



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



**EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES  
MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE  
CONCRETO EN EL DISTRITO DE  
CAPACHICA, PUNO - 2025**

**TESIS PRESENTADA POR:**  
**Bach. ENMANUEL TISNADO UMIÑA**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA – PERÚ**  
**2025**



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES**  
**MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES**  
**DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE**  
**CAPACHICA, PUNO – 2025**

TESIS PRESENTADA POR:  
**Bach. ENMANUEL TISNADO UMIÑA**  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

<b>PRESIDENTE</b>	:	 _____ Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
<b>PRIMER MIEMBRO</b>	:	 _____ Dr. ARNALDO YANA TORRES
<b>SEGUNDO MIEMBRO</b>	:	 _____ Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
<b>ASESOR DE TESIS</b>	:	 _____ Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	:	TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 1387-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 28 de octubre del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025 - CU - 9889 presentado por el (la) Bachiller: **ENMANUEL TISNADO UMIÑA** 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. **ENMANUEL TISNADO UMIÑA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

**RESUELVE:**

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

- \* **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- \* **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- \* **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**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: **ENMANUEL TISNADO UMIÑA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : miércoles 05 de noviembre del 2025
- \* **HORA** : 15:30 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 PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1190-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 01 de octubre del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU-7866 por el señor (a): **ENMANUEL TISNADO UMIÑA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 849-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 115 - 2025 del integrante del comité de investigación 1190 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): **ENMANUEL TISNADO UMIÑA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025**, 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 **una** de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 115 - 2025 **aproband**o el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **ENMANUEL TISNADO UMIÑA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. 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. VILAMONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32730



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 569-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 26 de junio del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU- 3995, presentado por el señor (a) **ENMANUEL TISNADO UMIÑA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 380-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° **016-2025** 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): **ENMANUEL TISNADO UMIÑA** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025**, 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° 016-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025**.

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): **ENMANUEL TISNADO UMIÑA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. 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 CS. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.  
Archivo 2025  
Interesado (a)



## EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025

### INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


### FUENTES PRIMARIAS

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



<b>Título de la tesis</b>	
EFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	ENMANUEL TISNADO UMIÑA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70079813
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-9996-8761">https://orcid.org/0000-0002-9996-8761</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY 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	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES



Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: Puno  Distrito: Capachica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latitud: S 69° 50' 17''</li> <li>- Longitud: O 15° 37' 26''</li> </ul>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1Uw1QyztnuPTuTV_BBzTYq8W7zGdmAqc&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1Uw1QyztnuPTuTV_BBzTYq8W7zGdmAqc&amp;usp=sharing</a>  <a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=14W7u5xdQy_9oTkfp1jHii259TMinohs&amp;ll=-15.623973818938097%2C-69.83819502773773&amp;z=12">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=14W7u5xdQy_9oTkfp1jHii259TMinohs&amp;ll=-15.623973818938097%2C-69.83819502773773&amp;z=12</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2025 – Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE <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> - Librería	<p>Ingeniería de la construcción  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p> <p>Ingeniería civil  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
OFICINA DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN PUNTO  
Dr. Fritz Wally Mirani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ENMANUEL TISNADO UMIÑA, identificado con DNI Nro. 70079813 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:

**"EFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025"**

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.

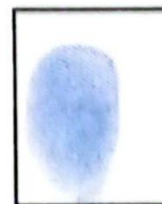
Juliaca 14 de Noviembre del 2025



FIRMA DEL ASESOR(obligatoria)



FIRMA (obligatoria)



Huella



### **DEDICATORIA**

El actual trabajo está dedicado a Dios, que me ha iluminado el camino, mi madre, cuya fe en mí ha sido inquebrantable, a mi familia, por ser mi sustento y mi motivación constante y a PRONABEC, por su inversión en mi futuro y desarrollo profesional.



## AGRADECIMIENTOS

Dios, por su guía y bendición en momentos de debilidad, permitiéndome alcanzar mis metas con perseverancia y sabiduría.

A mi familia, cuyo apoyo fue el pilar que me sostuvo frente a la adversidad, proporcionándome la estabilidad emocional para avanzar.

A mi asesor, cuyo compromiso con la excelencia académica me ha brindado la oportunidad de crecer, aprender y culminar una etapa crucial en mi trayectoria profesional



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	15
1.1.1. Problema general .....	17
1.1.2. Problemas específicos.....	17
1.2. Objetivos de la investigación .....	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos .....	18
1.3. Justificación del estudio.....	18
1.3.1. Justificación Teórica .....	18
1.3.2. Justificación Metodológica .....	18
1.4. Hipótesis.....	19
1.4.1. Hipótesis general .....	19



- 1.4.2. Hipótesis específicas ..... 19
- 1.5. Variables ..... 19
  - 1.5.1. Variable independiente: ..... 19
  - 1.5.2. Variable dependiente: ..... 20
  - 1.5.3. Operacionalización de variables ..... 20

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO**

- 2.1. Antecedentes del estudio ..... 21
  - 2.1.1. A nivel internacional..... 21
  - 2.1.2. A nivel nacional..... 22
  - 2.1.3. A nivel local..... 24
- 2.2. Bases teóricas ..... 26
  - 2.2.1. Ichu (Stipa ichu) como adición a las unidades de albañilería de concreto ..... 26
  - 2.2.2. Unidades de albañilería ..... 29
  - 2.2.3. Bloques de concreto ..... 31
  - 2.2.4. Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto ..... 31
  - 2.2.5. Propiedades térmicas ..... 32



2.2.6.	Diseño de unidades de albañilería de concreto con fibra de ichu .....	32
2.3.	Marco Conceptual .....	34
2.3.1.	Ichu .....	34
2.3.2.	Bloques de concreto .....	34
2.3.3.	Propiedades físicas .....	34
2.3.4.	Propiedades mecánicas.....	35
2.3.5.	Propiedades térmicas .....	35

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Enfoque de investigación .....	36
3.1.	Tipo de investigación.....	36
3.2.	Diseño de investigación.....	37
3.3.	Nivel de investigación.....	37
3.4.	Diseño estadístico .....	37
3.5.	Lugar de estudio.....	39
3.6.	Población.....	40
3.7.	Muestra .....	40
3.8.	Técnicas para la recolección de datos e instrumentos .....	41
3.8.1.	Técnicas para la recolección de datos.....	41



3.8.2. Instrumentos .....	41
3.9. Materiales y equipos.....	43
3.10. Procedimiento metodológico .....	46
3.10.1. Extracción de agregado .....	46
3.10.2. Muestreo de agregados .....	48
3.10.3. Propiedades físicas del agregado.....	50
3.10.4. Elaboración de fibras de ichu.....	65
3.10.5. Diseño de mezclas de concreto patrón P1 $f'c=50\text{kg/Cm}^2$ ..	67
3.10.6. Proporción de los componentes de concreto con fibras de ichu .....	73
3.10.7. Elaboración de unidades de albañilería de concreto con fibras de ichu .....	74
3.10.8. Ensayos realizados en las unidades de albañilería .....	78
3.10.9. Ensayo de propiedades mecánicas .....	86
3.10.10. Ensayo de conductividad térmica .....	89
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1. Resultados de las propiedades mecánicas .....	91
4.1.1. Resistencia a compresión de las unidades de albañilería ..	91



4.1.2.	Resistencia a tracción por flexión de unidades de albañilería	94
4.2.	Resultados de las propiedades térmicas	96
4.2.1.	Conductividad térmica	96
4.3.	Contraste de hipótesis	98
4.3.1.	Resistencia a compresión de las unidades de albañilería	98
4.3.2.	Resistencia a tracción por flexión	101
4.3.3.	Conductividad térmica	104
4.4.	Discusión	107
	CONCLUSIONES	110
	RECOMENDACIONES	111
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
	ANEXOS	118



### ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1** Proceso de operación de variables..... 20

**Tabla 2** Composición del ichu..... 27

**Tabla 3** Relación problemática solución de uso de ichu en el concreto..... 29

**Tabla 4** Clasificación y Tipología de Unidades de Albañilería con Fin Estructural ..... 30

**Tabla 5** Instrumentos calibrados y estandarizados..... 42

**Tabla 6** Origen y coordenadas de la cantera..... 47

**Tabla 7** Tamaño mínimo de las muestras de campo para agregados ..... 49

**Tabla 8** Análisis de distribución de partículas del agregado ..... 52

**Tabla 9** Tamaño máximo del agregado ..... 53

**Tabla 10** Tamaño máximo nominal del agregado..... 54

**Tabla 11** Tamaño de muestra estandarizada ..... 55

**Tabla 12** Porcentaje de humedad en el material granular ..... 57

**Tabla 13** Resultados de gravedad específica y absorción..... 61

**Tabla 14** Peso unitario en estado suelto del agregado..... 64

**Tabla 15** Peso unitario en estado compactado del agregado..... 64

**Tabla 16** Tipo de consistencia ..... 68

**Tabla 17** Percentil de aire atrapado..... 68

**Tabla 18** Volúmenes absolutos..... 71

**Tabla 19** Pesos corregidos de diseño..... 73

**Tabla 20** Proporción del concreto con fibras de ichu ..... 74

**Tabla 21** Variación dimensional de 0% de fibra de ichu ..... 79

**Tabla 22** Variación dimensional de 0.5% de fibra de ichu ..... 79

**Tabla 23** Variación dimensional de 1.0% de fibra de ichu ..... 80

**Tabla 24** Variación dimensional de 1.5% de fibra de ichu ..... 80

**Tabla 25** Alabeo de unidades de albañilería muestreados ..... 83



<b>Tabla 26</b>	Porcentaje de vacíos de las unidades de albañilería de concreto	84
<b>Tabla 27</b>	Resultados de absorción promedio según dosificación .....	86
<b>Tabla 28</b>	Resultados de ensayo de compresión de unidades de albañilería	92
<b>Tabla 29</b>	Porcentajes de variación con respecto a bloque patrón .....	93
<b>Tabla 30</b>	Variación de capacidad resistente a tracción por flexión .....	94
<b>Tabla 31</b>	porcentajes de variación con respecto a bloque patrón.....	95
<b>Tabla 32</b>	Conductividad térmica de las unidades de concreto.....	96
<b>Tabla 33</b>	Porcentajes de variación con respecto a bloque patrón .....	98
<b>Tabla 34</b>	Contraste distribucional de resistencia compresión de unidades .	99
<b>Tabla 35</b>	Prueba de variabilidad Anova y significancia.....	100
<b>Tabla 36</b>	Prueba Post-Hoc y significancia .....	100
<b>Tabla 37</b>	Prueba de contraste distribucional a tracción por flexión.....	102
<b>Tabla 38</b>	Prueba anova en resistencia a tracción por flexión .....	103
<b>Tabla 39</b>	Prueba post-hoc para la resistencia a tracción por flexión.....	103
<b>Tabla 40</b>	Prueba de contraste distribucional a tracción por flexión.....	105
<b>Tabla 41</b>	Prueba anova en conductividad térmica .....	106
<b>Tabla 42</b>	Prueba post-hoc para la conductividad térmica .....	106



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1** Estructura de Stipa Ichu ..... 26

**Figura 2** Ubicación del lugar de estudio..... 39

**Figura 3** Flujo secuencial del procedimiento metodológico ..... 46

**Figura 4** Agregado en cantera ..... 48

**Figura 5** Clasificación por tamizado del material granular..... 51

**Figura 6** Gráfico de distribución de partículas del árido ..... 52

**Figura 7** Espécimen de agregado húmedo en el horno de secado ..... 56

**Figura 8** Proceso en laboratorio de peso específico y absorción ..... 60

**Figura 9** Peso unitario del agregado suelto y compactado..... 65

**Figura 10** Fibras de ichu..... 66

**Figura 11** Relación de resistencia a compresión con referencia al a/c..... 69

**Figura 12** Dosificación de cemento, la capacidad resistente a compresión y mf.... 70

**Figura 13** Mezcladora de concreto de 9 pie3..... 75

**Figura 14** Proceso de mezclado de concreto..... 76

**Figura 15** Elaboración de unidad de concreto..... 77

**Figura 16** Unidades de concreto con incorporación de fibra de ichu ..... 77

**Figura 17** Comparación de resultados de variación dimensional ..... 81

**Figura 18** Ensayo de alabeo..... 82

**Figura 19** Variabilidad de la resistencia a compresión en relación al porcentaje de ichu ..... 92

**Figura 20** Ensayo de resistencia a tracción en unidad de concreto ..... 93

**Figura 21** Variación de capacidad resistente a tracción por flexión..... 95

**Figura 22** Ensayo de resistencia a tracción por flexión ..... 96

**Figura 23** Ensayo de conductividad térmica ..... 97

**Figura 24** Variación de conductividad térmica ..... 97



## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo Determinar el efecto de la fibra de stipa ichu en las propiedades mecánicas y térmicas de las unidades de albañilería de concreto en el distrito de Capachica, Puno. Utilizando un enfoque cuantitativo, un diseño cuasi-experimental de nivel explicativo y un análisis estadístico ANOVA, se fabricaron y ensayaron 84 unidades según normas técnicas peruanas. Los resultados mostraron que la resistencia a compresión disminuyó progresivamente desde 55.54 kg/cm<sup>2</sup> con 0% ichu hasta 46.95 kg/cm<sup>2</sup> con 1.5% ichu, mientras que la resistencia a tracción por flexión mostró un aumento con 0.5% de ichu de 6.08 kg/cm<sup>2</sup> que representa el 10.3%. La conductividad térmica mejoró, reduciéndose en un 23.1% (de 0.238 W/m·K a 0.183 W/m·K) con 1.5% de ichu. Se concluye que la dosificación óptima es 0.5% de ichu, ya que mantiene la resistencia estructural requerida de  $f'b > 50$  kg/cm<sup>2</sup> y ofrece mejoras iniciales en el aislamiento térmico, presentándose como una solución sostenible y viable para la construcción en zonas altoandinas.

**Palabras claves:** Ichu, unidades de albañilería de concreto, propiedades mecánicas, propiedades térmicas y sostenibilidad.



## ABSTRACT

This research aimed to determine the effect of *Stipa ichu* fiber on the mechanical and thermal properties of concrete masonry units in the Capachica district of Puno, Peru. Using a quantitative approach, a quasi-experimental design at the explanatory level, and ANOVA statistical analysis, 84 units were manufactured and tested according to Peruvian technical standards. The results showed that compressive strength decreased progressively from 55.54 kg/cm<sup>2</sup> with 0% ichu to 46.95 kg/cm<sup>2</sup> with 1.5% ichu, while flexural tensile strength showed a increase to 6.08 kg/cm<sup>2</sup> with 0.5% ichu to represently of 10.3%. Thermal conductivity improved significantly, decreasing by 23.1% (from 0.238 W/m·K to 0.183 W/m·K) with 1.5% ichu. It is concluded that the optimal dosage is 0.5% of ichu, since it maintains the required structural resistance of  $f'b > 50$  kg/cm<sup>2</sup> and offers initial improvements in thermal insulation, presenting itself as a sustainable and viable solution for construction in high Andean areas.

**Keywords:** Ichu, concrete blocks, Mechanical properties, Thermal properties, and sustainability.



## INTRODUCCIÓN

La exploración y el perfeccionamiento de materiales verdes de bajo impacto ambiental y su viabilidad estructural, energéticamente eficaz son una precedencia a nivel global para mitigar el impacto ambiental y contribuir al desarrollo humano y al bienestar social. En Perú, las zonas altoandinas, incluyendo la región de Puno, enfrentan condiciones climáticas severas, caracterizadas por heladas con temperaturas que pueden descender drásticamente, llegando hasta  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  o incluso  $-22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Estas condiciones extremas comprometen el bienestar de la población, especialmente en los grupos etarios vulnerables (Acción Multisectorial ante las Heladas y el Frijaje, 2022).

La utilización del concreto convencional en las viviendas rurales es un factor agravante debido a su alta conductividad térmica, lo que provoca una pérdida significativa de calor. En el distrito de Capachica, Puno, la situación es similar, con una alta vulnerabilidad de las viviendas ante las bajas temperaturas. La *Stipa ichu*, una gramínea nativa, es abundante y de bajo costo en la región, y buscando potenciar el comportamiento estructural y termofísico de las unidades de albañilería de concreto, no fue completamente explorada.

El presente estudio está orientado a buscar alternativas a esta problemática con la exploración de la fibra de ichu como aditivo para unidades de albañilería de concreto. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) ya ejecuta programas como "Wasiymi" y "Sumaq Wasi" para construir viviendas bioclimáticas que protejan a las familias de las



heladas y el friaje. La investigación propuesta, de ser exitosa, podría generar conocimientos aplicables que directamente apoyen y mejoren estos programas.

El presente trabajo se efectuó de esta manera. **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.** Esta sección analiza la problemática de estudio inicial en función de las investigaciones realizadas de escala externa al país, el territorio nacional y de origen local. Tras delimitar el contexto de estudio y establecer los problemas y metas a resolver, se formulan las preguntas de investigación que darán origen a los objetivos que guiarán el desarrollo del trabajo. **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.** Esta sección articula el estado del arte sobre el tema con el marco teórico que proporciona los cimientos conceptuales del estudio. Adicionalmente, se presenta el marco conceptual con las bases teóricas esenciales que permitirán abordar las interrogantes planteadas. **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.** En este capítulo se abordan el diseño metodológico, los procedimientos y las herramientas empleadas para la recolección de datos, así como la caracterización de la población, la muestra utilizada y las operaciones realizadas durante la ejecución de la investigación. **CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.** En este apartado se presentan los resultados obtenidos, estructurados según los propósitos iniciales planteados. Los resultados se analizan y discuten en función del marco teórico, respondiendo a las preguntas de investigación formuladas.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

La investigación y la elaboración de materiales de construcción sostenibles y con alta eficiencia energética son ahora una tarea prioritaria en el ámbito global, con el objetivo de reducir la contaminación del medio ambiente y de favorecer un entorno de vida más digno. El concreto estándar, aunque ampliamente utilizado, presenta desafíos como la formación de fisuras y una alta conductividad térmica, lo que lo hace ineficiente en climas extremos y contribuye a la pérdida de energía en las edificaciones. (Muchotrigo Salas & Reynoso Oscanoa, 2023). La búsqueda de alternativas que incorporen recursos naturales y renovables es una prioridad en la investigación de materiales como el Ichu.

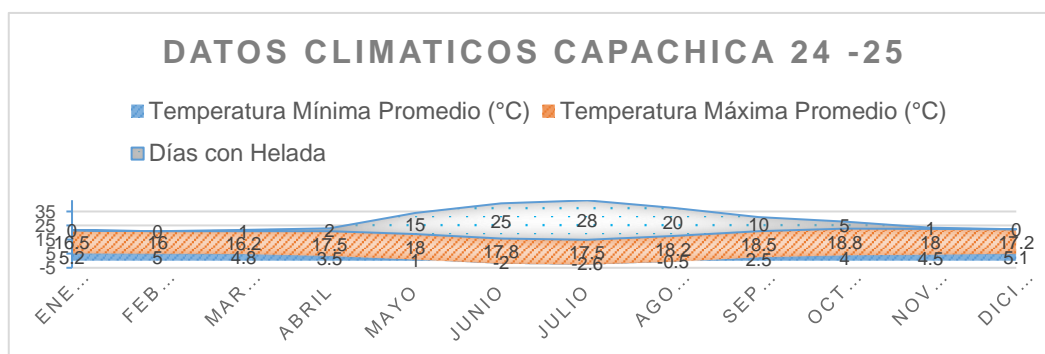
En Perú, las zonas altoandinas, incluyendo la región de Puno, enfrentan condiciones climáticas severas, caracterizadas por heladas con temperaturas que pueden descender drásticamente, llegando hasta  $-20^{\circ}\text{C}$  o

incluso  $-22.6^{\circ}\text{C}$ . (Huaricallo Vilca , Ccopa Peralta, & Poma Flores, 2023). Estas condiciones extremas tienen muchos problemas para la salud de los pobladores, especialmente para los infantes y ancianos, y generan una alta demanda de energía para calefacción. Las viviendas rurales, a menudo construidas con materiales de alta conductividad térmica como el concreto convencional, no ofrecen un aislamiento adecuado, exacerbando el problema de la pérdida de calor y el desconfort térmico. (Poma Flores & Ccopa Peralta , 2022).

Actualmente, en el distrito de Capachica, Puno, la situación es similar, con una alta vulnerabilidad de las viviendas ante las bajas temperaturas.

### Figura 1

Datos climáticos representativos de Capachica del 2024 a 2025



*Nota.* Se aprecia la fluctuación del clima en el distrito de Capachica, donde en los periodos de junio, julio y agosto se tienen temperaturas menores a 0 grados. Fuente: datos recopilados de (SENAMHI, 2025).

El ichu, una gramínea nativa, es abundante y de bajo costo en la región. A pesar de su uso tradicional en la construcción su potencial para el incremento de la capacidad estructural y el desempeño térmico del material



cementicio no ha sido completamente explorado y optimizado para las condiciones puntuales de la zona. La carencia de materiales de construcción que sean no solo accesibles en la región, sino también eficientes en términos térmicos, contribuye a la precariedad habitacional y a los inconvenientes de salud asociados a temperaturas bajas.

### **1.1.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto de la fibra de stipa ichu en las propiedades mecánicas y térmicas de las unidades de albañilería de concreto en el distrito de Capachica, Puno?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿Cómo afecta la adición de fibra de stipa ichu a la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto?

¿Cómo afecta la adición de fibra de stipa ichu a la resistencia a tracción por flexión de las unidades de albañilería de concreto?

¿Cómo afecta la adición de fibra de stipa ichu a la conductividad térmica de las unidades de albañilería de concreto?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de la fibra de stipa ichu en las propiedades mecánicas y térmicas de las unidades de albañilería de concreto en el distrito de Capachica, Puno.



### **1.2.2. Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de la fibra de stipa ichu en la resistencia a compresión de la unidad de albañilería de concreto.

Evaluar el efecto de la fibra de stipa ichu en la resistencia a tracción por flexión de unidades de albañilería de concreto.

Determinar la conductividad térmica de las unidades de albañilería de concreto con adición de fibra de stipa ichu.

### **1.3. Justificación del estudio**

La investigación tiene como objetivo evaluar cómo se comportan mecánicamente y térmicamente las unidades de albañilería de concreto con la adición de ichu, presentando a continuación las razones que justifican su realización.

#### **1.3.1. Justificación Teórica**

Este trabajo amplía el estado del arte en el uso de fibras naturales para composites cementicos, con especial énfasis en el ichu, material subutilizado frente a otras fibras. Proporciona datos rigurosos y análisis estructurales que demuestran su incidencia en la capacidad estructural y la conductividad térmica del concreto, creando una referencia para investigaciones orientadas a la sostenibilidad en construcción en zonas andinas.

#### **1.3.2. Justificación Metodológica**

El estudio comprende una metodología cuantitativa con un diseño cuasi-experimental, donde se aplicarán pruebas estandarizadas según



normas técnicas para establecer las características de unidades de albañilería de concreto. Esto facilitará establecer un marco metodológico para futuras investigaciones sobre materiales de construcción con aditivos naturales en la región, facilitando la replicabilidad y la comparación de resultados.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La fibra de ichu en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% mejora las propiedades mecánicas y térmicas de las unidades de albañilería de concreto.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

La adición de fibras de ichu incrementa la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto en un 5% frente al bloque patrón.

La adición de fibras de ichu mejora la resistencia a la tracción por flexión de las unidades de albañilería de concreto en un 8% frente al bloque patrón.

La adición de fibras de ichu mejora la conductividad térmica de las unidades de albañilería de concreto en un 20% frente al bloque patrón.

## **1.5. Variables**

### **1.5.1. Variable independiente:**

Adición de fibra de Ichu en las unidades de albañilería de concreto

### 1.5.2. Variable dependiente:

Comportamiento mecánico-térmico de las unidades de albañilería, medido mediante los parámetros de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por flexión y conductividad térmica.

### 1.5.3. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Proceso de operación de variables.*

Variable	Dimensión De Análisis	Indicador	Unidad De Medida
Variable Independiente			
Porcentaje de la adición de fibra de Ichu en las unidades de albañilería de concreto	Porcentaje adición	de Cantidad de adición en 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5%	%
Variable Dependiente			
Propiedades Mecánicas	Resistencia a la compresión	Carga máxima que la unidad puede soportar por unidad de área	Kg/cm <sup>2</sup>
	resistencia a la tracción por flexión	Módulo de rotura de la unidad	Kg/cm <sup>2</sup>
Propiedades térmicas	Conductividad térmica	Coefficiente de conductividad térmica	W/(m·K)

*Nota.* Se aprecian las variables, estableciendo su dimensión, indicador y unidad de medida.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

##### 2.1.1. A nivel internacional

(Guillen & Benavides, 2022) En el estudio titulado "Comportamiento y Fabricación Mecánica de Morteros de Cemento Portland Reforzados con Fibras de Ichu" tuvo como objetivo principal verificar cómo la adición de fibras de Ichu (*Stipa ichu*) afectaba la respuesta mecánica de morteros de cemento bajo compresión uniaxial. La metodología consistió en fabricar morteros utilizando cemento Portland tipo I, arena fina y fibras de Ichu en proporciones variables por volumen, para luego someterlos a pruebas de compresión y análisis microestructural. Los resultados revelaron una disminución sistemática de la resistencia mecánica máxima (resistencia a la compresión) a medida que aumentaba el volumen de fibra de Ichu, con valores máximos que variaron de 3.6 MPa (para 4% de Ichu) a 0.4 MPa (para 16% de Ichu); sin

embargo, se observó un efecto positivo en la deformación, pues la presencia de las fibras proporcionó al mortero un mayor grado de ductilidad.

(Candiotti & Mori, 2025) En el estudio titulado "Evaluación de placas a base de cemento reforzados con fibras de Ichu" tuvo como objetivo fundamental demostrar la viabilidad del uso de la fibra de Ichu como refuerzo en matrices de fibrocemento, evaluando su desempeño mecánico y su durabilidad ante el envejecimiento natural. La metodología clave incluyó el tratamiento de las fibras mediante mercerización y desfibrilación mecánica para optimización, la cual se incorporó en tableros de cemento prensado. Los resultados mostraron que la fibra de Ichu, con una adición óptima del 3% en peso, confiere a los tableros una alta resistencia a la flexión (Módulo de Rotura, MOR, superior a 8 MPa), la cual notablemente se incrementó hasta 13.5 MPa después de la exposición al clima, sugiriendo un buen potencial de refuerzo y durabilidad a largo plazo. Sin embargo, como es común en fibras naturales, las pruebas de impacto señalaron una fragilización progresiva que debe ser mitigada para asegurar su resistencia sostenida.

### **2.1.2. A nivel nacional**

(Muchotrigo & Reynoso, 2023) En su artículo titulado "Optimización de las propiedades mecánicas del concreto mediante la adición de fibras de ichu y cenizas de capacho de maíz", el estudio se orientó a caracterizar el efecto de la incorporación de fibra de ichu y cenizas de capacho de maíz sobre el comportamiento mecánico del material cementicio. Se evaluaron las dosificaciones específicas, siendo una de las más destacadas la combinación



de 0.35% de FI y 0.55% de CCM. El análisis de los resultados confirmó mejoras significativas en las propiedades mecánicas del concreto, con un desempeño destacado en la capacidad resistente a compresión a 28 días, la mezcla con 0.35% FI + 0.55% CCM alcanzó 252.93 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa una mejora del 16.29% al compararla con la formulación base de 217.50 kg/cm<sup>2</sup>. El análisis de los datos reveló que, para la dosificación más efectiva, la resistencia a la flexión se elevó a 42.83 kg/cm<sup>2</sup> (7.44% por encima del control), respecto a la mezcla de referencia. El estudio no abordó directamente las propiedades térmicas.

Como conclusión, se determinó que la adición combinada de fibra de ichu (0.35%) y cenizas de capacho de maíz (0.55%) constituye una estrategia efectiva para optimizar las propiedades mecánicas del concreto. Esta dosificación específica mejoró significativamente el comportamiento del material frente a esfuerzos de compresión, flexión y tracción, reduciendo la probabilidad de patologías estructurales y aumentando la seguridad de las construcciones.

(Tineo Llampasi, 2022) En el estudio "Influencia del ichu en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para de 280 Kg/cm<sup>2</sup>" tuvo como objetivo evaluar el impacto de añadir la fibra de Ichu en las propiedades de resistencia a la compresión y flexión de un concreto de alta resistencia, un tema crucial para la ingeniería sostenible en zonas andinas. La metodología empleó un diseño cuasiexperimental, comparando el concreto patrón con dosificaciones de Ichu de 1%, 1.5% y 1.75% con respecto a la masa de cemento. Los resultados demostraron una influencia altamente positiva con la



dosificación del 1.0%, logrando un incremento significativo de la resistencia a la compresión, que superó la resistencia de diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup> en aproximadamente un 25% a los 28 días. Este aumento valida al Ichu como un refuerzo secundario efectivo capaz de mejorar la ductilidad y la capacidad de carga del concreto, esenciales para la durabilidad y el rendimiento.

### 2.1.3. A nivel local

(Carcausto, 2019) En la investigación llamada "Aislamiento termoacústico con Stipa ichu como Alternativa sostenible para viviendas en zonas altoandinas de Puno" el ámbito de estudio comprendió la ciudad de Puno, y el objetivo principal fue la caracterización física del ichu orientada a su uso como material de aislamiento térmico y acústico para la edificación. La investigación buscaba revalorar una práctica ancestral y ofrecer una solución ambientalmente amigable caracterizada por las condiciones climáticas de la región; los resultados de este estudio confirmaron que el ichu presenta propiedades físicas favorables para su empleo como aislante termoacústico en las edificaciones. Se concluyó que el ichu es un material prometedor para atenuar las variaciones drásticas de temperatura en las edificaciones, lo que es crucial en una ciudad como Puno que experimenta fluctuaciones térmicas significativas. Aunque el estudio no se enfoca en unidades de albañilería de concreto, su relevancia radica en la aplicación directa de la caracterización termofísica del ichu y su aplicación en sistemas constructivos para regulación térmica en viviendas en la misma región de Puno, destacando su potencial como aislante. En conclusión, el ichu se presenta como un material efectivo y



sostenible para el aislamiento térmico en viviendas de Puno, contribuyendo a mejorar las condiciones de vida y a revalorar un recurso local.

(Huaricallo, Ccopa, & et.al., 2023) En el estudio "Desarrollo de materiales de construcción en Puno: bloques reforzados con fibras de ichu en Mazocruz", se evaluaron las propiedades físico-mecánicas de unidades con fibras de ichu, para establecer su viabilidad como material constructivo para mitigar el frío extremo en viviendas rurales de comunidades de la región altoandina surperuana. La mezcla optimizada con fibras de ichu exhibió un comportamiento mecánico destacado: 61.62 kg/cm<sup>2</sup> en compresión (superior al mínimo normativo RNE-E.070) y 11.23 kg/cm<sup>2</sup> en flexión. Estos resultados validan su potencial como material de construcción viable en aplicaciones estructurales. En cuanto a las propiedades térmicas, la implementación en una vivienda prototipo en Mazocruz mostró un notable mejoramiento del confort interior: la temperatura se mantuvo entre 10.1°C y 22.2°C, en contraste con los -2.3°C registrados en viviendas convencionales de la zona. Sin embargo, se identificó una elevada absorción de agua (36.66% a 24 horas), valores que exceden los límites permisibles de la norma E.070, lo que sugiere una posible vulnerabilidad del material en entornos con alta humedad. En conclusión, las unidades de albañilería de concreto con fibras de ichu demostraron cumplir con los requisitos mecánicos normativos y ofrecer ventajas térmicas significativas, aunque se recomienda estudiar tratamientos superficiales o aditivos para reducir su absorción de agua y garantizar su durabilidad a largo plazo.

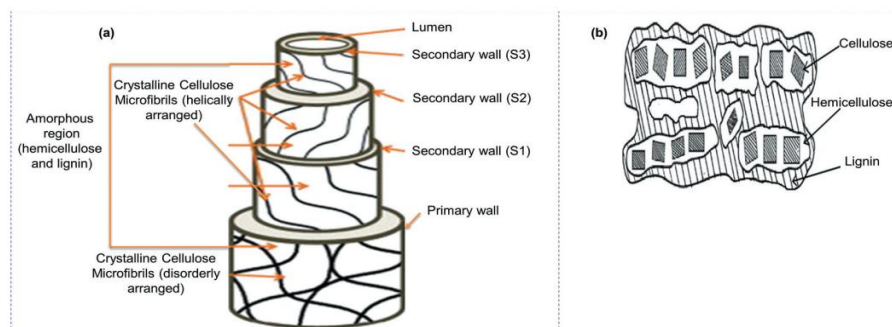
## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Ichu (*Stipa ichu*) como adición a las unidades de albañilería de concreto

El ichu, científicamente conocido como *Stipa ichu* (también llamado Peruvian Feathergrass), es una mata herbácea cuyo crecimiento es en la forma de macolla densa y erguida. Pertenece a la familia Poaceae (gramíneas). Sus tallos pueden medir desde 35 cm hasta 1.3 m. Presenta hojas en forma de filamentos de alta consistencia, con longitudes de 30 a 60 cm y anchos menores a 4 mm. La forma del tallo es como la espiga circular y densa, de color blanco o plateado, que mide entre 15 y 40 cm de largo. Esta planta es originaria de las altas montañas de las cordilleras americanas, distribuyéndose desde México hasta Chile y Argentina. Abunda en las altiplanicies andinas, encontrándose típicamente entre los 3700 y 4800 m.s.n.m., donde forma extensos pajonales. Su capacidad de adaptación a grandes altitudes y bajas temperaturas le confiere una notable resistencia. (Mondragon, 2009).

#### Figura 1

##### Estructura de *Stipa Ichu*



*Nota.* Vista estructural del de ichu. Tomado de Lizar, mosqueira (2023).

En cuanto a su composición química se compone según la tabla

**Tabla 2**

*Composición del ichu*

Parámetro	Composición media (% peso)	Función en la Fibra
Celulosa	45.9	Es el componente estructural principal. Forma microfibrillas cristalinas que proporcionan la resistencia mecánica y la rigidez a la fibra.
Hemicelulosa	18.2	Son polímeros ramificados y amorfos que actúan como matriz de relleno entre las fibrillas de celulosa. Es muy hidrofílica (absorbe agua) y susceptible a la degradación.
Lignina	8.3	Une las células vegetales. Proporciona rigidez y protección contra el ataque biológico. Es relativamente estable, pero también hidrofóbica.
Pectina	2.5	Actúan como agente cementante en la pared celular primaria. Son altamente hidrofílicas y contribuyen a la absorción de agua.
Ceras y Extractivos	3.2	Son compuestos de bajo peso molecular (grasas, ceras, taninos) que se depositan en la superficie externa de la fibra. Le confieren la hidrofobicidad superficial inicial y son una barrera para la adhesión.

*Nota.* Se aprecia la composición del ichu en concentraciones según porcentaje por peso. Tomado de (Mamani & Pinazo, 2020).

las fibras de ichu en su estado natural son hidrofílicas. Sin embargo, el tratamiento alcalino puede remover estos componentes. Este cambio es crítico para la adhesión fibra-matriz en el concreto. La humedad también



influye en las propiedades de la fibra; un contenido de humedad cercano al 8,6% es relevante, ya que afecta el módulo de Young de la lignina y la hemicelulosa. La densidad de la fibra de ichu no se especifica directamente, pero las fibras naturales en general tienen un diámetro promedio de 0.35 mm y absorción de agua superior al 12%. (Charca, Flores, & et.al., 2019).

El Ichu *Stipa ichu* es una fibra natural con un gran potencial como refuerzo en matrices de concreto debido a su alta composición de celulosa de 45.9% que le confiere resistencia mecánica. Sin embargo, su naturaleza hidrofílica (por la hemicelulosa y pectinas) y la presencia de ceras superficiales generan una interfaz débil con el concreto, lo que limita su eficiencia.

El tratamiento con sosa cáustica (NaOH) es la solución clave. No fortalece la fibra en sí, sino que modifica su superficie, eliminando impurezas y aumentando la rugosidad. Esto crea una Zona de Transición Interfacial (ITZ) más densa y fuerte, mejorando mecánicamente el compuesto al permitir una mejor transferencia de cargas y, a nivel térmico, al crear un camino más continuo para la conducción de calor.

**Tabla 3***Relación problemática solución de uso de ichu en el concreto*

<b>Problemática</b>	<b>Efecto en el Compuesto</b>	<b>Solución con NaOH</b>
Hidrofilicidad de la fibra (Grupos OH en celulosa/hemicelulosa)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zona de Transición Interfacial porosa y débil.</li><li>• Absorción de agua de mezcla.</li><li>• Inestabilidad dimensional.</li></ul>	Reducción de hidrofilicidad mediante eliminación de hemicelulosa y pectinas
Barrera superficial (Ceras y extractivos lipofílicos)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baja adhesión mecánica</li><li>• Contacto deficiente fibra-matriz</li><li>• Fallas por extracción</li></ul>	Saponificación y limpieza superficial
Baja rugosidad superficial (Superficie lisa y cerosa)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anclaje mecánico deficiente</li><li>• Transferencia ineficiente de cargas</li><li>• Falla por deslizamiento</li></ul>	Incremento de rugosidad y porosidad

*Nota.* El tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH) en fibras de ichu constituye una metodología efectiva para optimizar su desempeño como refuerzo en matrices cementicias. Tomado de (Guzman & Carbajal, 2022).

Respecto a las propiedades mecánicas, estudios sobre fibras técnicas extraídas de *Stipa obtusa* (un tipo de ichu) han mostrado que las propiedades mecánicas, como la capacidad de carga a tracción y el módulo de elasticidad, aumentan con el tiempo de tratamiento alcalino, alcanzando una resistencia de hasta 569 MPa y un módulo de 28 GPa. (Candiotti, Mantari, & et.al., 2020).

### 2.2.2. Unidades de albañilería

La Norma Técnica E.070 Albañilería (2021) establece que los elementos modulares para albañilería, ya sean de arcilla, concreto u otros materiales, deben cumplir con detalles técnicos con respecto a la resistencia,

dimensiones y funcionalidad. Según su composición, se dividen en unidades de albañilería de arcilla, unidades de albañilería de concreto y silicocalcáreos, cada uno con propiedades mecánicas específicas. La resistencia mínima varía según su aplicación, siendo mayor en estructuras sismorresistentes. Las unidades de albañilería de concreto, por ejemplo, deben garantizar una adecuada capacidad de carga y baja absorción de agua para certificar su resistencia a la intemperie.

**Tabla 4***Clasificación y Tipología de Unidades de Albañilería con Fin Estructural*

Clase	Var. de Dimensión (máx. %)			Alabeo (máx. mm)	Capacidad resistente a compresión (f'b) mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )
	≤100 mm	≤150 mm	>150 mm		
Ladrillo I	±8%	±6%	±4%	10 mm	50
Ladrillo II	±7%	±6%	±4%	8 mm	70
Ladrillo III	±5%	±4%	±3%	6 mm	95
Ladrillo IV	±4%	±3%	±2%	4 mm	130
Ladrillo V	±3%	±2%	±1%	2 mm	180
Bloque P (1)	±4%	±3%	±2%	4 mm	50
Bloque NP (2)	±7%	±6%	±4%	8 mm	20

*Nota.* se aprecian las clases de unidades de albañilería con sus resistencias a compresión mínimas. Tomado de Norma Técnica E.070 Albañilería, (2021).

### **2.2.3. Bloques de concreto**

Son las unidades de albañilería de concreto, elementos prefabricados de configuración rectangular y estructura alveolar, destinados específicamente para sistemas de albañilería estructural confinada y armada en proyectos de construcción y sus huecos internos permiten la colocación de varillas de hierro para refuerzo. Se manipulan manualmente y se adaptan a una amplia gama de usos. Su composición típica del material pétreo artificial es resultado de la combinación proporcionada de agregados, cemento y agua, que endurece por reacciones hidráulicas. Algunos fabricantes pueden incorporar escoria volcánica. Las dimensiones nominales comunes son 10 cm, 12 cm o 14 cm de ancho, con una elevación de 20 cm y un largo de 40 cm. Las ventajas se incluyen el menor lapso de tiempo y capital en el proceso constructivo en comparación con la mampostería confinada tradicional y la facilidad de obtención local de los materiales empleados. (TAISHIN, 2013).

### **2.2.4. Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto**

La capacidad resistente a compresión representa una propiedad fundamental que condiciona la capacidad portante, midiendo la carga de falla máxima a soportar por unidad de albañilería por unidad de área antes de fallar. En Perú, esta prueba se realiza comúnmente en unidades de albañilería de concreto de acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.604. La resistencia a la flexión se determina mediante el Módulo de Ruptura (MR). Este parámetro refleja la capacidad del material para soportar esfuerzos de tracción antes de su falla (Vasquez, Mosqueira, & et. al., 2023). Se calcula

usando una carga en el centro de una unidad entera hasta que falle, utilizando una máquina de compresión, siguiendo las pautas de la NTP 339.078 o la NTP 339.079 (NRMCA, 2020).

### **2.2.5. Propiedades térmicas**

La conductividad térmica es la propiedad que calcula la transferencia de calor de un material. Un valor más bajo de conductividad térmica indica un mejor aislamiento (Piñas, Horn, & et.al., 2020). La resistencia térmica (*R-value*) es la capacidad de un material para impedir el paso del calor y es contrariamente proporcional a la conductividad térmica, aumentando con el grosor del material. La Norma Técnica EM.110 confort térmico y lumínico establece lineamientos para la delineación de la envolvente térmica de una edificación, buscando mejorar los ambientes de comodidad térmica y eficacia energética en las diferentes zonas bioclimáticas del país. (RNE NTP EM.110, 2021)

### **2.2.6. Diseño de unidades de albañilería de concreto con fibra de ichu**

El principio básico de la adición de fibras radica en su función como refuerzo secundario, previniendo la fisuración tanto en el concreto recién colocado como totalmente fraguado, reduciendo el ancho de las fisuras si estas se presentan y permitiendo que la estructura continúe funcionando después de la fisuración. Las fibras también contribuyen a cambiar el modo de falla de frágil a dúctil y mejoran la capacidad de mitigación de esfuerzos del material.



Las dosificaciones de fibras varían según su tipo y función. Las microfibras, con diámetro promedio de 0.35 mm. Las macrofibras, destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, suelen dosificarse entre 0.2% y 0.8% del volumen del concreto. Las fibras sintetizadas como el polipropileno requieren entre 2 y 9 kg/m<sup>3</sup> de concreto. Para el ichu, la presente investigación propone adiciones de 0.5%, 1% y 1.5%. Estudios previos han utilizado dosificaciones como 0.35% de fibra de ichu en composición con cenizas de capacho de maíz y 2.5% de fibra de ichu en adobe. (Muchotrigo & Reynoso, 2023).

La dosificación propuesta de 0.5%, 1% y 1.5% se encuentra dentro o ligeramente por encima del rango típico para macrofibras y es coherente con estudios previos sobre ichu. Sin embargo, el tipo específico de fibra de ichu (longitud, diámetro, pretratamiento) influirá significativamente en la dosificación óptima. Un porcentaje más alto podría mejorar el control de fisuras, pero también podría afectar negativamente la trabajabilidad o causar aglomeración, lo que reduciría el rendimiento general. La variabilidad en las dosificaciones óptimas observadas en diferentes estudios (por ejemplo, 1.5% para ratán/bambú frente a 0.35% para ichu/ceniza de capacho de maíz) sugiere que las propiedades específicas del ichu dictarán su concentración ideal. Esto pone de manifiesto la naturaleza empírica del diseño de materiales con fibras naturales. Las dosificaciones elegidas son un punto de partida y los resultados cuasi-experimentales serán cruciales para identificar el porcentaje óptimo de ichu en las unidades de albañilería de concreto, considerando el equilibrio entre las propiedades mecánicas, térmicas y de trabajabilidad.



## **2.3. Marco Conceptual**

### **2.3.1. Ichu**

Planta herbácea nativa del altiplano andino, cuyas fibras se utilizarán como material de adición en composiciones de hormigón destinado a la optimización de sus propiedades estructurales y funcionales.

### **2.3.2. Bloques de concreto**

Unidades de albañilería de concreto prefabricadas, compuestas por cemento, agregados y agua, utilizadas como elementos de albañilería en la construcción

### **2.3.3. Propiedades físicas**

#### **2.3.3.1. Variación**

La uniformidad dimensional es crítica para una albañilería de calidad. Según las normas NTP 399.613 y NTP 399.604. Las tolerancias: En unidades estándar, las medidas no deben variar más de  $\pm 3$  mm.

#### **2.3.3.2. Alabeo**

Deformación o curvatura irregular que se produce en una superficie debido a cambios de humedad, temperatura, tensiones internas o un secado desigual. Esta distorsión puede manifestarse como torsión, combamiento o arqueamiento, afectando la estabilidad, planicidad o funcionalidad del material.



### **2.3.3.3. Absorción**

El importe de agua que una unidad absorbe. Un alto valor de absorción puede afectar la estabilidad del material, fundamentalmente en zonas con ciclos de congelación y descongelación. Se mide en porcentaje (%) del peso seco

### **2.3.4. Propiedades mecánicas**

#### **2.3.4.1. Resistencia a compresión**

Valor que determina la carga límite que un material soporta por unidad de área sin colapsar. Su medición en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  es esencial para garantizar seguridad y durabilidad.

#### **2.3.4.2. Resistencia a tracción**

La resistencia a flexión o tracción de la unidad de concreto define su capacidad para soportar esfuerzos que pueden generar fisuración o falla estructural. Este parámetro se cuantifica mediante el Módulo de Rotura (MR), expresado en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

### **2.3.5. Propiedades térmicas**

#### **2.3.5.1. Conductividad térmica**

La capacidad del material para conducir calor. Un valor bajo indica un buen aislamiento, lo que es crucial para la comodidad térmica en climas fríos. Se mide en  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Enfoque de investigación

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que se centra en la obtención de datos numéricos a través de mediciones controladas, para luego analizarlos estadísticamente con el fin de probar hipótesis predefinidas y establecer conclusiones objetivas y generalizables sobre el efecto de la fibra de ichu en las propiedades del concreto.

#### 3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada debido a que está orientado a resolver una problemática con un fin práctico de evaluar y optimizar un material de construcción asimismo la investigación utiliza teorías, normas y métodos establecidos como herramientas para alcanzar su fin práctico, en lugar de buscar descubrir principios fundamentales nuevos.

### **3.2. Diseño de investigación**

La presente investigación tiene un diseño cuasi experimental. La finalidad es comparar los resultados entre el grupo control y el grupo cuasi-experimental, que está expuesto a la variable de interés. En un punto determinado en el tiempo, sin dar seguimiento a la evolución de los mismos a lo largo de un período prolongado.

### **3.3. Nivel de investigación**

La investigación es de nivel explicativo, orientada a determinar el efecto causal de la fibra de ichu (variable independiente) en las propiedades mecánicas y térmicas de unidades de concreto (variables dependientes). Mediante control de materiales y procesos, se busca demostrar que las variaciones en los resultados son atribuibles directamente a las dosificaciones de fibra, superando el análisis meramente correlacional.

### **3.4. Diseño estadístico**

#### **a) Análisis de la Variancia (ANOVA)**

Para validar estadísticamente los resultados, se aplicó el Análisis de Varianza (ANOVA), método que permite verificar la existencia de diferencias significativas entre las medias de múltiples grupos cuasi-experimentales. Este método compara la variabilidad interna de cada grupo con la variabilidad entre grupos, permitiendo evaluar si las discrepancias observadas son estadísticamente relevantes o atribuibles al azar.

En el modelo ANOVA, cada observación  $Y_{ij}$  se expresa como:

$$Y_{ij} = \mu_i + \epsilon_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- $M$ : media global de todos los grupos.

$\alpha_i = \mu_i - \mu$ : representa el efecto del tratamiento o nivel  $i$ , es decir, la desviación de la media del grupo  $i$  respecto a la media global.

$\epsilon_{ij}$ : son los residuales o errores aleatorios, que capturan la variabilidad no explicada por el modelo y se asumen independientes y normalmente distribuidos.

Las hipótesis contrastadas en el ANOVA son:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): Todos los efectos de tratamiento son nulos ( $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = 0$ ).
- Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Al menos un efecto de tratamiento es significativamente diferente de cero ( $\exists \alpha_i \neq 0$ ).

Este enfoque permite identificar si las diferencias entre grupos (por ejemplo, unidades con distintos porcentajes de ichu) tienen la significancia estadística detectada, la cual corrobora la confiabilidad de las conclusiones generadas a partir de los resultados cuasi-experimentales.

### 3.5. Lugar de estudio

El punto de estudio es estratégico y responde a dos aspectos el cual se basa en que debido a la procedencia de la materia prima se encuentra en la zona asimismo el distrito se está expuesto a los friajes característicos del altiplano puneño, donde se posee la siguiente ubicación geográfica:

- Ubicación:

Región : Puno

Provincia : Puno

Distrito : Capachica

- Ubicación Geográfica de la investigación:

#### Figura 2

*Ubicación del lugar de estudio*



*Nota.* La imagen muestra dónde se obtiene el componente primario para la fabricación de las unidades de concreto. Tomado de. Google Earth.

### 3.6. Población

La población comprende el conjunto hipotético de unidades de concreto fabricables bajo las condiciones controladas de este estudio, con especificaciones geométricas y composiciones establecidas de tamaños estándar (40.0 cm x 20.0 cm x 15.0 cm) que potencialmente se pueden fabricar utilizando la dosificación de concreto control y las dosificaciones cuasi-experimentales con las proporciones de fibra de ichu (0.5%, 1.0% y 1.5%) establecidas en la investigación.

El estudio se centrará en una muestra representativa, extraída de esta población bajo condiciones estrictamente controladas de laboratorio.

### 3.7. Muestra

La muestra será establecida por una cifra finita de unidades de albañilería de concreto de prueba (bloques) que fueron fabricadas y ensayadas para representar a la población. El tamaño de la muestra se determinará con el muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que las unidades serán fabricadas específicamente para el experimento bajo condiciones controladas.

Se fabricaron 21 unidades para cada una de las cuatro dosificaciones previstas (0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de ichu), totalizando 84 unidades (bloques). Esta cantidad permitirá contar con tres 3 réplicas por dosificación para cada ensayo (compresión, tracción por flexión y conductividad térmica), lo que es un estándar aceptado en ensayos de



materiales para certificar la seguridad de los resultados y permitir el estudio estadístico.

### **3.8. Técnicas para la recolección de datos e instrumentos**

El presente estudio requiere la aplicación de técnicas estandarizadas e instrumentación especializada fundamentales para generar evidencia técnica sólida y válida que permita medir las variables de estudio. A continuación, se especifican las metodologías e instrumentos de medición para cada parámetro evaluado.

#### **3.8.1. Técnicas para la recolección de datos**

Para la recolección de los datos, se emplearon las técnicas de observación y medición directa en laboratorio. La primera implicó la observación controlada y sistemática de las unidades de albañilería durante su falla bajo esfuerzos, mientras que la segunda permitió la cuantificación precisa de sus propiedades.

#### **3.8.2. Instrumentos**

Para el registro sistemático de la información, se diseñaron fichas de observación para cada tipo de ensayo. Estas fichas permitieron consignar datos como:

- Identificación de la muestra (código, dosificación, fecha de fabricación).
- Dimensiones iniciales de la unidad de albañilería de concreto.
- Cargas aplicadas.

- Deformaciones registradas.
- Resultados calculados (resistencia, absorción, conductividad).

Para avalar la exactitud de las medidas, se utilizaron instrumentos debidamente calibrados y estandarizados:

**Tabla 5***Instrumentos calibrados y estandarizados*

Variable	Propiedad a Medir	Instrumento	Norma de Referencia	Descripción y Precisión
Control de Dosificación	Masa de materiales	Balanza electrónica	–	Capacidad 30 kg, precisión $\pm 0.1$ g. Para pesar cemento, agregados y fibra de ichu.
	Volumen de agua	Probeta graduada	–	Capacidad 1000 ml, precisión $\pm 5$ ml.
Propiedades Físicas	Absorción de agua	Balanza electrónica	NTP 399.604	Capacidad 30 kg, precisión $\pm 0.1$ g. Para pesar muestras secas y saturadas.
	Dimensiones	Pie de rey / Calibrador Vernier	–	Rango 0-200 mm, precisión $\pm 0.02$ mm. Para medir largo, ancho y alto de las unidades.
	Alabeo	Regla metálica y calibrador	NTP 399.613	Regla de acero de 1 m y calibrador para medir la deformación superficial.
Propiedades Mecánicas	Resistencia a la Compresión	Máquina universal de ensayos	de NTP 399.604	Capacidad mínima de 250 kN, con platelas de carga esféricas y planas. Control digital de carga.

Variable	Propiedad a Medir	Instrumento	Norma de Referencia	Descripción y Precisión
	Resistencia a la Flexión	Máquina universal de ensayos	NTP 339.078	Equipado con accesorios para ensayo de flexión en 3 puntos.
Propiedades Térmicas	Conductividad Térmica ( $\lambda$ )	Conductímetro / Analizador de conductividad térmica	ASTM D5334-14	Medidor de flujo de calor y resistividad térmica

Nota: se aprecian los diferentes instrumentos que se usarán para realizar los ensayos.

Todos los instrumentos de medición, en especial la máquina universal de ensayos y el conductímetro, fueron sometidos a un previo a la ejecución de los ensayos. La calibración fue realizada por un laboratorio acreditado o mediante la utilización de patrones de masa y longitud certificados, con el fin de garantizar la trazabilidad metrológica y la confianza de los datos alcanzados. Los certificados de calibración se anexan en los adjuntos de la actual investigación.

### 3.9. Materiales y equipos

Para la ejecución de la investigación, se utilizaron los materiales y equipos, seleccionados bajo estrictos criterios técnicos y normativos.

La materia prima empleada en la fabricación de las unidades de albañilería fueron los siguientes:

Cemento Portland Tipo IP, marca Rumi en presentación de bolsa de 42,50 kg. Cumple con los requerimientos determinados en la Norma Técnica Peruana NTP 334.009.



Arena de río, granulometría dentro de los términos descritos para la producción de unidades de concreto según la (Norma NTP 400.012).

El recurso hídrico empleado correspondió a agua pública de Capachica, el cual, conforme a la Norma NTP 339.087, se encontraba libre de impurezas, compuestos orgánicos, aceites y cualquier sustancia que pudiera alterar el fraguado y el endurecimiento del concreto.

El material primario se recolectó en el distrito de Capachica, Puno. El proceso de preparación consistió en:

- Secado natural al aire libre hasta alcanzar masa constante.
- Eliminación manual de impurezas, polvo y partes florales.
- Corte manual a una longitud promedio de 3cm para facilitar su mezcla y distribución homogénea en la matriz de concreto.
- Se dosificó en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% en analogía al peso total del cemento de la mezcla.

Para la fabricación, curado, preparativo de especímenes y realización de las pruebas, se utilizó el siguiente equipamiento:

Mezcladora de tolva giratoria, de 11 p3, para certificar la uniformidad de la composición.

Moldes metálicos de acero lubricados, de dimensiones estándar para unidades de concreto (40 cm x 20 cm x 15 cm).



: Mesa vibradora de frecuencia controlada para compactar la mezcla en las hormas y descartar oquedades.

Balanza de plataforma con capacidad de 50 kg y exactitud de  $\pm 0.1$  kg, y báscula de precisión de 5 kg con exactitud de  $\pm 0.1$  g para dosificación exacta de materiales.

Implementos de seguridad personal (EPP): lentes, guantes, mascarilla y mandil.

Recipiente con inspección de temperatura para el curado húmedo de las probetas a  $(23 \pm 2)$  °C, según NTP 339.016.

Horno eléctrico de convección forzada, con control térmico preciso a  $(105 \pm 5)$  °C, permite obtener la masa deshidratada de las muestras mediante un proceso de secado controlado (ensayo de contenido de humedad).

Máquina hidráulica o electromecánica con capacidad mínima de 250 kN, equipada con celda de carga calibrada y software para la adquisición de datos (fuerza y desplazamiento). Utilizada para los ensayos de capacidad resistente a compresión (NTP 399.604) y resistencia a la flexión (NTP 339.078).

Equipo para medir el coeficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ) en  $W/(m \cdot K)$ .

Instrumento de medición con exactitud de  $\pm 0.02$  mm para medir las dimensiones exactas de las probetas antes de cada ensayo.

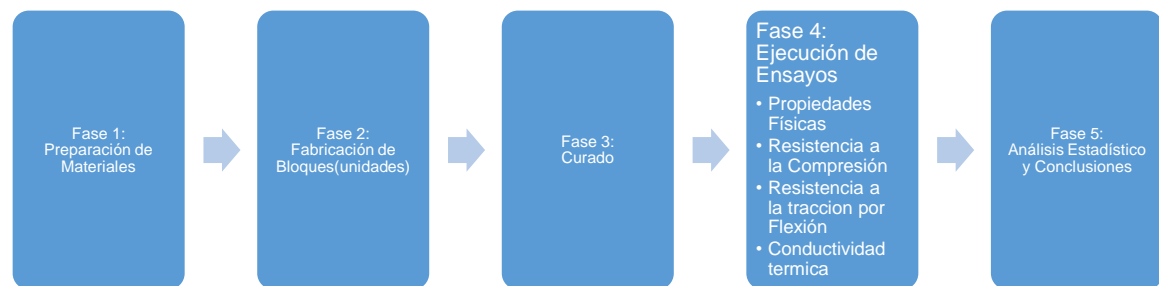
Todos los equipos de medición y ensayo contaban con el diploma de calibración, expresado por un laboratorio acreditado, para certificar la trazabilidad metrológica y la precisión de los resultados obtenidos. Los certificados se adjuntan en el Anexo.

### 3.10. Procedimiento metodológico

El procedimiento se desarrolló en cinco fases secuenciales, diseñadas para garantizar el control de variables, la repetibilidad y la obtención de datos confiables. A continuación, se describe cada fase en detalle.

#### Figura 3

*Flujo secuencial del procedimiento metodológico*



*Nota.* Se aprecia el flujo secuencial del procedimiento adoptado para el actual progreso de la indagación.

#### 3.10.1. Extracción de agregado

##### 3.10.1.1. Agregado fino

Como fuente de abastecimiento para el agregado fino empleado en la actual exploración, se seleccionó en la cantera situada en la ribera del afluente Coata, el cual se encuentra geográficamente situado a aproximadamente 18 kilómetros del distrito de Capachica, en el sector comprendido en el distrito de

Coata. Esta zona de extracción es reconocida a regional por proveer materiales pétreos de adecuada calidad para la producción en la construcción, siendo continuamente aprovechada tanto para la edificación de viviendas de autoconstrucción como para la ejecución de trabajos de obra civil de mediana envergadura en el distrito de Capachica.

En el marco de este estudio, los áridos extraídos de este depósito aluvial fueron destinados específicamente a la producción de unidades de concreto estructural, con la finalidad de evaluar su desempeño mecánico y físico en comparación con normas técnicas vigentes. La elección de este yacimiento se fundamentó no solo en su accesibilidad y relevancia socioeconómica para la actividad constructiva para el distrito.

Para garantizar la trazabilidad y replicabilidad del estudio, la ubicación georreferenciada exacta del banco de material, junto con los ejes UTM de los puntos de muestreo, se consignan de manera pormenorizada en la Tabla 4 del actual documento.

**Tabla 6**

*Origen y coordenadas de la cantera*

Cantera	Departamento	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM	
				Este(X)	Norte(Y)
Coata (Almosanche)	Puno	Puno	Coata	397406	8278960

*Nota.* Se aprecia el lugar de la cantera en el cual se extrajo el material pétreo.

**Figura 4**

*Agregado en cantera*



*Nota.* Se muestra el agregado para su uso a modo de material pétreo en las unidades de concreto.

**3.10.2. Muestreo de agregados**

El muestreo del material pétreo en la cantera Río Coata Almosanche se realizó acorde a la forma establecida en la norma NTP 400.010, (2020 3era edición). La metodología consistió en la selección aleatoria de puntos representativos del frente de explotación, de los cuales se obtuvieron al menos tres incrementos de masa equivalente. Estos incrementos fueron combinados para conformar una muestra compuesta, cuya masa total cumplió con el requisito mínimo estipulado en la Tabla 20 de la norma referida, garantizando así la cuantía requerida para la realización de todos los ensayos de caracterización programados.

**Tabla 7***Tamaño mínimo de las muestras de campo para agregados*

<b>Dimensión agregado<sup>A</sup> mm</b>	<b>del Masa de la muestra de campo, mín., kg<sup>B</sup> (lb)</b>	<b>Volumen de la muestra de campo, mín, L (gal)</b>
Agregado fino		
2.36 [No. 8]	10 (22)	8 (2)
4.75 [No. 4]	10 (22)	8 (2)
Agregado grueso		
9.5 [3/8 pulg]	10 (22)	8 (2)
12.5 [1/2 pulg]	15 (35)	12 (3)
19.0 [3/4 pulg]	25 (55)	20 (5)
25.0 [1 pulg]	50 (110)	40 (10)
37.5 [1 1/2 pulg]	75 (165)	60 (15)
50.0 [2 pulg]	100 (220)	80 (21)
63.0 [2 1/2 pulg]	125 (275)	100 (26)
75.0 [3 pulg]	150 (330)	120 (32)
90.0 [3 1/2 pulg]	175 (385)	140 (37)

*Nota.* Se aprecia el tamaño mínimo de masa restablecida para perpetrar las pruebas en laboratorio. Tomado de INACAL (NTP 400.010, 2020 3era edición)

De acuerdo con lo establecido en la Tabla 5, el acopio de la muestra se determinó acorde al Tamaño Máximo Nominal (T.M.N.) del agregado. Para un T.M.N. correspondiente al tamiz N° 4, la norma específica una masa mínima requerida de 10 kg. Con el propósito de asegurar la disponibilidad de material para posibles repeticiones de ensayos o análisis complementarios, se decidió extraer una muestra de 20 kg de material.

### **3.10.3. Propiedades físicas del agregado**

#### **3.10.3.1. Análisis granulométrico de agregado fino**

Es un procedimiento esencial en la determinación de agregados para construcción, cuyo objetivo es establecer la repartición proporcional de los volúmenes que componen un espécimen de material. Este ensayo, estandarizado por normas internacionales como la ASTM C136 y la INACAL NTP 400.012, (2021), se ejecuta mediante el tamizado del espécimen por medio de un juego de cribas de aberturas escalonadas, desde las más grandes hasta las más pequeñas. Los resultados permiten valorar la aptitud del material para su empleo en composiciones de concreto, morteros u otras aplicaciones, ya que la distribución granulométrica influye directamente en propiedades como la trabajabilidad, la tenacidad, la compacidad y la demanda de agua.

#### **a) Materiales y equipos**

- Báscula de precisión a 0.1 g.
- Cribas.
- Recipientes y bandeja.
- Brocha y cepillo.

#### **b) Procedimiento**

- Se inició con la preparación del espécimen el cual es secado para eliminar la humedad.

- La muestra se pesó y se realizó según el procedimiento B – Cuarteo referido en la Norma NTP 400.043 (2015).
- Se realizó el montaje de forma ordenada de los tamices ASTM con aberturas estándar desde el No. 4 (4.75 mm) hasta el No. 100 (150  $\mu\text{m}$ ) y la base. Realizar el tamizado de forma manual.
- Cada tamiz retenido se pesó el material obtenido y la base, apuntando los resultados con cuidado con una balanza con precisión de  $\pm 0.1$  g. Asimismo la suma de todas las masas retenidas se verificó que el peso originario del espécimen sea la misma, con una tolerancia de  $\pm 0.3\%$ .

### Figura 5

*Clasificación por tamizado del material granular*



*Nota.* Se observa el juego de tamices y las masas retenidas en cada tamiz.

### c) Cálculos

Los cálculos incluyen la proporción de material retenido individual en cada criba, obtenido fraccionando. La caracterización granulométrica se basa

en el porcentaje retenido por malla (relación masa parcial/total), su acumulación progresiva por tamices, y el complemento porcentual que representa el material fino que atraviesa cada abertura. Estos valores se tabulan y grafican para generar la curva granulométrica.

**Tabla 8**

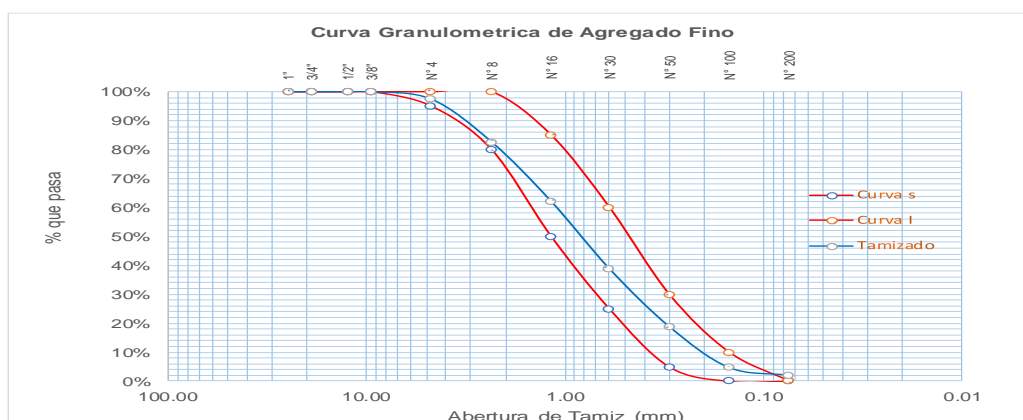
*Análisis de distribución de partículas del agregado*

Tamiz N°	Abertura tamiz (mm.)	Peso retenido (gr.)	Porcentaje retenido (%)	Retenido acumulado (%)	% que pasa	% que pasa agregado fino: NTP 400.037	
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	20.00	2.57	2.57	97.43	95.00	100.00
N° 8	2.36	115.00	14.78	17.35	82.65	80.00	100.00
N° 16	1.18	160.00	20.57	37.92	62.08	50.00	85.00
N° 30	0.60	181.00	23.26	61.18	38.82	25.00	60.00
N° 50	0.30	155.00	19.92	81.11	18.89	5.00	30.00
N° 100	0.15	110.00	14.14	95.24	4.76	0.00	10.00
N° 200	0.08	21.00	2.70	97.94	2.06	0.00	0.00
CAZOLETA	-	16.00	2.06	100.00	0.00	0.00	0.00

*Nota.* Se aprecia la proporción retenida en cada malla, asimismo los límites máximos y mínimos de acuerdo a la norma NTP 400.037.

**Figura 6**

*Gráfico de distribución de partículas del árido*



*Nota.* Se aprecian las restrinjas superior e inferior y el tamizado realizado del árido que se halla intrínsecamente en los parámetros.

#### d) Módulo de fineza (mf)

Constituye un indicador numérico que cuantifica el grado de finura o granulometría predominante en un agregado. Su cálculo se realiza mediante la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en la serie de tamices normalizados (No. 4, 8, 16, 30, 50 y 100), dividida entre 100. Valores reducidos de MF caracterizan arenas de textura fina, mientras que valores elevados corresponden a arenas de naturaleza gruesa.

*El módulo de fineza se computó con la Ecuación (1)*

$$mf = \frac{\% \text{ retenidos Acumulados}}{100} \quad (1)$$

$$mf = \frac{2.57 + 17.35 + 37.92 + 61.18 + 81.11 + 95.24}{100}$$

$$mf = 2.95$$

#### e) Tamaño máximo

De acuerdo a la NTP 400.037(2018) especifica que es el tamiz menor por el cual pasa toda la muestra durante el tamizado en la tabla se especifica:

**Tabla 9**

*Tamaño máximo del agregado*

Descripción	Tamiz
Tamaño máximo del agregado	3/8"

*Nota.* Tamaño máximo de agregado del análisis granulométrico.

#### f) Tamaño máximo nominal (T.M.N.)

El tamaño máximo nominal se precisa a modo de que el mínimo tamaño de tamiz el cual atraviesa al menos el 95% de la muestra. Se determina examinando la columna de "porcentaje que pasa" en los resultados del tamizado e identificando la abertura donde se cumple este criterio. En este caso, el tamiz No. 4 (4.75 mm) registró un 97.5% de paso.

#### Tabla 10

*Tamaño máximo nominal del agregado*

Descripción Tamiz	
T.M.N.	Nº 4 (4.75mm)

*Nota.* Tamaño máximo nominal extraído del tamizado del agregado.

#### 3.10.3.2. Contenido de humedad

el valor del contenido de humedad se basa en el principio de pérdida por secado, donde el agua libre se evapora mediante exposición a temperatura controlada ( $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ), mientras que la masa seca residual corresponde al material sólido. Este método es aplicable a agregados finos de acuerdo a la NTP 339.185 (2018).

#### a) Materiales y equipos

- Báscula de pesaje
- Horno de deshidratación



- Depósitos metálicos y bandeja.
- Espátula.

### b) Procedimiento

- Se escogió el volumen de muestra de acuerdo a la tabla donde se tuvo presente el tamaño máximo nominal del agregado de esta forma se determina que luego del cuarteo por el método B se obtuvo un acopio mínimo de 500 gr.
- Se consiguió el peso del recipiente y se puso el espécimen del agregado húmedo para determinar el peso para luego ser etiquetado.
- Las muestras fueron procesadas en horno de secado a temperatura controlada de durante 24 horas, cumpliendo con los parámetros establecidos.
- Se deja templar la muestra seca para luego ser pesado en la balanza.

**Tabla 11**

*Tamaño de muestra estandarizada*

<b>Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg.)</b>	<b>Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg</b>
4.75 (N° 4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2



Computar el porcentaje de humedad con la fórmula indicada

Se utilizo la Ecuación (2)

$$w(\%) = \frac{W_W - W_D}{W_D} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

- $w$  (%): Porcentaje de agua presente en el espécimen.
- $W_W$  : Peso inicial del agregado con humedad.
- $W_D$  : Masa del agregado en condición anhidra.

**Tabla 12**

*Porcentaje de humedad en el material granular*

Descripción	Recipiente - tara		
	T-01. A	T- 02. A	T-03. A
Peso de envase (g)	62.23	65.52	63.8
Peso de envase + M. húmeda (g)	580.01	591.12	602.42
Peso de envase + M. seca (g)	572.52	583.26	592.91
Peso de agua (g)	7.49	7.86	9.51
Peso de espécimen seco (g)	510.29	517.74	529.11
Cont. de humedad (%)	1.47	1.52	1.80
media de cont. de humedad (%)	1.59		

*Nota.* Se aprecian los resultados del porcentaje de humedad muestreado de agregados.

### 3.10.3.3. Peso específico y absorción de los agregados finos

El peso específico y la absorción son propiedades fundamentales de los agregados que determinan su calidad e idoneidad para su uso en mezclas de concreto. Estas propiedades están interrelacionadas y proporcionan información crítica sobre la porosidad, durabilidad y comportamiento del material en presencia de agua.

#### a) Materiales y equipos

- Báscula de pesaje
- Picnómetro de 500ml
- Horma cónica
- Varilla metálica
- Embudo
- Pipeta

#### b) Procedimiento

- Teniendo la cantidad de muestra aproximadamente de 1000 gramos, se viene a secar aproximadamente en horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- Se moja la muestra en un recipiente con agua para que se sature por 24 horas, luego se separa la demasía de agua de forma controlada sin eliminar el agregado.



- Para alcanzar la fase superficialmente saturado seco se debe secar el agregado superficialmente de forma que se seca en una cocina a gas hasta que el agregado no transfiera humedad al tacto llamado el estado SSS
- Se determinará el peso del picnómetro, luego se pesa el material de 500 gr en SSS y el peso del picnómetro y el agua llenada hasta el nivel de marca del picnómetro.
- Luego de introducida de forma cuidadosa la muestra en el picnómetro, el cual se llenó de 250 ml de agua previamente, se gira y agita de forma suave para prescindir de las burbujas de aire. Una vez purgado, se llena el picnómetro hasta la marca de graduación para luego ser pesado.
- Luego el material será retirado del picnómetro y el agua para luego determinar el peso seco del espécimen en el horno a 110°C.
- Posterior a las 24 h de secado de la muestra con la tara se viene a pesar el agregado fino seco.

**Figura 8**

Proceso en laboratorio de peso específico y absorción



Nota. Se aprecia el proceso de ejecución del ensayo del peso específico y absorción en laboratorio.

### c) Cálculos

Con los datos conseguidos de las pruebas en laboratorio se tiene las sucesivas ecuaciones para obtener los resultados usando las ecuaciones:

Peso específico aparente. Ecuación (3)

$$Ge_a = \frac{A}{(B + S + C)} \quad (3)$$

Peso específico aparente SSS. Ecuación (4)

$$Ge_{sss} = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (4)$$

Porcentaje de absorción. Ecuación (5)

$$Abs\% = \left( \frac{S - A}{S} \right) \times 100 \quad (5)$$

Donde:

- **A:** Peso seco del espécimen.
- **B:** Peso del picnómetro + agua.
- **C:** Peso de SSS + Picnómetro + agua.
- **S:** Peso de SSS.

Descripción	Símbolo	Peso (g)
Peso de la muestra SSS	S	500
Peso del picnómetro + agua	B	704.13
Peso de la muestra SSS + picnómetro + agua	C	1008.51
Peso de la muestra secada al horno	A	489.78
Peso muestra secada al horno + tara	-	569.75
Peso de tara	-	79.97

*Nota.* Se aprecian los datos recopilados de los ensayos en laboratorio.

### Tabla 13

*Resultados de gravedad específica y absorción*

Descripción	Resultado
$Ge_a$	2.50
$Ge_{SSS}$	2.56
$Abs\%$	2.08

*Nota.* Se aprecian los resultados conseguidos, los cuales están dentro de los rangos establecidos.

#### 3.10.3.4. Peso unitario suelto y compactado del agregado



El peso unitario o densidad aparente es la masa de agregado que ocupa un volumen unitario en estado suelto o compactado el cual se utilizará para el diseño de mezclas procedimiento establecido en la NTP 400.017 (2016).

### **a) Materiales y equipos**

- Molde metálico cilíndrico.
- Báscula de pesaje.
- Varilla compactadora diámetro 16 mm.
- Horno de secado.
- Recipiente y cucharón.

### **b) Procedimiento**

Peso unitario suelto

Se utilizó un molde metálico cilíndrico de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Previamente, se registraron sus dimensiones para calcular el volumen interno y se determinó la masa del recipiente vacío.

El agregado se vertió en el molde con ayuda de una pala o cucharón, manteniendo una altura de caída libre no mayor a 5 cm (2") desde el borde superior. Este llenado se realizó sin compactación, evitando la aplicación de energía externa.

La superficie del material se niveló mediante un enrasedo cuidadoso, sin ejercer compactación. Posteriormente, se registró la masa total del conjunto.

Peso unitario compactado

Para establecer el peso unitario suelto, de igual forma se selecciona el molde y se determina su volumen y peso del molde.

El material se dispuso en tres estratos de espesor homogéneo. Cada capa se consolidó mediante 25 aplicaciones energéticas con un compactador metálico. Las percusiones se distribuyeron uniformemente sobre la superficie de cada estrato. La superficie superior se niveló utilizando el mismo elemento de compactación. Se registró la masa del sistema conjunto.

### c) Cálculos

Para los cálculos se usaron las siguientes fórmulas:

*El peso unitario suelto se calculó usando la ecuación (6)*

$$\gamma_{suelto} = \frac{M_{suelto}}{V} \quad (6)$$

*El peso unitario compactado se calculó usando la ecuación (7)*

$$\gamma_{comp} = \frac{M_{comp}}{V} \quad (7)$$

Donde:

- **Msuelto:** Material suelto.
- **Mcomp:** Material compactado.

- **V:** Volumen del molde.

**Tabla 14***Peso unitario en estado suelto del agregado*

Descripción	Und	M1	M2	M3
Peso de agregado + molde	g	18,758	18,700	18,757
Peso de molde	g	10,010	10,010	10,010
Peso de agregado	g	8,748	8,690	8,747
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5,559.84	5,559.84	5,559.84
Peso unitario compactado	g/cm <sup>3</sup>	1.57	1.56	1.57
Promedio ( $\gamma_{suelto}$ )	g/cm <sup>3</sup>	1.57		

Nota. Se aprecia el peso unitario suelto del material, el cual está dentro de los parámetros.

**Tabla 15***Peso unitario en estado compactado del agregado*

Descripción	Und	M1	M2	M3
Peso de agregado + molde	g	19,570	19,554	19,540
Peso del molde	g	10,010	10,010	10,010
Peso de agregado	g	9,560	9,544	9,530
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5,559.84	5,559.84	5,559.84
Peso unitario compactado	g/cm <sup>3</sup>	1.72	1.72	1.71
Promedio ( $\gamma_{comp}$ )	g/cm <sup>3</sup>		1.72	

Nota. Se aprecia el peso unitario compactado del material, el cual está dentro de los parámetros.

**Figura 9**

*Peso unitario del agregado suelto y compactado*



*Nota.* Se aprecia el proceso de enrasado de material sin compactar y material compactado en tres capas.

### **3.10.4. Elaboración de fibras de ichu**

#### **3.10.4.1. Recolección de fibras de ichu**

Para la recolección de fibras de ichu, el cual será usado como parte de las unidades de albañilería de concreto en fibras de ichu.

#### **a) Materiales y equipos**

- Guadaña
- Guantes
- Saco de yute
- Machete
- Sosa caustica NaOH 5%

## b) Procedimiento

- Se realizó el secado natural de las fibras en atmósfera seca y sombreada luego atar en manojos para ventilación uniforme la humedad objetivo debe ser menor a 12%.
- Para el proceso de desfibrado se realizaron cortes manuales con una longitud de 2.5 a 5 cm para que esta se adapte de la mejor manera al concreto.
- Se realizó un proceso de mejora de adherencia con la sosa caustica el cual se sumerge por un periodo de 2 a 4 horas secar al solo por 48 horas.

### Figura 10

*Fibras de ichu*



*Nota.* Se aprecian las fibras de ichu en proceso de corte para obtener las medidas establecidas.

### 3.10.5. Diseño de mezclas de concreto patrón P1 $f'c=50\text{kg/Cm}^2$

Dado que nuestro diseño será de unidad  $f'b=50\text{ kg/cm}^2$  para la unidad de concreto.

#### 3.10.5.1. Resistencia promedio requerida

De acuerdo al diseño de (Zanabria & Infantes, 2023) se utilizará la siguiente formula

$$f'bb = 1.35x r'm \quad (8)$$

Donde:

- $f'bb$ : Resistencia promedio de dosificación del mortero a los 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $r'm$ : Resistencia a compresión del mortero a los 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ )

$$f'bb = 67.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

#### 3.10.5.2. selección de asentamiento

Para certificar la trabajabilidad y la calidad del concreto, así como la compactación para el material se requerirá una trabajabilidad seca, es por ello que se selecciona.

**Tabla 16***Tipo de consistencia*

<b>Consistencia</b>	<b>Slump</b>
Seca	0" - 2"
Plástica	3" - 4"
Fluida	≥ 5"

*Nota.* Selección de tipo de mezcla de concreto por consistencia. Tomado del Procedimiento Estándar para la Dosificación de Concreto Convencional, de Alta Densidad y Masivo (ACI 211.1, 1991).

### 3.10.5.3. Selección del contenido de aire

Conforme a los valores de la tabla

**Tabla 17***Percentil de aire atrapado*

<b>T.M.N.</b>	<b>Aire Atrapado</b>
<b>3/8"</b>	<b>3.00%</b>
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%

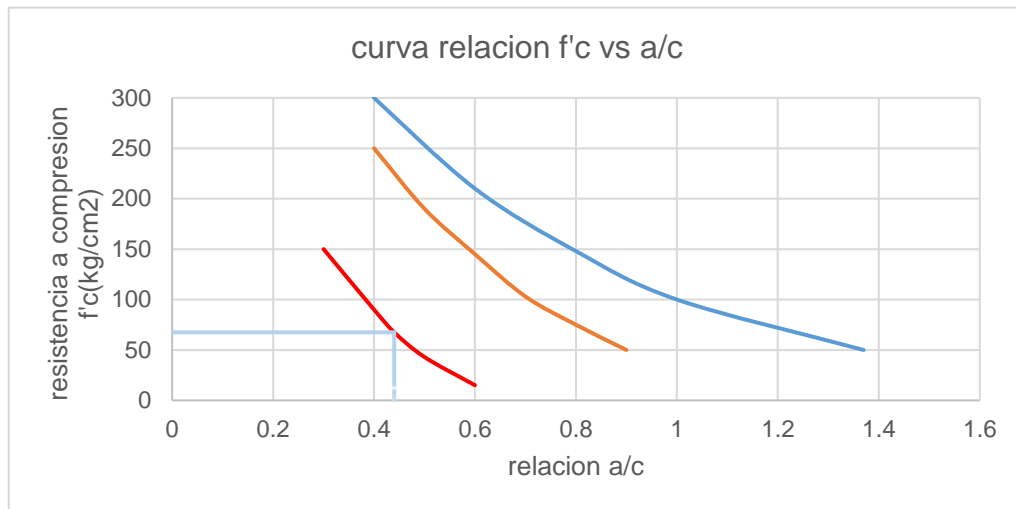
*Nota.* Se aprecia que de acuerdo al tamaño máximo se tiene un aire atrapado de 3.0%. Tomado del Procedimiento Estándar para la Dosificación de Concreto Convencional, de Alta Densidad y Masivo (ACI 211.1, 1991).

### 3.10.5.4. Selección de relación de a/c

La selección del parámetro se basó en el análisis gráfico que muestra cómo la curva de la capacidad resistente a compresión, en función de la relación agua-cemento, se orienta hacia los valores superiores del intervalo establecido.

**Figura 11**

*Relación de resistencia a compresión con referencia al a/c*



*Nota.* se aprecia que de acuerdo al diseño de 75 kg/cm<sup>2</sup> se tiene una relación de 0.44. Tomado de asociación de cemento portland (steven & all., 2024).

La relación obtenida del grafica es:

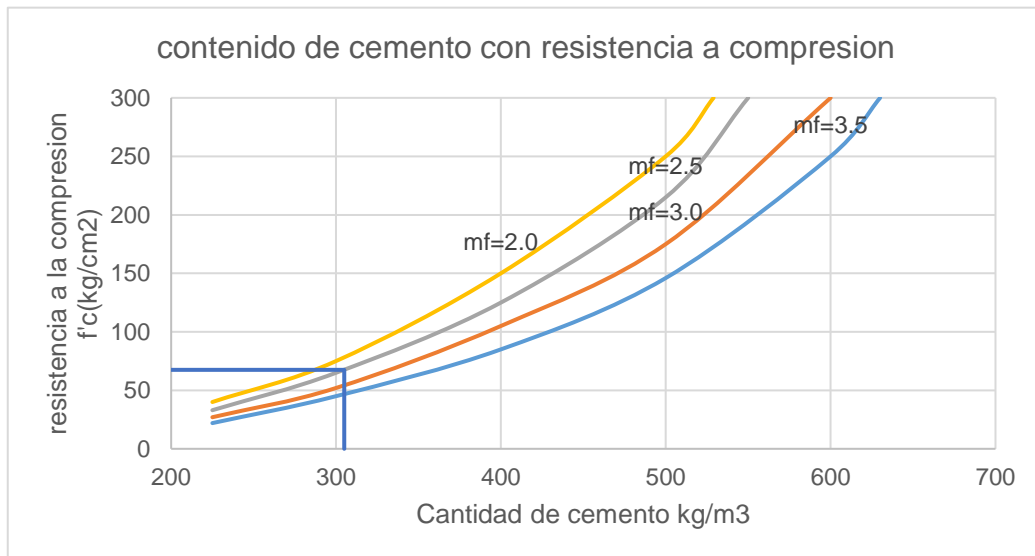
$$a/c = 0.44$$

### 3.10.5.5. Factor cemento

El cálculo del factor cemento se realiza con la siguiente figura.

**Figura 12**

*Dosificación de cemento, la capacidad resistente a compresión y mf*



*Nota.* Se aprecia la intersección en el gráfico en el cual se obtiene el valor de la cantidad de cemento o factor cemento. Tomado de la Asociación de cemento portland (steven & all., 2024)

$$FC = 305kg/m^3$$

Entonces el N° de bolsas de cemento de 42.5kg será

$$N^{\circ} Bls = 7.17 \cong 7.20 \text{ bolsas}/m^3$$

### 3.10.5.6. Cómputo del volumen absoluto

$$vol\ absoluto = \frac{peso\ seco}{p.e. \times 1000} \quad (9)$$

$$Vol\ cemento = 0.106\ m^3$$

$$Vol\ agua = 0.046\ m^3$$

## Volúmenes absolutos

**Tabla 18***Volúmenes absolutos*

Descripción	volumen absoluto/m3)
Cemento	0.106
Agua	0.046
Aire	0.030
Sub Total	0.182

*Nota.* Se estiman los volúmenes absolutos de cada material.

**3.10.5.7. Contenido de agregado fino seco**

El volumen de contenido de agregado se obtiene determinando un metro cúbico diferenciando el subtotal de volúmenes obtenidos. Para luego obtener el peso del agregado fino con el peso específico del material.

$$\text{vol. absoluto de agregado fino} = 0.818 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 2045.0 \text{ kg}$$

**3.10.5.8. Valores de diseño en seco**

Los valores obtenidos se tienen de la siguiente forma.

- Cemento: 305.00kg
- Agregado fino: 2045 kg
- Contenido de Agua: 46.00 l

### 3.10.5.9. Corrección por humedad

Los valores obtenidos se hallan en que el agregado se encuentra seco, sin embargo, se tiene la humedad en el material pétreo por lo que se realiza el cálculo para determinar el valor real corrigiendo con el contenido de humedad del material pétreo.

#### a) Peso húmedo del agregado fino:

$$Ag. Fino = Peso seco \times \left( \frac{\% Humedad}{100} + 1 \right) \quad (10)$$

$$Ag. Fino = 2077.52 \text{ kg/m}^3$$

#### b) Humedad superficial del Agregado Fino

$$Ag. Fino = Contenido de Humedad - Absorción \quad (11)$$

$$Ag. Fino = -0.49\%$$

#### c) Aporte de humedad

$$Ag. Fino = peso seco \times humedad \quad (12)$$

$$Ag. Fino = -10.02 \frac{l}{m^3} \text{ (agua libre)}$$

#### d) Agua efectiva

$$Agua efectiva = agua de diseño - agua libre \quad (13)$$

$$Agua efectiva = 56.02 \text{ l/m}^3$$

**e) Pesos corregidos de los componentes:****Tabla 19***Pesos corregidos de diseño*

Descripción	volumen absoluto
Cemento	305.00 kg/m <sup>3</sup>
Agregado	2077.52 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	56.02 l/m <sup>3</sup>

*Nota.* Se aprecian los volúmenes corregidos de materiales para el diseño realizado.

**3.10.5.10. Proporciones de mezcla en peso**

La proporción por kg de cemento será:

*cemento: agregado: agua*

1: 6.81: 0.18

1: 6.81: 7.65 l/blsa

**3.10.6. Proporción de los componentes de concreto con fibras de ichu**

Las fibras de ichu se realizarán con los porcentajes de 0% al espécimen patrón, 0.5%, 1% y 1.5% en proporción al peso del cemento.

**Tabla 20***Proporción del concreto con fibras de ichu*

Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Agregado fino (kg/m <sup>3</sup> )	Relación a/c	ichu (%)	Fibras Ichu (kg/m <sup>3</sup> )
305	2,077.52	0.44	0	0
305	2,077.52	0.44	0.5	1.525
305	2,077.52	0.44	1	3.05
305	2,077.52	0.44	1.5	4.575

*Nota.* Se aprecia la cuantía de porcentaje y en peso por unidad cúbica.

### 3.10.7. Elaboración de unidades de albañilería de concreto con fibras de ichu

La producción de las unidades de concreto se realiza con el empleo general de fabricación en la ciudad de Juliaca, el cual se distribuye a la población capachiqueña.

#### a) Materiales y equipos

- Agregados
- Cemento portland IP
- Fibra de ichu
- Agua

- Mezcladora de concreto
- Molde y compactador automático de unidades de albañilería de concreto.
- Balanza calibrada
- Palas
- Balde de 20l

## b) Procedimiento

- Se realizó la mezcla de materia prima con una mezcladora tipo trompo de 9 pies, de forma mecánica se realizó el mezclado de tal manera que se asemejara a la elaboración convencional de las unidades de albañilería de concreto.

### Figura 13

*Mezcladora de concreto de 9 pie3*



*Nota.* Se aprecia el proceso de mezclado del material en seco de cemento, agregado y ichu.

El proceso de mezclado debe ser uniforme y al realizar el agregado del agua la consistencia del material debe ser seca con un asentamiento máximo de 1" para que su moldeado y desmoldado sean de forma eficiente y no se produzcan alteraciones de forma de las unidades de albañilería de concreto.

#### Figura 14

*Proceso de mezclado de concreto*



*Nota.* Se aprecia el proceso de mezclado del material con las fibras de ichu.

Luego del proceso de mezcladora se realizó el proceso de moldeo de forma mecánica con la máquina de elaboración de unidades de albañilería de concreto. El método consistió en colocar el material dentro del molde y luego se vibró para un acomodo del material. En seguida se realiza la compactación del material por 10 segundos. La máquina realiza 4 unidades en cada proceso.

**Figura 15**

*Elaboración de unidad de concreto*



*Nota.* Se observa el proceso de elaboración de la unidad de concreto del cual se está realizando el desmoldado.

Se realizó la disposición de forma ordenada de las unidades de albañilería de concreto para luego realizar el proceso de curado de las unidades hasta que alcancen los 28 días para la ejecución de ensayos mecánicos en laboratorio.

**Figura 16**

*Unidades de concreto con incorporación de fibra de ichu*



*Nota.* Se aprecia la disposición de las unidades de concreto, las cuales fraguarán para luego ser curadas.

### 3.10.8. Ensayos realizados en las unidades de albañilería

Se determinaron mediante las instrucciones determinadas en la NTP 399.602 y de acuerdo a la norma E.070.

#### 3.10.8.1. Ensayo de variación dimensional

##### a) Materiales y equipos

- Unidad de albañilería de concreto
- Regla metálica
- Vernier

##### b) Procedimiento

- Se ejecuta la medición de la longitud, el ancho y el alto donde se realiza las mediciones y se saca un promedio asimismo la altura de la misma forma se mide en cada cara y se promedia las medidas obtenidas

##### c) Cálculos

Para la variación dimensional se tiene la siguiente ecuación.

$$V(\%) = \frac{De - Dp}{De} \times 100 \quad (14)$$

Donde:

V (%): Variación dimensional

De: Dimensión nominal especificada (mm)

Dp: Dimensión promedio (mm)

**Tabla 21**

*Variación dimensional de 0% de fibra de ichu*

Descripción	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)
Dimensiones nominales (mm)	400	150	210
Promedio de medidas reales (mm)	399.1	149.7	210.6
Desviación estándar ( $\sigma$ )	0.74	1.16	1.71
Coefficiente de variación (C.V. %)	0.18	0.77	0.81
V (%)	0.22	0.20	-0.29

*Nota.* Se aprecia que los resultados satisfacen la normativa.

**Tabla 22**

*Variación dimensional de 0.5% de fibra de ichu*

Descripción	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)
Dimensiones nominales (mm)	400	150	210
Promedio de medidas reales (mm)	399.3	149.4	209.5
Desviación estándar ( $\sigma$ )	1.16	1.26	4.30
Coefficiente de variación (C.V. %)	0.29	0.85	2.05
V (%)	<b>0.17</b>	<b>0.40</b>	<b>0.24</b>

*Nota.* Se aprecia que los resultados satisfacen la normativa.

**Tabla 23***Variación dimensional de 1.0% de fibra de ichu*

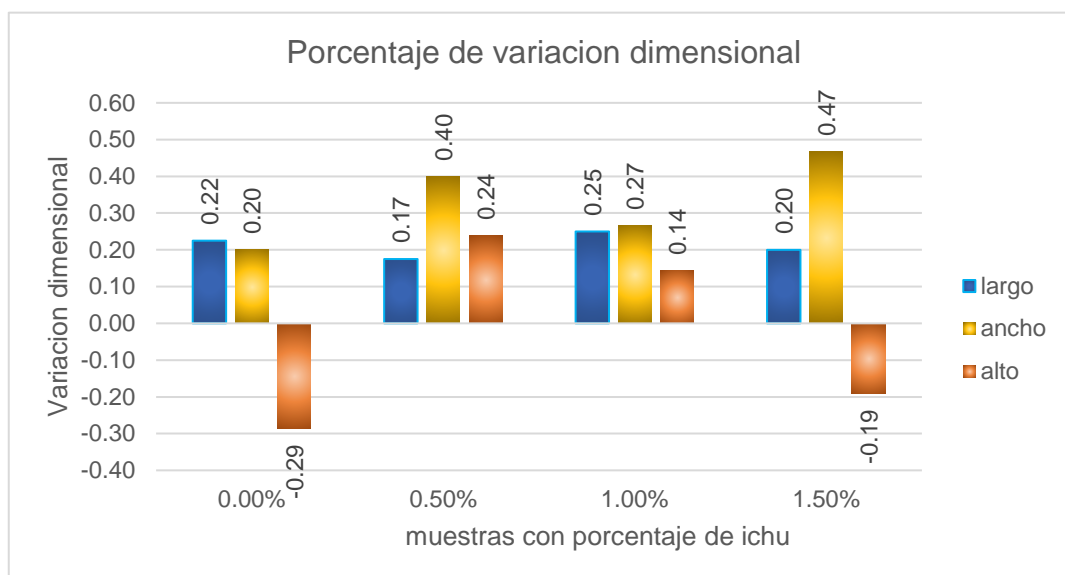
<b>Descripción</b>	<b>Largo (L)</b>	<b>Ancho (A)</b>	<b>Alto (H)</b>
Dimensiones nominales (mm)	400	150	210
Promedio de medidas reales (mm)	399	149.6	209.7
Desviación estándar ( $\sigma$ )	0.82	1.26	2.06
Coeficiente de variación (C.V. %)	0.20	0.85	0.98
<b>V (%)</b>	<b>0.25</b>	<b>0.27</b>	<b>0.14</b>

*Nota.* Se aprecia que los resultados satisfacen la normativa.

**Tabla 24***Variación dimensional de 1.5% de fibra de ichu*

<b>Descripción</b>	<b>Largo (L)</b>	<b>Ancho (A)</b>	<b>Alto (H)</b>
Dimensiones nominales (mm)	400	150	210
Promedio de medidas reales (mm)	399.2	149.3	210.4
Desviación estándar ( $\sigma$ )	1.23	1.25	4.43
Coeficiente de variación (C.V. %)	0.31	0.84	2.10
<b>V (%)</b>	<b>0.20</b>	<b>0.47</b>	<b>-0.19</b>

*Nota.* Se aprecia que los resultados satisfacen la normativa.

**Figura 17***Comparación de resultados de variación dimensional*

*Nota.* Se aprecian los porcentajes de cada espécimen y sus variaciones dimensionales a lo largo, ancho y alto.

### 3.10.8.2. Alabeo

El ensayo de alabeo para cada dosificación está directamente influenciado por el espesor de la junta en el proceso constructivo de muros.

#### a) Materiales y equipos

- Unidades de albañilería de concreto
- Regla metálica
- Cuña de medición

#### b) Materiales y equipos

- Se coloca la regla de acero sobre la cara de la unidad de forma que esta sea diagonal a la unidad de equina a esquina
- Para la medición se utilizó el calibrador o cuña de medición para medir la concavidad o convexidad de la unidad. Se registran las lecturas del calibrador con precisión de 1 mm. Se repita el procedimiento en la otra diagonal de la misma cara de la unidad y en la otra cara para tener la deformación de la unidad de albañilería.

### Figura 18

#### *Ensayo de alabeo*



*Nota.* Se aprecia la obtención numérica del alabeo empleando la regla metálica.

#### **c) cálculos**

los resultados logrados se muestran en la siguiente tabla

**Tabla 25***Alabeo de unidades de albañilería muestreados*

<b>Descripción</b>	<b>0% de ichu</b>	<b>0.5% de ichu</b>	<b>1% de ichu</b>	<b>1.5% de ichu</b>
concavidad (mm)	0.38	0.305	0.368	0.405
convexidad (mm)	0.45	0.418	0.45	0.42
alabeo (mm)	0.42	0.36	0.41	0.41

*Nota.* Se aprecia el valor de alabeo obtenido para cada tipo de espécimen, el cual es menor a los establecidos en la norma RNE E 070.

### **3.10.8.3. Porcentaje de área de vacíos**

De acuerdo a la NTP 399.613, la cual reside en establecer el porcentaje que ocupa el área vacía o hueca en la constitución de las unidades de albañilería de concreto.

#### **a) Materiales y equipos**

- Enrazador metálico
- Cucharón
- Arena calibrada
- Recipiente
- Balanza electrónica

#### **b) Procedimiento**

- Se realizó con el espécimen de la unidad de concreto de 10 unidades, se colocaron las unidades en una superficie plana para

llenar los vacíos con el cuchillo la arena calibrada de densidad conocida.

- Se realizó el pesado de la unidad sin arena luego con arena enrasada y determinación del peso de la arena y de esta forma obtener el volumen equivalente.

### c) Cálculos

Los resultados logrados se aprecian en la siguiente tabla obtenida

**Tabla 26**

*Porcentaje de vacíos de las unidades de albañilería de concreto*

Descripción	0% ichu	0.5% ichu	1% ichu	1.5% ichu
L prom. (cm)	40.30	39.70	40.30	40.20
A prom. (cm)	15.09	15.19	15.09	15.10
H prom. (cm)	20.20	20.10	19.80	20.20
Área bruta Prom. (cm)	608.19	603.00	608.19	606.83
Peso de arena	6430.30	6430.30	6430.30	6430.30
Volumen de Área de vacíos	4121.99	4121.99	4121.99	4121.99
Área de alveolos	204.19	205.24	208.32	204.19
% de vacíos	33.59	34.07	34.29	33.65

*Nota.* Se aprecia que el porcentaje de vacíos es mayor al 30%, esto indica que no cumple con una unidad sólida siendo esta una unidad hueca.



### 3.10.8.4. Absorción

La prueba de absorción en la unidad de concreto se realiza para determinar el importe de agua que una unidad logra impregnar en un período de tiempo. Esto ayuda a evaluar la calidad, porosidad y durabilidad del material.

#### a) Materiales y equipos

- Balanza electrónica
- Tanque de inmersión
- Agua
- Cronometro
- guantes

#### b) Procedimiento

- Seleccionar la unidad por espécimen representativo para que se pesen las muestras iniciales.
- Se sumerge completamente por un periodo de 24 horas, se retiran los especímenes y después de 10 minutos se registrará la masa saturada de la unidad.

#### c) Cálculos

Los resultados se obtienen aplicándola siguiente ecuación:

$$\text{absorción}(\%) = \frac{\text{Peso saturado} - \text{peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100 \quad (15)$$

Se tiene la siguiente tabla que muestra los resultados obtenidos

**Tabla 27**

*Resultados de absorción promedio según dosificación*

Descripción	0% ichu	0.5% ichu	1% ichu	1.5% ichu
Absorción prom. (%)	8.30	8.85	10.00	10.71

*Nota.* Se aprecia la absorción promedio para cada unidad según dosificación; esto cumple con la norma que establece los valores de 12% para unidad de concreto clase P y 15% de NP.

### 3.10.9. Ensayo de propiedades mecánicas

#### 3.10.9.1. Resistencia a compresión de las unidades de albañilería

El ensayo se ejecutó de acuerdo a la NTP 399.604 Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto (2002).

##### a) Materiales y equipos

- Máquina de compresión.
- Calibrador vernier.
- Material de caprotechado.
- Placas de acero.



- Balanza de precisión.

### b) Descripción

- Para la presente prueba de acuerdo a la NTP 399.604 se seleccionarán los especímenes representativos, luego se realiza el caprotechado o capeado para que la cara sea uniforme con mortero de cemento.
- Se realizó las mediciones de largo promedio y ancho promedio de la cara de carga se calcula el área
- Se realizó la aplicación de carga a una rapidez de 0.25 Mpa/s, luego se registra la carga máxima de falla en kgf.

### c) Calculos

La ecuación principal a usarse será:

$$f'b = f'b \text{ prom} - \sigma \quad (16)$$

Donde:

$f'b$ : resistencia a compresión de unidad de albañilería.

$f'b \text{ prom}$ : resistencia a compresión promedio

$\sigma$ : desviación estándar

### 3.10.9.2. Resistencia a tracción por flexión de unidades de albañilería

Para la prueba de resistencia a tracción flexión se realizaron 5 especímenes para cada dosificación con adición de porcentajes de 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de ichu. La prueba se realizó de acuerdo a la NTP 399.613 (2017).

#### a) Materiales y equipos

- Unidad de concreto
- Máquina de ensayo para flexión
- Regla metálica

#### b) Descripción

- Los especímenes secos se colocaron sobre dos apoyos cilíndricos con el lado más largo en posición horizontal, aplicándose la carga mediante un cabezal de compresión en el punto medio de la superficie superior.
- Luego se realiza una rapidez de carga menor a 8900N/m. confirmando la rapidez de cabecera que es inferior a 1.3mm/min.

#### c) Materiales y equipos

Para los cálculos se utilizó la siguiente ecuación:

$$F'r(Mpa) = \frac{3xPmax. x(\frac{l}{2} - x)}{bd^2} \quad (17)$$

Donde:

$F_r$ : Módulo de rotura o resistencia a tracción por flexión.

$P_{max}$ : Carga de rotura máxima.

$l$ : espacio entre apoyos.

$b$ : Ancho de la unidad de albañilería de concreto.

$d$ : Altura de la unidad de albañilería de concreto.

$x$ : Espacio entre la mitad y el plano de falla de unidad de albañilería.

### **3.10.10. Ensayo de conductividad térmica**

#### **3.10.10.1. Conductividad Térmica**

Se determinó la conductividad térmica mediante la aplicación de calor en especímenes durante un periodo estandarizado por el aparato de ensayo utilizado que puede realizarse en campo y laboratorio. Con materiales isotrópicos.

##### **a) Materiales y equipos**

- Thermtest TLS-100
- espécimen del de concreto

##### **b) Descripción**



Con el equipo de medidor portátil se accede a establecer la conductividad térmica y resistividad de un material de forma instantánea en el cual se colocaron el cable calefactor y el sensor de temperatura para realizar el ensayo se perforó un diámetro de 4 mm y se introdujo el sensor para evaluar el espécimen.

### c) Cálculos

Se utilizará la siguiente ecuación

$$k = \frac{q}{4\pi a} \quad (18)$$

Donde:

K: Conductividad térmica (w/m·K)

q: Potencia calorífica (W/m)

a: Pendiente



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados de las propiedades mecánicas

En este estudio se realizaron las pruebas para investigar cuán influyente son las fibras de ichu en las características mecánicas de las unidades de albañilería de concreto al cual se adicionó en porcentajes de 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de ichu con una dimensión promedio de 2.5 a 5 cm para la determinación de las propiedades mecánicas se realizaron los ensayos a los 28 días de elaboración de las unidades.

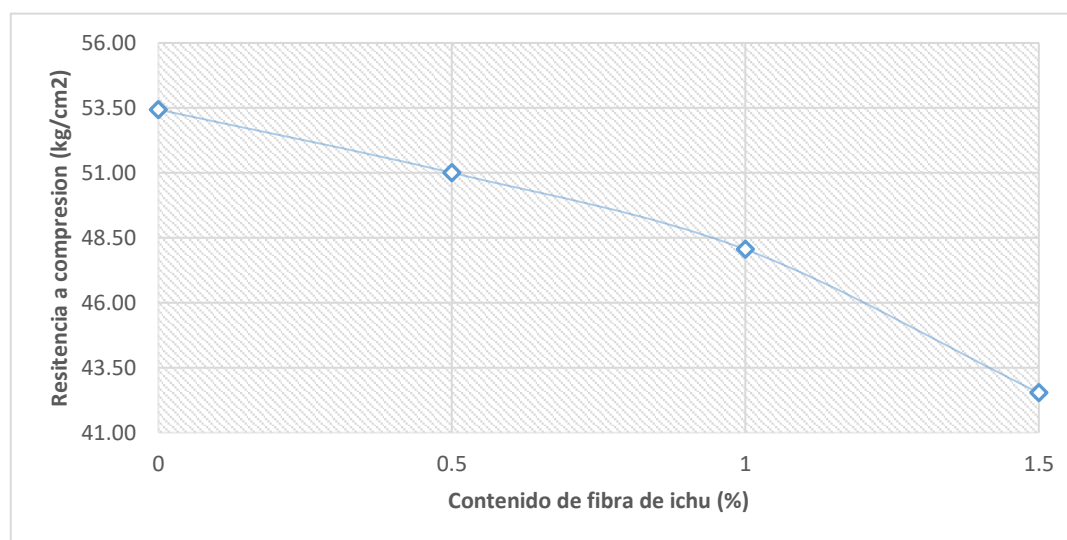
##### 4.1.1. Resistencia a compresión de las unidades de albañilería

El ensayo se realizará según la NTP 399.604 Unidades de Albañilería. Técnicas de muestreo y ensayos aplicados a unidades de mampostería cementicia (2002).

**Tabla 28***Resultados de ensayo de compresión de unidades de albañilería*

Descripción	Unidades de concreto con fibras de Ichu			
	0.00%	0.50%	1.00%	1.50%
Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	55.54	53.14	52.02	46.95
$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	2.11	2.14	3.97	4.42
f'b(kg/cm <sup>2</sup> )	53.44	51.00	48.05	42.54
C.V. (%)	3.79	4.03	7.62	9.41

*Nota.* Se aprecian los resultados de capacidad resistente a compresión por unidad de albañilería de acuerdo a la dosificación.

**Figura 19***Variabilidad de la resistencia a compresión en relación al porcentaje de ichu*

*Nota.* Se aprecia la variación de la capacidad resistente a compresión según el porcentaje de adición de fibra de ichu donde se aprecia que al adicionar 0.5% este alcanza el valor más alto con referencia a los otros porcentajes adicionados.

Tabla 29

Porcentajes de variación con respecto a bloque patrón

Dosificación de Ichu	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Reducción vs Patrón (kg/cm <sup>2</sup> )	Reducción Porcentual (%)
0%	55.54	0	0%
0.50%	53.14	-2.4	-4.30%
1.00%	52.02	-3.52	-6.30%
1.50%	46.95	-8.59	-15.50%

Nota. Se aprecia la reducción porcentual de la resistencia a compresión donde el valor más bajo es de 15.50% respecto al bloque patrón.

Figura 20

Ensayo de resistencia a tracción en unidad de concreto



Nota. Se aprecia el ensayo de capacidad resistente a compresión en la unidad de albañilería con 1% de ichu.

#### 4.1.2. Resistencia a tracción por flexión de unidades de albañilería

Para el ensayo de resistencia a tracción por flexión se realizaron 5 especímenes para cada dosificación con adición de porcentajes de 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de ichu. La prueba se realizó de acuerdo a la NTP 399.613 (2017).

Para los cálculos se utilizó la siguiente ecuación:

$$F'r(Mpa) = \frac{3xPmax \cdot x(\frac{l}{2} - x)}{bd^2} \quad (19)$$

Donde:

F'r: Modulo de rotura o resistencia a tracción por flexión

Pmax: Carga de rotura máxima

l: Distancia entre apoyos

b: Ancho de unidad

d: Altura de la unidad

x: Distancia entre el punto medio de la unidad y el plano de falla

**Tabla 30**

*Variación de capacidad resistente a tracción por flexión*

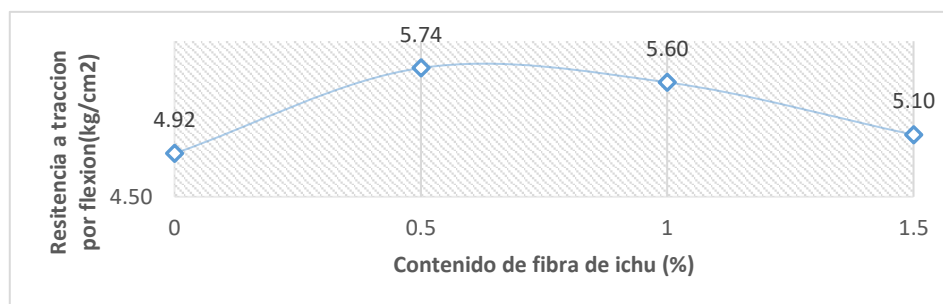
Descripción	Unidad de concreto con fibras de Ichu			
	0.00%	0.50%	1.00%	1.50%
Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	5.51	6.08	5.98	5.45
σ(kg/cm <sup>2</sup> )	0.60	0.34	0.37	0.35

Descripción	Unidad de concreto con fibras de Ichu			
	0.00%	0.50%	1.00%	1.50%
f'br(kg/cm <sup>2</sup> )	4.92	5.74	5.60	5.03
C.V. (%)	10.83	5.57	6.23	6.46

*Nota.* Se aprecia la capacidad resistente a tracción por flexión donde se supera lo establecido por la norma de 1.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 21**

*Variación de capacidad resistente a tracción por flexión*



*Nota.* Variación de resistencia a tracción por flexión donde la cuantía máxima se obtuvo con la dosificación de 0.5% de ichu el valor de 5.32 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 31**

*porcentajes de variación con respecto a bloque patrón*

Dosificación	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Incremento (kg/cm <sup>2</sup> )	Incremento Porcentual
0%	5.51	0	0%
0.50%	6.08	0.57	10.30%
1.00%	5.98	0.47	8.50%
1.50%	5.45	-0.06	-1.10%

*Nota.* Se aprecia la variación de la resistencia a tracción por flexión siendo el valor más alto en la dosificación de 0.50% con un incremento del 10.30%.

**Figura 22**

*Ensayo de resistencia a tracción por flexión*



*Nota.* Se aprecia el ensayo de tracción por flexión en la unidad de concreto.

## 4.2. Resultados de las propiedades térmicas

### 4.2.1. Conductividad térmica

Se determinó la conductividad térmica mediante la aplicación de calor en especímenes durante un periodo estandarizado con el equipo TLS-100.

Se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la tabla.

**Tabla 32**

*Conductividad térmica de las unidades de concreto*

Descripción	Porcentaje de fibras de Ichu			
	0.00%	0.50%	1.00%	1.50%
Conductividad térmica (w/m·K)	0.238	0.225	0.213	0.183
CV (%)	0.516	1.165	5.019	2.121

*Nota.* Se aprecia los resultados logrados de las unidades de concreto donde se aprecia que bajan los resultados en relación al incremento del porcentaje de fibra de ichu.

**Figura 23**

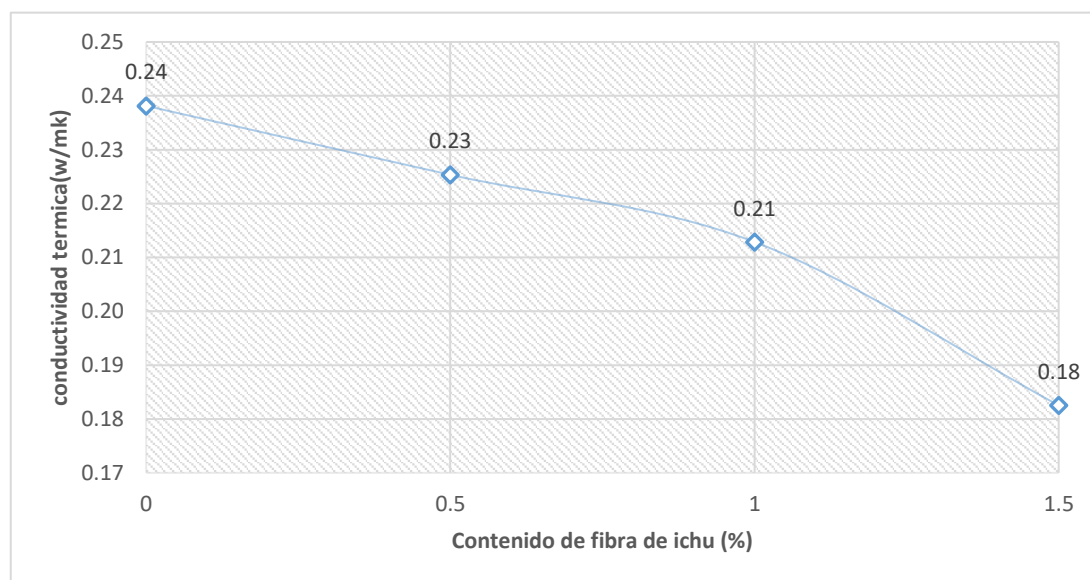
*Ensayo de conductividad térmica*



*Nota.* Se aprecia el aparato de medición de conductividad térmica TLS100 junto al espécimen de medición de control.

**Figura 24**

*Variación de conductividad térmica*



*Nota.* Se aprecia la variación de la conductividad térmica a medida que se incrementa la cantidad de ichu donde se aprecia el menor de 0.18 w/m-K.

**Tabla 33**

*Porcentajes de variación con respecto a bloque patrón*

Dosificación	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Incremento (kg/cm <sup>2</sup> )	Incremento Porcentual
0%	0.2381	0	0%
0.50%	0.2253	-0.0128	-5.4%
1.00%	0.2129	-0.0252	-10.6%
1.50%	0.1825	-0.556	-23.4%

*Nota.* Se aprecia la variación de la conductividad térmica disminuye en 23.4% con la dosificación de 1.5% lo cual mejora el confort térmico.

### 4.3. Contraste de hipótesis

#### 4.3.1. Resistencia a compresión de las unidades de albañilería

Se evaluó la variable y validación de hipótesis de acuerdo a los diferentes porcentajes de fibra de ichu al 0%, 0,5%, 1% y 1,5%.

##### 4.3.1.1. Contraste distribucional

Se utilizó el software SPSS que admitió la verificación del contraste distribucional en los datos donde la variable es la capacidad resistente a compresión de la unidad de albañilería. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, la cual es adecuada para especímenes pequeños para el caso 6 por grupo.

#### a) Hipótesis estadísticas

**Ho:** Los datos no difieren de la normalidad de la distribución.

**H1:** Los datos difieren de la normalidad de la distribución.

**b) Regla de decisión**

**p-valor  $\leq$  0.05:** refuta la hipótesis nula.

**p-valor  $>$  0.05:** no refuta la hipótesis nula.

**Tabla 34**

*Contraste distribucional de resistencia compresión de unidades*

Shapiro-Wilk				
	Estadístico(p-valor)	gl	Sig.	Decisión
0% patrón	0.8751194	6	0.24738	distribución normal
0.5% ichu	0.8929225	6	0.33378	distribución normal
1% ichu	0.9084427	6	0.42623	distribución normal
1.5% ichu	0.9225462	6	0.52389	distribución normal

*Nota.* Se aprecia el contraste distribucional donde todos los valores cumplen la distribución normal.

Todos los grupos tienen p-value  $>$  0.05 en la prueba de Shapiro-Wilk, por lo que no se refuta la hipótesis de normalidad.

**4.3.1.2. Contraste de hipótesis****a) Hipótesis estadísticas**

**H<sub>0</sub>:** La adición de fibras de ichu no incrementa la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto en un 5% frente al bloque patrón.

**H1:** La adición de fibras de ichu incrementa la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto en un 5% frente al bloque patrón.

**p-valor  $\leq$  0.05:** impugna la hipótesis nula.

**p-valor  $>$  0.05:** no impugna la hipótesis nula.

**Tabla 35**

*Prueba de variabilidad Anova y significancia*

Resistencia a compresión f <sup>b</sup>	Suma cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.(p-valor)
Entre grupos	235.918	3	78.6393	5.92457	0.00461
Dentro de grupos	265.469	20	13.2734		
Total	501.387	23			

*Nota.* El análisis anova se obtuvo un valor de p-val de 0.00461.

**Tabla 36**

*Prueba Post-Hoc y significancia*

Comparación	Diferencia	p-valor	significativo
0% vs 0.5%	2.40	0.478	No
0% vs 1.0%	3.52	0.198	No
0% vs 1.5%	8.59	0.004	Sí
0.5% vs 1.0%	1.12	0.892	No
0.5% vs 1.5%	6.19	0.032	Sí
1.0% vs 1.5%	5.07	0.075	No

*Nota.* Solo hay diferencias estadísticamente significativas cuando se compara el bloque patrón con el de 1.5% de ichu, y cuando se compara 0.5% con 1.5%.



La evidencia experimental demuestra que la adición de fibra de ichu no produce el incremento del 5% en resistencia a compresión planteado en la hipótesis. Por el contrario, se observa una reducción no significativa en cuatro comparaciones. En consecuencia, se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) con un nivel de confianza del 95%.

### 4.3.2. Resistencia a tracción por flexión

Para el análisis de la variable se realizaron los datos de la resistencia a flexión de las unidades de concreto según las proporciones y se realizaron:

#### 4.4.2.1 Contraste distribucional

Como se aprecia en la tabla, se obtuvieron los siguientes resultados utilizando la prueba de Shapiro-Wilk.

##### a) Hipótesis estadísticas

**H<sub>0</sub>:** Los datos no difieren de la normalidad de distribución.

**H<sub>1</sub>:** Los datos difieren de la normalidad de distribución.

##### b) Regla de decisión

**p-valor  $\leq$  0.05:** impugna la hipótesis nula.

**p-valor  $>$  0.05:** no impugna la hipótesis nula.

Tabla 37

*Prueba de contraste distribucional a tracción por flexión*

Shapiro-Wilk				
	Estadístico	gl	Sig. (p-valor)	Decisión
0% patrón	0.921	5	0.507	distribución normal
0.5% ichu	0.938	5	0.643	distribución normal
1% ichu	0.902	5	0.403	distribución normal
1.5% ichu	0.853	5	0.201	distribución normal

*Nota.* Se aprecia la prueba de contraste distribucional en cada grupo de datos obtenidos donde se aprecia que se acepta la hipótesis nula.

#### 4.3.2.1. Contraste de hipótesis

##### b) Hipótesis estadísticas

**H<sub>0</sub>:** La adición de fibras de ichu no mejora la resistencia a la tracción por flexión en un 8% frente al bloque patrón.

**H<sub>1</sub>:** La adición de fibras de ichu mejora la resistencia a la tracción por flexión en un 8% frente al bloque patrón.

**p-valor  $\leq$  0.05:** impugna la hipótesis nula.

**p-valor  $>$  0.05:** no impugna la hipótesis nula.

**Tabla 38***Prueba anova en resistencia a tracción por flexión*

Resistencia a tracción por flexión f'br	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.(p-valor)
Entre grupos	2.15	3	0.72	4.845	0.014
Dentro de grupos	2.37	16	0.15		
Total	4.52	19			

*Nota.* Se aprecia que el valor de p-valor obtenido es menor a 0.014.

**Tabla 39***Prueba post-hoc para la resistencia a tracción por flexión*

Comparación	Diferencia	p-valor	significativo
0% vs 0.5%	2.40	0.478	No
0% vs 1.0%	3.52	0.198	No
0% vs 1.5%	8.59	0.004	Sí
0.5% vs 1.0%	1.12	0.892	No
0.5% vs 1.5%	6.19	0.032	Sí
1.0% vs 1.5%	5.07	0.075	No

*Nota.* Se tiene diferencias estadísticamente significativas cuando se compara el bloque patrón con el de 1.5% de ichu, y cuando se compara 0.5% con 1.5%.

La contrastación estadística de la hipótesis demuestra que la adición de fibra de ichu al 0.5% produce un incremento del 10.3% en la resistencia a tracción por flexión respecto al bloque patrón, superando el 8% inicialmente planteado. El análisis ANOVA revela diferencias significativas entre los

grupos, y la prueba post-hoc de Tukey confirma específicamente que la dosificación al 0.5% difiere significativamente del patrón. Si bien las dosificaciones al 1.0% también muestran una mejora del 8.5%, esta no alcanza significancia estadística, mientras que la dosificación al 1.5% presenta una ligera reducción del 1.1%.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) con un nivel de confianza del 95%.

#### 4.3.3. Conductividad térmica

Para el análisis de la variable se realizaron los datos de la conductividad térmica en las unidades de concreto en las diferentes dosificaciones y se realizaron las siguientes pruebas.

#### 4.4.2.2 Contraste distribucional

Como se aprecia en la tabla, se obtuvieron los siguientes resultados utilizando la prueba de Shapiro-Wilk.

#### c) Hipótesis estadísticas

**$H_0$ :** Los datos no difieren de la normalidad de la distribución.

**$H_1$ :** Los datos difieren de la normalidad de la distribución.

#### d) Regla de decisión

**p-valor  $\leq$  0.05:** impugna la hipótesis nula.

**p-valor  $>$  0.05:** no impugna la hipótesis nula.

**Tabla 40**

Prueba de contraste distribucional a tracción por flexión

Shapiro-Wilk				
	Estadístico	gl	Sig.(p-valor)	Decisión
0% patrón	0.964	3	0.637	distribución normal
0.5% ichu	0.871	3	0.298	distribución normal
1% ichu	0.983	3	0.747	distribución normal
1.5% ichu	0.987	3	0.780	distribución normal

Nota. Se aprecia la prueba de contraste distribucional en cada grupo de datos obtenidos donde se aprecia que se acepta la hipótesis nula.

#### 4.3.3.1. Contraste de hipótesis

##### c) Hipótesis estadísticas

**H<sub>0</sub>:** La adición de fibras de ichu no mejora la conductividad térmica de las unidades de albañilería de concreto en un 20% frente al bloque patrón.

**H<sub>1</sub>:** La adición de fibras de ichu mejora la conductividad térmica de las unidades de albañilería de concreto en un 20% frente al bloque patrón.

**P-valor  $\leq$  0.05:** impugna la hipótesis nula.

**P-valor  $>$  0.05:** no impugna la hipótesis nula.

**Tabla 41***Prueba anova en conductividad térmica*

Conductividad térmica	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre los grupos	0.00501	3	0.00167	31.801	0.000085
Dentro de los grupos	0.00042	8	0.000052		
Total	0.00543	11			

*Nota.* Se aprecia que el valor de p-valor obtenido es menor a 0.05.

**Tabla 42***Prueba post-hoc para la conductividad térmica*

Comparación	Diferencia	p-valor	significativo
0% vs 0.5%	2.40	0.478	No
0% vs 1.0%	3.52	0.198	No
0% vs 1.5%	8.59	0.004	Sí
0.5% vs 1.0%	1.12	0.892	No
0.5% vs 1.5%	6.19	0.032	Sí
1.0% vs 1.5%	5.07	0.075	No

*Nota.* Se tiene diferencias estadísticamente significativas cuando se compara el bloque patrón con el de 1.5% de ichu, y cuando se compara 0.5% con 1.5%.

Los ensayos de conductividad térmica revelaron una reducción progresiva y significativa de este parámetro conforme se incrementó el porcentaje de fibra de ichu. El bloque patrón registró una conductividad térmica promedio de 0.238 W/m·K, mientras que la dosificación al 1.5% de ichu mostró un valor de 0.183 W/m·K, lo que representa una reducción del 23.1%.

La prueba estadística ANOVA confirmó la existencia de diferencias altamente significativas entre los grupos ( $p < 0.001$ ), y el análisis post-hoc de Tukey validó que la reducción con 1.5% de ichu es estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ) respecto al bloque patrón. Dado que la reducción del 23.1% supera el 20% establecido en la hipótesis

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_i$ ) con un nivel de confianza del 95%.

#### 4.4. Discusión

Los resultados de esta exploración manifiestan que la incorporación de fibra de ichu ejerce una influencia significativa y dual sobre las propiedades de las unidades de concreto. La reducción progresiva de la capacidad resistente a compresión observada conforme aumenta la proporción de ichu (de 55.54 kg/cm<sup>2</sup> a 46.95 kg/cm<sup>2</sup>) concuerda con lo obtenido por Huaricallo et al. (2023) en unidades con fibras, atribuyéndose este comportamiento a la introducción de interfaces débiles en la matriz cementicia y al aumento de la porosidad inherente a las fibras vegetales. Sin embargo, es destacable que incluso con 1.5% de ichu, la resistencia se mantiene por encima del mínimo normativo de 50 kg/cm<sup>2</sup> determinado por la E.070 para unidades de concreto no portantes, lo que amplía su potencial de aplicación.

El comportamiento en flexión presenta un patrón particularmente interesante. El valor máximo de resistencia a tracción por flexión (5.32 kg/cm<sup>2</sup>) obtenido con 0.5% de ichu sugiere que, en bajas dosificaciones, las fibras podrían actuar como refuerzo secundario, mejorando la tenacidad del



material. Este fenómeno ha sido documentado por Geremew y Ouittier (2025), quienes observaron que fibras naturales en proporciones controladas pueden mejorar la capacidad de absorción de energía del concreto. No obstante, dosificaciones superiores al 1% muestran una disminución en esta propiedad, indicando la existencia de un umbral óptimo para el refuerzo con fibras naturales.

La mejora más significativa se observa en las propiedades térmicas, donde la conductividad disminuye hasta  $0.183 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  con 1.5% de ichu. Esta reducción del 23,1% respecto a la unidad patrón confirma el potencial aislante de las fibras de ichu, coincidiendo con los hallazgos de Carcausto (2019) sobre las propiedades termoaislantes de este material natural. El mecanismo subyacente probablemente se relaciona con la capacidad de las fibras para crear cámaras de aire microscópicas dentro de la matriz del concreto, reduciendo la transferencia de calor por conducción.

La dosificación óptima del 0,5% de ichu identificada en este estudio representa un balance entre el desempeño mecánico y térmico. Este hallazgo es consistente con las investigaciones de Muchotrigo y Reynoso (2023), quienes reportaron que bajas dosificaciones de fibras naturales permiten mantener las propiedades mecánicas mientras se mejoran otras características del material. La viabilidad de esta dosificación se ve reforzada por el acatamiento de las exigencias dimensionales y de absorción establecidas en la norma E.070 para todas las dosificaciones evaluadas.



Las unidades de concreto con 0.5% de ichu representan una solución técnicamente viable para muros portantes en viviendas de una planta, mientras que aquellos con mayor contenido de fibra (1.0-1.5%) podrían emplearse en cerramientos donde el aislamiento térmico es prioritario. Esta versatilidad abre perspectivas interesantes para el desarrollo de soluciones constructivas adaptadas a las necesidades específicas de las zonas altoandinas, donde el control térmico es tan crucial como la resistencia estructural.



## CONCLUSIONES

El efecto de la fibra de stipa ichu en las propiedades mecánicas y térmicas presenta un comportamiento dual ya que reduce ligeramente la resistencia a compresión, mejora la resistencia a flexión y optimiza el aislamiento térmico óptimo en 1.5%. Esto establece un balance donde la dosificación al 0.5% ofrece el mejor equilibrio entre propiedades mecánicas y térmicas para las unidades de albañilería de concreto.

Respecto a la resistencia a compresión, se determinó que la incorporación de fibra de ichu genera una reducción progresiva, evidenciándose una disminución del 15.5% para las dosificaciones de 1.5%; no obstante, todas las mezclas cumplen con el límite normativo de 50 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la E.070, excepto la dosificación máxima de 1.5% de ichu.

En cuanto a la resistencia a tracción por flexión, se comprobó que la adición de 0.5% de fibra de ichu incrementa esta propiedad en un 10.3%, resultado que supera el 8% planteado en la hipótesis, estableciéndose esta dosificación como la óptima para el refuerzo a flexión, mientras que porcentajes superiores muestran beneficios decrecientes.

La conductividad térmica de las unidades de albañilería disminuye considerablemente con la adición de fibra de ichu, logrando una reducción del 23.1% (hasta 0.183 W/m·K) con el 1.5% de ichu, el cual supera el 20% esperado lo que confirma su alta efectividad como material aislante y su potencial para mejorar el confort térmico en viviendas de zonas frías.



### RECOMENDACIONES

Se recomienda para temas de investigación evaluar el efecto de pretratamientos alcalinos con soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) a concentraciones de 5%, 10% y 15% en peso aplicadas a la fibra de ichu, con el fin de optimizar su adherencia a la matriz de cemento, mejorar la compatibilidad interfacial y mitigar la pérdida de resistencia mecánica observada en dosificaciones superiores al 0.5%.

Se recomienda para futuras investigaciones determinar el comportamiento frente a la degradación de las unidades con fibra de ichu, exponiéndolas a ciclos de humedad-secado y congelación-descongelación para simular las condiciones extremas del altiplano. y llevar a cabo un análisis de costo-beneficio para establecer la viabilidad económica para la producción e implementación a escala de estas unidades mejoradas en comunidades rurales.

Se sugiere realizar investigaciones para llevar a cabo la Evaluación Termo-Física In Situ de muros ensamblados con las unidades de albañilería mejoradas con fibra de ichu. Esta investigación debe centrarse en la construcción de módulos o prototipos de muro para ser expuestos a las condiciones climáticas reales del distrito de Capachica. Las mediciones clave deben incluir: Determinación de la transmitancia térmica global para cuantificar la pérdida de calor a través del muro completo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acción Multisectorial ante las Heladas y el Frijaje. (2022). Heladas y friaje. Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/pcm/campa%C3%B1as/8998-heladas-y-friaje>
- ACI 211.1. (1991). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.
- Candiotti, S., & Mori, S. (2025). Assessment of cement-based boards reinforced with fibers extracted from Andean Ichu grass. SCIÉNDINGENIUM. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/394657808\\_Assessment\\_of\\_cement-based\\_boards\\_reinforced\\_with\\_fibers\\_extracted\\_from\\_Andean\\_Ichu\\_grass](https://www.researchgate.net/publication/394657808_Assessment_of_cement-based_boards_reinforced_with_fibers_extracted_from_Andean_Ichu_grass)
- Candiotti, S., Mantari, J., & et.al. (2020). Assessment of the mechanical properties of Peruvian Stipa Obtusa fibers for their use as reinforcement in composite materials. CONCYTEC, 1. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2020.105950>
- Carcausto, Y. (2019). Aislante termoacústico a base de Stipa Ichu para atenuar el ruido y cambios drásticos de temperatura en viviendas de sectores en expansión urbana de la ciudad de Puno. Puno: Repositorio latinoamericano. Retrieved from <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3279173?show=full>
- Charca, S., Flores, E., & et.al. (2019). Physical and Thermal Properties of Novel Native Andean Natural Fibers. ReserchGate, 18. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/334271397\\_Physical\\_and\\_Thermal\\_Properties\\_of\\_Novel\\_Native\\_Andean\\_Natural\\_Fibers](https://www.researchgate.net/publication/334271397_Physical_and_Thermal_Properties_of_Novel_Native_Andean_Natural_Fibers)



- Comision de relgamentos tecnicos. (2002). Unidades de Albañileria. Metodo de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañileria de Concreto. Lima. Retrieved from <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-de-los-andes/base-de-datos-2/ntp-3996042002-unidades-de-albanileria-metodo-de-muestreo-y-ensayo-de-unidades-de-albanileria-de-concreto/19760146>
- Geremew, A., & Ouittier, A. (2025). investigación experimental sobre el efecto de la incorporación de fibras naturales en las propiedades mecánicas y de durabilidad del hormigón mediante la aplicación de hormigón híbrido reforzado con fibras tratado. MDPI, 43. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2079-6439/13/3/26>
- Guillen, G., & Benavides, M. (2022). Fabrication and Mechanical Behavior of Portland Cement Mortars Reinforced with Ichu Fibers. Materials Science Forum, 1-2.
- Guzman , J., & Carbajal, G. (2022). Characterization of a New Natural Fiber from the Andes: Stipa Ichu. Journal of Natural Fibers. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2156882>
- Hany Yassin, M., Zanaib, A. H., & et.al. (2025). influencia de la Adicion de Fibras de palma en las propiedades fisicas, mecanicas y termicas de Concreto de Alta Resistencia. ASCE library, 16. Retrieved from <https://ascelibrary.org/doi/epdf/10.1061/JMCEE7.MTENG-19000>
- Huaricallo Vilca , Y., Ccopa Peralta, W. J., & Poma Flores, A. D. (2023). Bloques de cemento adicionando fibras de stipa ichu, en Mazocruz, region Puno. Researchgate, 3. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/372672666\\_Bloques\\_de\\_cemento\\_adicionando\\_fibras\\_de\\_stipa\\_ichu\\_en\\_Mazocruz\\_region\\_Puno](https://www.researchgate.net/publication/372672666_Bloques_de_cemento_adicionando_fibras_de_stipa_ichu_en_Mazocruz_region_Puno)
- Huaricallo, Y., Ccopa, W., & et.al. (2023). Bloques de cemento adicionando fibras de stipa ichu, en Mazocruz, región Puno. Researchgate, 8. Retrieved from



[https://www.researchgate.net/publication/372672666\\_Bloques\\_de\\_cemento\\_adicionando\\_fibras\\_de\\_stipa\\_ichu\\_en\\_Mazocruz\\_region\\_Puno](https://www.researchgate.net/publication/372672666_Bloques_de_cemento_adicionando_fibras_de_stipa_ichu_en_Mazocruz_region_Puno)

INACAL NTP 400.012. (2021). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4a Edición. Lima: INACAL.

Lizar, V., mosqueira, H., & et.al. (2023). Análisis De Las Propiedades Mecánicas y Físicas Del Adobe Compactado Con Ichu y Fibra de Pino. LACCEI, 10. Retrieved from [https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/papers/Contribution\\_395\\_a.pdf](https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/papers/Contribution_395_a.pdf)

Mamani, E., & Pinazo, R. (2020). Eficiencia de una vivienda construida con tabiquería bioclimática con ichu puno 2018. Puno: Una puno. Retrieved from <https://vriunap.pe/repositor/docs/d00006832-Borr.pdf>

Mondragon, J. (2009). Conabio. Retrieved from <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/stipa-ichu/fichas/ficha.htm>

Muchotrigo Salas, K. D., & Reynoso Oscanoa, J. (2023). Adición de Fibra de Ichu y Cenizas de Capacho de Maíz para Optimizar las. Ciencia Latina Internacional, 6234. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9280095.pdf>

Muchotrigo, K., & Reynoso, J. (2023). Adición de Fibra de Ichu y Cenizas de Capacho de Maíz para Optimizar las Propiedades Mecánicas del Concreto. Ciencia Latina Internacional, 17. Retrieved from <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9163/13658>

Norma Técnica E.070 Albañilería. (2021). REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES Norma Técnica E.070 Albañilería. Peru. Retrieved from <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366661/56%20E.070%20ALBA%20C3%91ILERIA.pdf?v=1677250657>



- NRMCA. (2020). National Ready Mixed Concrete Association. Retrieved from <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP16es.pdf>
- NTP 339.185. (2018). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima: INACAL.
- NTP 400.010. (2020 3era edicion). AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. Lima: INACAL.
- NTP 400.043. (2015). AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo. Lima: INACAL.
- Piñas, J., Horn, M., & et.al. (2020, Enero). Reserachgate. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/338561310\\_Influence\\_of\\_Stipa\\_ichu\\_on\\_the\\_thermal\\_and\\_mechanical\\_properties\\_of\\_adobe\\_as\\_a\\_biocomposite\\_material](https://www.researchgate.net/publication/338561310_Influence_of_Stipa_ichu_on_the_thermal_and_mechanical_properties_of_adobe_as_a_biocomposite_material)
- Poma Flores, A. D., & Ccopa Peralta , W. (2022). Diseño, evaluacion y propuesta tecnica de una vivienda rural termica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de stipa ichu(FIBROCEMENTO), en el distrito de Santa Rosa, Mazocruz. Puno: Repositorio.unap.edu.pe. Retrieved from [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18840/Poma\\_%c3%81ngel\\_Ccopa\\_William.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18840/Poma_%c3%81ngel_Ccopa_William.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ramos, R., & Yarasca, P. (2022). Efecto de la incorporación de cenizas de ichu en la elaboración de concreto estructural en el distrito de Chaupimarca, Pasco. Cerro de Pasco: Repositorio Undac. Retrieved from [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2675/1/T026\\_72494119\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2675/1/T026_72494119_T.pdf)
- RNE NTP EM.110. (2021, Noviembre). Informes y publicacion de Ministerio de Vlivenda, Construccin y Saneamiento. Retrieved from



<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

SENAMHI. (2025). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico>. Retrieved from Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología del Perú: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico>

steven, K., & all., e. (2024). Diseño y Control De Mezclas De Concreto. Illionis EE UU: Portland cement asociation. Retrieved from [https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o\\_Y\\_Control\\_De\\_Mezclas\\_De\\_Concreto](https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto)  
[\\_Steven\\_H\\_Kosmatka\\_Beatriz\\_Kerkhoff\\_and\\_William\\_C\\_Panarese\\_1ra\\_Edici%C3%B3n\\_](https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto)

TAISHIN. (2013). Manual de buenas practicas para la construccion de una Vivienda con Bloque de Concreto. El Salvador: Tarjeta S.A. Retrieved from [https://mitigation.eeri.org/wp-content/uploads/Manual\\_Popular\\_Bloque\\_Concreto.pdf](https://mitigation.eeri.org/wp-content/uploads/Manual_Popular_Bloque_Concreto.pdf)

Tineo Llampasi, Z. (2022). Influencia de la STIPA (ICHU) en las propiedades físicas y mecánicas del concreto DE 280 Kg/cm<sup>2</sup>, en el distrito de San Juan Bautista - Ayacucho 2022. Ayacucho: Universidad Continental. Retrieved from <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13125>

Vasquez, L., Mosqueira, R., & et. al. (2023). ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL ADOBE COMPACTADO CON ICHU Y FIBRA DE PINO. Lacceig, 3 - 4.

Yusra, A., Budi Aulia, T., & et.al. (2024). Efecto de la adición de Fibras Naturales en las Propiedades mecánicas del concreto. Researchgate, 10. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/377467484\\_Effect\\_of\\_the\\_A](https://www.researchgate.net/publication/377467484_Effect_of_the_A)



ddition\_of\_Natural\_Fibers\_on\_the\_Mechanical\_Properties\_of\_Concret  
e

Zanabria, L., & Infantes, J. (2023). Diseño de bloques de concreto para uso estructural que cumplan las características mecánicas en productores artesanales de la provincia de Arequipa. Arequipa. Retrieved from [file:///C:/Users/PCMS1/Downloads/IV\\_FIN\\_105\\_TE\\_Zanabria\\_Infantes\\_2024%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/PCMS1/Downloads/IV_FIN_105_TE_Zanabria_Infantes_2024%20(2).pdf)



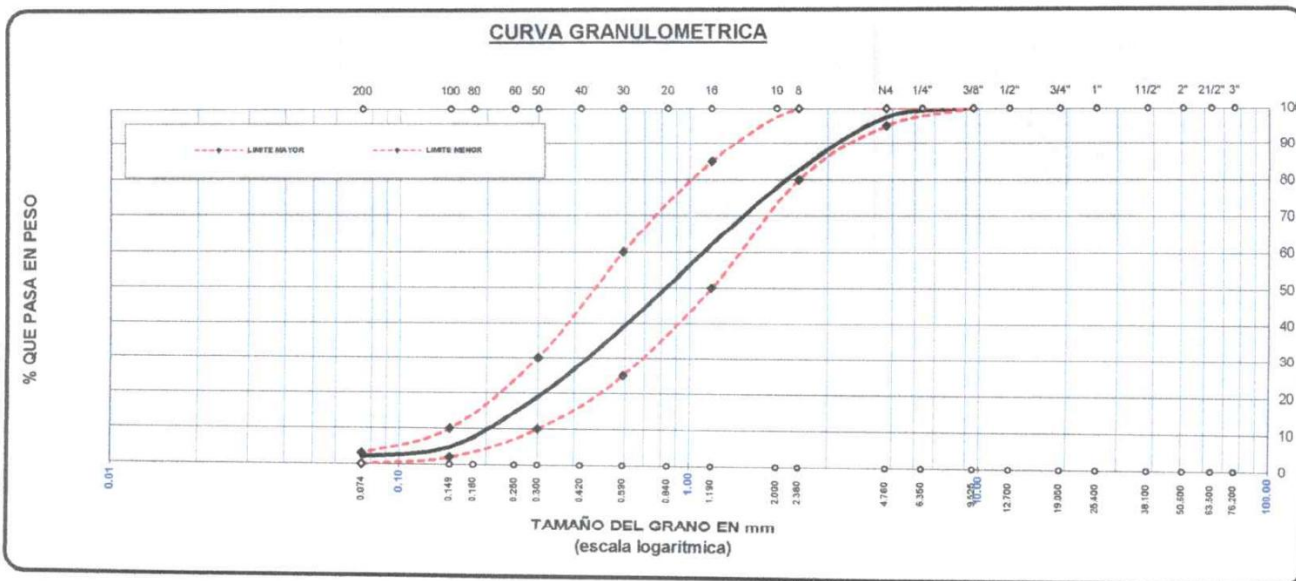
## ANEXOS



### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

<b>PROYECTO</b>	EFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025		
<b>SOLICITANTE</b>	ENMANUEL TISNADO UMIÑA	<b>UBICACIÓN</b>	JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
<b>CANTERA</b>	FIME CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS S.A	<b>FECHA</b>	30/07/2025

AGREGADO FINO									
TAMICES	ABERTURA	PESO	%	%RET.	% QUE	ESPECIF.		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
ASTM	mm	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	PASA				
3/8"	9.525	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	PESO INICIAL	778
No4	4.760	20.00	2.57	2.57	97.43	95	100	MODULO DE FINEZA	2.954
No8	2.380	115.00	14.78	17.35	82.65	80	100		
No16	1.190	160.0	20.57	37.92	62.08	50	85	TAMAÑO MAXIMO	3/8"
No30	0.590	181.0	23.26	61.18	38.82	25	60		
No50	0.300	155.0	19.92	81.11	18.89	10	30	TM NOMINAL	N°4 (4.760)
No100	0.149	110.0	14.14	95.24	4.76	2	10		
No200	0.074	21.0	2.70	97.94	2.06	0	3	OBSERVACIONES	
BASE		16.00	2.06	100.00	0.00				
<b>TOTAL</b>		778.00	100.00						



**ICALEM**  
 RUC: 20609502739  
 Wilmer Pachauri Motteapaza  
 CIP. 366099  
 INGENIERO CIVIL





### PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

<b>PROYECTO</b>	: EFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025		
<b>SOLICITANTE</b>	: ENMANUEL TISNADO UMIÑA	<b>UBICACIÓN</b>	: JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
<b>CANTERA</b>	: RIO COATA SEC ALMOSANCHE	<b>FECHA</b>	: 30/07/2025

"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE E

### ARENA

Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro			
A	-Peso de muestra secada al horno	489.78	
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)	500.00	
Wc	-Peso del picnómetro con agua	704.13	
W	-Peso del Pic. + muestra + agua	1008.51	
<b><u>PESO ESPECIFICO</u></b>			
Wc+B =	1204	Wc+B-W =	196
Pe =	$\frac{A}{Wc+B-W}$	=	2.50 gr/cm3
<b><u>ABSORCION</u></b>			
B =	500.00	B-A =	10.22
Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A}$	=	2.09 %

#### OBSERVACIONES

\* Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante.


**ICALEM**  
 RUC: 20609502739  
  
**Wilmer Pachauri Molleapaza**  
 CIP. 366099  
 INGENIERO CIVIL





INGENIERÍA Y CALIDAD DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO ICALEM N° LAB001-00003005

<b>PROYECTO</b>	EFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025		
<b>SOLICITANTE</b>	ENMANUEL TISNADO UMIÑA	<b>UBICACIÓN:</b>	JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
<b>CANTERA</b>	RIO COATA SEC ALMOSANCHE	<b>FECHA:</b>	30/07/2025

INNOVAMIX CONCRETOS DEL PERU E.I.R.L.

### CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

A. FINO			
P.T. M. HUM	580.01	591.12	602.42
P.T.M. SECA	572.52	583.26	592.91
P.TARRO	62.23	65.52	63.80
P AGUA	7.49	7.86	9.51
P.S.SECO	510.29	517.74	529.11
% HUMEDAD	1.47	1.52	1.80
PROMEDIO %	1.59		

### PESOS UNITARIOS

MTC E 203

#### AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	P.U.
( gr. )	( gr. )	( cm3 )	( kg/m3 )
18758	10010.0	5559.84	1573
18700	10010.0	5559.84	1563
18757	10010.0	5559.84	1573
P.U. SUELTO g/cm3			1.57

VARRILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	P.U.
( gr. )	( gr. )	( cm3 )	( kg/m3 )
19570	10010.0	5559.84	1719
19554	10010.0	5559.84	1717
19540	10010.0	5559.84	1714
P.U. VARRILLADO g/cm3			1.72

#### OBSERVACIONES

\* Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante.

**ICALEM**  
 RUC: 20609502739  
  
 Wilmer Pachauri Motteapaza  
 CIP. 366099  
 INGENIERO CIVIL





INGENIERÍA / CÁLULO QUESAYAO #C-14/EN141gP

CERTIFICADO ICALEM N° LAB001-00003030

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROJETAS DE CONCRETO

(Norma de Ensayo ASTM C39 - NTP 339.034)

CLIENTE:	ENMANUEL TISHADO UMÑA	RUC:	12
PROYECTO:	EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y TÈRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUNO - 2025		
DIRECCION:	JULIACA - SAN ROMAN - PUNO	TECNICO:	ING. JUAN CARLOS QWISPE BUSTINCIO
ELEMENTO:	BLOQUETAS DE CONCRETO	FECHA DE ROTURA:	29/07/2025
TIPO DE DISEÑO:	BLOQUETAS CON 1.5% ICHU		

—	ESTRUCTURA	FECHA VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	LARGO	ANCHO	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ENSAYO INDIVIDUAL (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE 1.5 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	1498	597.70	28670	47.97
02	BLOQUE 1.5% ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	1500	600.00	25549	42.58
03	BLOQUE 1.5 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.10	1495	599.50	32494	54.20
04	BLOQUE 1.5 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.10	14.97	600.30	25485	42.45
05	BLOQUE 1.5 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	15.10	604.00	26454	43.80
06	BLOQUE 15% ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	39.90	15.10	602.49	30542	50.69
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )									51.59
DESVIACION ESTANDAR									4.41
RESISTENCIA CORREGIDA (Kg/cm <sup>2</sup> )									42.54

OBSERVACIONES

**ICALEM**  
 RUC: 20609502739  
 Wilmer Pachauri Motteapaza  
 CIP. 366099  
 INGENIERO CIVIL



IMPRESIÓN Y GARANTÍA



INGENIERÍA Y CALIDAD DE ENSAYOS DE MATERIALES

CERTIFICADO ICALEM N° LAB001-00003029

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

(Norma de Ensayo ASTM C39 - NTP 339.014)

CLIENTE:	EMMANUEL TISHADO UMIÑA	RUC:	
PROYECTO:	EFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y TERMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA. PUNO - 2025		
DIRECCION:	JULIACA - SAN ROMAN - PUNO	TECNICO:	ING JUAN CARLOS QUESPE BUSTINCIO
ELEMENTO:	BLOQUETAS DE CONCRETO	FECHA DE ROTURA:	29/07/2025
TIPO DE DISEÑO:	BLOQUETAS CON 1 % ICHU		

---	ESTRUCTURA	FECHA VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Hrs)	LARGO	ANCHO	AREA(cm2)	CARGA MAXIMA Kg	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ENSAYO INDIVIDUAL (Kg/cm2)
01	BLOQUE 1 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	39.90	15.00	598.50	39951	56.73
02	BLOQUE 1 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	1500	600.00	30598	5100
03	BLOQUE 1 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	4010	1500	601.50	31485	52.34
04	BLOQUE 1 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	15.00	60000	29545	4924
05	BLOQUE 1 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	15.00	600.00	27486	45.81
06	BLOQUE 1 % ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	4010	1510	605.51	34512	57.00
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm2)									48.05
DESVIACION ESTANDAR									3.97
RESISTENCIA CORREGIDA (Kg/cm2)									48.05

OBSERVACIONES

**ICALEM**  
 RUC: 20609502739  
 Wilmer Pachauri Molleapaza  
 DNI 366099  
 INGENIERO CIVIL



IDAD Y GARANTIA



INGENIERÍA K. CALIDAD QG EHS4KO /C MATERIALES

CERTIFICADO ICALEM N° LAB001-00003023

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

(Norma de Ensayo ASTM C39 - NTP 333.634)

CUENTE:	ENMANUEL TISNADO UMIFA	RUC:	
PROYECTO:	EFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CARACHICA, PUÑO - 2025	TECNICO:	ING. JUAN CARLOS QUISPE BUSTINCIO
DIRECCION:	JULIACA - SAN ROMÁN - PUÑO	FECHA DE ROTURA:	29/07/2025
ELEMENTO:	BLOQUETAS DE CONCRETO		
TIPO DE DISEÑO:	BLOQUETAS CON 0.5% ICHU		

—	ESTRUCTURA	FECHA VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LARGO	ANCHO	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA Kg	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ENSAYO MOMDUAL (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE 0.5% ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	39.80	15.10	600.98	33455	55.67
02	BLOQUE 0.5% ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	15.00	600.00	29875	49.79
03	BLOQUE 0.5% ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.20	14.95	600.99	32546	54.15
04	BLOQUE 0.5% ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	14.90	596.00	32465	54.47
05	BLOQUE 0.5% ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.10	15.00	601.50	32550	54.11
06	BLOQUE 0.5% ICHU	01/07/2025	29/07/2025	28	40.20	15.00	603.00	30547	50.66
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )									53.14
DESVIACION ESTANDAR									2.14
RESISTENCIA CORREGIDA (Kg/cm <sup>2</sup> )									51.00

OBSERVACIONES

**ICALEM**  
 RUC: 20609502739  
 Wilmer Pachauri M. Collepaza  
 CIP: 366099  
 INGENIERO CIVIL



INGENIERÍA Y CALIDAD DE ENSAYOS DE MATERIALES / ICALEM E.I.R.L. RUC: 20609502739



INGENIERÍA Y CALIDAD DE ENSAYOS DE MATERIALES

CERTIFICADO ICALEM N° LAB001-00003027

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

(Norma de Ensayo ASTM C39 - NTP 333.634)

CUENTE:	EMMANUEL TISHADO UMAÑA	RUC:	
PROYECTO:	EFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE CAPACHICA, PUÑO - 2025		
DIRECCION:	JULIACA - SAN ROMÁN - PUÑO	TECNICO:	ING. JUAN CARLOS QUISPE BUSTIÑO
ELEMENTO:	BLOQUETAS DE CONCRETO	FECHA DE ROTURA:	29/07/2025
TIPO DE DISEÑO:	BLOQUETAS PATRON 8% ICHU		

COGGO	ESTRUCTURA	FECHA VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (día)	LARGO	ANCHO	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ENSAYO INDIVIDUAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
01	BLOQUE PATRON	01/07/2025	29/07/2025	28	4000	1497	598.80	33548	56.03
02	BLOQUE PATRON	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	1500	600.00	31895	53.16
03	BLOQUE PATRON	01/07/2025	29/07/2025	28	40.10	1500	601.50	35893	59.67
04	BLOQUE PATRON	01/07/2025	29/07/2025	28	40.00	1500	600.00	32452	54.09
05	BLOQUE PATRON	01/07/2025	29/07/2025	28	4010	1495	599.50	33524	55.92
06	BLOQUE PATRON	01/07/2025	29/07/2025	28	39.90	1500	598.50	32546	54.38
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm <sup>2</sup> )									55.54
DESVIACION ESTANDAR									2.11
RESISTENCIA CORREGIDA (Kgf/cm <sup>2</sup> )									53.44

OBSERVACIONES

**ICALEM**  
 RUC: 20609502739  
 Wilmer Pachauri Molleapaza  
 CIP: 355899  
 INGENIERO CIVIL



SEGURO Y GARANTIA



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LFP - 110 - 2025**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

<b>1. Orden de trabajo</b>	<b>OT 0129-25</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>INGENIERIA Y CALIDAD DE ENSAYO DE MATERIALES E.I.R.L.</b>
<b>3. Dirección</b>	Av. Circunvalacion Nro. 755 Urb. Bellavista, Juliaca - San Roman - PUNO
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA DE CONCRETO</b>
<b>Capacidad</b>	2000 kN
<b>Marca</b>	IWINTESTING
<b>Modelo</b>	DYE-2000
<b>Número de Serie</b>	2306088
<b>Procedencia</b>	CHINA
<b>Identificación</b>	NO INDICA
<b>Indicación</b>	DIGITAL
<b>Marca</b>	HENG TIAN
<b>Modelo</b>	NEWTON-100
<b>Número de Serie</b>	NO INDICA
<b>Resolución</b>	0,01 kN
<b>Ubicación</b>	LABORATORIO
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2025-02-27

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**Fecha de Emisión**

2025-03-05

**Responsable de laboratorio**

Firmado digitalmente por José De la Torre  
Fecha: 2025.03.05 11:38:49 -05'00'

**Sello**





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LFP - 110 - 2025**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1:2018 "Materiales metálicos. Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza". (ISO 7500-1:2018).

**7. Lugar de calibración**

Las instalaciones del cliente.

Av. Circunvalacion Nro. 755 Urb. Bellavista, Juliaca - San Roman - PUNO

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	17,2 °C	17,2 °C
Humedad Relativa	52 % HR	52 % HR

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-1 87747 / 2021-1 95857	CELDA DE CARGA calibrado a 1 000 kN con incertidumbre del orden de 0,24 %	<b><u>LEDI-PUCP</u></b> <b><u>INF-LE 191-23</u></b>

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LFP - 110 - 2025**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

**11. Resultados de Medición**

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kN)	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100,0	100,8	101,0	100,9	100,9
20	200,0	201,7	201,9	201,4	201,6
30	300,0	302,6	302,9	302,6	302,7
40	400,0	403,4	403,5	403,4	403,4
50	500,0	503,4	503,7	503,4	503,5
60	600,0	604,9	605,3	604,9	605,0
70	700,0	704,4	705,0	704,4	704,6
80	800,0	805,2	805,8	805,2	805,4
90	900,0	905,5	906,1	905,5	905,7
100	950,0	957,1	957,4	957,1	957,2
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,0	-0,92	0,19	---	0,01	0,37
200,0	-0,82	0,24	---	0,01	0,39
300,0	-0,90	0,10	---	0,00	0,35
400,0	-0,85	0,02	---	0,00	0,34
500,0	-0,69	0,06	---	0,00	0,34
600,0	-0,83	0,06	---	0,00	0,34
700,0	-0,65	0,08	---	0,00	0,35
800,0	-0,67	0,07	---	0,00	0,34
900,0	-0,63	0,06	---	0,00	0,34
950,0	-0,75	0,03	---	0,00	0,34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0,00 %
---	--------

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE

### N° PDLs - 1041 - 2024

Expediente : TLPS-0200624-100097  
Fecha de emisión : 1/08/2024

**1.Solicitante** : INGENIERIA Y CALIDAD DE ENSAYO DE MATERIALES S.A.C

**RUC** : 20609502739

**2.Descripción del equipo** : MÁQUINA DE COMPRESIÓN DE CONCRETO

Marca : IWINTESTING

Modelo : DYE-2000

Número de serie : 2306088

Capacidad de fábrica : 2000 kN

Marca de Indicador : HENG TIAN

Modelo de Indicador : NEWTON - 100A

Serie de Indicador : NO INDICA

Marca del transductor : NO INDICA

Serie de Indicador : NO INDICA

Procedencia : CHINA

### 3.Lugar y fecha

Lugar : AV. CIRCUNVALACION NRO. 755 URB. BELLAVISTA - SAN ROMAN - JULIACA

Fecha : 1/08/2024

### 4.Método de Calibración

La calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

### 5.Trazabilidad

INSTRUMENTO	NÚMERO DE SERIE	CERTIFICADO N°	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	20211101	INF-LE 142-24A	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	V136007		

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L.

Gerzo Renato Rodríguez Bazalar  
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L.

Ing. Diana S. Montenegro Carhuas  
Jefe de Metrología



## 6. Condiciones Ambientales

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura °C	13.1	13.0
Humedad %	54%	55%

## 7. Resultados de la medición

**TABLA N°1**

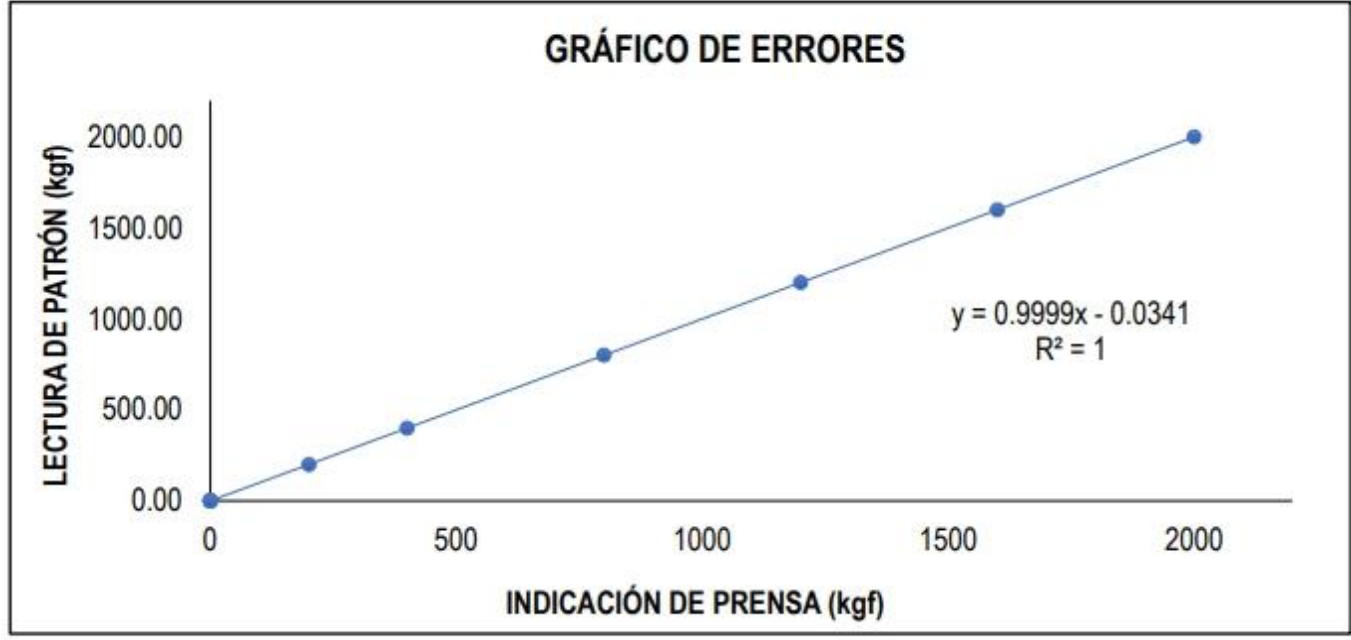
SISTEMA DIGITAL "A" (kN)			SERIES VERIFICACIÓN (kN)						PROMEDIO "B" (kN)	ERROR Ep %
			SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	ERROR (1) %	ERROR (2) %	ERROR (3) %		
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200.0	200.0	200.0	199.58	199.70	200.50	0.21	0.15	-0.25	199.9	0.04
400.0	400.0	400.0	400.21	398.80	400.10	-0.05	0.30	-0.02	399.7	0.07
800.0	800.0	800.0	800.32	798.90	801.20	-0.04	0.14	-0.15	800.1	-0.02
1200.0	1200.0	1200.0	1200.40	1198.60	1200.60	-0.03	0.12	-0.05	1199.9	0.01
1600.0	1600.0	1600.0	1599.70	1598.70	1600.20	0.02	0.08	-0.01	1599.5	0.03
2000.0	2000.0	2000.0	2000.10	1999.30	2000.70	0.00	0.04	-0.03	2000.0	0.00

## NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

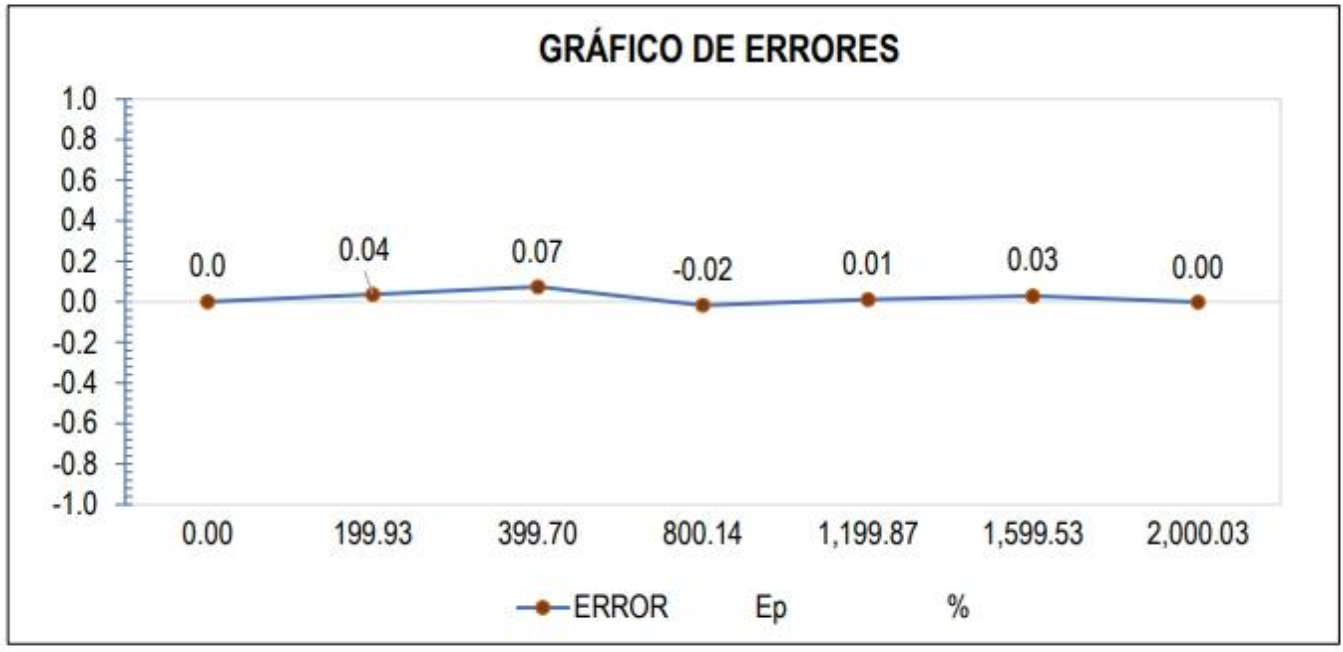
- 1.- La norma exige que Ep no exceda el 1,0 %
- 2.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$
- 3.-Ecuación de ajuste:  $y = 0.9999x - 0.0341$

Donde: Y: Lectura de Pantalla (kN) X: Fuerza promedio (kN)

**GRÁFICA 1**



**GRÁFICA 2**



**8. Observaciones**

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva con el número de Certificación y fecha de calibración de la empresa TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

# Certificado

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Acreditación a:

## METROLOGIA & CALIDAD PERU S.A.C.

### Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Jr. Los Beleños Mz. 6A Lt. 03. Urb. Los Jardines de San Juan, distrito de San Juan de Lurigancho, provincia de Lima y departamento Lima.

Con base en la norma

### NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 29 de febrero de 2024

Fecha de Vencimiento: 28 de febrero de 2027

Firmado por:  
**AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU 20600283015 soft**  
Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Fecha: 2024-03-18 18:08:42

Cédula N° : 087-2024-INACAL/DA  
Contrato : N° 006-2024/INACAL-DA  
Registro N° : LC - 077

**PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ**  
Directora, Dirección de Acreditación – INACAL

Fecha de emisión: 18 de marzo de 2024

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y célula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/contagora/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/contagora/acreditados), y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03





# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224 **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

## **METROLOGIA & TECNICAS S.A.C. - METRO TECNICAS S.A.C.**

### **Laboratorio de Calibración**

En su sede ubicada en: Urb. San Diego Vipol Mz. F1 Lt. 24 1° Piso, distrito de San Martín de Porres, provincia de Lima y departamento Lima.

Con base en la norma

### **NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 07 de enero de 2025

Fecha de Vencimiento: 06 de enero de 2028



Firmado digitalmente por AGUILAR  
PATRICIA RODRIGUEZ  
2025.01.06 15:34:09  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 15.01.2025 15:34:09 -05:00

Cédula N° : D000015-2025-INACAL/DA  
Contrato N° : N° 005-2025/INACAL-DA  
Registro N° : LC-089

**PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL.

Fecha de emisión: 10 de enero de 2025



El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación deo que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditadas](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditadas), y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).



## ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 14/11/2025

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

Nombres y Apellidos: ENMANUEL TISNADO UMIÑA

Dirección: AV. MANUEL NUÑEZ BUTRON N° 3018

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70079813

Teléfono: 970905579 email: tisnadoumiña12@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. FRITZ WILLY MDMANI APAZA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: EFFECTO DE LA FIBRA DE ICHU EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y  
TÉRMICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE  
CD PACHICA, PUNO - 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): ICHU, PROPIEDADES MECÁNICAS, PROPIEDADES TÉRMICAS

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

1,2

<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: TECNOLOGIA DE MATERIALES -P17





14 DE NOVIEMBRE DEL 2025

Firma de Autor

huella digital

Fecha