Localidad: Puno<br/>Latitud: O 70° 01' 25"<br/>Longitud: S 15° 50' 36"</p>  <p><a href="https://maps.app.goo.gl/tBRpvF8FceoQ1eYJ9">https://maps.app.goo.gl/tBRpvF8FceoQ1eYJ9</a></p> |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación                                                                                                | enero 2025 - enero 2026                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| URL de disciplinas OCDE                                                                                                                               | <p><b>Ingeniería civil</b><br/><a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p> <p><b>Ingeniería de la construcción</b><br/><a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p>                                                              |
| <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |



UNIVERSIDAD ANDINA "NUESTROS SEÑORES DE LA VIRGEN"  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS  
DIRECTOR



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo EDWIN CORAHUA TURPO, identificado con DNI  
Nro. 47082662, 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:

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS  
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO  
DE 2024

Asesorado por: DR. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 04 de MAYO del 2026

Firma del Asesor  
(obligatoria)

Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



### DEDICATORIA

*Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, a mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de mi formación profesional, siendo el pilar fundamental que me impulsó a superar cada desafío; asimismo, a mis amigos, quienes con su compañía y palabras de aliento contribuyeron a mantener firme mi compromiso con este objetivo, y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, formaron parte de este proceso, brindándome apoyo y confianza para culminar esta etapa tan importante en mi vida académica..*



## AGRADECIMIENTO

*Agradezco de manera sincera a todas las personas e instituciones que hicieron posible el desarrollo de esta investigación, especialmente a mis docentes y asesores, por su orientación, conocimientos y compromiso durante todo el proceso académico; asimismo, expreso mi gratitud a mi familia por su apoyo constante y confianza en cada etapa de mi formación, y a mis compañeros y amigos, quienes contribuyeron con su apoyo, motivación y colaboración, permitiendo que este trabajo se lleve a cabo con dedicación y esfuerzo, culminando así una etapa significativa en mi formación profesional..*



## ÍNDICE GENERAL

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

### CAPÍTULO I

|                                                |   |
|------------------------------------------------|---|
| EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....           | 1 |
| 1.1 Análisis de la situación problemática..... | 1 |
| 1.2 Planteamiento del problema.....            | 5 |
| 1.2.1 Problema general.....                    | 5 |
| 1.2.2 Problemas específicos .....              | 5 |
| 1.3 Objetivos de la investigación.....         | 5 |
| 1.3.1 Objetivo general .....                   | 5 |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....              | 5 |
| 1.4 Justificación de la investigación .....    | 6 |
| 1.4.1 Justificación técnica .....              | 6 |
| 1.4.2 Justificación económica .....            | 6 |
| 1.4.3 Justificación social .....               | 6 |
| 1.4.4 Justificación ambiental .....            | 7 |
| 1.5 Hipótesis de la investigación .....        | 7 |
| 1.5.1 Hipótesis general .....                  | 7 |
| 1.5.2 Hipótesis específicas .....              | 7 |
| 1.6 Variables .....                            | 7 |
| 1.6.1 Variable independiente .....             | 7 |
| 1.6.2 Variable dependiente .....               | 7 |
| 1.7 Operacionalización de variables.....       | 8 |



## CAPÍTULO II

|                                                                     |          |
|---------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>MARCO TEÓRICO .....</b>                                          | <b>9</b> |
| 2.1 Antecedentes de la investigación .....                          | 9        |
| 2.1.1 Antecedentes internacionales .....                            | 9        |
| 2.1.2 Antecedentes nacionales .....                                 | 11       |
| 2.1.3 Antecedentes regionales.....                                  | 13       |
| 2.2 Marco teórico .....                                             | 15       |
| 2.2.1 Fundamentos del concreto hidráulico.....                      | 15       |
| 2.2.2 Materiales Puzolánicos .....                                  | 18       |
| 2.2.3 Zeolita .....                                                 | 21       |
| 2.2.4 Propiedades Puzolánicas de la Zeolita.....                    | 24       |
| 2.2.5 Influencia De La Zeolita en las Propiedades Del Concreto..... | 25       |
| 2.2.6 Ventajas de la Zeolita.....                                   | 27       |
| 2.3 Marco conceptual.....                                           | 29       |

## CAPÍTULO III

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>         | <b>31</b> |
| 3.1 Diseño de la investigación.....                 | 31        |
| 3.2 Métodos de la investigación .....               | 31        |
| 3.3 Nivel y tipo de investigación .....             | 32        |
| 3.4 Población y muestra de la investigación.....    | 32        |
| 3.4.1 Población .....                               | 32        |
| 3.4.2 Muestra.....                                  | 32        |
| 3.5 Técnicas e instrumentos .....                   | 33        |
| 3.5.1 Técnicas .....                                | 33        |
| 3.5.2 Instrumentos .....                            | 33        |
| 3.6 Validación y confiabilidad del instrumento..... | 34        |
| 3.6.1 Validación .....                              | 34        |
| 3.6.2 Confiabilidad .....                           | 34        |
| 3.7 Procedimiento de recolección de datos.....      | 34        |
| 3.7.1 Ensayos en laboratorio .....                  | 35        |
| 3.8 Procesamiento y análisis de datos .....         | 42        |

## CAPÍTULO IV

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b> | <b>44</b> |
| 4.1 Resultados .....               | 44        |



|                              |                               |           |
|------------------------------|-------------------------------|-----------|
| 4.2                          | Discusión de resultados ..... | 62        |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>    |                               | <b>65</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b> |                               | <b>67</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>    |                               | <b>68</b> |
| <b>ANEXOs .....</b>          |                               | <b>71</b> |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                 |                                                                        |    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b>  | Operacionalización de variables.....                                   | 8  |
| <b>Tabla 2</b>  | Componentes del concreto y su función.....                             | 16 |
| <b>Tabla 3</b>  | Clasificación de materiales puzolánicos .....                          | 19 |
| <b>Tabla 4</b>  | Propiedades físicas y químicas de la zeolita .....                     | 22 |
| <b>Tabla 5</b>  | Proceso de reacción puzolánica.....                                    | 24 |
| <b>Tabla 6</b>  | Efectos de la zeolita en las propiedades del concreto .....            | 27 |
| <b>Tabla 7</b>  | Ventajas y desventajas de la zeolita.....                              | 28 |
| <b>Tabla 8</b>  | Humedad del agregado.....                                              | 44 |
| <b>Tabla 9</b>  | Absorción y peso específico grava y arena .....                        | 44 |
| <b>Tabla 10</b> | Prueba de peso unitario .....                                          | 45 |
| <b>Tabla 11</b> | Gradación de los aridos .....                                          | 45 |
| <b>Tabla 12</b> | Gradación de la arena.....                                             | 46 |
| <b>Tabla 13</b> | Dosificación de los materiales .....                                   | 47 |
| <b>Tabla 14</b> | Ensayo de slump de la muestra patrón .....                             | 48 |
| <b>Tabla 15</b> | Ensayo de slump de la muestra + 4% de zeolita .....                    | 48 |
| <b>Tabla 16</b> | Ensayo de slump de la muestra + 8% de zeolita .....                    | 49 |
| <b>Tabla 17</b> | Ensayo de slump de la muestra + 12% de zeolita .....                   | 49 |
| <b>Tabla 18</b> | Resumen de los resultados del ensayo de slump.....                     | 50 |
| <b>Tabla 19</b> | Ensayo a compresión de la muestra control a los 7 días.....            | 51 |
| <b>Tabla 20</b> | Ensayo a compresión de la muestra con 4% de zeolita a los 7 días.....  | 51 |
| <b>Tabla 21</b> | Ensayo a compresión de la muestra con 8% de zeolita a los 7 días.....  | 52 |
| <b>Tabla 22</b> | Ensayo a compresión de la muestra con 12% de zeolita a los 7 días..... | 52 |
| <b>Tabla 23</b> | Resumen de los resultados del ensayo a compresión a los 7 días.....    | 52 |
| <b>Tabla 24</b> | Ensayo a compresión de la muestra control a los 14 días.....           | 54 |
| <b>Tabla 25</b> | Ensayo a compresión de la muestra con 4% de zeolita a los 14 días..... | 54 |
| <b>Tabla 26</b> | Ensayo a compresión de la muestra con 8% de zeolita a los 14 días..... | 54 |



|                 |                                                                         |    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 27</b> | Ensayo a compresión de la muestra con 12% de zeolita a los 14 días..... | 55 |
| <b>Tabla 28</b> | Resumen de los resultados del ensayo a compresión a los 14 días.....    | 55 |
| <b>Tabla 29</b> | Ensayo a compresión de la muestra control a los 28 días.....            | 57 |
| <b>Tabla 30</b> | Ensayo a compresión de la muestra con 4% de zeolita a los 28 días.....  | 57 |
| <b>Tabla 31</b> | Ensayo a compresión de la muestra con 8% de zeolita a los 28 días.....  | 57 |
| <b>Tabla 32</b> | Ensayo a compresión de la muestra con 12% de zeolita a los 28 días..... | 58 |
| <b>Tabla 33</b> | Resumen de los resultados del ensayo a compresión a los 28 días.....    | 58 |
| <b>Tabla 34</b> | Ensayo de modulo de rotura o flexión a los 28 dias .....                | 60 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Componentes del concreto .....                                                           | 16 |
| <b>Figura 2</b> Concreto fresco .....                                                                    | 17 |
| <b>Figura 3</b> Resistencia a la compresión .....                                                        | 18 |
| <b>Figura 4</b> Slump del concreto .....                                                                 | 20 |
| <b>Figura 5</b> Zeolita en polvo .....                                                                   | 21 |
| <b>Figura 6</b> Zeolita en la construcción .....                                                         | 23 |
| <b>Figura 7</b> Contenido de humedad .....                                                               | 36 |
| <b>Figura 8</b> Granulometría de los agregados .....                                                     | 37 |
| <b>Figura 9</b> Granulometría de los agregados .....                                                     | 38 |
| <b>Figura 10</b> Peso específico y absorción .....                                                       | 39 |
| <b>Figura 11</b> Resistencia a la compresión .....                                                       | 40 |
| <b>Figura 12</b> Resistencia a la flexión .....                                                          | 41 |
| <b>Figura 13</b> Distribución granulométrica del agregado grueso .....                                   | 46 |
| <b>Figura 14</b> Composición granulométrica-agregado fino.....                                           | 47 |
| <b>Figura 15</b> Comportamiento del ensayo de slump con zeolita en polvo.....                            | 50 |
| <b>Figura 16</b> Comportamiento del ensayo resistencia a compresión con zeolita en polvo a 7 días .....  | 53 |
| <b>Figura 17</b> Comportamiento del ensayo resistencia a compresión con zeolita en polvo a 14 días ..... | 55 |
| <b>Figura 18</b> Comportamiento del ensayo resistencia a compresión con zeolita en polvo a 28 días ..... | 58 |
| <b>Figura 19</b> Comportamiento del ensayo resistencia a flexión con zeolita en polvo a 28 días .....    | 61 |



## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar como la adición de zeolita en polvo de material puzolánico incide en el concreto hidráulico, nuestro estudio aplica la necesidad de utilizar aditivos minerales como una alternativa que se apliquen al concreto y mejoren su rendimiento logrando de esta manera utilizar menos cemento y así contribuir a la sostenibilidad en el rubro de las edificaciones. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada y nivel explicativo, con un diseño cuasi experimental de corte transversal. La población estuvo constituida por los concretos con zeolita producidos en la ciudad de Puno, para la muestra se realizaron 4 diseños de concreto con distintos porcentajes de zeolita 4%, 8% y 12%, donde se elaboraron 36 probetas cilíndricas para compresión y 12 vigas prismáticas para flexión. Para la recolección de datos utilizamos la técnica de la observación experimental y los instrumentos fueron los ensayos de laboratorio según las normas ASTM. Los resultados del slump de la mezcla patrón fue de 3.70" y con zeolita de 4%, 8%, 12% fue de 3.17", 2.83", 2.53" donde a mayor porcentaje es menor la consistencia, la resistencia a la compresión a 28 días alcanzo un  $f'c=296.45$  kg/cm<sup>2</sup> de la muestra patrón mientras con zeolita de 4%, 8%, 12% llegaron a 304.73 kg/cm<sup>2</sup>, 309.69 kg/cm<sup>2</sup>, 267.14 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el más óptimo el 8% de zeolita, la resistencia a flexión el módulo de rotura llego a 46.78 kg/cm<sup>2</sup>, mientras con zeolita de 4%, 8%, 12% llegaron a 48.27 kg/cm<sup>2</sup>, 44.31 kg/cm<sup>2</sup>, 42.61 kg/cm<sup>2</sup>, donde el 4% de zeolita fue el más óptimo. Se concluye que la adición de zeolita en polvo logra mejorar su resistencia mecánica del concreto cuando se dosifica en porcentajes moderados del 8% y 4% logrando optimizar el desempeño del concreto favoreciendo la sostenibilidad en los procesos constructivos.

**Palabras Clave:** Zeolita en polvo, concreto hidráulico, resistencia a compresión, resistencia a flexión.



## ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the effects of adding powdered zeolite pozzolanic material to hydraulic concrete. Our study addresses the need for mineral additives as an alternative to concrete, improving its performance and thus reducing cement usage, thereby contributing to sustainability in the construction sector. The methodology employed was quantitative, applied, and explanatory, with a quasi-experimental, cross-sectional design. The population consisted of zeolite-infused concretes produced in the city of Puno. The sample comprised four concrete mixes with different zeolite percentages: 4%, 8%, and 12%. Thirty-six cylindrical specimens were prepared for compression testing, and twelve prismatic beams were tested for flexural testing. Data was collected using experimental observation, and laboratory tests were performed according to ASTM standards. The slump results for the control mix were 3.70" and with zeolite at 4%, 8%, and 12%, they were 3.17", 2.83", and 2.53", where a higher percentage resulted in lower consistency. The compressive strength at 28 days reached  $f'_c=296.45$  kg/cm<sup>2</sup> for the control sample, while with zeolite at 4%, 8%, and 12%, it reached 304.73 kg/cm<sup>2</sup>, 309.69 kg/cm<sup>2</sup>, and 267.14 kg/cm<sup>2</sup>, with 8% zeolite being the most optimal. The flexural strength, the modulus of rupture, reached 46.78 kg/cm<sup>2</sup>, while with zeolite at 4%, 8%, and 12%, it reached 48.27 kg/cm<sup>2</sup>, 44.31 kg/cm<sup>2</sup>, and 42.61 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. kg/cm<sup>2</sup>, where 4% zeolite was the most optimal. It is concluded that the addition of zeolite powder improves the mechanical strength of concrete when dosed at moderate percentages of 8% and 4%, optimizing concrete performance and promoting sustainability in construction processes.

**Keywords:** Zeolite powder, hydraulic concrete, compressive strength, flexural strength.



## INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil a causa de su capacidad utiliza muchos materiales para adaptarse a diversas condiciones estructurales y ambientales, convirtiéndose en un elemento fundamental en el desarrollo de infraestructura moderna. Su resistencia, durabilidad y versatilidad lo posicionan como el principal insumo en obras de edificación, pavimentación y estructuras en general; sin embargo, el uso intensivo de cemento Portland en su composición ha generado preocupaciones tanto a nivel técnico como ambiental, debido al alto uso de recursos. En este escenario, tiene el compromiso de investigar alternativas los cuales incitan a mejorar el cometido del concreto sin complicar su calidad estructural, promoviendo al mismo tiempo prácticas más sostenibles en el sector construcción.

En respuesta a esta problemática, diversos estudios han orientado su atención hacia el uso de materiales suplementarios con propiedades puzolánicas, entre los cuales destaca la zeolita en polvo. Este material, de origen natural, presenta una estructura microporosa que le permite reaccionar con los compuestos del cemento, favoreciendo la formación de productos que pueden incrementar la resistencia mecánica y mejorar la durabilidad del concreto. Además, su incorporación en mezclas de concreto representa una estrategia viable para reducir parcialmente el contenido de cemento, contribuyendo así a la disminución del impacto ambiental sin afectar negativamente las propiedades del material, siempre que se utilicen proporciones adecuadas y controladas.

En la ciudad de Puno, las condiciones climáticas particulares, caracterizadas por bajas temperaturas, variaciones térmicas y un entorno geográfico específico, influyen directamente en el comportamiento del concreto hidráulico, afectando procesos como el fraguado, el desarrollo de resistencia y la durabilidad a largo plazo. Estas condiciones hacen necesario evaluar el comportamiento de nuevas alternativas de materiales bajo



un contexto local, ya que los resultados obtenidos en otras regiones no siempre son directamente aplicables. Por ello, el estudio de la incorporación de zeolita en el concreto adquiere especial relevancia en esta zona, donde se busca optimizar las propiedades del material frente a condiciones ambientales exigentes.

Nuestra investigación se centra en el análisis experimental del uso de la zeolita en polvo en cantidades diferentes dentro del diseño de mezclas, con el propósito de evaluar su influencia en la trabajabilidad, resistencia en el concreto las cuales actúan en condiciones climáticas de la ciudad de Puno, en este sentido, el estudio contempla el desarrollo de ensayos de laboratorio orientados a determinar variaciones en la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto, a partir de diferentes dosificaciones de zeolita, así como la comparación de resultados frente a una mezcla patrón, permitiendo identificar el comportamiento del material y establecer criterios técnicos sobre su viabilidad de uso en el ámbito constructivo local, contribuyendo de esta manera para optimizar un diseño de mezclas y al uso eficaz de materiales alternativos en la ingeniería civil.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel mundial, el uso del concreto hidráulico se ha incrementado significativamente debido al crecimiento urbano, la expansión de infraestructura y la necesidad de soluciones constructivas duraderas. Sin embargo, este aumento ha generado una problemática importante asociada al alto consumo de cemento Portland, cuya producción llega alrededor del 7% al 8% de las contaminaciones, contribuyendo de manera considerable al cambio climático (International Energy Agency, 2022). Esta situación ha impulsado a la comunidad científica y técnica a buscar alternativas que permitan reducir la huella ambiental del concreto sin afectar sus propiedades mecánicas, promoviendo el uso de materiales suplementarios cementantes como una estrategia viable y sostenible.

En este contexto, la zeolita natural ha sido objeto de diversas investigaciones debido a sus propiedades puzolánicas, las cuales permiten mejorar la microestructura del concreto y aumentar su dureza en un periodo prolongado. Investigaciones internacionales concluyeron que el uso de zeolita en proporciones controladas puede mejorar la durabilidad, reducir la permeabilidad y optimizar el desempeño mecánico del concreto, especialmente en ambientes agresivos (American Concrete Institute, 2020). No obstante, los resultados varían según el tipo de zeolita, la dosificación y las



condiciones ambientales, lo que evidencia la necesidad de continuar investigando su comportamiento en diferentes contextos geográficos y climáticos

En América Latina, el desarrollo de infraestructura año tras año va aumentando su tendencia, impulsando el uso intensivo del concreto como material principal de construcción. Sin embargo, la región enfrenta desafíos los cuales están enmarcados con el uso eficiente de los recursos, debido a limitaciones tecnológicas, económicas y normativas en algunos países. En este escenario, el empleo de materiales alternativos como adiciones minerales ha sido promovido para que sea un plan con el fin de optimizar el concreto y reducir los costos de producción, además de mitigar los impactos ambientales asociados (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2021).

Diversas investigaciones en países latinoamericanos han evaluado el uso de zeolita en el concreto, evidenciando diferente tipo de mejoras en cuanto a su durabilidad y a su resistencia cuando se utiliza en porcentajes adecuados. No obstante, la aplicación de este material aún no se encuentra estandarizada en gran parte de todos los países el cual limita su implementación en proyectos de gran escala. Además, elementos como la variabilidad en bastos locales y las circunstancias climáticas propias de cada país influyen claramente en los resultados, es por eso que es importante desarrollar estudios específicos que permitan validar su uso en contextos particulares (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020).

En el Perú, la construcción también el uso predominante del concreto hidráulico en obras de infraestructura, vivienda y edificación. Sin embargo, al igual que en el contexto global, el uso intensivo de cemento Portland genera impactos ambientales significativos, lo que ha motivado el interés por investigar alternativas que permitan optimizar el diseño de mezclas y mejorar la eficiencia del material. En este sentido, instituciones académicas y centros de investigación han comenzado a explorar el uso de adiciones minerales, como la zeolita, con propósito de que pueda mejorar la pasta y



reducir el consumo de cemento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2022).

A pesar de estos avances, el uso de zeolita en el concreto aún es limitado en el país, debido principalmente a la falta de normativa específica y a la escasa difusión de estudios aplicados en condiciones locales. Asimismo, la variabilidad de las características de los bastos que están dentro del terreno nacional y la diversidad de condiciones climáticas dificultan la generalización de resultados. Por ello, resulta fundamental desarrollar investigaciones experimentales que permitan evaluar el comportamiento de la zeolita en contextos específicos, aportando evidencia técnica que respalde su incorporación en el diseño en el Perú.

En la región de Puno, el desarrollo de proyectos de construcción se enfrenta a condiciones ambientales particulares, caracterizadas por bajas temperaturas, altitud elevada y variaciones térmicas significativas, cosas que inciden directamente en el comportamiento del hormigón. Estas condiciones pueden afectar el proceso en cuanto a su tipo de curado, el tiempo de fraguado y su proceso de hidratación y el progreso de la resistencia mecánica, generando desafíos técnicos en la ejecución de obras. En este contexto, hay una urgencia por optimizar sus propiedades para que adquiera mayor relevancia, especialmente en proyectos que requieren altos niveles de durabilidad y resistencia.

A pesar de la importancia de estas condiciones, existe una limitada cantidad de estudios que analicen el comportamiento del concreto con adiciones minerales en la región de Puno, lo que evidencia un vacío de conocimiento a nivel local. La incorporación de zeolita en el concreto podría representar como opción y adaptarlo a las condiciones climáticas de la zona; sin embargo, es necesario evaluar su comportamiento mediante ensayos experimentales que permitan determinar su efectividad en proporciones controladas. De esta manera, la presente investigación



busca contribuir al desarrollo de soluciones técnicas adaptadas al contexto regional, fortaleciendo la base científica en futuras decisiones en el manejo constructivo local.

Las obras de construcción en Puno presentan diversas limitaciones asociadas a las condiciones ambientales propias de la zona, tales como las bajas temperaturas, la altitud y las variaciones térmicas, cosas que inciden directamente en el sumario de fraguado y de la resistencia mecánica del material. Estas condiciones pueden generar retrasos en la ganancia de resistencia, disminución en la durabilidad y posibles fallas estructurales si no se consideran adecuadamente en el diseño de la mezcla. A ello se suma el uso convencional de dosificaciones que, en muchos casos, no incorporan materiales alternativos, lo que evidencia una brecha entre la práctica constructiva local y las tendencias actuales orientadas a la innovación y sostenibilidad.

Asimismo, existe una limitada aplicación de adiciones minerales como la zeolita en polvo dentro del diseño de mezclas de concreto en el contexto local, debido principalmente a la falta de estudios experimentales que validen su comportamiento en condiciones específicas de la región.

Esta situación genera incertidumbre en los profesionales del sector construcción respecto a su uso, restringiendo la adopción de soluciones que podrían optimizar la pasta del hormigón y minimizar el consumo de cemento. En este sentido, se hace necesario analizar de manera técnica y experimental los efectos de la incorporación de zeolita en proporciones controladas, para analizar su incidencia en la resistencia y trabajabilidad del concreto hidráulico, y así contribuir a la generación de conocimiento aplicable que permita optimizar los procesos constructivos en nuestra ciudad.

## 1.2 Planteamiento del problema

### 1.2.1 *Problema general*

¿Cómo el uso de zeolita en polvo en cantidades controladas incide en las propiedades mecánicas del concreto hidráulico en la ciudad de Puno durante el año 2024?

### 1.2.2 *Problemas específicos*

1. ¿Cómo afecta la adición de zeolita en polvo en la trabajabilidad del concreto?
2. ¿Cómo incide el uso de zeolita en polvo en la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en diferentes proporciones?
3. ¿Cómo incide el uso de zeolita en polvo en el módulo de rotura en porcentajes de 4%, 8%, 12%?

## 1.3 Objetivos de la investigación

### 1.3.1 *Objetivo general*

Analizar la influencia de la incorporación de zeolita en cantidades controladas en las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Puno durante el año 2024.

### 1.3.2 *Objetivos específicos*

- a. Determinar la influencia de la zeolita sobre la trabajabilidad del concreto hidráulico.
- b. Evaluar el uso de zeolita en polvo en la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en diferentes proporciones.
- c. Determinar cómo incide el uso de zeolita en polvo en el módulo de rotura en porcentajes de 4%, 8%, 12%.

## **1.4 Justificación de la investigación**

### **1.4.1 Justificación técnica**

Se justifica a causa de la necesidad de optimizar las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con el uso de zeolita en polvo, la cual posee características puzolánicas las cuales inciden en slump y resistencia del material; en este sentido, el estudio permitirá evaluar experimentalmente el comportamiento del concreto con diferentes proporciones de zeolita, generando información confiable y aplicable para mejorar el diseño de mezclas, especialmente en condiciones particulares como las de la ciudad de Puno, donde factores climáticos pueden afectar el desempeño del concreto.

### **1.4.2 Justificación económica**

Desde el enfoque económico, la investigación se justifica en la posibilidad de reducir costos en la producción de concreto sustituyendo de forma parcial de la pasta por zeolita en polvo, lo que podría representar un ahorro significativo en proyectos de construcción, considerando que el cemento es uno de los componentes más costosos de la mezcla; además, la optimización del material puede contribuir a disminuir gastos asociados a reparaciones, mantenimiento y fallas estructurales, generando un logro adecuado sobre la optimización de los recursos y en la rentabilidad de las obras.

### **1.4.3 Justificación social**

En el ámbito social, esta investigación adquiere relevancia al contribuir al desarrollo de construcciones más seguras, duraderas y eficientes, lo que impacta directamente sobre la eficacia de vida de la ciudad; el uso de un concreto con mejores propiedades mecánicas minimiza sobre posibles fallas estructurales y mejora la confiabilidad de las edificaciones, especialmente en contextos como el de Puno, donde las condiciones ambientales exigen materiales de mayor desempeño, beneficiando tanto a profesionales del sector construcción como a la comunidad en general.



#### **1.4.4 Justificación ambiental**

Desde la perspectiva ambiental, la incorporación de zeolita en polvo como material suplementario permite disminuir parcialmente este impacto, contribuyendo a la reducción de la huella ambiental del concreto, fomentando de esta manera como alternativas materiales que estén más cercanos con el medio logrando de esta manera edificaciones mucho más sostenibles.

### **1.5 Hipótesis de la investigación**

#### **1.5.1 Hipótesis general**

La incorporación de zeolita en polvo en cantidades controladas mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Puno durante el año 2026.

#### **1.5.2 Hipótesis específicas**

- a. La adición de zeolita en polvo modifica la trabajabilidad del concreto hidráulico, manteniéndola dentro de rangos adecuados para su aplicación.
- b. El uso de zeolita en polvo en proporciones controladas incrementa la resistencia a la compresión del concreto hidráulico.
- c. El uso de zeolita en porcentajes del 8% mejora el módulo de rotura del concreto

### **1.6 Variables**

#### **1.6.1 Variable independiente**

Uso de zeolita

#### **1.6.2 Variable dependiente**

Concreto hidráulico

## 1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

*Operacionalización de variables*

| Variable            | Tipo      | Dimensión                   | Indicador                             | Unidad de Medida | Técnica               | Instrumento           |
|---------------------|-----------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| Uso de zeolita      |           | Dosificación                | Porcentaje de reemplazo de cemento    | %                | Experimental          | Diseño de mezcla      |
|                     | Independe | Composición de la mezcla    | Relación zeolita/cemento              | Proporción       | Experimental          | Ficha de dosificación |
|                     |           | Tipo de material            | Características físicas de la zeolita | Descriptivo      | Observación           | Ficha técnica         |
| concreto hidráulico | Depende   | Resistencia mecánica        | Resistencia a la compresión           | MPa              | Ensayo de laboratorio | Máquina de compresión |
|                     |           | Trabajabilidad              | Asentamiento (slump)                  | cm               | Ensayo de laboratorio | Cono de Abrams        |
|                     |           | Comportamiento del concreto | Consistencia de la mezcla             | Cualitativo      | Observación           | Registro de campo     |



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Shayan y Xu (2023), el estudio desarrollado por titulado "Performance of concrete containing natural zeolite as a supplementary cementitious material" tuvo como objetivo analizar su estructura y la durabilidad del concreto al incorporar zeolita natural como material suplementario del cemento; para ello, los autores aplicaron una metodología experimental basada en la elaboración de diferentes dosificaciones en cantidades variables en parte de la pasta cementante por zeolita, sometiendo las muestras a ensayos de resistencia a la compresión, permeabilidad y durabilidad a distintas edades de curado; los resultados evidenciaron que la incorporación de zeolita en proporciones moderadas incrementa de manera significativa su resistencia a largo plazo y minimiza su permeabilidad, debido a la reacción puzolánica que favorece la formación de compuestos más densos en la matriz; asimismo, se observó que aunque la resistencia inicial puede disminuir ligeramente, esta se compensa con el incremento progresivo en edades posteriores; en conclusión, el estudio demuestra que la zeolita es un material viable para mejorar el desempeño del concreto, siempre que se utilicen proporciones adecuadas; su aporte de importancia radica en proporcionar evidencia



técnica sobre los beneficios de la zeolita como adición mineral, lo que respalda su uso en el diseño de mezclas sostenibles y de alto rendimiento en la ingeniería civil.

Ahmadi y Shekarchi (2020), la investigación realizada titulada "Use of natural zeolite as a supplementary cementitious material", tuvo como objetivo principal analizar la incidencia al aplicar la zeolita en resistencia y de durabilidad del concreto, con especial énfasis en su comportamiento frente a agentes agresivos; la metodología empleada consistió en un enfoque experimental en laboratorio, en el cual se prepararon muestras de concreto con distintas cantidades de parte cementante por zeolita (entre 5% y 20%), evaluando parámetros de su tenacidad del concreto, absorción, penetración de cloruros y resistencia química; los resultados indicaron que la zeolita contribuye a corregir a mayor duración del concreto al minimizar la porosidad y aumentar la resistencia a la penetración de agentes externos, el cual prolonga la duración de varios años de las estructuras; además, se evidenció que existe un rango óptimo de dosificación en el cual se maximiza el rendimiento del material sin afectar negativamente sus propiedades; en conclusión, los autores señalan que la zeolita es una opción eficaz que mejora tanto la tenacidad como la durabilidad, especialmente en ambientes agresivos; el aporte de esta investigación es de importancia ya que amplía el conocimiento sobre la utilización de materiales puzolánicos naturales, proporcionando bases científicas para su aplicación en proyectos de infraestructura sostenible.

Valipour et al., (2023) el estudio desarrollado titulado "Influence of natural zeolite on strength and durability of concrete", a tenido como proposito determinar la incidencia de la zeolita en la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto, considerando diferentes proporciones de reemplazo de cemento; en cuanto a la metodología aplicada es de tipo experimental, desarrollando ensayos de laboratorio que incluyeron pruebas de compresión, tracción, absorción de agua y resistencia frente a ciclos de congelamiento y deshielo; los resultados mostraron que la incorporación de zeolita en



porcentajes adecuados mejora la resistencia a largo plazo y reduce significativamente la absorción de agua, lo que contribuye a una mayor durabilidad del material; asimismo, se determinó que el uso de zeolita puede mejorar el comportamiento del concreto en condiciones ambientales adversas, lo cual resulta relevante para zonas con climas extremos; en conclusión, los investigadores establecen que la zeolita es un material eficaz para optimizar las propiedades del concreto, siempre que su dosificación sea controlada; su aporte de este investigador fue de realizar la viabilidad técnica del uso de zeolita en diferentes condiciones, lo que respalda su aplicación en contextos específicos como el de regiones con variabilidad climática, aportando así una base sólida para estudios posteriores.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Castañeda, (2020) el estudio desarrollado titulado "Influencia de la zeolita natural como sustituto parcial del cemento en la resistencia del concreto" su objetivo fue evaluar el proceder mecánico al incorporar zeolita como material puzolánico en reemplazo parcial del cemento Portland; la metodología empleada fue experimental, realizando diseños diferentes de mezclas en cantidades de 5%, 10% y 15% de zeolita, realizando pruebas de compresión a diferentes edades, además de ensayos de trabajabilidad mediante el cono de Abrams; los resultados obtenidos evidenciaron que los diseños con 10% de zeolita presentaron tuvieron un aumento relativo en compresión a los 28 días en comparación con la mezcla patrón, mientras que porcentajes mayores tendieron a reducir la resistencia inicial del concreto; asimismo, se observó que la trabajabilidad disminuye ligeramente conforme aumenta el contenido de zeolita, aunque se mantiene dentro de rangos aceptables para su uso en obra; en conclusión, el autor determina que la zeolita natural es una alternativa viable como material suplementario, siempre que se utilicen proporciones adecuadas que no afecten negativamente el comportamiento del concreto; el aporte principal de esta investigación radica en proporcionar evidencia



experimental en el contexto peruano sobre el uso de zeolita, favoreciendo a la optimización del diseño de mezclas y tener técnicas que puedan favorecer en el futuro.

Huamán, (2021). la investigación realizada titulada "Evaluación del uso de zeolita en la mejora de la durabilidad del concreto en condiciones climáticas variables", tuvo como objetivo evaluar el concreto con el uso de zeolita frente a condiciones ambientales adversas propias del territorio peruano; la metodología aplicada fue experimental, desarrollando diferentes cantidades de zeolita (5%, 10% y 15%), donde se realizaron ensayos de compresión, absorción de agua y permeabilidad, además de pruebas de exposición a ciclos de humedad y secado; los resultados mostraron que la incorporación de zeolita mejora la durabilidad del concreto al reducir la porosidad y la absorción de agua, especialmente en mezclas con 10% de reemplazo, lo que favorece su comportamiento frente a agentes externos; sin embargo, se evidenció que un exceso de zeolita puede afectar negativamente la resistencia inicial del concreto; en conclusión, la autora establece que la zeolita es un material eficiente para mejorar la durabilidad del concreto en contextos con variabilidad climática, siempre que se controle su dosificación; el aporte de este estudio es importante, ya que demuestra la aplicabilidad de la zeolita en condiciones reales del Perú, aportando criterios técnicos para su uso en zonas con climas exigentes y contribuyendo al desarrollo de materiales más resistentes y duraderos.

Paredes, (2021) en su investigación titulado "Análisis de la incorporación de materiales puzolánicos en el concreto para mejorar sus propiedades mecánicas" su propósito general fue evaluar el efecto de la inclusión de materiales puzolánicos, entre ellos la zeolita, en el comportamiento mecánico del concreto hidráulico; la metodología utilizada fue de tipo experimental, en la cual se elaboraron diferentes diseños de mezcla incorporando zeolita en proporciones variables, realizando ensayos de slump, compresión y tracción; los resultados indicaron que la adición de zeolita en cantidades

controladas logra mejorar su resistencia con el tiempo y contribuye a una mejor cohesión de la mezcla, aunque se observó una ligera disminución en la trabajabilidad en comparación con la mezcla convencional; asimismo, se determinó que existe un rango óptimo de dosificación en el cual se maximizan los beneficios del material sin afectar su desempeño estructural; en conclusión, el estudio demuestra que la zeolita es también una opción que logre mejorar el concreto, destacando su potencial como material sostenible en el sector construcción; la causa principal de este aporte el cual consiste en profundizar la parte técnica sobre el uso de materiales puzolánicos en el Perú, proporcionando bases experimentales que respaldan su aplicación en el diseño en diferentes contextos del país.

### **2.1.3 Antecedentes regionales**

Mamani, (2021) con su estudio titulado "Influencia de la adición de zeolita natural en la resistencia a la compresión del concreto en la región Puno", su propósito fue de analizar el concreto al incorporar zeolita en una parte del cemento en condiciones climáticas propias de la región; la metodología fue experimental, en la cual se diseñaron mezclas de concreto con diferentes porcentajes de reemplazo (4%, 8% y 12%), realizándose pruebas en distintas edades, además de pruebas de trabajabilidad mediante el cono de Abrams; los resultados evidenciaron que las mezclas con un 10% de zeolita presentaron un mejor desempeño en la resistencia a la compresión a edades mayores, en comparación con la mezcla convencional, mientras que porcentajes superiores afectaron la resistencia inicial del concreto; asimismo, se observó que las condiciones de baja temperatura en la región influyen en el desarrollo de resistencia, haciendo más evidente el beneficio de la reacción puzolánica de la zeolita a largo plazo; en conclusión, el estudio determinó que la zeolita puede mejorar las propiedades mecánicas del concreto en Puno si se emplea en proporciones controladas; el principal aporte de esta investigación radica en generar evidencia local que respalda el uso de



materiales alternativos en el concreto, contribuyendo a la optimización de las mezclas en condiciones de altitud y clima frío.

Choquehuanca, (2020) en su estudio realizado titulado "Evaluación de la durabilidad del concreto con adición de zeolita en ambientes de baja temperatura en la ciudad de Puno", tuvo como objetivo analizar la influencia de la zeolita en la durabilidad del concreto sometido a condiciones climáticas adversas; la metodología empleada fue experimental, elaborando muestras de concreto con diferentes porcentajes de zeolita (5%, 10% y 15%), las cuales fueron sometidas a ensayos de absorción de agua, permeabilidad y resistencia a la compresión, además de pruebas de exposición a ciclos de humedad y temperatura; los resultados demostraron que la incorporación de zeolita reduce la porosidad del concreto y mejora su resistencia frente a la penetración de agua, lo que incrementa su durabilidad en condiciones climáticas variables; sin embargo, se evidenció que un contenido excesivo de zeolita puede afectar la trabajabilidad de la mezcla; en conclusión, la autora establece que la zeolita es un material adecuado para mejorar la durabilidad del concreto en la región de Puno, siempre que se controle su dosificación; el aporte de esta investigación es significativo, ya que proporciona información técnica aplicable al contexto local, permitiendo mejorar el diseño de mezclas en zonas de clima frío y contribuir a la construcción de estructuras más resistentes y duraderas.

Apaza, (2019) en su investigación desarrollada titulada "Análisis del comportamiento del concreto con adiciones puzolánicas en condiciones de altitud en la región Puno", tuvo como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de materiales puzolánicos, entre ellos la zeolita, en las propiedades mecánicas del concreto bajo condiciones de altitud y bajas temperaturas; la metodología fue de tipo experimental, desarrollando diferentes diseños de mezcla con porcentajes variables de zeolita, sometiendo las muestras a ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la

tracción indirecta y pruebas de consistencia; los resultados indicaron que la adición de zeolita en proporciones controladas mejora la resistencia a largo plazo del concreto y favorece una mejor cohesión de la mezcla, aunque se observó una ligera reducción en la trabajabilidad inicial; además, se determinó que el comportamiento del concreto en condiciones de altitud presenta variaciones significativas en comparación con zonas de menor altitud, lo que resalta la importancia de realizar estudios específicos; en conclusión, el autor señala que la zeolita es un material viable para mejorar el desempeño del concreto en la región de Puno, siempre que se utilice en rangos adecuados; el principal aporte de esta investigación consiste en evidenciar la importancia de adaptar el diseño de mezclas a las condiciones locales, aportando criterios técnicos para la aplicación de materiales alternativos en el altiplano peruano.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Fundamentos del concreto hidráulico**

#### **2.2.1.1 Definición**

El concreto hidráulico se obtiene a partir de la mezcla homogénea de cemento, agua, agregados finos y gruesos, que al reaccionar químicamente mediante un proceso de hidratación adquiere propiedades de endurecimiento y resistencia incluso en presencia de agua. Esta característica lo diferencia de otros materiales cementantes, ya que su fraguado no depende de la evaporación del agua, sino de reacciones químicas internas que generan productos estables y duraderos. Además, el concreto hidráulico se caracteriza por su versatilidad, permitiendo su uso en diversas aplicaciones estructurales como edificaciones, pavimentos y obras de infraestructura, siendo considerado el material más importante de la construcción moderna.

#### **2.2.1.2 Componentes del concreto**

El concreto hidráulico está conformado por una combinación de materiales que cumplen funciones específicas dentro de la mezcla. El cemento actúa como el

aglomerante principal, causante de juntar agregados mediante la causa de hidratación; el agua causa reacciones químicas del cemento y proporciona la trabajabilidad necesaria para el manejo del concreto; aportan resistencia mecánica y estabilidad dimensional. Adicionalmente, pueden incorporarse aditivos químicos o minerales con el fin de modificar propiedades específicas, como la velocidad de fraguado, la resistencia o la durabilidad. La adecuada elección y proporción es fundamental para avalar el desempeño del concreto en función de los requerimientos estructurales y ambientales de cada proyecto (Portland Cement Association, 2020).

**Tabla 2***Componentes del concreto y su función*

| Componente      | Función     | Características principales      |
|-----------------|-------------|----------------------------------|
| Cemento         | Aglomerante | Reacciona con agua (hidratación) |
| Agua            | Activador   | Permite la reacción química      |
| Agregado fino   | Relleno     | Mejora trabajabilidad            |
| Agregado grueso | Resistencia | Aporta rigidez estructural       |

*Nota:* Características principales de cada material en el concreto

**Figura 1***Componentes del concreto*

*Nota:* Materiales que componen el concreto, adaptado de "Aceros Arequipa", <https://www.construyendoseguro.com/wp-content/uploads/2019/05/concreto.jpg>

### 2.2.1.3 Propiedades del concreto (frescas y endurecidas)

Se clasifican en dos grandes grupos: duro y fresco. En estado fresco, el concreto debe presentar peculiaridades que hagan más fácil su transporte, colocación y compactación, siendo la trabajabilidad una de las más importantes, la cual se observa el "slump". Otras propiedades relevantes en esta etapa son la cohesión, la consistencia y el tiempo de fraguado. Por otro lado, en estado endurecido, el concreto adquiere un comportamiento estructural, destacando la compresión como el más importante para el diseño de estructuras; además, se consideran propiedades como la durabilidad, la tracción, permeabilidad, las cuales influyen en la vida útil del material. El control adecuado de estas propiedades es muy importante en las condiciones de servicio (ACI Committee 211, 2009).

#### Figura 2

*Concreto fresco*



*Nota:* El concreto al momento de mezclar en estado fresco, adaptado "Nuevas tecnologías del concreto", [https://www.asocem.org.pe/archivo/files/concreto\\_1.jpg](https://www.asocem.org.pe/archivo/files/concreto_1.jpg)

### 2.2.1.4 Importancia del diseño de mezclas

Un diseño de mezcla adecuado permite optimizar el uso de los materiales, evitando excesos de cemento o agua que puedan afectar negativamente el desempeño

del concreto. Asimismo, en el contexto actual, el diseño de mezclas cobra mayor relevancia al incorporar materiales alternativos, como adiciones puzolánicas, que contribuyen a mejorar su resistencia. Por ello, el diseño de mezclas no solo es un procedimiento técnico, sino una herramienta clave para garantizar la calidad y sostenibilidad en la construcción (Neville, A. M., 2011).

### Figura 3

*Resistencia a la compresión*



*Nota:* Rotura de probetas Adaptado “Resistencia a la compresión”, <https://kincha.com.pe/wp-content/uploads/2023/07/Ensayo-de-Resistencia-a-la-compresion-Probetas-4-x-8-in-600x600.png>

## 2.2.2 Materiales Puzolánicos

### 2.2.2.1 Definición de materiales puzolánicos

Aquellos compuestos silíceos o silico aluminosos que, por sí solos, no poseen características significantes, formando compuestos con propiedades cementantes similares a los del propio cemento. Permite mejorar la microestructura del concreto y contribuir al desarrollo de resistencia a largo plazo. Los materiales puzolánicos y su incorporación en el concreto responden tanto a fines técnicos como ambientales, al

permitir reducir el contenido de cemento en las mezclas sin comprometer el desempeño del material (European Committee for Standardization, 2017).

#### 2.2.2.2 Clasificación de materiales suplementarios

Los materiales puzolánicos se clasifican principalmente en dos grandes grupos: naturales y artificiales. Los materiales puzolánicos naturales incluyen aquellos de origen volcánico, como la zeolita, que presentan actividad puzolánica debido a su composición química y estructura amorfa. Por otro lado, los materiales artificiales o industriales son subproductos generados en procesos provenientes de centrales termoeléctricas, los cuales también poseen propiedades puzolánicas. Esta clasificación es importante debido en tipos de materiales presentan características específicas que influyen en el comportamiento del concreto, por lo que su selección debe realizarse considerando las condiciones de uso y los requerimientos del proyecto (European Ready Mixed Concrete Organization, 2018).

**Tabla 3**

*Clasificación de materiales puzolánicos*

| Tipo        | Ejemplo                   | Origen     | Uso en concreto                |
|-------------|---------------------------|------------|--------------------------------|
| Natural     | Zeolita, ceniza volcánica | Geológico  | Sustitución parcial de cemento |
| Artificial  | Ceniza volante            | Industrial | Mejora durabilidad             |
| Subproducto | Escoria                   | Industrial | Alta resistencia               |

*Nota:* Diversos tipos de materiales puzolánicos.

#### 2.2.2.3 Función de los materiales puzolánicos en el concreto

Los puzolánicos en el concreto cumple diversas funciones que contribuyen a mejorar características duras y frescas. En primer lugar, estos materiales reaccionan, consumiendo el hidróxido de calcio y haciendo adicionales en el concreto. Además, los materiales puzolánicos pueden actuar como relleno fino, mejorando la densidad de la matriz y reduciendo la porosidad. En estado fresco, pueden influir en la trabajabilidad,

mientras que en estado endurecido contribuyen a mejorar la durabilidad, resistencia química y comportamiento frente a agentes agresivos. Estas funciones hacen que los materiales puzolánicos sean ampliamente utilizados en el diseño de concretos de alto desempeño (United States Geological Survey, 2021).

#### 2.2.2.4 Beneficios en propiedades mecánicas y durabilidad

El uso de materiales puzolánicos en el concreto ofrece múltiples beneficios en términos de propiedades mecánicas y durabilidad. En cuanto a la resistencia mecánica, estos materiales pueden mejorar la resistencia a la compresión a edades avanzadas, debido a la formación progresiva de compuestos cementantes secundarios. Asimismo, contribuyen a reducir la permeabilidad del concreto, lo que limita la penetración de agua y agentes agresivos, generando mayor tenacidad frente a procesos malos como son la corrosión de armaduras o el ataque de sulfatos. Mediante la durabilidad, el concreto con adiciones puzolánicas presenta una mayor vida útil, el cual minimiza su verificación y reparación de las estructuras. Además, el uso de estos materiales permite reducir su parte de cemento en la mezcla, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental del sector construcción. (World Cement Association, 2020).

#### Figura 4

*Slump del concreto*



*Nota:* Trabajabilidad del concreto. Adaptado “Consistencia del hormigón”, (2016).  
<https://ingenieriaymas.com/wp-content/uploads/2016/09/Ensayo-del-cono-de-Abrams.jpg>

### 2.2.3 Zeolita

#### 2.2.3.1 Definición de zeolita

Es de origen natural forma parte de los hidratados, caracterizado por poseer una distribución cristalina enlazados por átomos de oxígeno, lo que genera mucha porosidad con tuneles internos. El intercambio iónico, absorción y adsorción de sustancias, así como reactividad química en presencia de compuestos alcalinos. La zeolita es considerada un material puzolánico de forma natural, el cual aporta a la formación de compuestos de la pasta el cual logran mejorar las propiedades del concreto (International Zeolite Association, 2019).

#### Figura 5

*Zeolita en polvo*



*Nota:* La zeolita en polvo, adaptado de beneficios y importancia, (2022).  
<https://herbolariodeconfianza.es/img/cms/beneficios%20de%20la%20zeolita.jpg>

#### 2.2.3.2 Origen y formación de la zeolita

La zeolita se forma principalmente a partir de procesos geológicos relacionados con la alteración de cenizas volcánicas en presencia de agua, bajo condiciones específicas de temperatura y presión, lo que da lugar a la transformación de materiales amorfos en estructuras cristalinas organizadas. Este proceso puede ocurrir tanto en ambientes marinos como continentales, dando origen a distintos tipos de zeolitas con características particulares. La formación natural de la zeolita puede tardar miles o

incluso millones de años, lo que influye mucho en sus propiedades. En regiones volcánicas, como varias zonas de América Latina, se encuentran importantes yacimientos de zeolita, es de uso accesible para su uso en las edificaciones y otras aplicaciones tecnológicas (United Nations Environment Programme, 2018).

### 2.2.3.3 Composición química para uso de la zeolita

La zeolita está compuesta principalmente por sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), junto con cationes intercambiables como sodio, potasio, calcio y magnesio, además de moléculas de agua contenidas en su estructura. La proporción de sílice y alúmina es importante porque determina la actividad puzolánica del material, ya que influye en su reacción con el cal. Una mayor relación Si/Al generalmente se asocia con una mayor estabilidad estructural y resistencia química. Esta composición química permite que la zeolita participe activamente en las reacciones del concreto, generando productos secundarios que mejoran la densidad y resistencia del material (British Geological Survey, 2020).

**Tabla 4**

*Propiedades físicas y químicas de la zeolita*

| Propiedad   | Descripción                              | Importancia en concreto |
|-------------|------------------------------------------|-------------------------|
| Composición | $\text{SiO}_2$ y $\text{Al}_2\text{O}_3$ | Reacción puzolánica     |
| Porosidad   | Alta                                     | Absorción de agua       |
| Densidad    | Baja                                     | Ligereza                |
| Estructura  | Cristalina                               | Mejora microestructura  |

*Nota:* La zeolita y su composición

### 2.2.3.4 Estructura cristalina y propiedades físicas

Estos generan un sistema de poros y canales de tamaño molecular, lo que le otorga una alta área superficial específica. Esta característica permite que la zeolita

tenga una gran cantidad de absorción y de intercambio iónico, propiedades que resultan beneficiosas en su aplicación en el concreto. Entre sus propiedades físicas más destacadas se encuentran su baja densidad, alta porosidad, estabilidad térmica y resistencia química. Estas características influyen en el comportamiento del concreto, ya que permiten mejorar su distribución en la pasta, el cual es menos poroso y mejora su durabilidad del material (Mineralogical Society of America, 2017).

#### 2.2.3.5 Tipos de zeolita (natural y sintética)

Las zeolitas se clasifican en dos grandes tipos: naturales y sintéticas. Las zeolitas naturales se encuentran en depósitos geológicos y presentan una composición variable dependiendo de su origen, siendo las más comunes la clinoptilolita, la mordenita y la chabazita. Por otro lado, las zeolitas sintéticas son producidas mediante procesos industriales controlados, lo que permite obtener materiales con características específicas y mayor pureza. En el ámbito de la construcción, las zeolitas naturales son las más utilizadas debido a su disponibilidad y menor costo, aunque las sintéticas pueden ofrecer ventajas en aplicaciones especializadas. La disponibilidad es según el tipo de zeolita su costo y las propiedades requeridas en el concreto (International Unión of Pure and Applied Chemistry, 2016).

#### Figura 6

*Zeolita en la construcción*



*Nota:* La zeolita como parte del concreto, adaptado de construcción, 2022.  
<https://zeolitemin.com/wp-content/uploads/2022/03/zeolite-construction-300x113.jpg>

## 2.2.4 Propiedades Puzolánicas de la Zeolita

### 2.2.4.1 Reacción puzolánica

Esta reacción no es inmediata, sino progresiva, desarrollándose con mayor intensidad a edades avanzadas del concreto, lo que contribuye al incremento de la resistencia a mayor tiempo. Según Sidney Mindess (2010), la actividad puzolánica depende de factores como la finura del material, su composición química y la temperatura de curado, siendo estos elementos determinantes para el grado de reacción y su impacto en las propiedades del concreto.

### 2.2.4.2 Interacción con el cemento Portland

La zeolita interactúa con el cemento Portland principalmente con la cal generado durante la hidratación de los compuestos del clínker, como el silicato tricálcico ( $C_3S$ ) y el silicato dicálcico ( $C_2S$ ). Esta interacción permite transformar un subproducto relativamente débil y soluble, como el  $Ca(OH)_2$ , en compuestos más estables y resistentes, mejorando la microestructura del concreto. De acuerdo con Hewlett, Peter C. (2004), esta reacción secundaria no solo incrementa la resistencia mecánica del material, sino que también reduce la susceptibilidad del concreto a procesos de deterioro químico, como el ataque de sulfatos y la reacción álcali-sílice.

**Tabla 5**

*Proceso de reacción puzolánica*

| <b>Etapas</b>       | <b>Reacción</b>      | <b>Resultado</b>  |
|---------------------|----------------------|-------------------|
| Hidratación         | Cemento + agua       | $Ca(OH)_2$        |
| Reacción puzolánica | Zeolita + $Ca(OH)_2$ | C-S-H             |
| Resultado final     | Mayor densidad       | Mayor resistencia |

*Nota:* Reacción puzolánica de la zeolita

#### **2.2.4.3 Formación de compuestos cementantes secundarios**

Estos productos adicionales rellenan los espacios vacíos dentro de la matriz cementante, generando una estructura más densa y homogénea. Según Mehta, P. Kumar y Monteiro, Paulo J. M. (2014), la formación de C-S-H adicional reduce la porosidad del concreto y mejora significativamente su resistencia mecánica, especialmente a edades avanzadas, lo que resulta fundamental en estructuras sometidas a condiciones exigentes.

#### **2.2.4.4 Influencia en la microestructura**

Causa un impacto directo en su microestructura, ya que actúa tanto a nivel químico como físico, la zeolita permite rellenar los poros capilares, disminuyendo la permeabilidad del material. Esta combinación de efectos permite tener matrices más compuestas y resistentes. De acuerdo con Neville, Adam M. (2012), la mejora de la microestructura es uno de los factores clave para aumentar la durabilidad del concreto, ya que limita el ingreso de malos agentes y prolonga por mucho mas tiempo,

#### **2.2.5 Influencia De La Zeolita en las Propiedades Del Concreto**

##### **2.2.5.1 Efecto en la resistencia a la compresión**

La incorporación de zeolita en el concreto influye significativamente en la resistencia a la compresión, especialmente a edades medias y largas de curado. Esto se debe a su actividad puzolánica, que permite la formación de diversos agentes. En etapas iniciales, es posible que la resistencia disminuya ligeramente debido a la reducción del contenido de cemento activo; sin embargo, con el avance del proceso de curado y reacciones puzolánicas, la resistencia tiende a incrementarse progresivamente. Según P. Kumar Mehta (2014), los materiales puzolánicos como la zeolita mejoran el desarrollo de resistencia a largo plazo, siempre que se empleen en proporciones adecuadas y con un adecuado proceso de curado.

#### **2.2.5.2 Efecto en la trabajabilidad**

La zeolita hace que el concreto sea menos trabajable si no se ajusta la relación agua/cemento o no se utilizan aditivos plastificantes. No obstante, en proporciones controladas, la zeolita puede contribuir a mejorar la cohesión de la mezcla, reduciendo la segregación y el sangrado. De acuerdo con M. S. Shetty (2005), los materiales finos con alta absorción requieren un ajuste en el diseño de mezcla el cual tenga trabajabilidad el cual no afecte su resistencia del concreto.

#### **2.2.5.3 Efecto en la durabilidad**

Uno de los principales beneficios de la incorporación de zeolita en el concreto es la mejora de su durabilidad. Sus reacciones reducen la cal libre, el cual es susceptible a procesos de deterioro químico, y favorece la formación de una matriz más pesada y menos poroso. Esto limita la penetración de agentes agresivos como sulfatos, cloruros y dióxido de carbono, incrementando la resistencia del concreto frente a procesos de corrosión y degradación. Según A. M. Neville (2012), la reducción de la permeabilidad es muy importante el cual logra mejorar su durabilidad del concreto, ya que está directamente relacionada con su vida útil en condiciones de servicio.

#### **2.2.5.4 Efecto en la permeabilidad y porosidad**

La zeolita contribuye a la disminución de la porosidad y permeabilidad del concreto mediante dos mecanismos principales por ser puzolánico y actuar como relleno. El efecto de relleno se produce debido a la finura de las partículas de zeolita, que ocupan los espacios que generan al momento de mezclar con la pasta y agregados, mientras que la reacción puzolánica genera compuestos adicionales que sellan los poros capilares. Como resultado, se obtiene una matriz más compacta, con mínima capacidad de absorber líquido y tener mucha resistencia frente a la penetración de agentes externos. De acuerdo con Sidney Mindess (2010), la reducción de la porosidad

es clave para mejorar sus características de durabilidad del concreto, ya que disminuye los mecanismos de deterioro interno.

**Tabla 6**

*Efectos de la zeolita en las propiedades del concreto*

| Propiedad      | Efecto de la zeolita  | Resultado               |
|----------------|-----------------------|-------------------------|
| Resistencia    | Aumenta a largo plazo | Mayor durabilidad       |
| Trabajabilidad | Disminuye             | Requiere ajuste de agua |
| Durabilidad    | Mejora                | Menor deterioro         |
| Permeabilidad  | Disminuye             | Mayor vida útil         |

*Nota:* Reacción puzolánica de la zeolita

## **2.2.6 Ventajas de la Zeolita**

### **2.2.6.1 Ventajas técnicas**

La incorporación de zeolita en el concreto presenta diversas ventajas técnicas relacionadas principalmente con la mejora de sus propiedades mecánicas y su comportamiento en varios años. su actividad puzolánica, reacciona mucho mejor con la cal el cual incrementan la resistencia, especialmente a edades avanzadas. Asimismo, su finura permite mejorar la microestructura del material, reduciendo la porosidad y aumentando la densidad de sus matrices, lo que se traduce en un concreto más compacto y resistente. Según P. Kumar Mehta y Paulo J. M. Monteiro (2014), los materiales puzolánicos como la zeolita contribuyen significativamente a mejorar el desempeño mecánico del concreto cuando se emplean en proporciones adecuadas.

### **2.2.6.2 Ventajas ambientales**

Representa una alternativa sostenible en la producción de concreto, ya que permite reducir una parte de la pasta Portland en las mezclas, disminuyendo de esta manera las emisiones de carbono asociadas a su fabricación. La industria del cemento es una de las principales fuentes de emisiones contaminantes a nivel global, por lo que

la incorporación de materiales suplementarios como la zeolita contribuye a mitigar este impacto. Un menor consumo de recursos a largo plazo. De acuerdo con Hewlett, Peter C. (2004), el uso de materiales puzolánicos es una estrategia clave para avanzar hacia una construcción más sostenible.

### 2.2.6.3 Limitaciones o desventajas

A pesar de sus múltiples beneficios, la zeolita también presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas en su aplicación. Una de las principales desventajas es la posible reducción cuando es sometido a los primeros días a causa de reducir el cemento de forma activa al momento de su curado inicial. Asimismo, su alta retención de líquido puede afectar la trabajabilidad de la mezcla, requiriendo tener mucho cuidado al momento de combinar cualquier aditivo y la relación a/c y así mantener condiciones adecuadas de manejo. Además, la variabilidad de sus características de la zeolita, dependiendo de su origen, puede generar resultados inconsistentes si no se realiza un adecuado control de calidad. Según M. S. Shetty (2005), es fundamental considerar las características específicas de los materiales puzolánicos para evitar efectos negativos en el desempeño del concreto.

**Tabla 7**

*Ventajas y desventajas de la zeolita*

| Ventajas               | Desventajas               |
|------------------------|---------------------------|
| Mejora resistencia     | Baja resistencia inicial  |
| Reduce CO <sub>2</sub> | Menor trabajabilidad      |
| Aumenta durabilidad    | Variabilidad del material |
| Reduce permeabilidad   | Requiere control técnico  |

*Nota:* La zeolita y su comportamiento en el concreto

#### 2.2.6.4 Consideraciones para su uso adecuado

La zeolita en el concreto, es necesario considerar ciertos aspectos técnicos relacionados con su dosificación, características físicas y condiciones de uso. Es fundamental determinar un porcentaje óptimo de reemplazo del cemento, generalmente entre 5% y 15%, que permita mejorar las propiedades del concreto sin afectar su resistencia inicial. Asimismo, se debe garantizar una adecuada finura del material y un correcto proceso de curado, especialmente en condiciones climáticas exigentes como las de zonas de altitud. También es recomendable ajustar el diseño de mezcla para compensar la absorción de agua de la zeolita y asegurar una adecuada trabajabilidad. De acuerdo con Neville, Adam M. (2012), el éxito en el uso de materiales suplementarios depende en gran medida de un diseño de mezcla adecuado y del control de las condiciones de ejecución.

### 2.3 Marco conceptual

- a. **Concreto hidráulico.** Al reaccionar químicamente mediante el proceso de hidratación adquiere propiedades de endurecimiento y resistencia, incluso en presencia de agua, es ampliamente utilizado en las edificaciones debido a su condición de actuar en diferentes estructuras y tipos de climas.
- b. **Zeolita.** La zeolita es un material de origen natural, caracterizado por su estructura porosa y su capacidad de reaccionar químicamente con compuestos del cemento. En el ámbito del concreto, se utiliza como material puzolánico, contribuyendo a mejorar la resistencia, durabilidad y microestructura del material cuando se incorpora en proporciones controladas.
- c. **Material puzolánico.** Se denomina material puzolánico a aquel compuesto rico en sílice y alúmina, formando pastas cementantes, estos materiales no poseen propiedades cementantes por sí solos, pero mejoran significativamente el desempeño del concreto cuando se incorporan adecuadamente.



- d. Trabajabilidad.** La trabajabilidad se caracteriza por su fácil colocación en el elemento estructural sin que se produzcan fenómenos de segregación o pérdida de homogeneidad. Esta propiedad es fundamental para garantizar una correcta colocación del material en obra.
- e. Durabilidad.** La durabilidad del concreto es la capacidad del material el cual logra resistir a las condiciones ambientales y de servicio en un buen tiempo sin sufrir deterioro significativo. Esta propiedad está relacionada con la resistencia a agentes externos como la humedad, los cambios de temperatura, los sulfatos y la corrosión, y es clave para garantizar la vida útil de las estructuras.
- f. Permeabilidad.** Un concreto con alta permeabilidad es mucho más frágil a la penetración de agentes agresivos, el cual actúa de forma negativa a su durabilidad, por ello, reducir la permeabilidad es un objetivo importante en el diseño de mezclas.
- g. Relación agua/cemento.** Este parámetro es determinante en las características del concreto, porque incide directamente en su resistencia, durabilidad y trabajabilidad; una relación adecuada permite obtener un equilibrio entre estas propiedades.
- h. Dosificación del concreto.** La dosificación del concreto se realiza a través de materiales de (cemento, agua, agregados y aditivos) para obtener un material que cumpla con los requisitos de resistencia, trabajabilidad y durabilidad establecidos en el diseño.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Diseño de la investigación

Es cuasi experimental ya que se manipula la variable independiente (porcentaje de zeolita) para observar sus efectos en las propiedades del concreto. Específicamente, se trata de un diseño experimental completamente al azar, donde se comparan diferentes dosificaciones de zeolita con una mezcla patrón sin adición.

#### 3.2 Métodos de la investigación

El presente estudio es el método científico experimental, con el fin de explicar el comportamiento de un fenómeno específico. En este caso, se aplica mediante la manipulación de la variable independiente, correspondiente al uso de zeolita en polvo en cantidades diversas, para evaluar comportamiento en el concreto hidráulico.

Este método se enfoca en la causa y efecto, ya que a través de ensayos de laboratorio se obtienen datos cuantificables que facilitan la verificación de las hipótesis planteadas. Asimismo, el enfoque experimental garantiza un control adecuado de las condiciones de estudio, asegurando la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos, lo que resulta fundamental para determinar la influencia real de la zeolita en el comportamiento del concreto.

### 3.3 Nivel y tipo de investigación

Tipo aplicada, ya que busca generar conocimiento práctico orientado a mejorar el concreto hidráulico con el uso de zeolita en polvo. Asimismo, corresponde a un nivel explicativo, debido a que se pretende analizar la relación causa-efecto entre la variable independiente (zeolita en proporciones controladas) y la variable dependiente.

### 3.4 Población y muestra de la investigación

#### 3.4.1 Población

Está constituida por todas las mezclas de concreto hidráulico que pueden elaborarse incorporando zeolita en polvo en proporciones controladas, bajo condiciones hechas en un laboratorio. Estas mezclas representan el universo de estudio, ya que permiten analizar el comportamiento del concreto frente a la variación de la dosificación de zeolita como material puzolánico.

Asimismo, la población se enmarca en el contexto experimental de la ciudad de Puno durante el año 2024, considerando materiales y condiciones representativas del entorno local, lo que garantiza datos confiables par el uso constructivo de la región.

#### 3.4.2 Muestra

La muestra de la presente investigación está conformada por un conjunto de probetas de concreto hidráulico elaboradas con diferentes proporciones de zeolita en polvo, seleccionadas de manera intencional para evaluar su influencia en las propiedades mecánicas del material. En este sentido, se considerarán cuatro tipos de mezclas: una mezcla patrón sin zeolita (0%) y tres mezclas con incorporación de zeolita.

Se hizo probetas estandarizadas, para pruebas de compresión a los 7, 14 y 28 días, así como pruebas de trabajabilidad en estado fresco. La selección de la muestra responde a un criterio no probabilístico de tipo intencional, para verificar de manera óptima el concreto de forma controladas y comparables, permitiendo determinar la dosificación óptima de zeolita en el contexto de la ciudad de Puno.



## 3.5 Técnicas e instrumentos

### 3.5.1 Técnicas

La técnica empleada en la presente investigación es la técnica experimental, la cual consiste en el manejo controlado de la VD, correspondiente al uso de zeolita en polvo en diferentes proporciones, para analizar su efecto sobre el concreto hidráulico. Esta técnica se desarrolla en condiciones de laboratorio, permitiendo controlar elementos de dosificación de los materiales, el proceso de mezclado, el curado y la aplicación de ensayos, garantizando la confiabilidad.

Asimismo, la técnica experimental permite obtener datos cuantitativos a partir de ensayos estandarizados, como la prueba de trabajabilidad y la resistencia a la compresión mediante el uso de una máquina de ensayo, lo que facilita examinar en distintas mezclas evaluadas. De esta manera, se asegura una adecuada recolección de información para determinar la influencia de la zeolita.

### 3.5.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la presente investigación corresponden a equipos y herramientas de laboratorio que permiten medir y registrar características del concreto hidráulico. Para la evaluación de la trabajabilidad, se emplea el cono de Abrams, el cual permite determinar su slump para la medición de la resistencia a la compresión, se utiliza una máquina de ensayo de compresión, que aplica carga controlada sobre las probetas hasta su falla. Asimismo, se emplean moldes cilíndricos estandarizados para la elaboración de las probetas, una balanza digital para el control de las proporciones de los materiales, y fichas de registro de datos para la recopilación ordenada de los resultados obtenidos durante los ensayos.

### 3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

#### 3.6.1 Validación

La validación es utilizada en la presente investigación se sustenta en el uso de equipos estandarizados y procedimientos normados, lo que garantiza la confiabilidad y precisión de los resultados obtenidos. En este sentido, la trabajabilidad lo medimos a través del cono y para compresión usamos la prensa hidráulica, el concreto son instrumentos reconocidos y validados a nivel técnico, los cuales operan bajo normas establecidas para ensayos de concreto.

Asimismo, la validez del procedimiento experimental se asegura mediante la correcta aplicación de protocolos de elaboración, curado y ensayo de las probetas, así como el control de variables durante el proceso. De esta manera, se garantiza que los datos obtenidos reflejen de forma precisa el comportamiento del concreto con la incorporación de zeolita en polvo, permitiendo una adecuada interpretación de los resultados y el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

#### 3.6.2 Confiabilidad

Usamos instrumentos confiables los cuales son verificados por el asesor el cual nos permitió medir de manera objetiva nuestras variables de estudio para nuestra investigación esto es de gran importancia porque lograron que nuestros datos extraídos son de manera consistente en nuestros resultados.

### 3.7 Procedimiento de recolección de datos

#### ❖ Recolección de los agregados

Para la recolección de datos de los aridos (fino y grueso), en primer lugar, se realizó la selección del material proveniente de una fuente representativa en nuestro distrito de Puno. Posteriormente, se hizo la caracterización física de aridos, mediante ensayos de laboratorio como la gradación, su humedad, y diversas pruebas con el fin de determinar sus propiedades y verificar su aptitud para su producción.

Una vez obtenidos los resultados, se registraron los datos en fichas técnicas, permitiendo establecer un óptimo diseño. Asimismo, se controlaron las condiciones de almacenamiento de los agregados para evitar variaciones en su humedad, asegurando la uniformidad de los materiales durante todo el proceso experimental.

#### ❖ **Obtención de la zeolita en polvo**

La recolección de datos de la zeolita en polvo, se realizó inicialmente la obtención del material de un proveedor confiable o fuente local, asegurando su origen y calidad. Posteriormente, se hizo la determinación del material, considerando aspectos como su finura, textura, color y composición química, con el objetivo de verificar su condición como material puzolánico.

Asimismo, se determinó el porcentaje de incorporación de la zeolita en el diseño de mezcla (0%, 5%, 10% y 15% en reemplazo del cemento), registrando cada dosificación de manera precisa. Durante el proceso experimental, se controló su almacenamiento en condiciones secas para evitar alteraciones en sus propiedades. Todos los datos obtenidos fueron registrados en fichas de control, permitiendo su posterior análisis y comparación con los resultados del concreto elaborado.

### **3.7.1 Ensayos en laboratorio**

#### **A. Ensayo de contenido de humedad**

- Usamos horno, balanza, taras y otros
- Realizamos el cuarteo de los áridos
- Luego hicimos el anote de la tara para registrar junto con la masa humedad
- Calibramos el horno a una temperatura de 105 °C para que sea puesta la masa del agregado tanto de grava y arena
- Luego de hacerlo secar al horno, se hizo enfriar y pesamos la masa seca
- Finalmente procesamos los datos para registrar su humedad

**Figura 7**

*Contenido de humedad*



*Nota:* Colocamos la masa húmeda al horno

#### **B. Ensayo de análisis granulométrico**

- Para este ensayo usamos taras, balanza y un juego de mallas de diferentes tamaños
- Luego separamos en la malla 4 la arena y la grava para su gradación
- Para la arena usamos las mallas desde el numero 8 a la 200 y tamizamos de forma manual por un tiempo determinado y en cada tamiz retenido pesamos la cantidad retenida
- Igualmente hacemos con la grava, usamos desde la malla de 1 pulgadas hasta la número 4 para realizar la gradación y luego anotamos el peso retenido de cada malla
- Limpiamos bien las mallas para que no quede agregado en las mallas
- Una vez culminado registramos los datos obtenidos

**Figura 8***Granulometría de los agregados*

*Nota:* Se realizó la gradación en los diferentes tamices

### **C. Ensayo de contenido de material fino – lavado**

El ensayo de contenido de material fino tiene como finalidad determinar las cantidades menores a las 75 micras los cuales se encuentran dentro de este parámetro las arcillas y los limos los cuales están dentro de los agregados, los cuales afectan de manera directa en su adherencia y a su vez en la resistencia del concreto para la prueba se hizo el lavado de la muestra sobre la malla mas fina el cual es la numero 200, lavándolo con agua y de esta manera eliminando las partículas mas finas los cuales logran pasarse a través de la malla, luego la muestra es secado al horno a una temperatura de 65°C en el horno o también se puede hacer a temperatura ambiente de esta manera la diferencia que existe entre el peso antes del lavado y luego después del lavado nos permite calcular que porcentaje tiene la muestra de material fino en los áridos, esta prueba nos permitió cumplir con las normas establecidas y ver que estén dentro del parámetro y así evitar algún tipo de problema en cuanto a su resistencia y su durabilidad a los largo del tiempo del concreto

## D. Pesos unitarios

- Para este ensayo usamos regla metálica, balanza, molde, taras, brochas
- Se hizo el cuarteo correspondiente
- Luego pesamos la muestra representativa para empezar con el ensayo
- Pesamos y medimos el molde para tener su peso y volumen
- Se puso los agregados dentro del molde a caída libre realizando tres veces el mismo procedimiento, luego limpiamos y pesamos el molde con el agregado y registramos los datos
- De la misma manera hicimos para el peso unitario compactado se hizo tres veces para tener un promedio, limpiamos y pesamos el molde mas la muestra
- Antes de pesar enrasamos de manera uniforme en cada repetición

**Figura 9**

*Granulometría de los agregados*



*Nota:* Se realizó la prueba de peso unitario varillado y a caída libre

## E. Prueba de peso específico y su absorción

- Para la prueba usamos picnómetro, cono truncado, balanza, taras, agua destilada, bandejas, franelas
- Para la arena saturamos la muestra y lo dejamos por un día, luego hacemos que la muestra este superficialmente seca saturada
- Una vez que este en su seca saturada hacemos la prueba en el cono truncado, hasta que agarre la forma de pirámide, luego pesamos y lo ponemos al picnómetro llenando con agua destilada y empezamos a sacudir y sacar todas sus burbujas hasta que quede sin burbujas luego pesamos y registramos los datos
- De la misma manera saturamos la muestra de la grava por un día, luego lo secamos con la franela hasta que pierda brillo
- Una vez que este seco saturado colocamos al picnómetro y colocamos la muestra y echamos el agua destilada y agitamos hasta que no tenga espacios vacíos burbujas luego pesamos y registramos los datos
- Finalmente ponemos ambas muestras al horno y lo dejamos por un día y una vez que este seco lo dejamos enfriar y anotamos la masa seca de la muestra

**Figura 10**

*Peso específico y absorción*



*Nota:* Saturamos las muestras y luego colocamos al picnómetro

## F. Ensayo de resistencia a la compresión

- Para esta prueba usamos el vernier o regla metálica, prensa hidráulica, placas metálicas para la base inferior y superior
- Luego medimos las probetas su largo y diámetro
- Seguidamente colocamos las probetas en las placas metálicas para que mantenga uniformidad al momento de soportar la carga
- Colocamos en la prensa hidráulica y procedemos a someterlos a carga hasta que la probeta logre fallar
- Registramos el tipo de falla t la carga el cual a fallado la probeta

**Figura 11**

*Resistencia a la compresión*



*Nota:* Luego de su curado lo sometemos a rotura en la prensa hidráulica

## G. Ensayo de resistencia a la flexión

- Se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento del concreto frente a esfuerzos de tracción indirecta.

- Usamos la prensa hidráulica. Molde a dos tercios, regla,
- Para ello, se utilizaron vigas prismáticas de concreto, las cuales fueron colocadas en un equipo de ensayo de flexión, aplicando una carga en uno o dos puntos según el método utilizado.
- La carga se incrementó progresivamente hasta la rotura de la probeta, registrando el valor máximo alcanzado.
- La resistencia a la flexión se determinó mediante fórmulas establecidas, expresándose en MPa.
- Este ensayo permitió analizar la capacidad del concreto para resistir esfuerzos que generan fisuración, siendo relevante en elementos como pavimentos y losas.

**Figura 12**

*Resistencia a la flexión.*



*Nota:* Usamos la prensa hidráulica de 200,000 kgf

### 3.8 Procesamiento y análisis de datos

Se realizó de manera ordenada y secuencial durante el desarrollo experimental, Primero, se obtuvieron los datos de caracterización de los materiales utilizados, incluyendo cemento, agregados y zeolita, mediante ensayos de laboratorio que permitieron conocer sus propiedades físicas necesarias para el diseño de mezcla. Posteriormente, se realizaron las mezclas de concreto con distintos porcentajes de reemplazo de cemento por zeolita en polvo, considerando una mezcla patrón y mezclas con proporciones controladas. Durante la preparación de cada mezcla, se registraron los datos correspondientes a la dosificación de materiales y como se desenvuelve con el ensayo de slump.

En una segunda etapa, se procedió al moldeo, curado y ensayo de las probetas de concreto, registrando los resultados obtenidos en las pruebas de flexión y compresión a las edades establecidas. Todos los datos fueron consignados en fichas de observación y hojas de registro, lo que permitió organizar la información de manera clara para su posterior procesamiento. Este procedimiento garantizó un control adecuado de los resultados obtenidos en cada ensayo y facilitó la comparación entre las diferentes mezclas evaluadas.

#### Análisis de datos

Se utilizó la estadística descriptiva para organizar, resumir e interpretar los resultados, los datos registrados fueron presentados en tablas y gráficos comparativos, de las mezclas de concreto elaboradas con distintos porcentajes de zeolita. Para cada ensayo se calcularon valores representativos, como promedios, con el fin de identificar variaciones en la trabajabilidad, compresión y flexión.

Asimismo, el análisis permitió comparar el desempeño de la mezcla patrón con las mezclas que incorporaron zeolita, identificando tendencias y determinando cuál proporción presentó mejores resultados del concreto hidráulico. De esta manera, la



información obtenida sirvió para verificar las hipótesis planteadas y dar respuesta a los objetivos de la investigación, estableciendo conclusiones técnicas sobre la influencia de la zeolita en polvo en el concreto.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

##### Caracterización de los agregados grava y arena

Tabla 8

*Humedad del agregado*

| Humedad de los agregados |      |
|--------------------------|------|
| Descripción              | %    |
| Arena                    | 7.03 |
| Grava                    | 1.84 |

*Nota.* Los resultados son del laboratorio de MSCA de la UANCV.

El agregado grueso es menos absorbente teniendo 1.84% frente a la de la arena el que llega a 7.03 el cual se debe hacer la corrección al momento de hacer el diseño de mezclas y tener agua adecuada.

##### a. Ensayo de absorción y peso específico

Tabla 9

*Absorción y peso específico grava y arena*

| Áridos | p.e. (g/cm <sup>3</sup> ) | (%) Absorción |
|--------|---------------------------|---------------|
| Grava  | 2.54                      | 1.81          |

Arena

2.54

3.32

*Nota.* Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

En cuanto al peso específico se presentan resultados iguales el cual muestra que tienen una densidad normal el cual llega a 2.54 g/cm<sup>3</sup> en cual está dentro de los rangos de un agregado, de esta manera el agregado es idóneo y no presenta dificultad o algún inconveniente como son los de alta porosidad, en cuanto a la absorción también se encuentran dentro del rango los cuales fue de 1.81% teniendo una baja porosidad, mientras que la arena tiene 3.32% el cual es algo superior teniendo una retención media el donde puede afectar en el diseño la relación a/c y su slump.

#### b. Pesos unitarios varillado y caída libre

**Tabla 10**

*Prueba de peso unitario*

| PESO A CAIDA LIBRE         |             |             |
|----------------------------|-------------|-------------|
|                            | ARIDO ARENA | ARIDO GRAVA |
| Media (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.489       | 1.306       |
| PESO VARIILLADO            |             |             |
| Media (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.598       | 1.495       |

*Nota.* Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

#### c. Gradación

**Tabla 11**

*Gradación de los áridos*

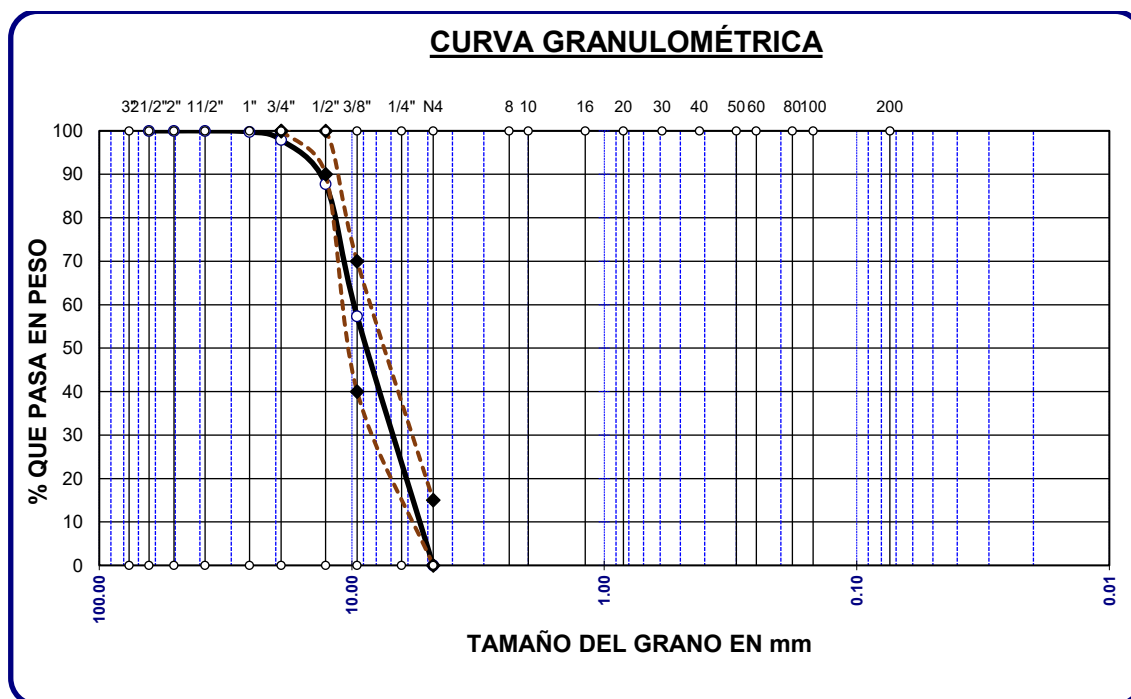
| Malla | PESO  | % RET. | % ACUML. | % PASANTE |
|-------|-------|--------|----------|-----------|
| 1"    | 0.00  | 0.00   | 0.00     | 100       |
| 3/4"  | 18.23 | 0.52   | 0.52     | 99.48     |

|                 |         |        |        |       |
|-----------------|---------|--------|--------|-------|
| 1/2"            | 288.57  | 8.24   | 8.77   | 91.23 |
| 3/8"            | 1377.62 | 39.36  | 48.13  | 51.87 |
| No4             | 1815.58 | 51.87  | 100.00 | 0.00  |
| <b>BASE.</b>    | 0.00    | 0.00   |        |       |
| <b>TOTAL.</b>   | 3500.00 | 100.00 |        |       |
| <b>%PERDIDA</b> | 0.00    |        |        |       |

*Nota.* Los resultados de la muestra fueron hechos en laboratorio de MSCA de la UANCV.

**Figura 13**

*Distribución granulométrica del agregado grueso*

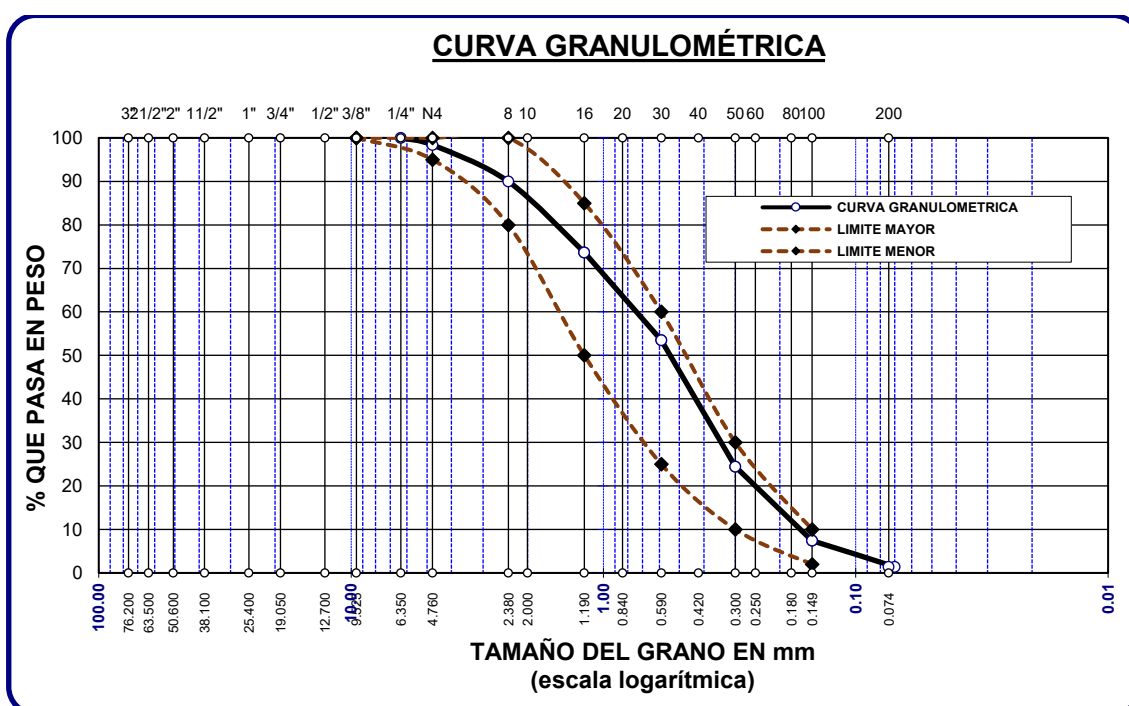


|                |               |        |        |      |
|----------------|---------------|--------|--------|------|
| No100          | 85.10         | 17.02  | 96.26  | 3.74 |
| No200          | 9.85          | 1.97   | 98.23  | 1.77 |
| <b>FONDO</b>   | <b>8.87</b>   | 1.77   | 100.00 | 0.00 |
| <b>PESO T.</b> | <b>498.00</b> | 100.00 |        |      |
| <b>%</b>       | <b>1.77</b>   |        |        |      |

*Nota.* Los resultados de la muestra fueron de MSCA de la UANCV.

**Figura 14**

*Composición granulométrica-agregado fino*



**Tabla 13**

*Dosificación de los materiales*

| AGREGADO      | DOSIFICACIONES EN    | PROPORCIÓN EN |
|---------------|----------------------|---------------|
|               | PESOS HÚMEDOS        | VOLUMENES     |
|               | (Kg/m <sup>3</sup> ) | PESO HÚMEDO   |
| Cemento       | 408                  | 1.00          |
| Agua          | 190                  | 0.466         |
| Agreg. Grueso | 930                  | 2.57          |
| Agreg. Fino   | 717                  | 1.83          |

Aire 2 %

## RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRABAJABILIDAD

**Tabla 14**

*Ensayo de slump de la muestra patrón*

| Asentamiento del concreto |              |              |                 |
|---------------------------|--------------|--------------|-----------------|
| Muestras                  | Slump (pulg) | Consistencia | Promedio (Pulg) |
| Mp-1                      | 3.80"        | Plástica     | 3.70"           |
| Mp-2                      | 3.70"        | Plástica     |                 |
| Mp-3                      | 3.60"        | Plástica     |                 |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

### INTERPRETACIÓN

El slump de la muestra patrón tiene una media de 3.70" el cual es considerado una slump de consistencia plástica el cual tiene una trabajabilidad manejable o aceptable el cual es fácil su compactación y su colocación manteniendo a un lado la exudación o segregación esto indica que el concreto esta en buenas condiciones de trabajabilidad

**Tabla 15**

*Ensayo de slump de la muestra + 4% de zeolita*

| Asentamiento del concreto |              |              |                 |
|---------------------------|--------------|--------------|-----------------|
| Muestras                  | Slump (pulg) | Consistencia | Promedio (Pulg) |
| Mp-1-4% ZP                | 3.00"        | Plástica     | 3.16"           |
| Mp-2-4% ZP                | 3.30"        | Plástica     |                 |
| Mp-3-4% ZP                | 3.20"        | Plástica     |                 |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

### INTERPRETACIÓN

Los resultados de la muestra más 4% de zeolita tienen una media de 3.16" también mantiene una consistencia plástica en referencia a la muestra patrón se tiene una leve disminución del slump el cual indica que su trabajabilidad es menor debido que la zeolita con su finura y absorción tiende a absorber mas agua, pero la disminución es ligera y mantenía una trabajabilidad adecuada

**Tabla 16***Ensayo de slump de la muestra + 8% de zeolita*

| Asentamiento del concreto |              |              |                 |
|---------------------------|--------------|--------------|-----------------|
| Muestras                  | Slump (pulg) | Consistencia | Promedio (Pulg) |
| Mp-1-8% ZP                | 2.70"        | Plástica     | 2.83"           |
| Mp-2-8% ZP                | 2.80"        | Plástica     |                 |
| Mp-3-8% ZP                | 3.00"        | Plástica     |                 |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

### INTERPRETACIÓN

Los resultados de la muestra con zeolita al 8% tiene una media de 2.83" el cual sigue dentro de la consistencia plástica a diferencia de la muestra patrón y con 4% de zeolita el cual existe una ligera disminución que va de forma progresiva conforme se va añadiendo la zeolita en polvo debido a su grado de finura y absorción, aun así el concreto se mantiene manejable

**Tabla 17***Ensayo de slump de la muestra + 12% de zeolita*

| Asentamiento del concreto |              |              |                 |
|---------------------------|--------------|--------------|-----------------|
| Muestras                  | Slump (pulg) | Consistencia | Promedio (Pulg) |
| Mp-1-12% ZP               | 2.30"        | Seca         | 2.40"           |
| Mp-2-12% ZP               | 2.40"        | Seca         |                 |
| Mp-3-12% ZP               | 2.50"        | Seca         |                 |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 18**

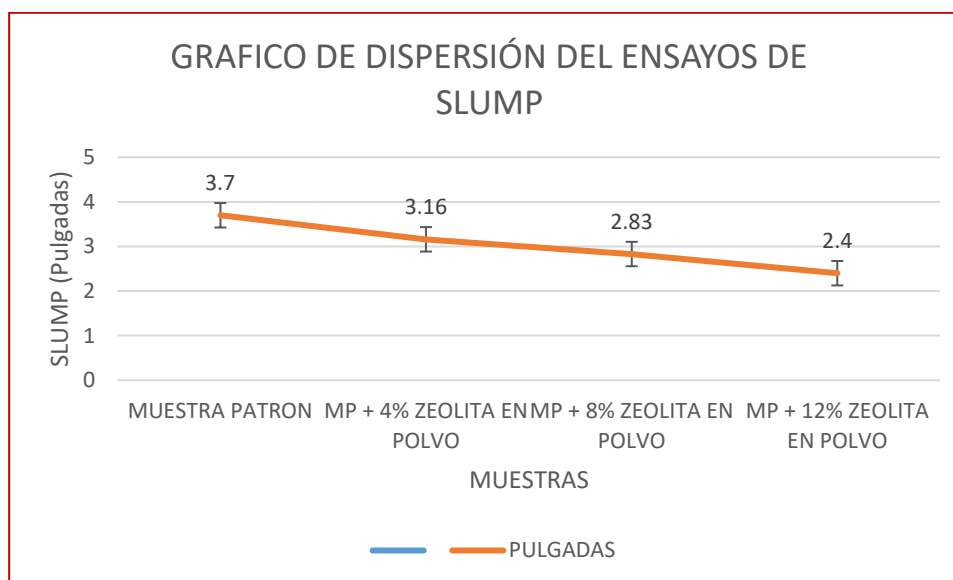
*Resumen de los resultados del ensayo de slump*

| Muestras                       | Slump (pulg) | Consistencia |
|--------------------------------|--------------|--------------|
| Muestra Patrón                 | 3.70"        | Plástica     |
| Muestra + 4% Zeolita en polvo  | 3.16"        | Plástica     |
| Muestra + 8% Zeolita en polvo  | 2.83"        | Plástica     |
| Muestra + 12% Zeolita en polvo | 2.40"        | Seca         |

*Nota:* Resultados promedio de cada una de las muestras

**Figura 15**

*Comportamiento del ensayo de slump con zeolita en polvo*



### INTERPRETACIÓN

Los resultados del ensayo de asentamiento evidencian el uso progresivo de ZP influye directamente en el slump, generando una disminución gradual del slump a medida que aumenta su dosificación. La mezcla patrón presentó un asentamiento promedio de 3.70" con consistencia plástica, mientras que con 4% y 8% de zeolita los valores se redujeron a 3.20" y 2.80", respectivamente, manteniéndose aún dentro de una trabajabilidad aceptable. Sin embargo, con una dosificación del 12%, el

asentamiento descendió a 2.40", clasificándose como una consistencia seca, lo que evidencia una pérdida significativa de manejabilidad. En conclusión, si bien la zeolita puede ser incorporada en pequeñas proporciones sin afectar significativamente la trabajabilidad, dosificaciones elevadas reducen considerablemente el slump, por lo que es necesario ajustar su agua con el fin de mantener condiciones adecuadas en estado fresco.

### Resultados del ensayo a compresión de la muestra con zeolita en polvo

**Tabla 19**

*Ensayo a compresión de la muestra control a los 7 días*

| Diseño                    | Tiempo | Muestras                       | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %      |
|---------------------------|--------|--------------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|--------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7 días | Mp+0%                          | 177.19                     | 36050      | 203.45                            | 72.66% |
|                           |        | Mp+0%                          | 177.66                     | 35990      | 202.58                            | 72.35% |
|                           |        | Mp+0%                          | 177.19                     | 36510      | 206.05                            | 73.59% |
|                           |        | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |                            |            | 204.03                            | 72.87% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 20**

*Ensayo a compresión de la muestra con 4% de zeolita a los 7 días*

| Diseño                    | Tiempo | Muestras                       | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %      |
|---------------------------|--------|--------------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|--------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7 días | Mp+4% ZP                       | 177.42                     | 37150      | 209.39                            | 74.76% |
|                           |        | Mp+4% ZP                       | 177.89                     | 38100      | 214.18                            | 76.49% |
|                           |        | Mp+4% ZP                       | 178.13                     | 37500      | 210.52                            | 75.19% |
|                           |        | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |                            |            | 211.36                            | 75.49% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV



**Tabla 21**

*Ensayo a compresión de la muestra con 8% de zeolita a los 7 días*

| Diseño                    | Tiempo | Muestras                       | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %      |
|---------------------------|--------|--------------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|--------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7 días | Mp+8% ZP                       | 177.42                     | 38150      | 215.03                            | 76.80% |
|                           |        | Mp+8% ZP                       | 177.19                     | 37660      | 212.54                            | 75.91% |
|                           |        | Mp+8% ZP                       | 177.89                     | 39030      | 219.41                            | 78.36% |
|                           |        | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |                            |            | 215.66                            | 77.02% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 22**

*Ensayo a compresión de la muestra con 12% de zeolita a los 7 días*

| Diseño                    | Tiempo | Muestras                       | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %      |
|---------------------------|--------|--------------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|--------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7 días | Mp+8% ZP                       | 177.66                     | 32510      | 182.99                            | 65.35% |
|                           |        | Mp+8% ZP                       | 177.42                     | 33170      | 186.96                            | 66.77% |
|                           |        | Mp+8% ZP                       | 177.89                     | 33600      | 188.88                            | 67.46% |
|                           |        | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |                            |            | 186.28                            | 66.53% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 23**

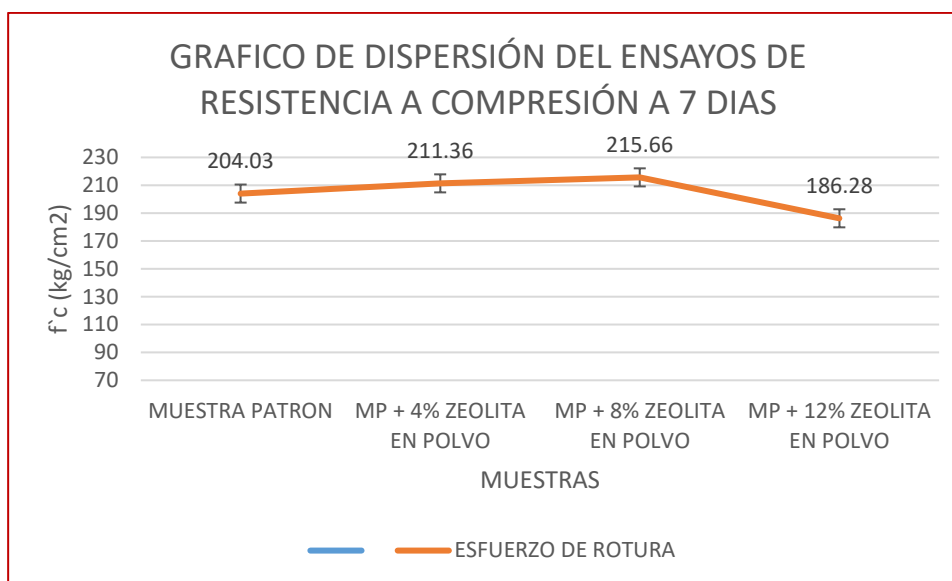
*Resumen de los resultados del ensayo a compresión a los 7 días*

| Diseño                    | Tiempo | Muestras                    | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %      |
|---------------------------|--------|-----------------------------|-----------------------------------|--------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7 días | Muestra patrón              | 204.03                            | 72.87% |
|                           |        | Muestra + 4% Zeolita Polvo  | 211.36                            | 75.49% |
|                           |        | Muestra + 8% Zeolita Polvo  | 215.66                            | 77.02% |
|                           |        | Muestra + 12% Zeolita Polvo | 186.28                            | 66.53% |

*Nota:* Resumen de resistencia a compresión a los 7 días.

**Figura 16**

*Comportamiento del ensayo resistencia a compresión con zeolita en polvo a 7 días*



### INTERPRETACIÓN

La rotura de probetas a los 7 días muestra que la incorporación de zeolita en polvo influye de manera diferenciada a temprana edad del concreto. La muestra patrón alcanza un valor de 204.03 kg/cm<sup>2</sup>, representando el 72.87% de la resistencia de diseño (280 kg/cm<sup>2</sup>), alcanzando valores cercanos en edades iniciales. Al incorporar 4% de zeolita, la resistencia se incrementa a 211.36 kg/cm<sup>2</sup> (75.49%), evidenciando una mejora en el desempeño mecánico atribuida a la reacción puzolánica inicial que densifican la matriz. Esta tendencia positiva continúa con el 8% de zeolita, donde se obtiene el mayor valor de resistencia (215.66 kg/cm<sup>2</sup>, equivalente al 77.02%), lo que sugiere un contenido óptimo para el desarrollo temprano de resistencia. Sin embargo, al incrementar la dosificación a 12%, la resistencia disminuye significativamente a 186.28 kg/cm<sup>2</sup> (66.53%), valor inferior incluso al de la muestra patrón. Este comportamiento indica que un exceso de zeolita puede generar una reducción en la cantidad de cemento efectivo disponible para la hidratación, afectando negativamente en edades tempranas. En consecuencia, los resultados evidencian que la zeolita mejora

la resistencia inicial del concreto en proporciones moderadas, pero en porcentajes elevados puede perjudicar su desempeño, destacando la importancia de determinar un contenido óptimo de adición para maximizar los beneficios sin comprometer la resistencia.

## RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 14 DIAS

**Tabla 24**

*Ensayo a compresión de la muestra control a los 14 días*

| Diseño                    | Tiempo     | Muestras                       | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %      |
|---------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|--------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 14<br>días | Mp+0%                          | 177.89                     | 45660      | 256.68                            | 91.67% |
|                           |            | Mp+0%                          | 177.42                     | 44770      | 252.34                            | 90.12% |
|                           |            | Mp+0%                          | 177.19                     | 45310      | 255.71                            | 91.33% |
|                           |            | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |                            |            | 254.91                            | 91.04% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 25**

*Ensayo a compresión de la muestra con 4% de zeolita a los 14 días*

| Diseño                    | Tiempo     | Muestras                       | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %      |
|---------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|--------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 14<br>días | Mp+4% ZP                       | 177.42                     | 46300      | 260.96                            | 93.20% |
|                           |            | Mp+4% ZP                       | 178.13                     | 45820      | 257.23                            | 91.87% |
|                           |            | Mp+4% ZP                       | 177.19                     | 47030      | 265.42                            | 94.79% |
|                           |            | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |                            |            | 261.20                            | 93.29% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 26**

*Ensayo a compresión de la muestra con 8% de zeolita a los 14 días*

| Diseño | Tiempo | Muestras | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | % |
|--------|--------|----------|----------------------------|------------|-----------------------------------|---|
|--------|--------|----------|----------------------------|------------|-----------------------------------|---|

|        |      |                   |        |       |        |        |
|--------|------|-------------------|--------|-------|--------|--------|
| 280    | 14   | Mp+8% ZP          | 177.66 | 46810 | 263.48 | 94.10% |
| kg/cm2 | días | Mp+8% ZP          | 178.13 | 47550 | 266.94 | 95.34% |
|        |      | Mp+8% ZP          | 177.89 | 46780 | 262.97 | 93.92% |
|        |      | Promedio (kg/cm2) |        |       | 264.46 | 94.45% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 27**

*Ensayo a compresión de la muestra con 12% de zeolita a los 14 días*

| Diseño | Tiempo | Muestras          | Área<br>(cm2) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm2) | %      |
|--------|--------|-------------------|---------------|------------|----------------------|--------|
| 280    | 14     | Mp+12% ZP         | 177.89        | 41200      | 231.60               | 82.72% |
| kg/cm2 | días   | Mp+12% ZP         | 177.19        | 43080      | 243.13               | 86.83% |
|        |        | Mp+12% ZP         | 177.66        | 42330      | 238.26               | 85.09% |
|        |        | Promedio (kg/cm2) |               |            | 237.67               | 84.88% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 28**

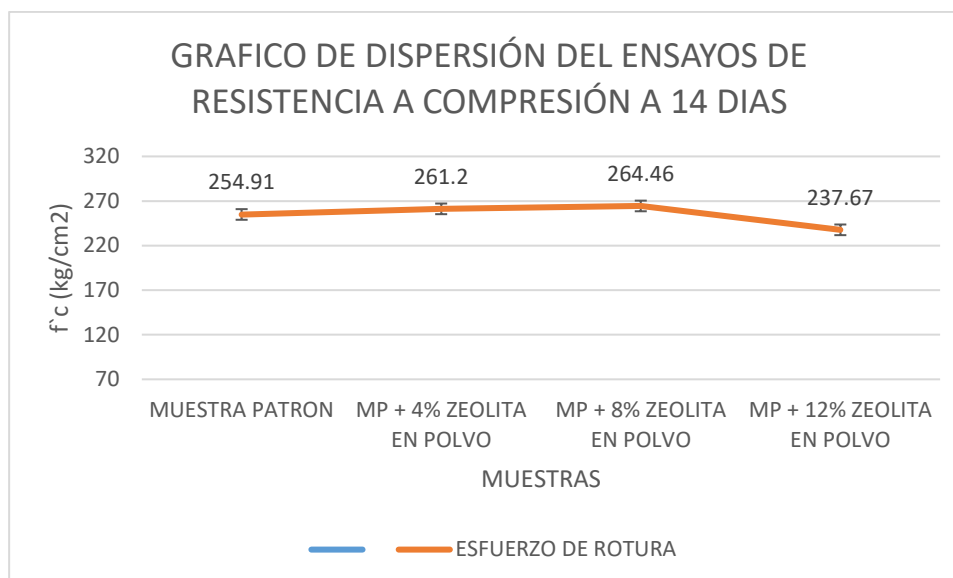
*Resumen de los resultados del ensayo a compresión a los 14 días*

| Diseño | Tiempo | Muestras                    | Esfuerzo<br>(kg/cm2) | %      |
|--------|--------|-----------------------------|----------------------|--------|
|        |        | Muestra patrón              | 254.91               | 91.04% |
| 280    | 14     | Muestra + 4% Zeolita Polvo  | 261.20               | 93.29% |
| kg/cm2 | días   | Muestra + 8% Zeolita Polvo  | 264.46               | 94.45% |
|        |        | Muestra + 12% Zeolita Polvo | 237.67               | 84.88% |

*Nota:* Resumen de resistencia a compresión a los 7 días.

**Figura 17**

*Comportamiento del ensayo resistencia a compresión con zeolita en polvo a 14 días*



## INTERPRETACION

La rotura de las probetas a los 14 días evidencia una tendencia de mejora en edades intermedias del concreto con adiciones moderadas de zeolita, manteniendo el mismo patrón observado a los 7 días, pero con mayor nivel de desarrollo resistente. La muestra patrón alcanza 254.91 kg/cm<sup>2</sup> (91.04% de la resistencia de diseño), lo cual confirma un adecuado progreso de la hidratación del cemento. Con la incorporación de 4% de zeolita, la resistencia aumenta a 261.20 kg/cm<sup>2</sup> (93.29%), mostrando un efecto positivo asociado tanto al relleno de vacíos como al inicio más activo de la reacción puzolánica. Esta mejora se acentúa con el 8% de zeolita, alcanzando el valor máximo de 264.46 kg/cm<sup>2</sup> (94.45%), lo que sugiere que este porcentaje continúa siendo el más eficiente en términos de desempeño mecánico, favoreciendo una matriz más densa y compacta. Sin embargo, al incrementar el contenido a 12%, la resistencia desciende a 237.67 kg/cm<sup>2</sup> (84.88%), evidenciando una pérdida de capacidad resistente respecto a las otras mezclas e incluso una menor eficiencia frente al patrón. Este comportamiento confirma que un exceso de zeolita limita la disponibilidad de cemento para la hidratación, afectando la formación de compuestos resistentes en edades tempranas e intermedias. En consecuencia, los resultados indican que la zeolita mejora el desarrollo

de resistencia del concreto hasta un contenido óptimo cercano al 8%, mientras que proporciones mayores generan efectos contraproducentes, reafirmando la necesidad de controlar su dosificación para optimizar el rendimiento del material.

**Tabla 29***Ensayo a compresión de la muestra control a los 28 días*

| Diseño                    | Tiempo     | Muestras                       | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %       |
|---------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|---------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 28<br>días | Mp+0%                          | 177.66                     | 52630      | 296.24                            | 105.80% |
|                           |            | Mp+0%                          | 177.42                     | 53600      | 302.11                            | 107.90% |
|                           |            | Mp+0%                          | 177.66                     | 51700      | 291.01                            | 103.93% |
|                           |            | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |                            |            | 296.45                            | 105.88% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV**Tabla 30***Ensayo a compresión de la muestra con 4% de zeolita a los 28 días*

| Diseño                    | Tiempo     | Muestras                       | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %       |
|---------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|---------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 28<br>días | Mp+4% ZP                       | 177.89                     | 54020      | 303.67                            | 108.45% |
|                           |            | Mp+4% ZP                       | 177.66                     | 55010      | 309.64                            | 110.58% |
|                           |            | Mp+4% ZP                       | 177.42                     | 53380      | 300.87                            | 107.45% |
|                           |            | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |                            |            | 304.73                            | 108.83% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV**Tabla 31***Ensayo a compresión de la muestra con 8% de zeolita a los 28 días*

| Diseño                    | Tiempo     | Muestras | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | %       |
|---------------------------|------------|----------|----------------------------|------------|-----------------------------------|---------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 28<br>días | Mp+8% ZP | 177.42                     | 55880      | 314.96                            | 112.49% |
|                           |            | Mp+8% ZP | 176.71                     | 53770      | 304.28                            | 108.67% |

|                   |        |       |        |         |
|-------------------|--------|-------|--------|---------|
| Mp+8% ZP          | 177.19 | 54900 | 309.84 | 110.66% |
| Promedio (kg/cm2) |        |       | 309.69 | 110.60% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 32**

*Ensayo a compresión de la muestra con 12% de zeolita a los 28 días*

| Diseño        | Tiempo     | Muestras          | Área<br>(cm2) | Carga (kg) | Esfuerzo<br>(kg/cm2) | %      |
|---------------|------------|-------------------|---------------|------------|----------------------|--------|
| 280<br>kg/cm2 | 28<br>días | Mp+12% ZP         | 177.42        | 46340      | 261.19               | 93.28% |
|               |            | Mp+12% ZP         | 177.66        | 47660      | 268.27               | 95.81% |
|               |            | Mp+12% ZP         | 177.89        | 48380      | 271.97               | 97.13% |
|               |            | Promedio (kg/cm2) |               |            | 267.14               | 95.41% |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

**Tabla 33**

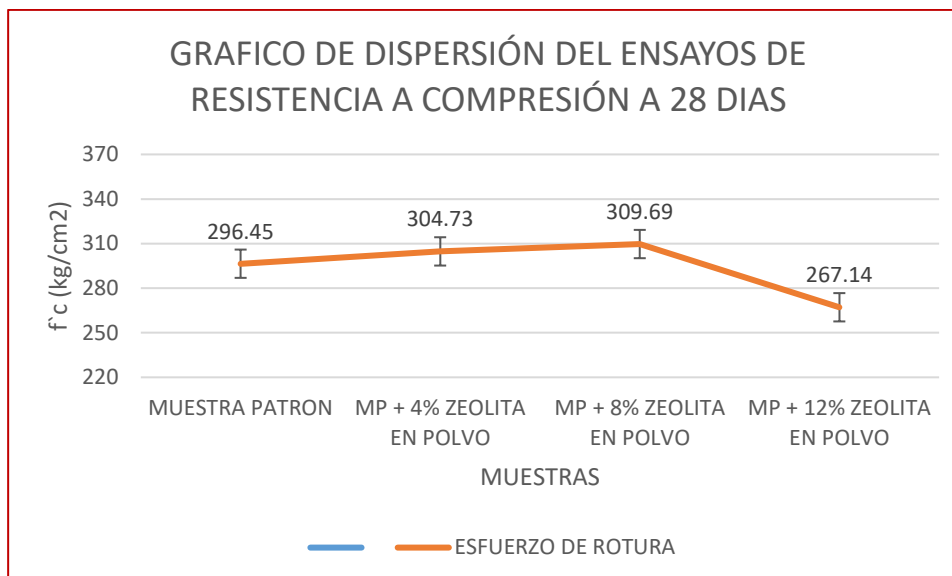
*Resumen de los resultados del ensayo a compresión a los 28 días*

| Diseño        | Tiempo  | Muestras                    | Esfuerzo<br>(kg/cm2) | %       |
|---------------|---------|-----------------------------|----------------------|---------|
| 280<br>kg/cm2 | 28 días | Muestra patrón              | 296.45               | 105.88% |
|               |         | Muestra + 4% Zeolita Polvo  | 304.73               | 108.83% |
|               |         | Muestra + 8% Zeolita Polvo  | 309.69               | 110.60% |
|               |         | Muestra + 12% Zeolita Polvo | 267.14               | 95.41%  |

*Nota:* Resumen de resistencia a compresión a los 7 días.

**Figura 18**

*Comportamiento del ensayo resistencia a compresión con zeolita en polvo a 28 días*



## INTERPRETACIÓN

La interpretación de los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días muestra que la incorporación de zeolita en polvo influye de manera significativa en el desarrollo final de la resistencia del concreto, consolidando la tendencia observada en edades tempranas. La muestra patrón alcanza 296.45 kg/cm<sup>2</sup> (105.88% de la resistencia de diseño), superando el valor esperado, lo cual evidencia un adecuado proceso de hidratación del cemento. Con la adición de 4% de zeolita, la resistencia se incrementa a 304.73 kg/cm<sup>2</sup> (108.83%), indicando una mejora en la microestructura del concreto debido al efecto puzolánico y de relleno. Esta mejora se maximiza con el 8% de zeolita, alcanzando el valor más alto de 309.69 kg/cm<sup>2</sup> (110.60%), lo que confirma que este porcentaje representa el contenido óptimo, favoreciendo la formación adicional de compuestos cementantes y una mayor densificación de la matriz. Por el contrario, al aumentar la dosificación a 12%, la resistencia disminuye a 267.14 kg/cm<sup>2</sup> (95.41%), ubicándose por debajo de la muestra patrón, lo que evidencia que un exceso de zeolita genera una reducción en el contenido efectivo de cemento, limitando la formación de productos de hidratación y afectando negativamente la resistencia final. En conjunto, los resultados demuestran que la zeolita mejora la resistencia a la compresión del

concreto en proporciones moderadas, siendo el 8% el porcentaje más eficiente, mientras que contenidos elevados resultan perjudiciales para el desempeño mecánico del material.

## RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION A LOS 28 DIAS

**Tabla 34**

*Ensayo de módulo de rotura o flexión a los 28 días*

| Diseño                    | Edad       | Muestras  | h<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga<br>(kg) | Mr<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO                    |
|---------------------------|------------|-----------|-------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 28<br>días | Mp+0%     | 15.07                   | 5200          | 45.67                       | 46.78<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
|                           |            | Mp+0%     | 15.03                   | 5370          | 47.61                       |                             |
|                           |            | Mp+0%     | 15.04                   | 5330          | 47.06                       |                             |
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 28<br>días | Mp+4% ZP  | 15.06                   | 5500          | 48.37                       | 48.27<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
|                           |            | Mp+4% ZP  | 15.04                   | 5520          | 48.74                       |                             |
|                           |            | Mp+4% ZP  | 15.03                   | 5410          | 47.71                       |                             |
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 28<br>días | Mp+8% ZP  | 15.00                   | 4960          | 43.97                       | 44.31<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
|                           |            | Mp+8% ZP  | 15.05                   | 5070          | 44.68                       |                             |
|                           |            | Mp+8% ZP  | 15.02                   | 5010          | 44.27                       |                             |
| 280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 28<br>días | Mp+12% ZP | 15.00                   | 4900          | 43.53                       | 42.51<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
|                           |            | Mp+12% ZP | 15.02                   | 4820          | 42.93                       |                             |
|                           |            | Mp+12% ZP | 15.00                   | 4620          | 41.07                       |                             |

*Nota:* Resultados de laboratorio de la UANCV

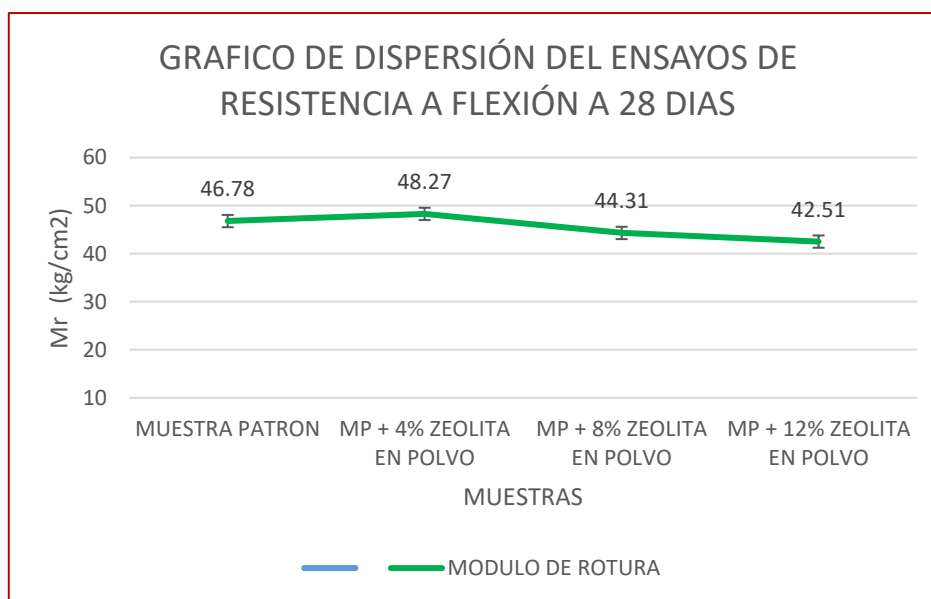
## INTERPRETACIÓN

Los resultados del ensayo de resistencia a flexión a los 28 días evidencian que la incorporación de zeolita en polvo influye directamente en el comportamiento mecánico del concreto hidráulico. El concreto patrón (0% de zeolita) alcanzó una resistencia promedio de 46.78 kg/cm<sup>2</sup>, valor que sirve como referencia para comparar

el desempeño de las mezclas modificadas, la mezcla con 4% de zeolita en polvo presentó el mejor comportamiento mecánico, obteniendo una resistencia promedio de  $48.27 \text{ kg/cm}^2$ , superior al concreto convencional. Este incremento indica que la zeolita, en proporciones moderadas, actúa favorablemente como material puzolánico, mejorando la adherencia en la matriz cementante y contribuyendo a una mejor distribución de esfuerzos frente a cargas de flexión, en cambio las mezclas con 8% y 12% de zeolita mostraron una disminución progresiva de la resistencia a flexión, alcanzando promedios de  $44.31 \text{ kg/cm}^2$  y  $42.51 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Este comportamiento sugiere que el exceso de zeolita reduce la cantidad efectiva de cemento disponible para el proceso de hidratación, afectando la cohesión interna del concreto y disminuyendo su capacidad resistente, los resultados demuestran que la incorporación controlada de zeolita en polvo mejora la resistencia a flexión del concreto, siendo el 4% de reemplazo la dosificación más eficiente para optimizar el desempeño mecánico del material a los 28 días de curado.

**Figura 19**

*Comportamiento del ensayo resistencia a flexión con zeolita en polvo a 28 días*



## 4.2 Discusión de resultados

### Discusión de resultados: Ensayo de slump

Los resultados del ensayo de asentamiento evidenciaron una disminución progresiva de la trabajabilidad del concreto conforme aumentó el porcentaje de zeolita en polvo, pasando de una consistencia plástica en la muestra patrón (3.70") a una consistencia seca en la mezcla con 12% de zeolita (2.40"). Este comportamiento coincide con lo reportado por Siddique et al. (2020), quienes señalan que la incorporación de materiales puzolánicos finos reduce el slump debido a su elevada superficie específica y capacidad de absorción de agua, incrementando la demanda hídrica de la mezcla. De manera similar, Madhavi (2021) concluye que la zeolita natural disminuye la fluidez del concreto a medida que aumenta su porcentaje de sustitución, afectando principalmente la manejabilidad en estado fresco. En el presente estudio, este comportamiento se hace más evidente en la mezcla con 12% de zeolita, donde la reducción del asentamiento indica una mezcla más rígida y menos trabajable. Sin embargo, en porcentajes moderados (4% y 8%), la consistencia aún se mantiene dentro de rangos plásticos aceptables para procesos constructivos, lo que demuestra que la zeolita puede incorporarse sin comprometer significativamente la trabajabilidad siempre que se controle su dosificación.

### Discusión de resultados: Resistencia a compresión

Los resultados de resistencia a la compresión mostraron que las mezclas con 4% y 8% de zeolita superaron a la muestra patrón tanto a los 7, 14 y 28 días, alcanzando el mejor desempeño con el 8% de sustitución (309.69 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días). Este comportamiento coincide con lo reportado por Najimi et al. (2020), quienes sostienen que la zeolita mejora la resistencia mecánica del concreto debido a su actividad puzolánica, favoreciendo la formación adicional de gel C-S-H y densificando la matriz cementante. Asimismo, Valipour (2022) concluye que porcentajes moderados de zeolita

incrementan la resistencia a compresión gracias al refinamiento de poros y al efecto filler de las partículas finas. En la presente investigación, la mejora obtenida con 8% de zeolita confirma dicho comportamiento, evidenciando una matriz más compacta y resistente. Sin embargo, al incrementar la sustitución a 12%, la resistencia disminuyó por debajo de la muestra patrón, lo cual también ha sido reportado por otros autores, quienes indican que altos porcentajes de zeolita reducen el contenido efectivo de cemento y limitan el desarrollo de productos de hidratación suficientes para mantener la resistencia del concreto. En consecuencia, los resultados demuestran que existe un porcentaje óptimo de incorporación de zeolita, en el cual se maximizan sus beneficios mecánicos sin afectar negativamente el desempeño estructural del material.

#### **Discusión de resultados: Resistencia a flexión**

Los resultados de resistencia a flexión evidenciaron una mejora en las mezclas con incorporación moderada de zeolita, comportamiento que puede atribuirse a una mejor adherencia interna y mayor densificación de la pasta cementante. Este comportamiento coincide con lo reportado por Uzal et al. (2021), quienes indican que la zeolita mejora la resistencia a flexión al reducir vacíos capilares y fortalecer la zona de transición entre pasta y agregado. Del mismo modo, Kocak (2020) concluye que las adiciones puzolánicas finas favorecen la distribución de esfuerzos dentro del concreto, mejorando su capacidad para resistir tensiones de tracción indirecta y flexión. En el presente estudio, las mezclas con 4% y 8% de zeolita presentaron un comportamiento favorable, lo que sugiere que la reacción puzolánica contribuyó a generar una estructura interna más homogénea y compacta. No obstante, con porcentajes elevados de zeolita, la mejora tiende a disminuir debido a la reducción del contenido cementante disponible, afectando la cohesión de la matriz y limitando el desarrollo resistente. Por tanto, los resultados confirman que la incorporación controlada de zeolita puede mejorar el



comportamiento flexional del concreto, siempre que se mantenga dentro de un rango  
óptimo de sustitución.

## CONCLUSIONES

**CONCLUSIÓN GENERAL:** En nuestra investigación concluimos que la incorporación de zeolita en polvo en proporciones controladas mejora las propiedades mecánicas del concreto hidráulico, especialmente la resistencia a compresión y flexión, debido a su comportamiento que actúa a través de la puzolana y efecto de relleno en la matriz cementante, asu vez cuando el aumento es excesivo del porcentaje de sustitución reduce la trabajabilidad y puede afectar negativamente el desarrollo resistente del concreto, entre las dosificaciones evaluadas, el 8% de zeolita presentó el mejor comportamiento integral, constituyéndose como el porcentaje óptimo para mejorar el desempeño del concreto hidráulico en las condiciones estudiadas.

**PRIMERO:** Se concluye que la incorporación de zeolita en polvo reduce progresivamente la trabajabilidad del concreto hidráulico, debido a la alta finura y capacidad de absorción del material, las mezclas con 4% y 8% de zeolita mantuvieron una consistencia plástica adecuada para su colocación y compactación, mientras que el 12% generó una mezcla de consistencia seca, evidenciando limitaciones en su manejabilidad. Por tanto, el incremento excesivo de zeolita afecta negativamente las propiedades del concreto en estado fresco.

**SEGUNDO:** Se concluye que la incorporación moderada de zeolita en polvo mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto hidráulico. El mejor desempeño se obtuvo con la adición de 8% de zeolita, alcanzando valores superiores a la resistencia de diseño a los 28 días. Sin embargo, con 12% de sustitución se observó una disminución de la capacidad resistente, evidenciando que porcentajes elevados afectan el contenido efectivo de cemento y limitan el desarrollo de productos de hidratación. En consecuencia, existe un porcentaje óptimo de incorporación que maximiza el desempeño mecánico del concreto.



**TERCERO:** Se concluye que la zeolita en polvo influye favorablemente en la resistencia a flexión del concreto cuando se incorpora en proporciones moderadas, debido a la mejora de la microestructura y a una mayor densificación de la matriz cementante. Las mezclas con menores porcentajes de zeolita presentaron un mejor comportamiento frente a esfuerzos de tracción indirecta y flexión, mientras que contenidos elevados redujeron la eficiencia estructural del material. Esto demuestra que la zeolita puede contribuir al mejor desempeño flexional del concreto siempre que su dosificación sea controlada.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar investigando el uso de zeolita como material puzolánico en el concreto hidráulico, incorporando diferentes tipos de cementos, condiciones climáticas y combinaciones con otros materiales suplementarios, con el objetivo de optimizar las propiedades mecánicas y promover alternativas sostenibles en la construcción civil.
2. Se recomienda que futuras investigaciones evalúen el uso de aditivos plastificantes o superplastificantes en mezclas con zeolita, con el propósito de compensar la pérdida de trabajabilidad generada por la alta absorción y finura del material, permitiendo mantener una adecuada consistencia del concreto sin incrementar la relación agua/cemento.
3. Se recomienda ampliar el estudio de la resistencia a compresión evaluando porcentajes intermedios de zeolita y edades mayores de curado, con el fin de determinar con mayor precisión el porcentaje óptimo de sustitución y analizar el comportamiento mecánico del concreto a largo plazo.
4. Se recomienda desarrollar investigaciones complementarias relacionadas con el comportamiento del concreto con zeolita frente a esfuerzos de tracción, flexión y fatiga, así como evaluar su desempeño en elementos estructurales sometidos a cargas dinámicas y condiciones ambientales severas.



## BIBLIOGRAFÍA

- ACI Committee 211. (2009). *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete (ACI 211.1)*. <https://www.concrete.org>
- Adam M. Neville. (2012). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education.
- Ahmadi, B., & Shekarchi, M. (2020). *Use of natural zeolite as a supplementary cementitious material*. Cement and Concrete Composites.
- American Society for Testing and Materials. (2019). *Standard specification for concrete materials*. <https://www.astm.org>
- Andrew M. Neville. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education.
- Apaza Huanca, E. L. (2019). *Análisis del comportamiento del concreto con adiciones puzolánicas en condiciones de altitud en la región Puno* (Tesis de ingeniería civil). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6.<sup>a</sup> ed.). Episteme.
- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda-Novales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201–206.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (3.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- British Geological Survey. (2020). *Zeolites: mineral profile*. <https://www.bgs.ac.uk>
- Bunge, M. (2004). *La ciencia, su método y su filosofía*. Ediciones Siglo Veinte.
- Castañeda Ramos, L. E. (2018). *Influencia de la zeolita natural como sustituto parcial del cemento en la resistencia del concreto* (Tesis de ingeniería civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

- Choquehuanca Condori, R. E. (2020). *Evaluación de la durabilidad del concreto con adición de zeolita en ambientes de baja temperatura en la ciudad de Puno* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27–36.
- European Committee for Standardization. (2017). *EN 197-1: Cement – Composition, specifications and conformity criteria*. <https://www.cen.eu>
- European Ready Mixed Concrete Organization. (2018). *Guide to sustainable concrete*. <https://www.ermco.eu>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Huamán Paredes, C. A. (2019). *Análisis de la incorporación de materiales puzolánicos en el concreto para mejorar sus propiedades mecánicas* (Tesis de ingeniería civil). Universidad Nacional del Altiplano, Perú
- Hurtado de Barrera, J. (2010). *Metodología de la investigación: Guía para la comprensión holística de la ciencia* (4.ª ed.). Sypal.
- International Union of Pure and Applied Chemistry. (2016). *Nomenclature of zeolites*. <https://iupac.org>
- International Zeolite Association. (2019). *What are zeolites?*. <https://www.iza-online.org>
- M. S. Shetty. (2005). *Concrete technology: Theory and practice*. S. Chand.
- Mamani Quispe, J. C. (2021). *Influencia de la adición de zeolita natural en la resistencia a la compresión del concreto en la región Puno* (Tesis de ingeniería civil). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.



- Mineralogical Society of America. (2017). *Zeolite mineralogy*. <https://www.minsocam.org>
- P. Kumar Mehta. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials*. McGraw-Hill.
- Peter C. Hewlett. (2004). *Lea's chemistry of cement and concrete* (4th ed.). Elsevier.
- Portland Cement Association. (2020). *Design and control of concrete mixtures*.  
<https://www.cement.org>
- Quispe Huamán, M. F. (2020). *Evaluación del uso de zeolita en la mejora de la durabilidad del concreto en condiciones climáticas variables* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Perú.
- Shayan, A., & Xu, A. (2023). *Performance of concrete containing natural zeolite as a supplementary cementitious material*. Cement and Concrete Composites.
- Sidney Mindess. (2010). *Concrete* (2nd ed.). Prentice Hall.
- United Nations Environment Programme. (2018). *Mineral resource formation and sustainability*. <https://www.unep.org>
- United States Geological Survey. (2021). *Pozzolans and their uses in construction*.  
<https://www.usgs.gov>
- Valipour, M., Pargar, F., Shekarchi, M., & Khani, S. (2023). *Influence of natural zeolite on strength and durability of concrete*. Construction and Building Materials.
- World Cement Association. (2020). *Sustainable cement and concrete industry report*.  
<https://www.worldcementassociation.org>



## ANEXOS



**TÍTULO:** ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

| PROBLEMAS                                                                                                                                                                                            | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                  | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | VARIABLES                                             | DIMENSIÓN                                                                                                                                | METODOLOGÍA                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Problema General:</b><br><br>¿Cuál es el efecto de la adición de zeolita en polvo en proporciones controladas sobre las propiedades mecánicas del concreto hidráulico en la ciudad de Puno, 2024? | <b>Objetivo General:</b><br><br>Analizar los efectos de la zeolita en polvo en proporciones controladas sobre las propiedades mecánicas del concreto hidráulico en la ciudad de Puno, 2024 | <b>Hipótesis General:</b><br><br>La incorporación de zeolita en polvo en proporciones controladas de 4%, 8%, 12%, en el concreto hidráulico mejorará las propiedades mecánicas del concreto, específicamente la resistencia a la compresión y a la flexión, sin afectar negativamente la trabajabilidad y consistencia del concreto en las condiciones geográficas y climáticas de la ciudad de Puno | <b>Variable Independiente</b><br><br>ZEOLITA EN POLVO | <b>Dimensiones:</b><br><br>Proporciones de adición de zeolita en polvo<br><br>MUESTRA PATRÓN<br>MP + 4% ZP<br>MP + 8 % ZP<br>MP + 12% ZP | <b>ENFOQUE:</b><br>CUANTITATIVO<br><br><b>TIPO:</b><br>APLICADO<br><br><b>NIVEL:</b><br>EXPLICATIVO<br><br><b>DISEÑO:</b><br>CUASI EXPERIMENTAL |
| <b>Problemas Específicos</b>                                                                                                                                                                         | <b>Objetivos Específicos</b>                                                                                                                                                               | <b>Hipótesis Específicas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Variable Dependiente</b>                           | <b>Dimensiones:</b>                                                                                                                      | <b>INSTRUMENTOS:</b>                                                                                                                            |
| 1. ¿De qué manera la zeolita afecta la trabajabilidad y la consistencia del concreto hidráulico en estado fresco?                                                                                    | 1. Evaluar el impacto de la incorporación de zeolita en polvo en la trabajabilidad y consistencia del concreto hidráulico en estado fresco.                                                | 1. La incorporación de zeolita en polvo en el concreto hidráulico en proporciones de 4%, 8% y 12% afectará negativamente la trabajabilidad y la consistencia del concreto, debido a la alta capacidad de absorción de agua de la zeolita, lo que puede generar una mezcla más espesa y de mayor viscosidad.                                                                                          | PROPIEDADES DEL CONCRETO                              | Consistencia<br>Resistencia a la compresión<br>Resistencia a la flexión                                                                  | Fichas de ensayos<br>Equipos y herramienta de Laboratorio de Concretos.                                                                         |
| 2. ¿Cómo influye la incorporación de zeolita en polvo con proporciones de 4%, 8% y 12% en la resistencia a la compresión del concreto hidráulico?                                                    | 2. Determinar la influencia de la incorporación de zeolita en polvo en proporciones del 4%, 8% y 12% sobre la resistencia a la compresión del concreto hidráulico.                         | 2. La incorporación de zeolita en polvo en el concreto hidráulico en proporciones de 4%, 8% y 12% mejorará la resistencia a la compresión en comparación con el concreto sin zeolita, que contribuye a la formación de compuestos cementantes adicionales, mejorando la estructura interna del concreto.                                                                                             |                                                       |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                 |
| 3. ¿Cómo influye la incorporación de zeolita en polvo con proporciones de 4%, 8% y 12% en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico?                                                       | 3. Determinar la influencia de la incorporación de zeolita en polvo en proporciones del 4%, 8% y 12% sobre la resistencia a la flexión del concreto hidráulico.                            | 3. La incorporación de zeolita en polvo en el concreto hidráulico en proporciones de 4%, 8% y 12% mejorará la resistencia a la flexión en comparación con el concreto sin zeolita, debido a la reactividad puzolánica de la zeolita.                                                                                                                                                                 |                                                       |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                 |

## ANEXO 2. Panel Fotográfico



**PANEL N° 1 - ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO**



**PANEL N° 2 - ENSAYO GRANULOMETRICO DE LA GRAVA**



**PANEL N° 3 - ENSAYO GRANULOMETRICO DE LA ARENA**



**PANEL N° 4 - ENSAYO A CAIDA LIBRE DE PESOS UNITARIO DE LA ARENA**



**PANEL N° 5 - ENSAYO VARILLADO DE PESOS UNITARIOS DE LA ARENA**



**PANEL N° 6 - ENSAYO A CAIDA LIBRE Y VARILLADO DEL PESO UNITARIO DE LA GRAVA**



**PANEL N° 7 – SATURAMOS LA MUESTRA DE LA GRAVA Y ARENA PARA EL  
ENSAYO DE ABSORCIÓN Y PESO ESPECÍFICO**



**PANEL N° 8 – LA ZEOLITA PULVERIZADA LO TAMIZAMOS EN LA MALLA N° 200  
PARA SU USO**



**PANEL N° 9 – SACAMOS LAS PROBETAS DEL POZO DE CURADO Y LUEGO  
MEDIMOS SU DIAMETRO**



**PANEL N° 10 – REALIZAMOS LAS PRUEBAS DE ROTURA DE LA PROBETA A  
COMPRESION Y LAS VIGAS PARA EL ENSAYO A FLEXIÓN**



### ANEXO 3. ENSAYOS DE LABORATORIO



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



## CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

**MUESTRA** : GRAVA - ARENA

**FECHA** : 25 MARZO DEL 2025

| MUESTRA : ARENA                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| N° DE TARRO                             | 1      |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.) | 392.10 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)   | 369.50 |
| PESO DEL TARRO (gr.)                    | 48.10  |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)         | 344.00 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)           | 321.40 |
| PESO DEL AGUA (gr.)                     | 22.60  |
| % HUMEDAD                               | 7.03   |

| MUESTRA : GRAVA                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| N° DE TARRO                             | 2      |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.) | 558.80 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)   | 549.40 |
| PESO DEL TARRO (gr.)                    | 50.50  |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)         | 508.10 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)           | 498.90 |
| PESO DEL AGUA (gr.)                     | 9.20   |
| % HUMEDAD                               | 1.84   |

**OBSERVACIONES:**

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

B. N° 006-00314573



**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

**CANTERA** : ISLA

**LUGAR** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17

**FECHA** : 25 MARZO DEL 2025

### ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

#### ARENA

| Malla                                          | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro |                                             |
|------------------------------------------------|---------------|------------|------------------|--------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 3/8"                                           | 0             | 0.00       | 0.00             | 100.00 | A                                                 | -Peso de muestra secada al horno 483.95     |
| N° 4                                           | 5.62          | 1.12       | 1.12             | 98.88  | B                                                 | -Peso de muestra saturada seca (SSS) 500.00 |
| N° 8                                           | 70.88         | 14.18      | 15.30            | 84.70  | Wc                                                | -Peso del picnómetro con agua 1313.55       |
| N° 16                                          | 87.16         | 17.43      | 32.73            | 67.27  | W                                                 | -Peso del Pic. + muestra + agua 1616.37     |
| N° 30                                          | 103.15        | 20.63      | 53.36            | 46.64  | <b>PESO ESPECÍFICO</b>                            |                                             |
| N° 50                                          | 129.37        | 25.87      | 79.24            | 20.76  | Wc+B =                                            | 1814                                        |
| N° 100                                         | 85.10         | 17.02      | 96.26            | 3.74   | Wc+B-W =                                          | 197                                         |
| N° 200                                         | 9.85          | 1.97       | 98.23            | 1.77   | Pe =                                              | $\frac{B}{Wc+B-W} = 2.54 \text{ gr/cm}^3$   |
| FONDO                                          | 8.87          | 1.77       | 100.00           | 0.00   | <b>ABSORCIÓN</b>                                  |                                             |
| SUMA                                           | 500.00        | 100.00     |                  |        | B =                                               | 500.00                                      |
| Observaciones sobre el Análisis Granulométrico |               |            |                  |        | B-A =                                             | 16.05                                       |
| Mf = MÓDULO DE FINEZA                          |               |            |                  |        | Abs =                                             | $\frac{(B-A) \times 100}{A} = 3.32 \%$      |
|                                                |               |            |                  |        | 2.78                                              |                                             |

#### GRAVA

| Malla                                          | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro |                                             |
|------------------------------------------------|---------------|------------|------------------|--------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 2"                                             | 0             | 0.00       | 0.00             | 100.00 | A                                                 | -Peso de muestra secada al horno 785.77     |
| 1 1/2"                                         | 0             | 0.00       | 0.00             | 100.00 | B                                                 | -Peso de muestra saturada seca (SSS) 800.00 |
| 1"                                             | 0             | 0.00       | 0.00             | 100.00 | Wc                                                | -Peso del picnómetro con agua 1313.55       |
| 3/4"                                           | 18            | 0.46       | 0.46             | 99.54  | W                                                 | -Peso del Pic. + muestra + agua 1799.08     |
| 1/2"                                           | 289           | 7.21       | 7.67             | 92.33  | <b>PESO ESPECÍFICO</b>                            |                                             |
| 3/8"                                           | 1378          | 34.44      | 42.11            | 57.89  | Wc+B =                                            | 2114                                        |
| 1/4"                                           |               |            |                  |        | Wc+B-W =                                          | 314                                         |
| N° 4                                           | 1816          | 45.39      | 87.50            | 12.50  | Pe =                                              | $\frac{B}{Wc+B-W} = 2.54 \text{ gr/cm}^3$   |
| FONDO                                          | 0.00          | 0.00       | 87.50            | 12.50  | <b>ABSORCIÓN</b>                                  |                                             |
| SUMA                                           | 3500.00       | 87.50      |                  |        | B =                                               | 800.00                                      |
| Observaciones sobre el Análisis Granulométrico |               |            |                  |        | B-A =                                             | 14.23                                       |
|                                                |               |            |                  |        | Abs =                                             | $\frac{(B-A) \times 100}{A} = 1.81 \%$      |

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
PUNO

Dr. Arnaldo Yana Barón 006-00314573  
CIP 103257



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

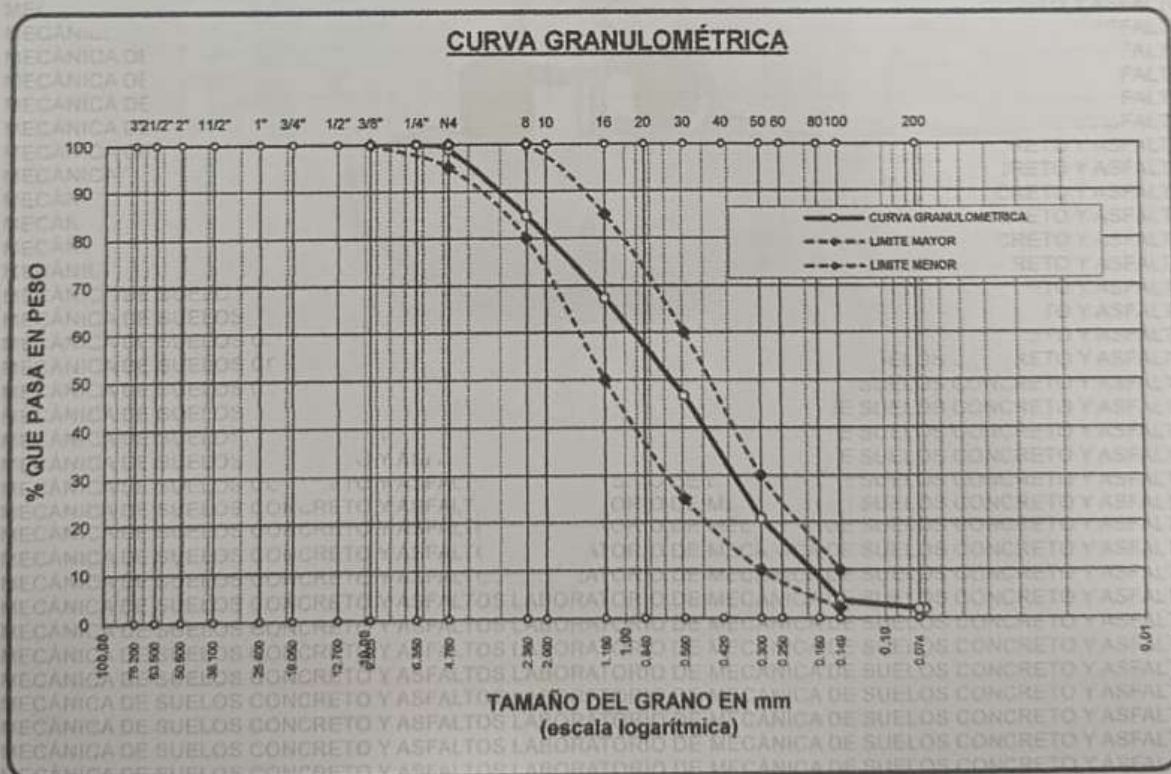
**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

**MUESTRA** : ARENA

**FECHA** : 25 MARZO DEL 2025

| TAMICES   | ABERTURA | PESO     | %        | %RET.     | % QUE  | ESPECIF.   | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|--------|------------|---------------------------|
| ASTM      | mm       | RETENIDO | RETENIDO | ACUMULADO | PASA   |            |                           |
| 3/8"      | 9.525    | 0.00     | 0.00     | 0.00      | 100.00 | 100%       | Peso Inicial = 500 gr.    |
| 1/4"      | 6.350    | 0.00     | 0.00     | 0.00      | 100.00 |            |                           |
| No4       | 4.760    | 5.62     | 1.12     | 1.12      | 98.88  | 95 - 100 % | Módulo de Fineza = 2.78   |
| No8       | 2.380    | 70.88    | 14.18    | 15.30     | 84.70  | 80 - 100 % |                           |
| No10      | 2.000    |          |          |           |        |            |                           |
| No16      | 1.190    | 87.16    | 17.43    | 32.73     | 67.27  | 50 - 85 %  |                           |
| No20      | 0.840    |          |          |           |        |            |                           |
| No30      | 0.590    | 103.15   | 20.63    | 53.36     | 46.64  | 25 - 60 %  |                           |
| No40      | 0.420    |          |          |           |        |            | OBSERVACIONES:            |
| No50      | 0.300    | 129.37   | 25.87    | 79.24     | 20.76  | 10 - 30 %  |                           |
| No60      | 0.250    |          |          |           |        |            |                           |
| No80      | 0.180    |          |          |           |        |            |                           |
| No100     | 0.149    | 85.10    | 17.02    | 96.26     | 3.74   | 2-10%      |                           |
| No200     | 0.074    | 9.85     | 1.97     | 98.23     | 1.77   |            |                           |
| BASE      |          | 8.87     | 1.77     | 100       | 0.00   |            |                           |
| TOTAL     |          | 500.00   | 100.00   |           |        |            |                           |
| % PERDIDA |          | 1.77     |          |           |        |            |                           |



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

B. N° 006-00314573



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

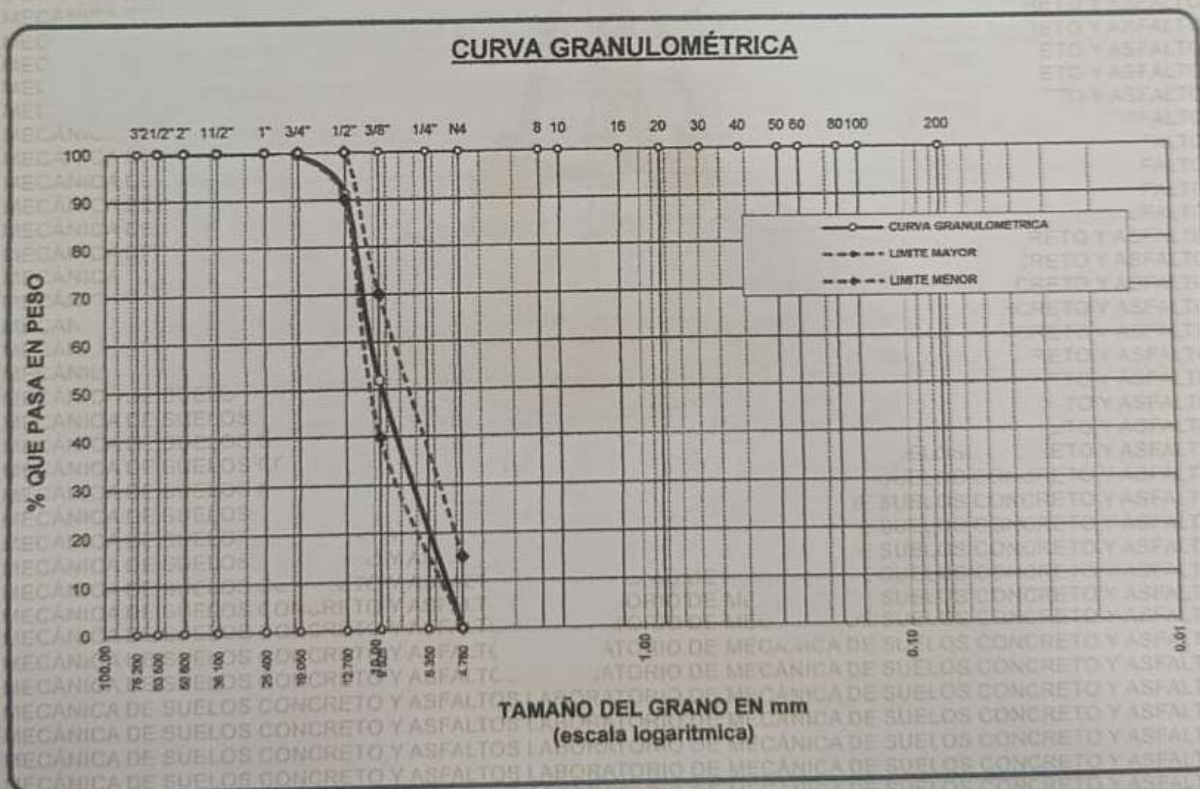
**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

**MUESTRA** : GRAVA

**FECHA** : 25 MARZO DEL 2025

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF.   | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                                   |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 3"           | 76.200      |               |                   |                     |            |            | Peso Inicial = 3500 gr.<br>Tamaño máx. nominal = 3/4"<br><br>OBSERVACIONES: |
| 2 1/2"       | 63.500      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |            |                                                                             |
| 2"           | 50.800      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |            |                                                                             |
| 1 1/2"       | 38.100      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |            |                                                                             |
| 1"           | 25.400      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |            |                                                                             |
| 3/4"         | 19.050      | 18.23         | 0.52              | 0.52                | 99.48      | 100 %      |                                                                             |
| 1/2"         | 12.700      | 288.57        | 8.24              | 8.77                | 91.23      | 90 - 100 % |                                                                             |
| 3/8"         | 9.525       | 1377.62       | 39.36             | 48.13               | 51.87      | 40 - 70 %  |                                                                             |
| 1/4"         | 6.350       |               |                   |                     |            |            |                                                                             |
| No4          | 4.760       | 1815.58       | 51.87             | 100.00              | 0.00       | 0 - 15 %   |                                                                             |
| BASE         |             | 0.00          | 0.00              | 0.0                 | 100.0      |            |                                                                             |
| TOTAL        |             | 3500.00       | 100.00            |                     |            |            |                                                                             |
| % PÉRDIDA    |             | 0.00          |                   |                     |            |            |                                                                             |

### CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

B. N° 006-00314573



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

## PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUÑO DE 2024

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

**MUESTRA** : ARENA

**FECHA** : 25 MARZO DEL 2025

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

|                                    |                          |                          |                          |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE                     | 5970 gr                  | 5970 gr                  | 5970 gr                  |
| VOLUMEN DEL MOLDE                  | 2101 cm <sup>3</sup>     | 2101 cm <sup>3</sup>     | 2101 cm <sup>3</sup>     |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE      | CAIDA LIBRE              | CAIDA LIBRE              | CAIDA LIBRE              |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA    | 9020.00 gr               | 9009.00 gr               | 9033.00 gr               |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA          | 3050.00 gr               | 3039.00 gr               | 3063.00 gr               |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.451 gr/cm <sup>3</sup> | 1.446 gr/cm <sup>3</sup> | 1.458 gr/cm <sup>3</sup> |
| PROMEDIO                           | 1.452 gr/cm <sup>3</sup> |                          |                          |

### DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

|                                     |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE                      | 5970 gr                  | 5970 gr                  | 5970 gr                  |
| VOLUMEN DEL MOLDE                   | 2101 cm <sup>3</sup>     | 2101 cm <sup>3</sup>     | 2101 cm <sup>3</sup>     |
| Nº DE CAPAS                         | 3                        | 3                        | 3                        |
| Nº DE GOLPES POR CAPA               | 25                       | 25                       | 25                       |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 9243.00 gr               | 9250.00 gr               | 9249.00 gr               |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA       | 3273.00 gr               | 3280.00 gr               | 3279.00 gr               |
| DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA  | 1.558 gr/cm <sup>3</sup> | 1.561 gr/cm <sup>3</sup> | 1.560 gr/cm <sup>3</sup> |
| PROMEDIO                            | 1.560 gr/cm <sup>3</sup> |                          |                          |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CJP 103257

B. N° 006-00314573



## PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

**MUESTRA** : GRAVA

**FECHA** : 25 MARZO DEL 2025

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

|                                    |                          |                          |                          |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE                     | 7955 gr                  | 7955 gr                  | 7955 gr                  |
| VOLUMEN DEL MOLDE                  | 3251 cm <sup>3</sup>     | 3251 cm <sup>3</sup>     | 3251 cm <sup>3</sup>     |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE      | CAIDA LIBRE              | CAIDA LIBRE              | CAIDA LIBRE              |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA    | 12479.00 gr              | 12465.00 gr              | 12490.00 gr              |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA          | 4524.00 gr               | 4510.00 gr               | 4535.00 gr               |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.391 gr/cm <sup>3</sup> | 1.387 gr/cm <sup>3</sup> | 1.395 gr/cm <sup>3</sup> |
| PROMEDIO                           | 1.391 gr/cm <sup>3</sup> |                          |                          |

### DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

|                                     |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE                      | 7955 gr                  | 7955 gr                  | 7955 gr                  |
| VOLUMEN DEL MOLDE                   | 3251 cm <sup>3</sup>     | 3251 cm <sup>3</sup>     | 3251 cm <sup>3</sup>     |
| Nº DE CAPAS                         | 3                        | 3                        | 3                        |
| Nº DE GOLPES POR CAPA               | 25                       | 25                       | 25                       |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 12808.00 gr              | 12816.00 gr              | 12830.00 gr              |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA       | 4853.00 gr               | 4861.00 gr               | 4875.00 gr               |
| DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA  | 1.493 gr/cm <sup>3</sup> | 1.495 gr/cm <sup>3</sup> | 1.499 gr/cm <sup>3</sup> |
| PROMEDIO                            | 1.496 gr/cm <sup>3</sup> |                          |                          |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

B. N° 006-00314573



### DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 280 \text{ Kg./cm.}^2$

**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

**CANTERA** : ISLA

**UBICACIÓN** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17

**FECHA** : 25 MARZO DEL 2025

#### PROCESO DE DISEÑO:

**NORMAS:** ACI 211.1.74

ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión  $F'c = 280 \text{ Kg./cm.}^2$  a los 28 días  
entonces la resistencia promedio  $F'cr = 364 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 1" a 2" (25.4 mm. A 50.80 mm.).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de:  $3/4"$  (19.05mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

#### RESULTADOS DE LABORATORIO

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | AGREGADO GRUESO (GRAVA) | AGREGADO FINO (ARENA) |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| P.e de Sólidos          |                         |                       |
| P.e SSS                 | 2.54                    | 2.54                  |
| P.e Bulk                |                         |                       |
| P.U. Varillado          | 1496                    | 1560                  |
| P.U. Suelto             | 1391                    | 1452                  |
| % de Absorción          | 1.81                    | 3.32                  |
| % de Humedad Natural    | 1.84                    | 7.03                  |
| Modulo de Fineza        | -                       | 2.78                  |

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 1" a 2" (25.40mm. A 50.80 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:  $190 \text{ Lt/m}^3$
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de:  $2.0 \%$
- Como se prevé que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será de:  $0.466$
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:  
 $(190 \text{ Lt/m}^3) / (0.466) = 408 \text{ Kg/m}^3$



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP. CAR. INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

B. N° 006-00314573



7. De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.78 el peso específico del agregado grueso varillado-compactado de 1496 Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de

3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.622 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto.

Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.622) * (1496) = 930 \text{ Kg/m}^3$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (190) / (1000) = 0.190 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (408) / (2.88 * 1000) = 0.142 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (930) / (2.54 * 1000) = 0.366 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.717 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.717) = 0.283 \text{ m}^3$$

$$(0.283) * (2.54) * 1000 = 717 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$\text{Agregado grueso húmedo } (930) * (1.018441) = 948 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo } (717) * (1.0703) = 767 \text{ Kg.}$$

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

$$190 - 930 * \left( \frac{1.84 - 1.81}{100} \right) - 717 \left( \frac{7.03 - 3.32}{100} \right) = 163$$

### 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       | 408                                            | 1.00                            | 408                                              | 1.00                              |
| Agua          | 190                                            | 0.466                           | 163                                              | 0.41                              |
| Agreg. Grueso | 930                                            | 2.57                            | 948                                              | 2.67                              |
| Agreg. Fino   | 717                                            | 1.83                            | 767                                              | 1.97                              |
| Aire          | 2.0 %                                          |                                 | 2.0 %                                            |                                   |

### 9.59 BOLSAS / m<sup>3</sup> DE CEMENTO

### DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento 42.50 Kg.  
Agregado fino húmedo 79.98 Kg.  
Agregado grueso húmedo 98.76 Kg.  
Agua efectiva 17.00 Kg.



UNIVERSIDAD NARIÑO  
FICP - CAR. INGENIERIA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

B. N° 006-00314573



Para Mezcladora de 9 pies<sup>3</sup>

1.0 Bolsa de Cemento:

Redondeo

- 1.95 p<sup>3</sup> de Arena

1.9 p<sup>3</sup> de Arena

- 2.51 p<sup>3</sup> de Grava

2.5 p<sup>3</sup> de Grava

- 17 Lt de Agua

17 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 DOSIFICACIÓN POR TANDAS.

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

### OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD NARIÑO  
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

B. N° 006-00314573



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

## ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

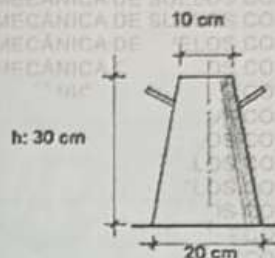
**MUESTRA** : CON 0%, 4%, 8%, 12%, ZEOLITA EN POLVO

**FECHA** : 26 DE MARZO DEL 2025

| PROCESO DEL ENSAYO |              |
|--------------------|--------------|
| CAPAS              | N° DE GOLPES |
| 1                  | 25           |
| 2                  | 25           |
| 3                  | 25           |

| CONSISTENCIA EN CONO |                   |
|----------------------|-------------------|
| CONSISTENCIA         | ASENTAMIENTO (cm) |
| SECA                 | 0 - 5.08          |
| PLÁSTICA             | 7.62 - 10.16      |
| FLUIDA               | ≥ 12.7            |

DIMENSIONES DEL MOLDE



| N° | FECHA      | MUESTRA    | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |          | °C     |
|----|------------|------------|---------------------------|----------|--------|
|    |            |            | SLUMP (pulgadas)          | 3.70     |        |
| 1  | 28/03/2025 | CON 3% CCA | CONSISTENCIA              | PLASTICA | 24.50° |

| N° | FECHA      | MUESTRA   | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |          | °C     |
|----|------------|-----------|---------------------------|----------|--------|
|    |            |           | SLUMP (pulgadas)          | 2.80     |        |
| 1  | 28/03/2025 | CON 8% ZP | CONSISTENCIA              | PLASTICA | 22.10° |

| N° | FECHA      | MUESTRA | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |          | °C  |
|----|------------|---------|---------------------------|----------|-----|
|    |            |         | SLUMP (pulgadas)          | 3.60     |     |
| 2  | 28/03/2025 | PATRÓN  | CONSISTENCIA              | PLASTICA | 24° |

| N° | FECHA      | MUESTRA   | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |          | °C    |
|----|------------|-----------|---------------------------|----------|-------|
|    |            |           | SLUMP (pulgadas)          | 3.00     |       |
| 2  | 28/03/2025 | CON 8% ZP | CONSISTENCIA              | PLASTICA | 22.2° |

| N° | FECHA      | MUESTRA | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |          | °C    |
|----|------------|---------|---------------------------|----------|-------|
|    |            |         | SLUMP (pulgadas)          | 3.80     |       |
| 3  | 28/03/2025 | PATRÓN  | CONSISTENCIA              | PLASTICA | 23.5° |

| N° | FECHA      | MUESTRA   | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |          | °C    |
|----|------------|-----------|---------------------------|----------|-------|
|    |            |           | SLUMP (pulgadas)          | 2.70     |       |
| 3  | 28/03/2025 | CON 8% ZP | CONSISTENCIA              | PLASTICA | 22.8° |

| N° | FECHA      | MUESTRA | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |          | °C    |
|----|------------|---------|---------------------------|----------|-------|
|    |            |         | SLUMP (pulgadas)          | 3.30     |       |
| 1  | 28/03/2025 | PATRÓN  | CONSISTENCIA              | PLASTICA | 23.9° |

| N° | FECHA      | MUESTRA    | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |      | °C    |
|----|------------|------------|---------------------------|------|-------|
|    |            |            | SLUMP (pulgadas)          | 2.40 |       |
| 1  | 28/03/2025 | CON 12% ZP | CONSISTENCIA              | SECA | 20.1° |

| N° | FECHA      | MUESTRA   | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |          | °C    |
|----|------------|-----------|---------------------------|----------|-------|
|    |            |           | SLUMP (pulgadas)          | 3.20     |       |
| 2  | 28/03/2025 | CON 4% ZP | CONSISTENCIA              | PLASTICA | 23.2° |

| N° | FECHA      | MUESTRA    | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |      | °C    |
|----|------------|------------|---------------------------|------|-------|
|    |            |            | SLUMP (pulgadas)          | 2.50 |       |
| 2  | 28/03/2025 | CON 12% ZP | CONSISTENCIA              | SECA | 21.0° |

| N° | FECHA      | MUESTRA   | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |          | °C    |
|----|------------|-----------|---------------------------|----------|-------|
|    |            |           | SLUMP (pulgadas)          | 3.00     |       |
| 3  | 28/03/2025 | CON 4% ZP | CONSISTENCIA              | PLASTICA | 23.2° |

| N° | FECHA      | MUESTRA    | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO |      | °C    |
|----|------------|------------|---------------------------|------|-------|
|    |            |            | SLUMP (pulgadas)          | 2.30 |       |
| 3  | 28/03/2025 | CON 12% ZP | CONSISTENCIA              | SECA | 20.3° |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON REALIZADAS POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FICP - CARRERA INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

B. N° 006-00314573



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

SOLICITANTE : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

MUESTRA : PATRÓN

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 23 DE ABRIL DEL 2025

## EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| 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  | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-1 | 36050.00                    | 15.02 | 177.19          | 203.45             | 280                | 26/03/2025 | 2/04/2025 | 7    | 72.66% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-2 | 35990.00                    | 15.04 | 177.66          | 202.58             | 280                | 26/03/2025 | 2/04/2025 | 7    | 72.35% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-3 | 36510.00                    | 15.02 | 177.19          | 206.05             | 280                | 26/03/2025 | 2/04/2025 | 7    | 73.59% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       | 204.03          |                    |                    |            | PROMEDIO  |      | 72.87% |

## EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| 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  | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-1 | 45660.00                    | 15.05 | 177.89          | 256.68             | 280                | 26/03/2025 | 9/04/2025 | 14   | 91.67% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-2 | 44770.00                    | 15.03 | 177.42          | 252.34             | 280                | 26/03/2025 | 9/04/2025 | 14   | 90.12% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-3 | 45310.00                    | 15.02 | 177.19          | 255.71             | 280                | 26/03/2025 | 9/04/2025 | 14   | 91.33% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       | 254.91          |                    |                    |            | PROMEDIO  |      | 91.04% |

## EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| 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  | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-1 | 52630.00                    | 15.04 | 177.66          | 296.24             | 280                | 26/03/2025 | 23/04/2025 | 28   | 105.80% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-2 | 53600.00                    | 15.03 | 177.42          | 302.11             | 280                | 26/03/2025 | 23/04/2025 | 28   | 107.90% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-3 | 51700.00                    | 15.04 | 177.66          | 291.01             | 280                | 26/03/2025 | 23/04/2025 | 28   | 103.93% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       | 296.45          |                    |                    |            | PROMEDIO   |      | 105.88% |

## OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVILDr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

B. N° 006-00314573



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

**MUESTRA** : CON ADICIÓN DE 4% DE ZEOLITA EN POLVO

**LUGAR** : CIUDAD DE PUNO

**FECHA** : 23 DE ABRIL DEL 2025

#### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 4% DE ZEOLITA

| Nº                          | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA<br>Kg | Ø<br>cm | AREA<br>cm <sup>2</sup> | ESF. ROTURA<br>Kg/cm <sup>2</sup> | F'C<br>Kg/cm <sup>2</sup> | FECHA<br>VACIADO | FECHA<br>ROTURA | EDAD<br>DIAS | %      |
|-----------------------------|------------------------------------------|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|--------------|--------|
| 1                           | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-1 | 37150.00    | 15.03   | 177.42                  | 209.39                            | 280                       | 26/03/2025       | 2/04/2025       | 7            | 74.78% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-2 | 38100.00    | 15.05   | 177.89                  | 214.18                            | 280                       | 26/03/2025       | 2/04/2025       | 7            | 76.49% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm<br>M-3 | 37500.00    | 15.06   | 178.13                  | 210.52                            | 280                       | 26/03/2025       | 2/04/2025       | 7            | 75.19% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |             |         |                         | 211.36                            |                           | PROMEDIO         |                 |              | 75.49% |

#### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 4% DE ZEOLITA

| Nº                          | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA<br>Kg | Ø<br>cm | AREA<br>cm <sup>2</sup> | ESF. ROTURA<br>Kg/cm <sup>2</sup> | F'C<br>Kg/cm <sup>2</sup> | FECHA<br>VACIADO | FECHA<br>ROTURA | EDAD<br>DIAS | %      |
|-----------------------------|------------------------------------------|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|--------------|--------|
| 1                           | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-1 | 46300.00    | 15.03   | 177.42                  | 260.96                            | 280                       | 26/03/2025       | 9/04/2025       | 14           | 93.20% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm<br>M-2 | 45820.00    | 15.06   | 178.13                  | 257.23                            | 280                       | 26/03/2025       | 9/04/2025       | 14           | 91.87% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-3 | 47030.00    | 15.02   | 177.19                  | 265.42                            | 280                       | 26/03/2025       | 9/04/2025       | 14           | 94.79% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |             |         |                         | 261.20                            |                           | PROMEDIO         |                 |              | 93.29% |

#### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 4% DE ZEOLITA

| Nº                          | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA<br>Kg | Ø<br>cm | AREA<br>cm <sup>2</sup> | ESF. ROTURA<br>Kg/cm <sup>2</sup> | F'C<br>Kg/cm <sup>2</sup> | FECHA<br>VACIADO | FECHA<br>ROTURA | EDAD<br>DIAS | %       |
|-----------------------------|------------------------------------------|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|--------------|---------|
| 1                           | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-1 | 54020.00    | 15.05   | 177.89                  | 303.67                            | 280                       | 26/03/2025       | 23/04/2025      | 28           | 108.45% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-2 | 55010.00    | 15.04   | 177.66                  | 309.64                            | 280                       | 26/03/2025       | 23/04/2025      | 28           | 110.58% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-3 | 53380.00    | 15.03   | 177.42                  | 300.87                            | 280                       | 26/03/2025       | 23/04/2025      | 28           | 107.45% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |             |         |                         | 304.73                            |                           | PROMEDIO         |                 |              | 108.83% |

#### OBSERVACIONES:

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

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

B. N° 006-00314573



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

**MUESTRA** : CON ADICIÓN DE 8% DE ZEOLITA EN POLVO

**LUGAR** : CIUDAD DE PUNO

**FECHA** : 23 DE ABRIL DEL 2025

#### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 8% DE ZEOLITA

| 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                           | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-1 | 38150.00 | 15.03 | 177.42          | 215.03             | 280                | 26/03/2025 | 2/04/2025 | 7    | 76.80% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-2 | 37660.00 | 15.02 | 177.19          | 212.54             | 280                | 26/03/2025 | 2/04/2025 | 7    | 75.91% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-3 | 39030.00 | 15.05 | 177.89          | 219.41             | 280                | 26/03/2025 | 2/04/2025 | 7    | 78.36% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |          |       |                 | 215.66             | PROMEDIO           |            |           |      | 77.02% |

#### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 8% DE ZEOLITA

| 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                           | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-1 | 46810.00 | 15.04 | 177.66          | 263.48             | 280                | 26/03/2025 | 9/04/2025 | 14   | 94.10% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm<br>M-2 | 47550.00 | 15.06 | 178.13          | 266.94             | 280                | 26/03/2025 | 9/04/2025 | 14   | 95.34% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-3 | 46780.00 | 15.05 | 177.89          | 262.97             | 280                | 26/03/2025 | 9/04/2025 | 14   | 93.92% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |          |       |                 | 264.46             | PROMEDIO           |            |           |      | 94.45% |

#### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 8% DE ZEOLITA

| 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                           | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-1 | 55880.00 | 15.03 | 177.42          | 314.96             | 280                | 26/03/2025 | 23/04/2025 | 28   | 112.49% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm<br>M-2 | 53770.00 | 15.00 | 176.71          | 304.28             | 280                | 26/03/2025 | 23/04/2025 | 28   | 108.67% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-3 | 54900.00 | 15.02 | 177.19          | 309.84             | 280                | 26/03/2025 | 23/04/2025 | 28   | 110.66% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |          |       |                 | 309.69             | PROMEDIO           |            |            |      | 110.60% |

#### OBSERVACIONES:

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

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

B. N° 006-00314573



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES  
MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

SOLICITANTE : Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

MUESTRA : CON ADICIÓN DE 12% DE ZEOLITA EN POLVO

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 23 DE ABRIL DEL 2025

## EDAD : 7 DÍAS - MUESTRA CON 12% DE ZEOLITA

| 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    | DÍAS |        |
| 1                           | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-1 | 32510.00 | 15.04 | 177.66          | 182.99             | 280                | 26/03/2025 | 2/04/2025 | 7    | 65.35% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-2 | 33170.00 | 15.03 | 177.42          | 186.96             | 280                | 26/03/2025 | 2/04/2025 | 7    | 66.77% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-3 | 33600.00 | 15.05 | 177.89          | 188.88             | 280                | 26/03/2025 | 2/04/2025 | 7    | 67.46% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |          |       |                 | 186.28             |                    | PROMEDIO   |           |      | 66.53% |

## EDAD : 14 DÍAS - MUESTRA CON 12% DE ZEOLITA

| 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    | DÍAS |        |
| 1                           | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-1 | 41200.00 | 15.05 | 177.89          | 231.60             | 280                | 26/03/2025 | 9/04/2025 | 14   | 82.72% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-2 | 43080.00 | 15.02 | 177.19          | 243.13             | 280                | 26/03/2025 | 9/04/2025 | 14   | 86.83% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-3 | 42330.00 | 15.04 | 177.66          | 238.26             | 280                | 26/03/2025 | 9/04/2025 | 14   | 85.09% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |          |       |                 | 237.67             |                    | PROMEDIO   |           |      | 84.88% |

## EDAD : 28 DÍAS - MUESTRA CON 12% DE ZEOLITA

| 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     | DÍAS |        |
| 1                           | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-1 | 46340.00 | 15.03 | 177.42          | 261.19             | 280                | 26/03/2025 | 23/04/2025 | 28   | 93.28% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-2 | 47660.00 | 15.04 | 177.66          | 268.27             | 280                | 26/03/2025 | 23/04/2025 | 28   | 95.81% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-3 | 48380.00 | 15.05 | 177.89          | 271.97             | 280                | 26/03/2025 | 23/04/2025 | 28   | 97.13% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |          |       |                 | 267.14             |                    | PROMEDIO   |            |      | 95.41% |

## OBSERVACIONES:

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

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

B. N° 006-00314573



## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA ASTM C - 78

TESIS: ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

SOLICITANTE: Bach. EDWIN CORAHUA TURPO

MUESTRA: PATRÓN Y CON ADICIÓN DE 4%, 8% Y 12% DE ZEOLITA EN POLVO

LUGAR: CIUDAD DE PUNO

FECHA: 24 DE ABRIL DEL 2025

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| N°                          | DESCRIPCIÓN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DIAS | LUZ LIBRE | PROMEDIO |        | LECTURA DEL DIAL (kg) | RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------------------|-------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------|----------|--------|-----------------------|-----------------------------------------------|
|                             |             |                 |                 |              | cm        | b (cm)   | h (cm) |                       |                                               |
| 1                           | VIGA PATRÓN | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.04    | 15.07  | 5200.00               | 45.67                                         |
| 2                           | VIGA PATRÓN | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 14.98    | 15.03  | 5370.00               | 47.61                                         |
| 3                           | VIGA PATRÓN | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.02    | 15.04  | 5330.00               | 47.06                                         |
| Promedio kg/cm <sup>2</sup> |             |                 |                 |              |           |          |        |                       | 46.78                                         |

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 4% DE ZEOLITA EN POLVO

| N°                          | DESCRIPCIÓN    | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DIAS | LUZ LIBRE | PROMEDIO |        | LECTURA DEL DIAL (kg) | RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------|----------|--------|-----------------------|-----------------------------------------------|
|                             |                |                 |                 |              | cm        | b (cm)   | h (cm) |                       |                                               |
| 1                           | VIGA 1 - 4% ZP | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.04    | 15.06  | 5500.00               | 46.37                                         |
| 2                           | VIGA 2 - 4% ZP | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.02    | 15.04  | 5520.00               | 48.74                                         |
| 3                           | VIGA 3 - 4% ZP | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.06    | 15.03  | 5410.00               | 47.71                                         |
| Promedio kg/cm <sup>2</sup> |                |                 |                 |              |           |          |        |                       | 48.27                                         |

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 8% DE ZEOLITA EN POLVO

| N°                          | DESCRIPCIÓN    | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DIAS | LUZ LIBRE | PROMEDIO |        | LECTURA DEL DIAL (kg) | RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------|----------|--------|-----------------------|-----------------------------------------------|
|                             |                |                 |                 |              | cm        | b (cm)   | h (cm) |                       |                                               |
| 1                           | VIGA 1 - 8% ZP | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.04    | 15.00  | 4960.00               | 43.97                                         |
| 2                           | VIGA 2 - 8% ZP | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.03    | 15.05  | 5070.00               | 44.68                                         |
| 3                           | VIGA 3 - 8% ZP | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.05    | 15.02  | 5010.00               | 44.27                                         |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                |                 |                 |              |           |          |        |                       | 44.31                                         |

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 12% DE ZEOLITA EN POLVO

| N°                          | DESCRIPCIÓN     | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DIAS | LUZ LIBRE | PROMEDIO |        | LECTURA DEL DIAL (kg) | RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------|----------|--------|-----------------------|-----------------------------------------------|
|                             |                 |                 |                 |              | cm        | b (cm)   | h (cm) |                       |                                               |
| 1                           | VIGA 1 - 12% ZP | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.01    | 15.00  | 4900.00               | 43.53                                         |
| 2                           | VIGA 2 - 12% ZP | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 14.93    | 15.02  | 4820.00               | 42.93                                         |
| 3                           | VIGA 3 - 12% ZP | 27/03/2025      | 24/04/2025      | 28           | 30.00     | 15.00    | 15.00  | 4620.00               | 41.07                                         |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                 |                 |                 |              |           |          |        |                       | 42.51                                         |

#### OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Dt. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

B. N° 006-00314573



### ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 04/05/2026

#### 1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: EDWIN CORAHUA TURPO  
Dirección: JR. FRANCISCO BOLOGNESI N° 243  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47082662  
Teléfono: 951002244 email: edwincorahua.ect@gmail.com

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

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS  
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL  
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL  
Asesor: DR. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

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

Título: ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA ZEOLITA EN POLVO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO DE 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): ZEOLITA EN POLVO, CONCRETO HIDRÁULICO, RESISTENCIA A COMPRESIÓN, RESISTENCIA A FLEXIÓN.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

2

<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

04 de Mayo del 2026

Fecha