



# **UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño de vivienda de adobe con revestimiento de esteras de totora para mejorar el confort térmico en el distrito de Ayacucho de la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho

### **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

#### **AUTOR(ES)**

Prada Sulca, Josafat Silvestre	0000-0003-1989-799X
Huillca Lopez, Nelson Gustavo	0000-0001-7418-2888

#### **ASESOR(ES)**

Eyzaguirre Acosta, Carlos Augusto	0000-0001-9769-2135
-----------------------------------	---------------------

**Lima, 15 de noviembre de 2023**

*DEDICATORIA*

*Josafat Silvestre Prada Sulca*

*Dios*

*Primeramente, a dios le agradezco por cuidarme y ser mi guía en todo momento y agradecerle por todo el apoyo que me brinda.*

*A mis padres*

*Agradéceles a mis padres por todo el apoyo que necesito, por darme consuelo cuando estoy triste o decepcionado, aconsejarme en la toma de mis decisiones y alentarme a todo momento.*

*Nelson Gustavo Huillca Lopez*

*Agradecer a Dios por guiarme y cuidarme en todo momento, permitiéndome llegar hasta esta etapa de mi vida.*

*Asimismo, con mucho cariño y eterna gratitud a mi madre, padre y hermana, quienes al brindarme su apoyo, paciencia y consejos me han permitido lograr una etapa más en mis estudios y en mi formación profesional como Ingeniero Civil.*

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros asesores quienes nos apoyaron y dedicaron su tiempo durante esta etapa, orientándonos y compartiendo sus conocimientos para lograr concluir de manera satisfactoria este trabajo de investigación.

Asimismo, agradecer a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), por guiarnos desde el inicio de la carrera de ingeniería civil por medio de la calidad de educación que sus docentes nos transmitieron para formarnos profesionalmente.

## RESUMEN

En el Perú, las heladas se presentan entre los meses de mayo y setiembre. Este clima afecta principalmente a los habitantes de la sierra peruana como en el departamento de Ayacucho. En general, son los mismos quienes padecen enfermedades como la gripe. Esto se debe a la falta de viviendas que minimicen la pérdida de energía interna, ya que muchas veces, estas son construidas sin presentar un adecuado confort interno. Por ello, esta tesis se propone el revestimiento interior de las viviendas con esteras de totora para mejorar el confort térmico. En este sentido, se desarrollará con la fabricación de los adobes según la norma E.080. Posteriormente, se construirán dos viviendas prototipos con el adobe elaborado y una de ellas se revestirá internamente con esteras de totora. Después de esta etapa, se realizará un registro de las temperaturas para ambas viviendas por medio de un equipo. Seguidamente, se hará el cálculo de la conductividad térmica para las viviendas y se comparará sus resultados. Finalmente, como resultado, la conductividad térmica se redujo en un 55.40% en la vivienda revestida con esteras de totora en comparación a la vivienda sin revestimiento y la resistencia térmica incrementó en un 71.70% al ser revestida.

Palabras clave: [Viviendas de adobe, revestimiento de estera de totora, medición de temperatura, confort térmico]

## ABSTRACT

In Peru, the phenomenon of frosts manifests itself between the months of May and September. This climatic condition primarily affects the inhabitants of the Peruvian highlands such as in the department of Ayacucho. Generally, it is the very same individuals who suffer from diseases such as the cold. This is due to the lack of housing that minimizes the loss of internal energy, as often, these are constructed without providing adequate comfort inside. Addressing this issue, the present thesis proposed the application of totora (cattail) reed mats as interior lining for houses to enhance thermal comfort. Therefore, the manufacturing of adobe bricks was developed according to the stipulations of standard E.080. Subsequently, two prototype houses were constructed with the produced adobe, and one of them was internally lined with totora reed mats. Once all this was done, the temperatures for both houses were taken using specialized equipment. Then, the thermal conductivity of the houses was calculated and their results were compared. Finally, the results revealed a 55.40% reduction in thermal conductivity for the house with the totora reed mat lining, compared to the house without any lining, and thermal resistance in the lined house increased by 71.70%.

Keywords: [Adobe houses, totora reed mat lining, temperature measurement, thermal comfort]

# u201621898\_Prada Sulca, Josafat Silvestre Diseño de vivienda de adobe con revestimiento de esteras de totora para mejorar el confort térmico en el distrito de Ayacucho de la provincia de Huamanga del

## INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[upc.aws.openrepository.com](http://upc.aws.openrepository.com)

Fuente de Internet

4%

2

[repositorioacademico.upc.edu.pe](http://repositorioacademico.upc.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

3

[www.mundohvacr.com.mx](http://www.mundohvacr.com.mx)

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

1%

5

[www.archdaily.mx](http://www.archdaily.mx)

Fuente de Internet

1%

6

[cdn.www.gob.pe](http://cdn.www.gob.pe)

Fuente de Internet

1%

7

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Fuente de Internet

<1%

Submitted to Universidad Continental

## TABLA DE CONTENIDOS

<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b> .....	<b>12</b>
<b><u>REALIDAD PROBLEMÁTICA</u></b> .....	12
<b><u>DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA</u></b> .....	14
<b><u>ANÁLISIS DEL PROBLEMA</u></b> .....	16
<b><u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u></b> .....	<b>17</b>
<b><u>JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</u></b> .....	<b>17</b>
<b><u>ESTADO DEL ARTE</u></b> .....	<b>17</b>
<b><u>HIPÓTESIS</u></b> .....	<b>19</b>
<b><u>OBJETIVO GENERAL</u></b> .....	<b>19</b>
<b><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></b> .....	<b>19</b>
<b><u>LIMITACIONES DEL PROYECTO</u></b> .....	<b>19</b>
<b><u>1 CAPITULO I: MARCO TEÓRICO</u></b> .....	<b>20</b>
<b><u>1.1 APLICACIÓN DE LA NORMA E.080 DE ADOBE</u></b> .....	20
<b><u>1.2 LA TOTORA</u></b> .....	21
<b><u>1.3 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, TRANSMITANCIA TÉRMICA, CALOR TRANSFERIDO Y RESISTENCIA TÉRMICA</u></b> .....	22
<b><u>1.3.1 Conductividad térmica</u></b> .....	22
<b><u>1.3.2 Calor transmitido “Ct”</u></b> .....	22
<b><u>1.3.3 Coeficiente total de transferencia de calor “U”</u></b> .....	23
<b><u>1.3.4 Resistencia térmica “Rt”</u></b> .....	23
<b><u>1.4 TERMÓMETRO CON DATALOGGER DE 4 CANALES K, J, E, T CENTER 520</u></b> ....	24
<b><u>2 CAPITULO II: METODOLOGÍA</u></b> .....	<b>25</b>
<b><u>2.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN</u></b> .....	25
<b><u>2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</u></b> .....	25
<b><u>2.3 PROCEDIMIENTO</u></b> .....	25

<b><u>2.3.1</u></b>	<b><u>Análisis del suelo para determinar si es apto para la elaboración de adobe</u></b>	25
<b><u>2.3.2</u></b>	<b><u>Elaboración de los adobes tradicional aplicando la norma E.080 y comprobación de su resistencia mediante ensayos</u></b>	26
<b><u>2.3.3</u></b>	<b><u>Elaboración de dos prototipos de viviendas una vivienda tradicional aplicando la norma E.080 y otra vivienda de adobe revestida con estera y registrar las temperaturas interna y externa</u></b>	26
<b><u>2.3.4</u></b>	<b><u>Cálculo de la conductividad térmica, transmitancia térmica, resistencia térmica y el calor transferido para las viviendas con y sin revestimiento, y realizar un cuadro comparativo de los resultados</u></b>	26
<b><u>2.3.5</u></b>	<b><u>Evaluación del análisis económico de la viabilidad de la propuesta</u></b>	27
<b><u>3</u></b>	<b><u>CAPITULO III: DESARROLLO</u></b>	<b>27</b>
<b><u>3.1</u></b>	<b><u>ANÁLISIS DEL SUELO PARA DETERMINAR SI ES APTO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOBE</u></b>	<b>27</b>
<b><u>3.1.1</u></b>	<b><u>Pruebas de campo para la elaboración de adobe</u></b>	<b>27</b>
<b><u>3.2</u></b>	<b><u>ELABORACIÓN DE LOS ADOBE Y ENSAYO DE RESISTENCIA PARA QUE CUMPLA CON LA NORMA E.080</u></b>	<b>29</b>
<b><u>3.2.1</u></b>	<b><u>Elaboración del adobe tradicional</u></b>	<b>29</b>
<b><u>3.2.2</u></b>	<b><u>Ensayo de resistencia a la compresión</u></b>	<b>30</b>
<b><u>3.3</u></b>	<b><u>ELABORACIÓN DE DOS PROTOTIPOS DE VIVIENDAS UNA VIVIENDA TRADICIONAL APLICANDO LA NORMA E.080 Y OTRA VIVIENDA DE ADOBE REVESTIDA CON ESTERA Y REGISTRAR LAS TEMPERATURAS INTERNA Y EXTERNA</u></b>	<b>30</b>
<b><u>3.4</u></b>	<b><u>CÁLCULO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, TRANSMITANCIA TÉRMICA, RESISTENCIA TÉRMICA Y EL CALOR TRANSFERIDO PARA LAS VIVIENDAS CON Y SIN REVESTIMIENTO, Y REALIZAR UN CUADRO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS</u></b>	<b>43</b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>CAPITULO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA VIABILIDAD DE LA PROPUESTA</u></b>	<b>47</b>
<b><u>5</u></b>	<b><u>CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS</u></b>	<b>47</b>
<b><u>6</u></b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>50</b>
<b><u>7</u></b>	<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b>51</b>
<b><u>8</u></b>	<b><u>REFERENCIAS</u></b>	<b>52</b>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fórmula y parámetros de la conductividad térmica ..... 22

Tabla 2: Fórmula y parámetros de calor transmitido ..... 22

Tabla 3: Fórmula y parámetros de coeficiente total de transferencia de calor ..... 23

Tabla 4: Fórmula y parámetros de la resistencia térmica ..... 23

Tabla 5: Coeficiente de convección (f) ..... 43

Tabla 6: Resumen del presupuesto total para la construcción de la vivienda revestida con esteras de totora ..... 47

Tabla 7: Resumen de resultados de los ensayos a compresión en el laboratorio ..... 48

Tabla 8: Resumen de temperaturas para la vivienda de adobe con esteras de totora ..... 48

Tabla 9: Resumen de temperatura para la vivienda de adobe sin esteras de totora ..... 49

Tabla 10: Resumen de los resultados obtenidos ..... 49

Tabla 11: Datos de temperatura de la vivienda de adobe con revestimiento de esteras de totora ..... 55

Tabla 12: Datos de temperatura de la vivienda de adobe sin revestimiento de esteras de totora ..... 57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura 1: Población de riesgo muy alto por bajas temperaturas para el trimestre julio - setiembre</u> .....	12
<u>Figura 2: Perú viviendas particulares con adobe o tapia predominante en las paredes exteriores</u> .....	13
<u>Figura 3: Episodios de IRA en menores de 5 años</u> .....	14
<u>Figura 4: Registro de datos hidrometeorológicos de la estación de Wayllapampa</u> .....	15
<u>Figura 5: Viviendas particulares censadas con ocupantes presentes, por tipo de material predominante en las paredes, según distrito, 2017</u> .....	15
<u>Figura 6: Árbol de problemas</u> .....	16
<u>Figura 7: Termómetro con monitor de registro de 4 termocuplas K, J, E, T</u> .....	24
<u>Figura 8: Elaboración de rollos del material en uso</u> .....	27
<u>Figura 9: Medición de las tiras del material</u> .....	27
<u>Figura 10: Elaboración de bolitas del material en uso</u> .....	28
<u>Figura 11: Presión con los dedos a las bolitas del material en uso</u> .....	28
<u>Figura 12: Adobe en proceso de secado</u> .....	29
<u>Figura 13: Adobes con 4 semanas de secado</u> .....	29
<u>Figura 14: Proceso para el ensayo de compresión del adobe</u> .....	30
<u>Figura 15: Designación del perímetro para la construcción de la vivienda prototipo</u> .....	31
<u>Figura 16: Excavación de la zanja de cimentación</u> .....	31
<u>Figura 17: Colocado de piedras en la excavación hecha</u> .....	31
<u>Figura 18: Llenado de cimentación con barro hecho de la tierra de la zona</u> .....	32
<u>Figura 19: Alineación con hilo nailon para el colocado de los bloques de adobe</u> .....	32
<u>Figura 20: Proceso de construcción de la vivienda de adobe a escala</u> .....	33
<u>Figura 21: Proceso de la elaboración de las esteras de totora</u> .....	34
<u>Figura 22: Vivienda de adobe revestida con esteras de totora</u> .....	35
<u>Figura 23: Instalación del datalogger para la toma de muestras y la colocación de las termocuplas</u> .....	37
<u>Figura 24: T1 a una distancia de 35 cm a la puerta de entrada</u> .....	37
<u>Figura 25: T2 a una distancia de 70 cm del suelo</u> .....	38

<a href="#"><u>Figura 26: T3 en el exterior de la vivienda</u></a> .....	38
<a href="#"><u>Figura 27: Procesamiento de los resultados mediante el grafico de temperaturas para la vivienda de adobe revestida con esteras de totora</u></a> .....	39
<a href="#"><u>Figura 28: Instalación del datalogger para la toma de muestras y la colocación de las termocuplas</u></a> .....	40
<a href="#"><u>Figura 29: T1 a una distancia de 15 cm a la puerta de ingreso</u></a> .....	41
<a href="#"><u>Figura 30: T2 a una distancia de 80 cm del suelo</u></a> .....	41
<a href="#"><u>Figura 31: T3 en el exterior de la vivienda</u></a> .....	42
<a href="#"><u>Figura 32: Procesamiento de los resultados mediante el grafico de temperaturas para la vivienda de adobe sin esteras de totora</u></a> .....	42
<a href="#"><u>Figura 33: Certificado de ensayo de compresión de muestra de adobe</u></a> .....	55
<a href="#"><u>Figura 34: Diseño de muro de adobe con amarre de drizas</u></a> .....	58

## INTRODUCCIÓN

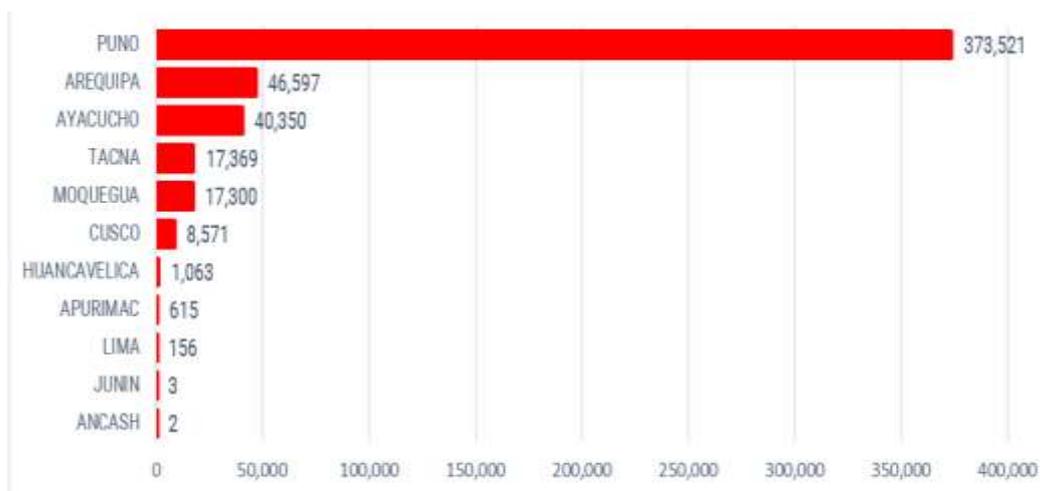
### Realidad problemática

La temporada de helada se presenta todos los años en el Perú. Esta especialmente afecta a los pueblos de las zonas altoandinas. Es así que los pobladores de estas regiones que se ubican sobre los 3000 m.s.n.m. no gozan de una adecuada condición de vida. Según el Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables (MIMP, 2021), describe que las poblaciones que son más susceptibles a la temporada invernal se encuentran en una condición de alta vulnerabilidad, el cual comprende a la condición social, edad, y a la localización territorial de la zona.

Según Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2022), menciona que los temporales de bajas temperaturas se dan entre los meses de julio y setiembre en los pueblos altoandinos. De tal manera, en estas zonas, existe el riesgo alto y muy alto por el fenómeno climatológico para los habitantes de la sierra peruana. Asimismo, la población se encuentra en un riesgo muy alto por las bajas temperaturas que se presentan en los departamentos de Puno con un 74%, Arequipa y Ayacucho con el 9% y 8% respectivamente y que los 10 departamentos restantes comprenden en 9%. Esto se visualiza en la figura 1.

### Figura 1

*Población de riesgo muy alto por bajas temperaturas para el trimestre julio - setiembre*



*Nota.* Según las estadísticas Ayacucho es el tercer departamento que se presentan con riesgos muy altos de bajas temperaturas entre el trimestre julio – setiembre. De “Escenario de riesgos de bajas temperaturas según el pronóstico para julio – setiembre”, por CENEPRED, 2022

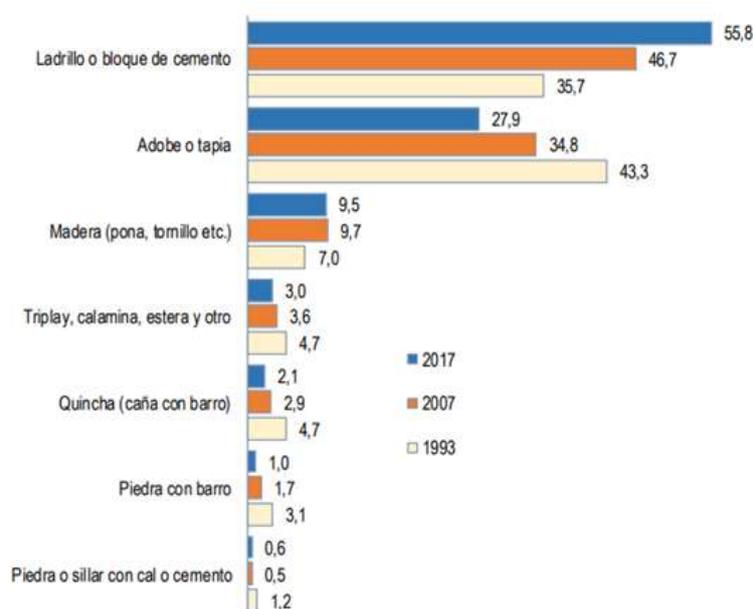
([https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14415\\_escenario-de-riesgo-por-bajas-temperaturas-segun-el-pronostico-para-julio-setiembre-2022.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14415_escenario-de-riesgo-por-bajas-temperaturas-segun-el-pronostico-para-julio-setiembre-2022.pdf))

Por otro lado, uno de los problemas que afectan a los pobladores de las zonas rurales son las viviendas precarias. Según Rosales y Caminada (2015) menciona que las viviendas son demasiado básicas, pues estas no cuentan con materiales necesarios para hacerlas térmicas tales como las calefacciones y/o recubrimientos internos para mejorar el confort dentro de las misma.

A continuación, la figura 2 muestra las características de las viviendas particulares encuestadas según el porcentaje de viviendas construidas con adobe o tapial a nivel nacional. Por lo cual, se puede observar que el adobe ha disminuido en cuanto a la construcción de viviendas desde el año 1993 hasta el 2017. Sin embargo, continúa siendo un material para su construcción.

**Figura 2**

*Perú viviendas particulares con adobe o tapia predominante en las paredes exteriores*



*Nota.* Evolución de numero viviendas de adobe entre los años 1993 al 2017. De “Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas”, por INEI, 2017, ([https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf))

Por otro lado, el Ministerio de Salud (MINSA, 2023), reportó el mayor número de casos de Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) en menores de cinco años hasta agosto de 2023 en el departamento de Ayacucho, con un total de 23880 casos para ese año, como se muestra en la figura 3.

**Figura 3**

*Episodios de IRA en menores de 5 años*

Departamento	Año					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AMAZONAS	23,540	19,822	4,045	10,332	21,125	21,510
ANCASH	43,822	39,811	3,236	12,267	37,770	39,275
APURIMAC	25,690	23,227	2,156	5,994	21,854	24,602
AREQUIPA	88,935	85,830	5,306	16,611	69,040	77,215
AYACUCHO	28,208	22,757	3,964	8,930	22,317	23,880
CAJAMARCA	48,100	39,918	8,182	15,549	30,821	33,531
CALLAO	51,404	45,493	2,039	10,784	27,881	32,427
CUSCO	55,273	44,499	5,649	14,532	42,945	43,748
HUANCAVELICA	26,076	21,434	5,816	10,638	21,856	20,970
HUANUCO	34,716	28,533	5,229	14,202	30,261	34,017
ICA	36,827	31,959	2,358	8,898	20,902	26,382
JUNIN	38,773	36,115	5,648	12,059	29,868	35,768
LA LIBERTAD	58,329	47,318	4,346	13,017	29,521	32,811
LAMBAYEQUE	43,389	37,610	3,021	11,826	26,892	33,300
LIMA	289,735	254,038	15,073	53,615	189,373	190,283
LORETO	47,907	41,029	15,504	26,180	42,436	57,982
MADRE DE DIOS	7,113	6,859	703	2,897	6,264	6,750
MOQUEGUA	13,830	10,246	535	1,168	6,695	8,076
PASCO	18,391	16,116	3,334	8,168	15,205	17,726
PIURA	67,349	62,274	6,332	24,139	57,647	56,612
PUNO	40,989	34,511	4,524	11,264	28,592	35,247
SAN MARTIN	23,016	19,288	2,114	7,937	17,855	19,098
TACNA	19,812	16,943	872	2,816	14,225	15,573
TUMBES	6,920	6,576	684	2,606	7,363	7,595
UCAVALI	35,420	27,396	7,947	18,901	29,324	34,510

*Nota.* Se muestra a Ayacucho que sigue latente en los episodios de IRA durante los últimos años en niños menores de 5 años. De “Tendencias de episodios de IRA en menores de 5 años”. De MINSA, 2023 ([https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/wp-content/uploads/2023/08/Reporte\\_bajas\\_temperaturas-SE-34-2023.html](https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/wp-content/uploads/2023/08/Reporte_bajas_temperaturas-SE-34-2023.html))

### **Delimitación del Problema**

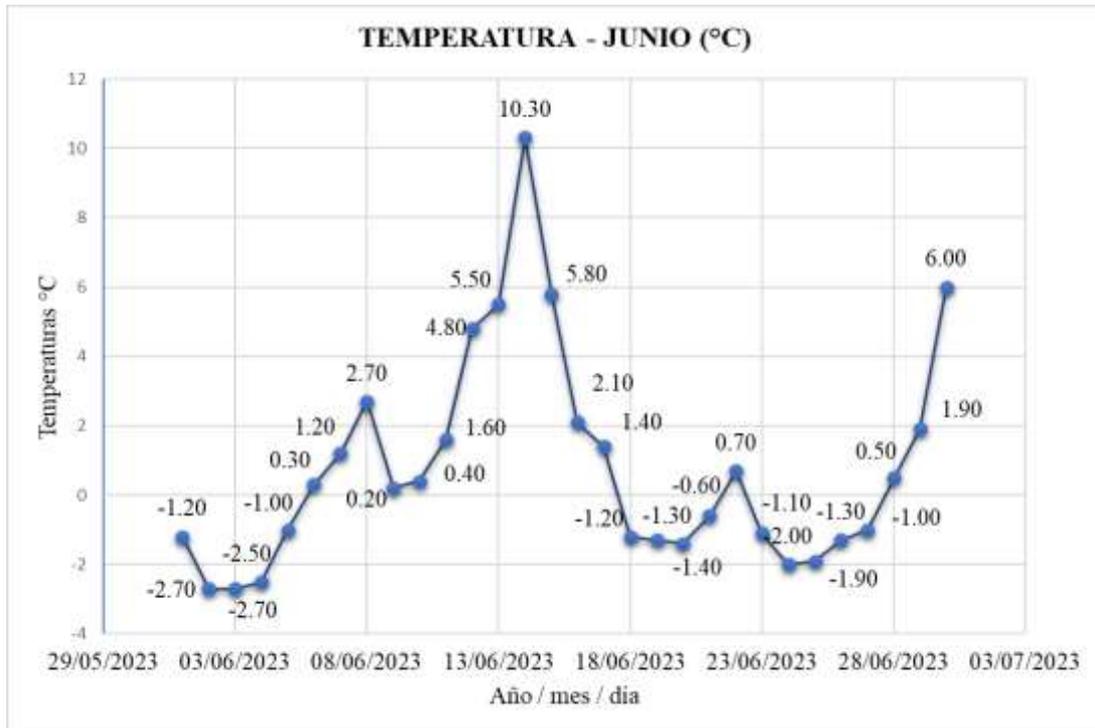
El presente trabajo de tesis, plantea enfocarse en la región de Ayacucho, pues esta región cuenta con 11 provincias y 124 distritos. Es así que en este departamento se sigue construyendo las viviendas en su mayoría con material de adobe. Asimismo, la mayoría de distritos son afectados por problemas climatológicos como las heladas.

De acuerdo al Ministerio del Ambiente (MINAM, 2023), la temporada de heladas y friajes a nivel nacional ocurre entre los meses de mayo y setiembre. De igual modo, en la zona de

Ayacucho se encuentra la estación Wayllapampa, el cual registra las temperaturas más bajas en los primeros días de junio con un  $-2.70^{\circ}\text{C}$ , tal como se muestra en la figura 4.

**Figura 4**

*Registro de datos hidrometeorológicos de la estación de Wayllapampa*

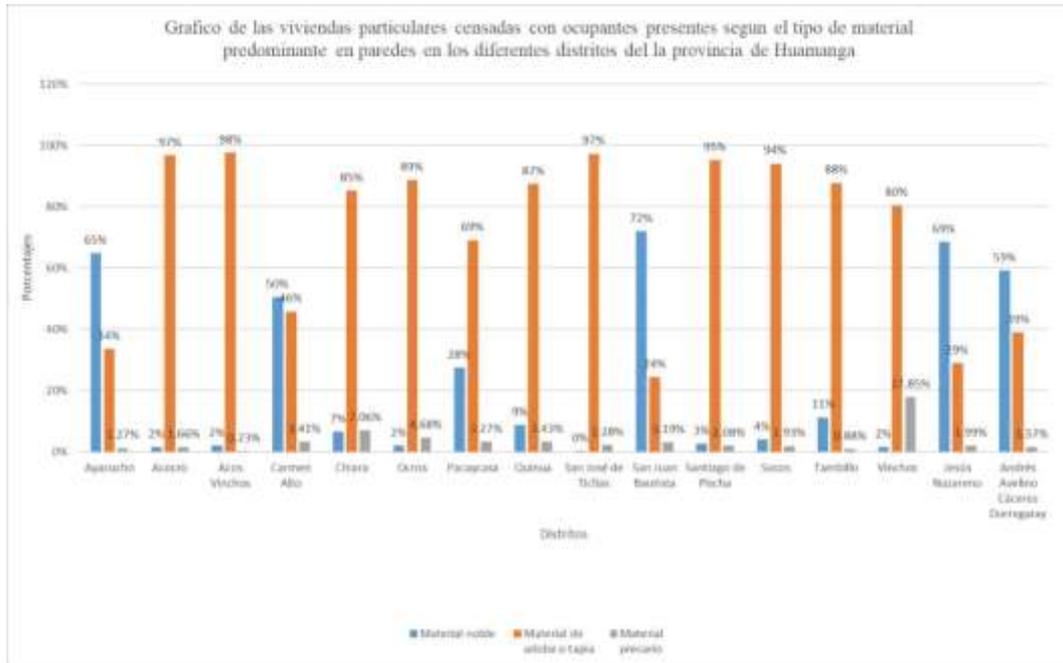


*Nota.* Adaptado del registro de temperaturas de la estación de Wayllapampa. De “Datos Hidrometeorológicos según estación”, por Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi, 2023) (<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ayacucho&p=estaciones>)

Por otro lado, se recopiló data estadística de los censos nacionales según el tipo de material predominante utilizado en las paredes de los distritos en el departamento de Ayacucho, como se muestra en la figura 5.

**Figura 5**

*Viviendas particulares censadas con ocupantes presentes, por tipo de material predominante en las paredes, según distrito, 2017*



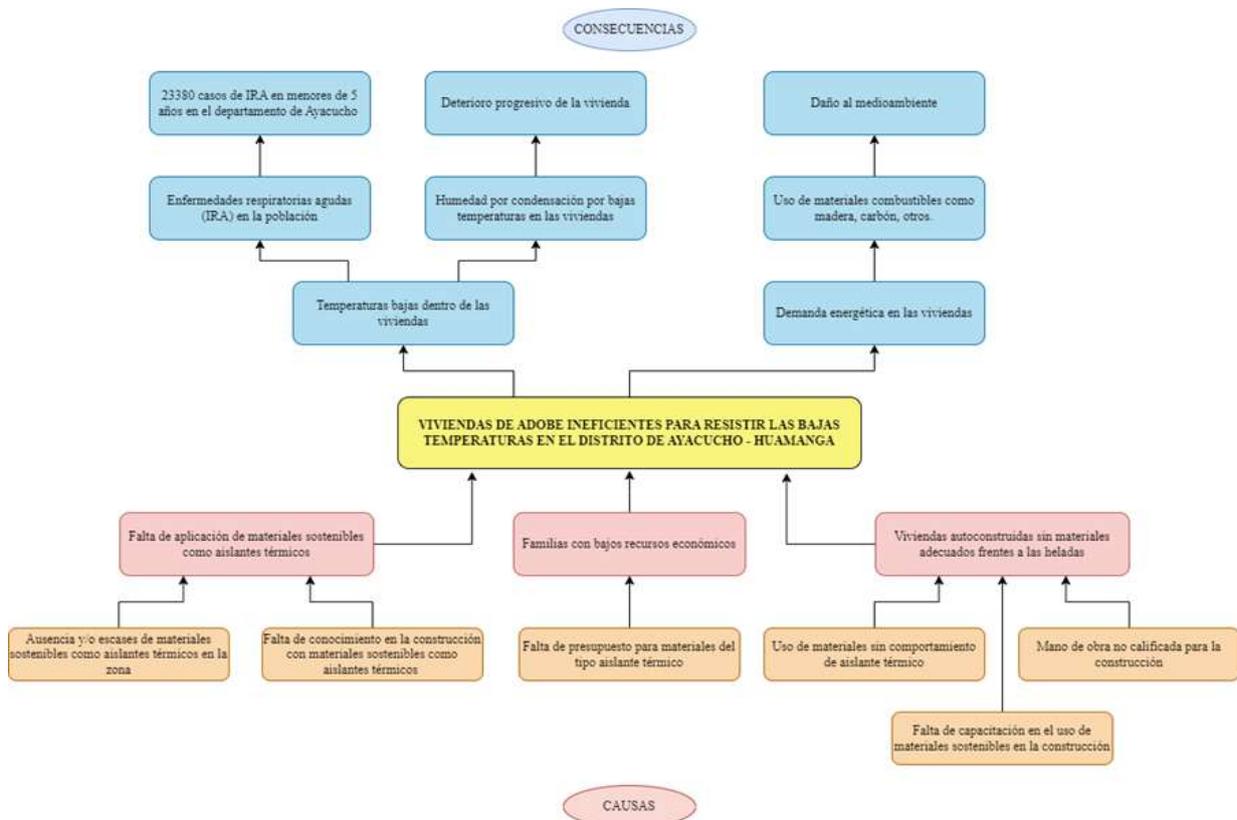
*Nota.* Adaptado del censo según el tipo de material predominante en las paredes. De “Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas”, por INEI, 2017 ([https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf))

Como se observa en la figura 5, en el distrito de Ayacucho un material predominante en los muros es el adobe, el cual representa aproximadamente un tercio de las viviendas construidas.

**Análisis del Problema**

**Figura 6**

## Árbol de problemas



## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo se podrá mejorar el confort térmico interno en las viviendas de adobe en el departamento de Ayacucho?

## JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El departamento de Ayacucho es una de las regiones afectadas por las heladas, lo cual es perjudicial para los pobladores de esta zona, pues no viven en un ambiente adecuado en sus propias viviendas frente a este fenómeno meteorológico. Respecto a estas viviendas, son construidas con adobe, el cual no es un buen aislante térmico. Es así que, las temperaturas durante la noche dentro de las viviendas son similares a la temperatura ambiente. En consecuencia, esto genera en la población enfermedades respiratorias como la gripe y entre otras.

## ESTADO DEL ARTE

Con la finalidad de implementar materiales de construcción sostenibles en las viviendas altoandinas para mejorar su ambiente térmico ante temporadas de heladas, se recopilaron artículos científicos y tesis para la presente investigación.

En primer lugar, según Hidalgo Cordero y García Navarro (2018) menciona que se hicieron varios estudios de la capacidad de aislamiento de la totora, el cual se encontraban como culmos triturados y culmos enteros aglomerantes con colas naturales. Estos estudios se realizaron mediante un análisis térmico Quickline TM-30. Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos, se obtuvo que la totora utilizando culmos triturados tenían mejores resultados a diferencia de los culmos enteros, cuyas conductividades térmicas eran de 0.055 W/mK Y 0.066 W/mk respectivamente.

En segundo lugar, Jin et al. (2021) detalla que se trabajó con fibras de yute mezcladas con fibras de poliéster. Con la mezcla de estos dos materiales se hicieron paneles multifuncionales para el revestimiento de paredes interiores. Entonces, para probar las propiedades de aislamiento térmico se trabajó con placas de 300 mm x 300 mm, con los cuales se intercalaban con frío y calor para ver sus propiedades térmicas. Los resultados arrojaron que los paneles fabricados de esta combinación presentaban una conductividad térmica que va desde los 0.0416 hasta los 0.0460 W/mk esto se debe principalmente al espesor y a la densidad de las placas que se ensaya. Por consiguiente, se encontró que los aislantes térmicos de esta combinación mejoran el aislamiento térmico al incrementando el espesor y reduciendo la densidad, los cuales eran comparables con otros aislantes térmicos comerciales hechos a base de lana de vidrio e inferiores a otros aislantes térmicos naturales como las fibras de madera.

En tercer lugar, Alejandro y Gonzales. (2022) realizaron el trabajo de investigación para mejorar el confort térmico en viviendas de adobe con rollos de totora. Para ello, realizaron mediciones de temperaturas para tres viviendas de adobe. Luego, procesaron la información para realizar los cálculos con el fin de hallar la conductividad térmica y compararlos. Posteriormente, cubrieron con una capa de yeso a los muros y revistieron con rollos de totora la vivienda que presentaba una mayor conductividad térmica que era de 0.48723 W/m°C. Después volvieron a registrar la temperatura de la vivienda y procedieron con los cálculos para hallar la conductividad térmica. Finalmente, compararon los resultados de conductividad térmica de la vivienda con y sin revestimiento de rollos de totora, y llegaron a la conclusión que la conductividad térmica se redujo en un 51.17%.

Finalmente, Aza et al. (2023) evaluaron una alternativa sustentable con la totora como recurso renovable para el aislamiento térmico y la mejora del confort térmico dentro de las viviendas de las regiones altoandinas del Perú. Para ello, se realizaron varias muestras de paneles rígidos hechos de carrizos de totora en formas enteras y trituradas que se presionen entre sí para

verificar su eficiencia térmica y mecánicas mediante ensayos. De acuerdo a los resultados de los ensayos en los diferentes modelos de los paneles rígidos de carrizos en formas enteras resaltan que los valores de conductividad térmica se encuentran entre 0.046 – 0.058 W/mK, los cuales están dentro de los rangos de los materiales comerciales de origen vegetal como el lino, los fardos de paja, o la fibra de madera. Por lo tanto, se demuestra que la totora tiene un buen comportamiento como aislante térmico.

## **HIPÓTESIS**

Se mejora la resistencia térmica en un 50% y se reduce la conductividad térmica en un 40% mediante el revestimiento interno con esteras de totora para optimizar el confort térmico en las viviendas de adobe en las zonas altoandinas de la región de Ayacucho

## **OBJETIVO GENERAL**

Mejorar el confort térmico frente a la temporada de heladas recubriendo los muros internos de las viviendas de adobe haciendo uso de las esteras de totora en el distrito de Ayacucho de la provincia de Huamanga del departamento Ayacucho.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el suelo para determinar si es apto para la elaboración de adobe
- Realizar el adobe tradicional aplicando la norma E.080 y comprobar su resistencia mediante ensayos
- Elaborar dos prototipos de vivienda una vivienda tradicional aplicando la norma E.080 y otra vivienda de adobe revestida con estera y registrar las temperaturas interna y externa
- Calcular la conductividad térmica, transmitancia térmica, resistencia térmica y el calor transferido para las viviendas con y sin revestimiento, y realizar un cuadro comparativo de los resultados
- Realizar el análisis económico de la viabilidad de la propuesta

## **LIMITACIONES DEL PROYECTO**

- No se realizarán ensayos de laboratorio para los materiales que se encuentren en campo, más si los ensayos mecánicos como la cinta de barro y presencia de arcilla.
- Solo se realizarán ensayos de laboratorio de compresión en el adobe.
- No se contempla realizar el diseño de una vivienda, pero si se elaboraran prototipos de las mismas.

- No se verificará las condiciones en que se encuentren el recubrimiento de esteras de totora en la vivienda en el corto o largo plazo.
- El registro de temperatura se verá influenciada por las condiciones climáticas de la zona de estudio.

## **1 CAPITULO I: MARCO TEÓRICO**

### **Aplicación de la Norma E.080 de Adobe**

Condiciones de la tierra a utilizar

- Cuando se haya comprobado que exista arcilla de un suelo a través del ensayo “Cinta de barro” y de la “Presencia de arcilla”, es importante proporcionarla para la elaboración de adobe, con el objetivo de controlar o evitar fisuras en el secado y, por tanto, mejorar la resistencia seca. Asimismo, se debe controlar las fisuras añadiendo paja, con lo cual se evita el agrietamiento del adobe y del mortero en el tiempo de

secado con paja. Por otro lado, ante la falta de paja para evitar el agrietamiento, se utiliza la arena gruesa. Así para la verificación de la combinación de la arena gruesa y la arcilla se realiza la prueba de “Control de fisuras” o “Dosificación suelo – arena gruesa”. También, es necesario el control adecuado del contenido de humedad. Con el objetivo de disminuir o evitar las fisuras en el secado. En otras palabras, se considera la minimización de la cantidad de agua para que alcance activar la arcilla existente, con lo cual se alcanzara la máxima resistencia seca de los muros, por lo cual esta cantidad de agua no debe ser mayor al 20% en relación al peso del contenido seco (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS], 2017).

#### Calidad, preparación, formas y dimensiones de adobe

- Antes de todo, se opta por recurrir a los ensayos de campo para saber si existe una suficiente cantidad de arcilla. Asimismo, su combinación conveniente de arena gruesa y arcilla. Luego de ello, se realiza el proceso de fabricación del adobe, el cual comienza al cernirse la tierra previa al preparado del barro y luego someterla al proceso de hidratación por lo menos 48 horas. Después, el secado del bloque de adobe ser lento, sobre cubiertas para evitar que el sol y el viento afecten en este proceso. Finalmente, la fabricación del bloque de adobe, debe estar libre de impurezas, fisuras entre otros desperfectos, los cuales puedan degradar su resistencia o durabilidad. Por otra parte, la geometría del adobe puede ser plana cuadrada o rectangular. Asimismo, el lado del bloque de adobe debe ser de 0.40 m de lado, por razones de peso. También, el lado del mismo debe ser igual o dos veces el ancho y la altura del bloque debe ser de 0.08 a 0.012 m (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS], 2017).

#### Calidad, preparación y espesor del mortero

- Para el asentado de los bloques de adobe deben ser previamente remojados durante 15 o 30 segundos. Por otro lado, la presencia de agua u humedad del mortero no debe sobrepasar al 20% para evitar fisuras, por lo cual la cantidad de agua debe ser la mínima posible para disminuir las probabilidades de agrietamiento. Asimismo, el espesor del mortero debe ser de 5 mm a 20 mm (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS], 2017).

#### **La totora**

Según Hidalgo Cordero y García Navarro (2017), menciona que la totora es una planta de rápido crecimiento que ha sido utilizada principalmente en América desde tiempos ancestrales,

con el objetivo de la elaboración de una amplia variedad de objetos que demuestran su versatilidad y potencialidad para ser utilizados en sistemas de construcción contemporáneas. Con ello, se pueden generar beneficios en este campo para que sean sostenibles.

### **Conductividad térmica, transmitancia térmica, calor transferido y resistencia térmica**

#### **Conductividad térmica**

Según Molina (2017) define a la conductividad térmica como la capacidad de un material para transferir calor. Si existe una gradiente de temperatura, entonces el calor fluiría desde la región de temperatura más alta a la más baja.

La fórmula de la conductividad térmica se muestra a continuación:

**Tabla 1**

*Fórmula y parámetros de la conductividad térmica*

---

$Q = \frac{k * A * \Delta T}{\Delta X}$	<p>Donde:</p> <p>Q = cantidad de calor transferido a través del material (W)</p> <p>A = Área del plano del material(m<sup>2</sup>)</p> <p>ΔT = Diferencia de temperatura de las caras interna y externa</p> <p>ΔX = Distancia entre los dos planos del material (m)</p>
---	---

---

*Nota.* Adaptado de las propiedades térmicas de los materiales. De “Propiedades térmicas de los materiales”, por Molina, 2017 (<https://alternativarenovable.blogspot.com/2017/09/propiedades-termicas-de-los-materiales.html>).

#### **Calor transmitido “Ct”**

Según Domingo (2011) menciona que el calor se transmite durante el contacto directo entre cuerpos o partes distintas de temperatura y tiene lugar mediante choques entre moléculas del sistema.

La fórmula del calor transmitido “Ct” se muestra a continuación:

**Tabla 2**

*Fórmula y parámetros de calor transmitido*

---

<p>Donde:</p>
---------------

---

---


$$Ct = U * A * \Delta t$$

Ct = Calor transmitido, flujo térmico (W)  
 U = Factor de transmisión del elemento (W/m<sup>2</sup>°C)  
 A = Área de la superficie de transmisión (m<sup>2</sup>)  
 Δt = Diferencia de temperatura en el exterior e interior

---

*Nota.* Adaptado de cálculo de transmisión en elementos constructivos y temperaturas de sus superficies. De “Cálculo de transmisión en elementos constructivos y temperatura de sus superficies”, por Bautista, 2008 (<https://www.mundohvacr.com/2008/07/calculo-de-transmision-en-elementos-constructivos-y-temperatura-de-sus-superficies/>)

### **Coefficiente total de transferencia de calor “U”**

Franco (2018) señala que el valor de transmitancia térmica o "U" permite conocer mejor el nivel de aislamiento térmico en relación con el porcentaje de energía que pasa a través de este.

La fórmula del coeficiente total de transferencia de calor se muestra a continuación:

### **Tabla 3**

*Fórmula y parámetros de coeficiente total de transferencia de calor*

---


$$U = \frac{1}{Rt}$$

Donde:  
 U = Transferencia de calor (W/m<sup>2</sup>\*K)  
 Rt = Resistencia térmica que contempla la composición del elemento mediante capas (m<sup>2</sup>\*K/W)

---

*Nota.* Adaptado de como calcular la transmitancia térmica valor “U” en la envolvente material de un edificio. De “¿Cómo calcular la transmitancia térmica (Valor U) en la envolvente material de un edificio?”, por Franco, 2018 (<https://www.archdaily.pe/pe/898485/como-calculiar-la-transmitancia-termica-valor-u-en-la-envolvente-material-de-un-edificio>)

### **Resistencia térmica “Rt”**

AislaCel. (2023) define como la capacidad de un material aislante o envolvente de una vivienda de resistir al paso del calor.

La fórmula de la resistencia térmica “R” se muestra a continuación:

### **Tabla 4**

*Fórmula y parámetros de la resistencia térmica*

---

Donde:

---

---

	U = Transferencia de calor (W/m <sup>2</sup> *K)
	Rt = Resistencia térmica total del elemento
Rt = 1/U ..... (1)	compuesto por capas (m <sup>2</sup> *K/W)
Rt = Rsi+R1+R2+R3...+Rn+Rse .... (2)	Rsi = Resistencia Térmica de la Superficie Interna
	Rse = Resistencia Térmica de la Superficie Externa
	R1, R2, R3 = Resistencia térmica para cada material

---

*Nota.* Adaptado de como calcular la transmitancia térmica valor “U” en la envolvente material de un edificio. De “¿Cómo calcular la transmitancia térmica (Valor U) en la envolvente material de un edificio?”, por Franco, 2018 (<https://www.archdaily.pe/pe/898485/como-calcular-la-transmitancia-termica-valor-u-en-la-envolvente-material-de-un-edificio>)

**Termómetro con datalogger de 4 canales K, J, E, T CENTER 520**

Según Valiometro. (2023) menciona que el termómetro de termopar o datalogger CENTER 520 registra datos en cuatro sensores de temperatura. También, soporta termocuplas tipos K, J, E, T. Asimismo, posee una celeridad de muestreo, la cual posee la cualidad de monitorear las variaciones de temperatura en el periodo de tiempo estimado.

Asimismo, el dispositivo electrónico posee características que se muestran a continuación:

- Soporta termocuplas diferentes como K, J, E, T
- 4 canales de acceso
- Más de 15000 registros por cada canal de registro de datos
- Función de recuperación de datos instantánea
- Interfaz USB Micro USB

**Figura 7**

*Termómetro con monitor de registro de 4 termocuplas K, J, E, T*



*Nota.* Termómetro con monitor de registro el cual se usará para la toma de temperaturas. De “Termómetro con datalogger de 4 canales K, J, E, T CENTER520”, por Valiometro, 2023 (<https://www.valiometro.pe/termometro-con-datalogger-de-4-canales-k-j-e-t-center-520>)

## **CAPITULO II: METODOLOGÍA**

### **Nivel de Investigación**

El nivel de investigación del estudio es de tipo explicativo, pues busca una manera de cómo mejorar el confort térmico dentro de una vivienda de adobe. En otras palabras, el objetivo de este es revestir las viviendas de adobe con un material con el cual el cambio de temperatura de la habitación no este asociado directamente al clima.

### **Diseño de Investigación**

El diseño de investigación del presente trabajo de estudio del tipo de campo y experimental. Esto se debe a que se tendrá que realizar mediciones de temperatura en las viviendas de adobe que se encuentren tanto con revestimiento de esteras de totora y sin revestimiento del mismo por lo que será una investigación de tipo de campo.

Asimismo, es de tipo experimental, pues se tendrá que hacer la comparación de la temperatura interna, conductividad térmica de los muros de las dos viviendas de adobe con revestimiento de esteras de totora y sin revestimiento de las mismas.

### **Procedimiento**

#### **Análisis del suelo para determinar si es apto para la elaboración de adobe**

Para este objetivo específico se realizarán las pruebas que se muestra a continuación:

- Pruebas de campo:
  - Cinta de barro
  - Presencia de arcilla o resistencia seca

**Elaboración de los adobes tradicional aplicando la norma E.080 y comprobación de su resistencia mediante ensayos**

- Elaboración de los adobes tradicional
- Ensayo de resistencia a la compresión

**Elaboración de dos prototipos de viviendas una vivienda tradicional aplicando la norma E.080 y otra vivienda de adobe revestida con estera y registrar las temperaturas interna y externa**

- En primer lugar, se designará una superficie en el cual se construirán las viviendas prototipos de adobe de una habitación a escala cuya medida será de 1.90m x 1.90m x 1.30m
- En segundo lugar, se hará la limpieza del terreno asignado, luego se realizarán los trazos del perímetro donde se construirá. Después, se construirán las dos viviendas prototipo tradicionales, la cual una será construida aplicado la norma E.080 y otra vivienda de adobe revestida con estera.
- Acabado la construcción de las viviendas, una habitación se revestirá internamente los muros con esteras de totora.
- Finalmente, se registrarán en un periodo de 72 horas las temperaturas internas de ambas viviendas de una habitación y del exterior haciendo uso del Termómetro con monitor de registro de 3 termocuplas K, J, E, T en un intervalo de 15 minutos.

**Cálculo de la conductividad térmica, transmitancia térmica, resistencia térmica y el calor transferido para las viviendas con y sin revestimiento, y realizar un cuadro comparativo de los resultados**

Se harán los siguientes cálculos para las dos viviendas de una habitación con y sin revestimiento como se muestran a continuación.

- Cálculo de la conductividad térmica del muro de la vivienda N° 1
  - Cálculo del coeficiente total de transferencia de calor
  - Cálculo de resistencia térmica
  - Cálculo de calor transferido
  - Cálculo de la conductividad térmica
- Cálculo de la conductividad térmica del muro de la vivienda N° 2

- Cálculo del coeficiente total de transferencia de calor
- Cálculo de resistencia térmica
- Cálculo de calor transferido
- Cálculo de la conductividad térmica

### **Evaluación del análisis económico de la viabilidad de la propuesta**

- Realizar un cuadro presupuestal para la construcción de la vivienda prototipo a escala con revestimiento

## **CAPITULO III: DESARROLLO**

### **Análisis del suelo para determinar si es apto para la elaboración de adobe**

#### **Pruebas de campo para la elaboración de adobe**

##### **Cinta de barro**

Para este ensayo, primero se hace rollos del material hidratado, el cual debe presentar 12 mm de diámetro como se muestra en la figura 8.

##### **Figura 8**

*Elaboración de rollos del material en uso*



*Nota.* En la figura se muestra el proceso de rollos del material en uso.

Luego, se procedió a la medición de las tiras del material de la forma que se muestra en la figura 9.

##### **Figura 9**

*Medición de las tiras del material*



*Nota.* Toma de medidas para determinar si el suelo es óptimo para elaboración de adobe.

### **Presencia de arcilla o resistencia seca**

En este ensayo se prevé medir es la resistencia de suelo mediante la presión ejercida por los dedos al material con el que se trabaja en forma de bolitas como se puede ver a continuación:

Primero, se hicieron las bolitas del material hasta que tenga forma, tal como se visualiza en la figura 10.

### **Figura 10**

*Elaboración de bolitas del material en uso*



*Nota.* Elaboración de bolas del material en uso para luego ensayar.

Pasadas las 48 horas de secado, se ejerció presión sobre ellas para comprobar si se agrietaban, como se visualiza en la figura 11.

### **Figura 11**

*Presión con los dedos a las bolitas del material en uso*



*Nota.* Ensayo de resistencia con los dedos en las bolas de arcilla.

### **Elaboración de los adobe y ensayo de resistencia para que cumpla con la norma E.080**

#### **Elaboración del adobe tradicional**

En las siguientes imágenes se muestran algunos procesos en la elaboración del adobe:

#### **Figura 12**

*Adobe en proceso de secado*



*Nota.* Secado del adobe recientemente preparado.

#### **Figura 13**

*Adobes con 4 semanas de secado*



*Nota.* Bloques de adobe con 4 semanas de secado.

### **Ensayo de resistencia a la compresión**

El proceso para realizar el ensayo de resistencia a la compresión se muestra a continuación:

### **Figura 14**

*Proceso para el ensayo de compresión del adobe*



*Nota.* Se realizaron los debidos ensayos para las muestras de adobe.

### **Elaboración de dos prototipos de viviendas una vivienda tradicional aplicando la norma E.080 y otra vivienda de adobe revestida con estera y registrar las temperaturas interna y externa**

En primer lugar, se designará una superficie en el cual se construirán las viviendas prototipos de adobe de una habitación a escala cuya medida será de 1.90m x 1.90m x 1.30m.

## **Figura 15**

*Designación del perímetro para la construcción de la vivienda prototipo*



*Nota.* Se designó un perímetro para realizar la excavación del cimiento de la vivienda de adobe. En segundo lugar, se hará la excavación perimetral para la cimentación en el terreno asignado.

## **Figura 16**

*Excavación de la zanja de cimentación*



*Nota.* Excavación del perímetro asignado para la cimentación con una profundidad de 20 cm. Después, se asentarán piedras como cimentación en la excavación hecha.

## **Figura 17**

*Colocado de piedras en la excavación hecha*



*Nota.* Colocación de piedras para la cimentación.

Seguido al proceso anterior se rellenará el cimientó con barro.

### **Figura 18**

*Llenado de cimentación con barro hecho de la tierra de la zona*



*Nota.* Llenado de barro para el agarre entre las piedras de la cimentación.

Luego se realizará la alineación del perímetro donde se asentarán los bloques de adobe.

### **Figura 19**

*Alineación con hilo nailon para el colocado de los bloques de adobe*



*Nota.* Asignación de perímetro para el asentado de adobes.

Se muestra el proceso de la construcción de las viviendas de adobe.

### **Figura 20**

*Proceso de construcción de la vivienda de adobe a escala*



*Nota.* Proceso de avance para la construcción de la vivienda de adobe.

Previamente, para ello, las esteras de totora siguieron un procedimiento tal como se muestran en las siguientes figuras, posteriormente transportadas desde Puno a Ayacucho.

**Figura 21**

*Proceso de la elaboración de las esteras de totora*



*Nota.* Pasos para la elaboración de las esteras de totora que consiste en su recolección hasta su tejido.

Acabado la construcción de las viviendas, una habitación se revestirá internamente los muros con esteras de totora.

## Figura 22

*Vivienda de adobe revestida con esteras de totora*



*Nota.* Vivienda construida de adobe con revestimiento de esteras de totora al 100%.

Por otro lado, se muestra una guía de colocación de estera de totora.

### a. Recepción y almacenamiento de las esteras de totora

	
<p>Se recibe la estera de totora después del transporte desde Puno. Asimismo, se verifica si el material llegó en buen estado o si se ha dañado durante el viaje.</p>	<p>Una vez recibido el material, se almacena en un lugar cerrado para evitar el contacto con el agua y el sol, a fin de evitar el deterioro del material.</p>

### b. Colocación de las esteras de totora en los muros de adobe



Se realiza el desenrollado y tendido de las esteras de totora para su uso



Se hace la colocación de esteras de totora con clavos en el centro y en los extremos para fijarlas en el muro de adobe y evitar que se despeguen.

c. Colocación de las esteras de totora en el techo de calamina



Se realiza el desenrollado y tendido de las esteras de totora para su uso



Se hace la colocación de esteras de totora con clavos, así como alambres en el centro y en los extremos para fijarlas a la estructura de madera del techo y evitar que se caigan.

Finalmente, se registrarán en un periodo de 72 horas las temperaturas internas de ambas viviendas de una habitación y del exterior haciendo uso del Termómetro con monitor de registro de 3 termocuplas K, J, E, T en un intervalo de 15 minutos.

- Registro de la temperatura para la vivienda de adobe a escala N° 1 revestida con esteras de totora.

Se colocaron tres termocuplas en lugares diferentes de la vivienda a escala de adobe como se muestra a continuación:

**Figura 23**

*Instalación del datalogger para la toma de muestras y la colocación de las termocuplas*



*Nota.* Colocación del datalogger para el registro de temperaturas.

**Figura 24**

*T1 a una distancia de 35 cm a la puerta de entrada*



*Nota.* Asignación de la termocupla T1 a lado de la puerta.

**Figura 25**

*T2 a una distancia de 70 cm del suelo*



*Nota.* Asignación de la termocupla T2 en el muro continuo de lado de la puerta.

**Figura 26**

*T3 en el exterior de la vivienda*

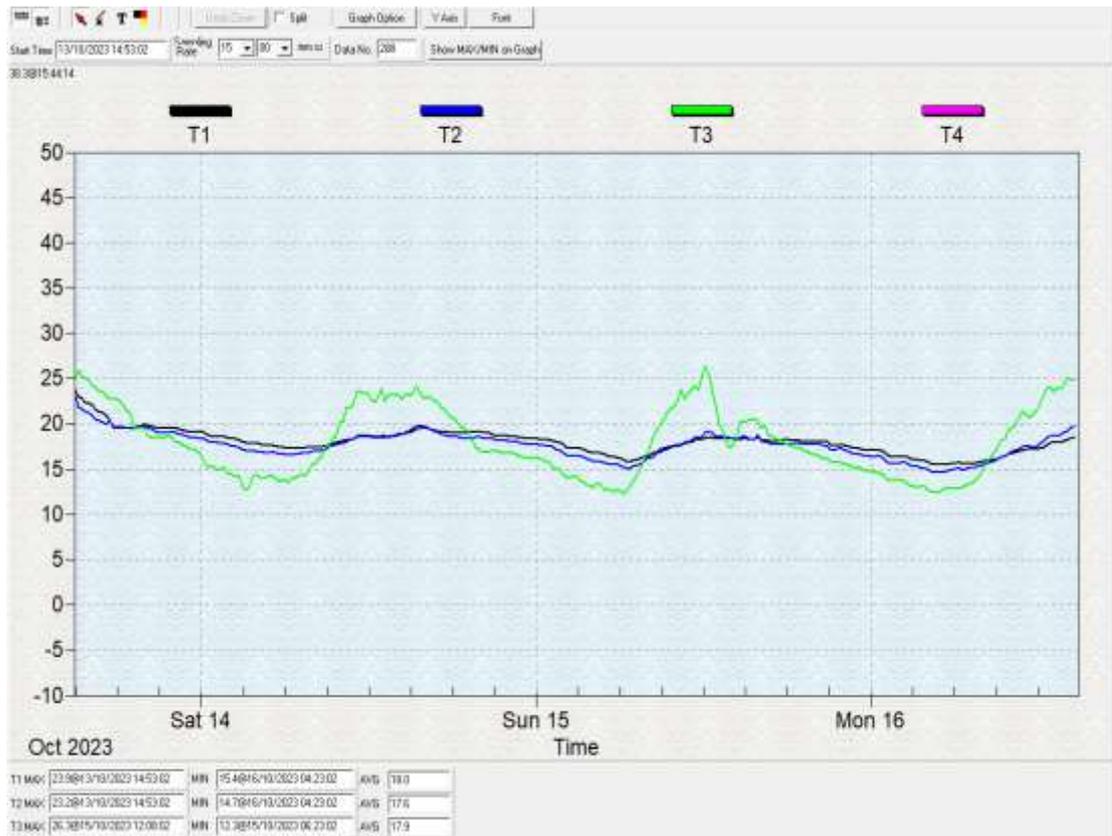


*Nota.* Asignación de la termocupla T3 en el exterior de la vivienda.

- Registro de las temperaturas máximas, mínimas y promedios para cada termocupla por 72 horas en un intervalo de 15 minutos desde el 13 al 16 de octubre.

### **Figura 27**

*Procesamiento de los resultados mediante el grafico de temperaturas para la vivienda de adobe revestida con esteras de totora*



*Nota.* Procesamiento de la toma de temperatura en el software del datalogger de la casa de adobe con esteras de totora.

- Registro de la temperatura para la vivienda de adobe a escala N° 2  
Se colocaron tres termocuplas en lugares diferentes de la vivienda a escala de adobe como se muestra a continuación:

**Figura 28**

*Instalación del datalogger para la toma de muestras y la colocación de las termocuplas*



*Nota.* Instalación del equipo datalogger para la toma de temperaturas en la casa de adobe.

**Figura 29**

*T1 a una distancia de 15 cm a la puerta de ingreso*



*Nota.* Asignación de la termocupla T1 a lado de la puerta.

**Figura 30**

*T2 a una distancia de 80 cm del suelo*



*Nota.* Asignación de la termocupla T2 en el muro continuo de lado de la puerta.

### **Figura 31**

*T3 en el exterior de la vivienda*

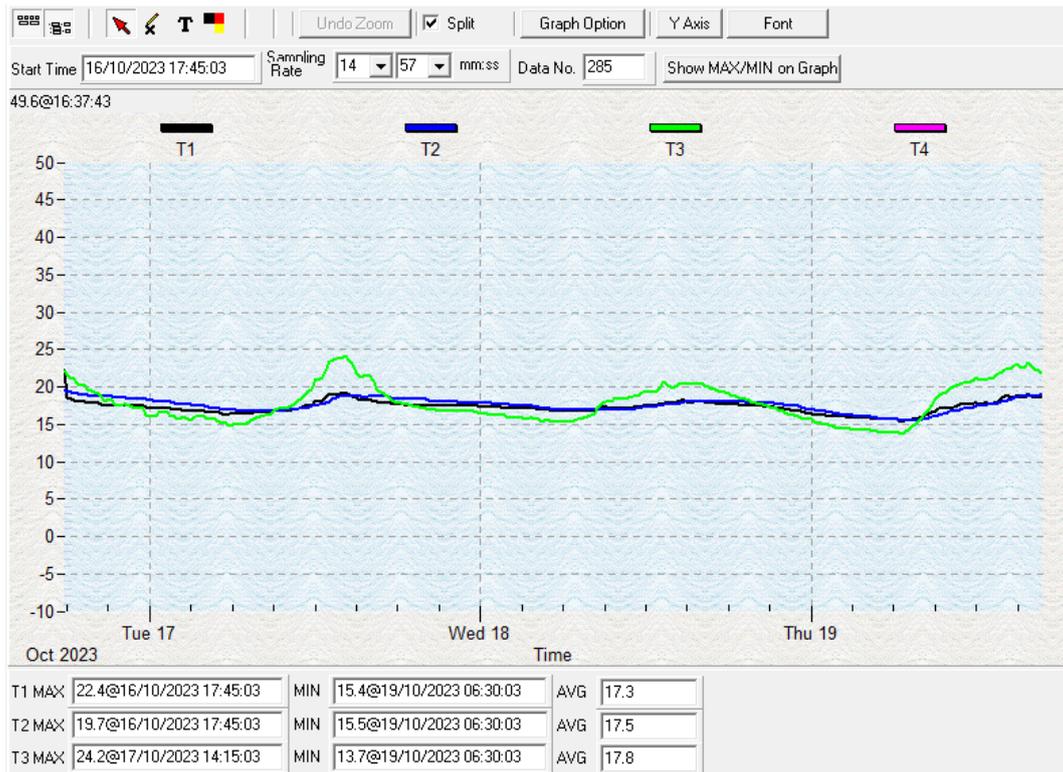


*Nota.* Asignación de la termocupla T3 en el exterior de la vivienda.

Registro de las temperaturas máximas, mínimas y promedios para cada termocupla por 72 horas en un intervalo de 15 minutos desde el 17 al 20 de octubre.

### **Figura 32**

*Procesamiento de los resultados mediante el grafico de temperaturas para la vivienda de adobe sin esteras de totora*



*Nota.* Procesamiento de la toma de temperatura en el software del datalogger de la casa de adobe.

Por medio del equipo y sus termocuplas, se obtuvieron los resultados de los picos máximos y mínimos de temperatura durante tres días.

**Cálculo de la conductividad térmica, transmitancia térmica, resistencia térmica y el calor transferido para las viviendas con y sin revestimiento, y realizar un cuadro comparativo de los resultados**

Se realizarán los siguientes cálculos para las dos viviendas de una habitación con y sin revestimiento como se muestran a continuación.

Previamente para estos cálculos se tomará en consideración los siguientes datos que extraeremos de la siguiente Tabla:

Se tiene que la Velocidad del viento de la zona de estudio es de 13 km/h

**Tabla 5**

*Coefficiente de convección (f)*

<b>Coefficientes de Convección (f)</b>
--

Superficie al aire exterior (fe) Velocidad del viento 12 km/h o menos (3.33m/seg o menos)	23.3
Velocidad del viento 18km/h o menos (5.0m/seg o menos)	29.1
Velocidad del viento 24km/h o menos (6.67m/seg o menos)	34.9
Superficie vertical interior (fi)	9.3
Superficie horizontal interior (fi) Flujo hacia abajo	7.0
Superficie horizontal interior (fi) Flujo hacia arriba	10.5

*Nota.* Coeficientes de convección adaptado del cálculo de transmisión de elementos constructivo y temperatura de la superficie. De “Cálculo de transmisión en elementos constructivos y temperatura de sus superficies”, por Bautista, 2008 (<https://www.mundohvacr.com/2008/07/calculo-de-transmision-en-elementos-constructivos-y-temperatura-de-sus-superficies/>)

Por lo tanto, de acuerdo a la tabla 5, se tiene la velocidad del viento que es de 13 km/h. Entonces, se tendría que el coeficiente de convección de superficie al aire exterior fe será de 29,1. Además, el coeficiente de convección de superficie vertical interior fi será de 9,3.

Por otro lado, se tiene los datos del muro de adobe como se muestra a continuación:

- Espesor del muro de adobe = 0.13 m
- Conductividad térmica del adobe = 0.59W/m°C

Se tiene también los datos de las esteras de totora como se muestra a continuación:

- Espesor de la estera de totora =0.06 m
- Conductividad térmica de la estera de totora = 0.066 W/m°C

Cálculo de la conductividad térmica “k” del muro de adobe de la vivienda N°1 revestida con estera de totora

- Cálculo del coeficiente total de transferencia de calor “U”

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{1}{f_e} + \frac{E1}{K1} + \frac{E2}{K2} + \frac{E3}{K3} + \frac{E4}{K4} + \dots}$$

Reemplazando valores:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9.3} + \frac{1}{29.1} + \frac{0.13}{0.59} + \frac{0.06}{0.066}}$$

$$U = 0.786 \text{ w/m}^2\text{°C}$$

- Cálculo de resistencia térmica “Rt”

$$U = \frac{1}{Rt}$$

Reemplazando valores:

$$0.786 = \frac{1}{Rt}$$

$$Rt = 1.27 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

- Cálculo de calor transmitido “Ct”

$$A = L * H$$

$$A = 1.90 * 1.30$$

$$A = 2.47 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 2.75\text{°C}$$

$$Ct = U * A * \Delta T$$

Reemplazando valores:

$$Ct = 5.34 \text{ W}$$

Cálculo de la conductividad térmica “k” en el muro de adobe revestida con esteras de totora.

$$Q = \frac{k * A * \Delta T}{\Delta x} = Ct$$

Reemplazando:

$$5.34 = \frac{k * 2.47 * 2.75}{0.19}$$

$$k = 0.149 \text{ W/m}^\circ\text{c}$$

Cálculo de la conductividad térmica “k” del muro de adobe de la vivienda N° 2

- Cálculo del coeficiente total de transferencia de calor “U”

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{1}{f_e} + \frac{E1}{K1} + \frac{E2}{K2} + \frac{E3}{K3} + \frac{E4}{K4} + \dots}$$

Reemplazando valores:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9.3} + \frac{1}{29.1} + \frac{0.13}{0.59}}$$

$$U = 2.76 \text{ w/m}^2\text{C}$$

- Cálculo de resistencia térmica “Rt”

$$U = \frac{1}{Rt}$$

Reemplazando valores:

$$2.76 = \frac{1}{Rt}$$

$$Rt = 0.36 \text{ m}^2\text{C/W}$$

- Cálculo de calor transmitido “Ct”

$$A = L * H$$

$$A = 1.90 * 1.30$$

$$A = 2.47 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 1.75^\circ\text{C}$$

$$Ct = U * A * \Delta T$$

Reemplazando valores:

$$Ct = 11.93 \text{ W}$$

- Cálculo de la conductividad térmica “k” en el muro de adobe

$$Q = \frac{k * A * \Delta T}{\Delta x} = Ct$$

Reemplazando:

$$11.93 = \frac{k * 2.47 * 2.75}{0.19}$$

$$k = 0.334 W/m^{\circ}c$$

## CAPITULO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA VIABILIDAD DE LA PROPUESTA

### Presupuesto para la construcción de las viviendas prototipo a escala con revestimiento de estera de totora.

Se muestra a continuación la tabla del presupuesto de la construcción de la vivienda prototipo de adobe revestida con esteras de totora a escala de medidas de 1.90m x 1.90m x 1.30m:

**Tabla 6**

*Resumen del presupuesto total para la construcción de la vivienda revestida con esteras de totora*

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Costo Unitario	Costo Total
01	Trabajos preliminares				
01.01	Limpieza del terreno	m2	1.00	S/10.00	S/10.00
02	Movimiento de tierras				
02.01	Excavaciones perimetrales	m3	1.08	S/48.00	S/51.84
03	Muro de adobe				
03.01	Bloques de adobe	und	250.00	S/1.60	S/400.00
04	Revestimiento con esteras de totora				
04.01	Revestimiento con esteras de totora	m2	14.82	S/18.00	S/266.76
05	Techo				
05.01	Techo de calamina	und	4.00	S/60.00	S/240.00
06	Carpintería				
06.01	Puerta de madera y calamina	und	1.00	S/120.00	S/120.00
				Costo Total	S/1,088.60
				IGV (18%)	S/195.95
				Presupuesto Total	S/1,284.55

*Nota.* Tabla de resumen de presupuesto total para la construcción de la vivienda de adobe con esteras de totora.

## CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Objetivo específico 1:** Analizar el suelo para determinar si es apto para la elaboración de adobe

Mediante un estudio manual del suelo que consiste en las pruebas de rollos y la elaboración de bolitas, se determinó que se trata de un material con un contenido de arcilla moderada, ya que cumple con los estándares requeridos, como la longitud de los rollos fuera mayor a los 10 cm y que las bolitas tuvieran una buena resistencia de compresión manual, pues estas no se

fisuraron o resquebrajaron al ejercer presión con los dedos. Por ello, el material demuestra que es adecuado para la elaboración de adobes.

**Objetivo específico 2:** Realizar el adobe tradicional aplicando la norma E.080 y comprobar su resistencia mediante ensayos

Se realizaron ensayos de compresión a tres muestras de adobe, como se muestra en la siguiente tabla 7:

**Tabla 7**

*Resumen de resultados de los ensayos a compresión en el laboratorio*

<b>Espécimen</b>	<b>Resistencia a la compresión en kgf/cm<sup>2</sup></b>
Bloque de adobe 1	12.18 kgf/cm <sup>2</sup>
Bloque de adobe 2	11.67 kgf/cm <sup>2</sup>
Bloque de adobe 3	12.06 kgf/cm <sup>2</sup>

*Nota.* Se presentan los resultados de las resistencias de compresión de los adobes.

Como se puede ver, los resultados de los ensayos a compresión muestran que dos especímenes que son el bloque de adobe 1 y 3 cumplen según la norma E.080, el cual estipula que la resistencia mínima debe ser de 12 kgf/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, el bloque de adobe 2 está cerca al mínimo requerido. Por lo tanto, el promedio de resistencia totales para los tres bloques de adobe es de 11.97 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Objetivo específico 3:** Elaborar dos prototipos de vivienda 1 vivienda tradicional aplicando la norma y otra vivienda de adobe revestida con estera y registrar las temperaturas interna y externa

**Tabla 8**

*Resumen de temperaturas para la vivienda de adobe con esteras de totora*

Fecha	Hora	Temperatura (°C)		
		Interior T1	Interior T2	Exterior T3
14/10/2023	03:08:02	17.90	17.10	12.60
14/10/2023	15:23:02	19.40	19.80	24.20
15/10/2023	06:23:02	15.90	15.20	12.30
15/10/2023	12:08:02	18.40	19.10	26.30
15/10/2023	13:53:02	18.30	18.50	17.30
15/10/2023	15:38:02	18.20	18.20	20.60
16/10/2023	04:53:02	15.40	14.70	12.40
16/10/2023	14:08:02	18.30	19.20	25.10

*Nota.* Resumen de los picos de temperatura de la vivienda de adobe con esteras de totora durante los tres días.

De acuerdo a la tabla 8, se puede apreciar que las temperaturas mínimas se presentaron en la madrugada con una temperatura interior de 16.10 °C y exterior de 12.43°C respectivamente. Asimismo, las temperaturas máximas internas y externas en el día se presentaron alrededor de las 12:00 p.m. a 4:00 p.m., las cuales fueron de 18.74°C y de 22.7°C respectivamente.

**Tabla 9**

*Resumen de temperatura para la vivienda de adobe sin esteras de totora*

Fecha	Hora	Temperatura (°C)		
		Interior		Exterior
		T1	T2	T3
17/10/2023	05:45:03	16.40	16.90	14.80
17/10/2023	14:15:03	19.20	18.80	24.20
18/10/2023	06:15:03	16.70	16.90	15.30
18/10/2023	13:15:03	17.80	17.60	20.70
19/10/2023	06:30:03	15.40	15.50	13.70
19/10/2023	15:45:03	19.10	18.80	23.20

*Nota.* Resumen de los picos de temperatura de la vivienda de adobe durante los tres días.

Por otro lado, la tabla 9 muestra los resultados de las tomas de temperatura del 17 al 19 de octubre, las cuales presentan una temperatura mínima interna y externa en la madrugada de 16.3°C y de 14.6°C respectivamente. Asimismo, las temperaturas máximas internas y externas en el día se presentaron alrededor de las 13:00 p.m. a 15:00 p.m. de 18.55°C y de 22.60°C respectivamente.

**Objetivo específico 4:** Calcular la conductividad térmica, transmitancia térmica y el calor transferido para las viviendas con y sin revestimiento, y realizar un cuadro comparativo de los resultados

**Tabla 10**

*Resumen de los resultados obtenidos*

	Vivienda 1	Vivienda 2	Δ%
	Con revestimiento	Sin revestimiento	
Coef. total de transferencia de calor "U" (w/m <sup>2</sup> °C)	0.786	2.76	71.50%
Resistencia Térmica "Rt" (m <sup>2</sup> °C/W)	1.27	0.36	71.70%
Calos Trasmitido "Ct" (W)	5.34	11.93	55.20%

Conductividad Térmica "k" (W/m°C)	0.149	0.334	55.40%
-----------------------------------	-------	-------	--------

*Nota.* Se muestra el resumen de los resultados obtenidos en los cálculos previamente realizados.

El coeficiente total de transferencia de calor “U” se reduce en un 71.50% con respecto a la vivienda de adobe sin revestimiento.

Del mismo modo, la resistencia térmica en la vivienda de adobe sin revestimiento se incrementa en un 71.70% al ser revestida.

Por último, la conductividad térmica presenta una reducción del 55.40% respecto a la vivienda de adobe sin revestimiento.

#### **Objetivo específico 5:** Análisis económico de la viabilidad de la propuesta

La construcción realizada para la vivienda de adobe con revestimiento de totora fue de 4.12 m<sup>2</sup> de área, con un presupuesto de S/. 1,284.55. Entonces, el costo por m<sup>2</sup> de construcción es de S/. 355.83.

## **CONCLUSIONES**

- Se determinó que el suelo presenta un moderado contenido de arcilla, pues los ensayos como la cinta de barro que se elaboraron es mayor a los 10 cm y presentan una resistencia a la compresión mecánica adecuada.
- Los ensayos de compresión realizados en laboratorio, determinó que la resistencia de las tres muestras es aceptable, dado que dos de ellas cumplían lo mínimo requerido según la norma E.080.
- La diferencia de temperatura mínima para la vivienda de adobe revestida con estera de totora fue de 3.67 °C y la diferencia de temperatura máxima 3.95 °C. Por otro lado, la diferencia de temperatura mínima para la vivienda de adobe sin revestimiento es de 1.70 °C y la diferencia de temperatura máxima fue de 4.05 °C.
- La vivienda de adobe presento mejorías en la resistencia térmica al ser revestida con esteras de totora en un 71.70%. Asimismo, la conductividad térmica se redujo en un 55.40% respecto a la vivienda de adobe sin revestir.

- La diferencia monetaria de la vivienda de adobe común y la vivienda con revestimiento de totora es de S/. 266.76. Este costo solo se presenta para las esteras de totora, siendo un material accesible y no muy costoso. De tal manera, el costo es, para el revestimiento de una vivienda, de 4.12 m<sup>2</sup>.
- Se planteó en la hipótesis que la resistencia térmica se mejoraría en un 50% y la conductividad térmica se reduciría en un 40% en una vivienda de adobe común si este se revestía con el material propuesto. De acuerdo a los resultados, se obtuvo que la resistencia se mejoró en un 71.70% al revestir la vivienda con esteras de totora y se redujo la conductividad térmica en 55.40% con respecto a la vivienda de adobe sin revestir. En conclusión, se válida la hipótesis, pues los resultados son favorables.

## **RECOMENDACIONES**

- Se debe tener en cuenta los materiales disponibles en la zona para desarrollar un correcto estudio en laboratorio mediante ensayos como el límite plástico para obtener mejores resultados.
- Realizar los adobes agregando ciertas proporciones de paja y arena gruesa a la mezcla tradicional que hay en la zona, lo cual podría mejorar su resistencia a la compresión y sus propiedades térmicas.
- Tomar registro de temperaturas en un tiempo más prolongado para así obtener mejores resultados con los que se pueda trabajar. Debido a que, en la zona, las temperaturas varían durante las mañana y noche, presentando climas fríos, lluviosos, cálidos y entre otros. Asimismo, se deben registrar las temperaturas en las diferentes estaciones del año, especialmente durante la estación del invierno, con el objetivo de ver resultados en los que las esteras de totora pueden presentar un mejor rendimiento.
- Se debe colocar ductos de ventilación como ventanas, entre otros, para refrescar el ambiente en climas cálidos, debido a que la totora retiene el calor durante las mañanas y tardes.

- Para una estimación más precisa, se debe realizar ensayos de conductividad térmica del adobe y de las esteras de totora con el fin de tener valores propios que ayuden a realizar un análisis de resultados más reales respecto a la zona.
- Debido a que en la zona las esteras de totora no son muy conocida, se debe recomendar y capacitar a las personas, sobre el uso de los materiales térmicos ecológicos, entre ellos la totora, para su aplicación en el revestimiento interno de las viviendas de adobe.
- Para el uso del datalogger, se debe calibrar el equipo previamente para que registre las temperaturas y así no tener resultados imprecisos. Asimismo, se deben fijar adecuadamente las termocuplas en las paredes, pues si no estás se pueden caer y afectar en los análisis.

## REFERENCIAS

- AislaCel. (2023). *¿Qué es la conductividad térmica (?) Resistencia térmica (R) y transmitancia térmica (U) y el R100?*. Recuperado el 5 de octubre del 2023, de [https://www.aislcel.cl/article/que-es-la-conductividad-termica-resistencia-termica-r-y-transmitancia-termica-u-y-el-r100#:~:text=La%20Resistencia%20T%C3%A9rmica%20\(RT\)%2C,en%20%5Bm2K%20FW%5D](https://www.aislcel.cl/article/que-es-la-conductividad-termica-resistencia-termica-r-y-transmitancia-termica-u-y-el-r100#:~:text=La%20Resistencia%20T%C3%A9rmica%20(RT)%2C,en%20%5Bm2K%20FW%5D).
- Alejandro, S. N., & Gonzales, B.W. (2022). *Revestimiento de rollos de Totora para mejorar el confort térmico del interior de las viviendas unifamiliares de adobe en el poblado de Mancha bamba – Pachucha*. [Tesis de titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/659178/Alejandro\\_NSh.pdf?sequence=3](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/659178/Alejandro_NSh.pdf?sequence=3)
- Aza, L.C., Palumbo, M., Lacasta, A.M., & González, R.A. (2023). Characterization of the thermal behavior, mechanical resistance, and reaction to fire of totora (*Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Sojak) panels and their potential use as a sustainable construction material. *Journal of Building Engineering*, 69, 105984. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.105984>

- Bautista, A. (2008. 4 de julio). *Cálculo de transmisión en elementos constructivos y temperatura de sus superficies*. Mundo HVAC&R. Recuperado el 01 de octubre del 2023, de <https://www.mundohvacr.com/2008/07/calculo-de-transmision-en-elementos-constructivos-y-temperatura-de-sus-superficies/>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres. (2022). Escenarios de riesgo por bajas temperaturas según el pronóstico para julio – setiembre 2022. [https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14415\\_escenario-de-riesgo-por-bajas-temperaturas-segun-el-pronostico-para-julio-setiembre-2022.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14415_escenario-de-riesgo-por-bajas-temperaturas-segun-el-pronostico-para-julio-setiembre-2022.pdf)
- Domingo, A.M. (2011). Apuntes de transmisión de calor. *Revista UPM*. <https://oa.upm.es/6935/1/amd-apuntes-transmision-calor.pdf>
- Franco, J. T. (2018. 24 de julio). *¿Cómo calcular la transmitancia térmica (Valor U) en la envolvente material de un edificio?* ArchDaily. Recuperado el 03 de octubre del 2023, de <https://www.archdaily.pe/pe/898485/como-calcular-la-transmitancia-termica-valor-u-en-la-envolvente-material-de-un-edificio>
- Hidalgo Cordero, J.F., & Garcia Navarro, J. (2018). Totora (*Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Soják) and its potential as a construction material. *Industrial Crops & Products*, 112, 467-480. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.029>
- Hidalgo Cordero, J.F., & Garcia Navarro, J. (2017). *Aplicaciones Constructivas de la totora*. ResearchGate. Recuperado el 13 de setiembre del 2023, de [https://www.researchgate.net/publication/329516139\\_Aplicaciones\\_constructivas\\_de\\_la\\_totora](https://www.researchgate.net/publication/329516139_Aplicaciones_constructivas_de_la_totora)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas*. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf)
- Jin, Z., Li, J., Wang, Q., Su, W., Duan, X., & Tang, Z. (2021). Characterization of multifunctional panels from Jute fibers for interior wall covering. *Industrial Crops & Products*, 167, 113530. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113530>
- Ministerio del Ambiente. (2023). *Comportamiento de Heladas y Frijas a Nivel Nacional 2023*.

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4538107/INFORME\\_HELADAS%20Y%20FRIAJES\\_2023\\_PRG-LMA.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4538107/INFORME_HELADAS%20Y%20FRIAJES_2023_PRG-LMA.pdf)

Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables. (2021). *Instructivo para el desarrollo de la prevención del MIMP en el Plan Multisectorial ante Heladas y Friajes - MIMP 2019 - 2021 para el periodo 2021*.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1894165/Instructivo-ODN-MIMP-2021.pdf.pdf?v=1621031714>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. [https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/E\\_080.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf)

Ministerio de Salud. (2023). *Tendencia de episodios de IRA en menores de 5 años, Perú 2021 – 2023*. Recuperado el 22 de agosto, de [https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/wp-content/uploads/2023/08/Reporte\\_bajas\\_temperaturas-SE-34-2023.html](https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/wp-content/uploads/2023/08/Reporte_bajas_temperaturas-SE-34-2023.html)

Molina, J.O. (2017, 16 de setiembre). *Propiedades térmicas de los materiales*. Blogger. Recuperado el 23 de setiembre del 2023, de <https://alternativarenovable.blogspot.com/2017/09/propiedades-termicas-de-los-materiales.html>

Rosales, S. & Caminada, R. (2015). *El eterno retorno del fenómeno de las heladas en el Perú: Existen adecuadas políticas para combatir dicho fenómeno en el Perú*. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5\\_uibd.nsf/04BD99440334331D052582C9005A694E/\\$FILE/1.el\\_eterno\\_retorno\\_del\\_fenomeno.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/04BD99440334331D052582C9005A694E/$FILE/1.el_eterno_retorno_del_fenomeno.pdf)

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2023). *Datos Hidrometeorológicos en Ayacucho*. Recuperado el 23 de agosto del 2023, de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ayacucho&p=estaciones>

Valiometro. (2023). *Termómetro con datalogger de 4 canales K, J, E, T CENTER520*. Recuperado el 9 de octubre del 2023, de <https://www.valiometro.pe/termometro-con-datalogger-de-4-canales-k-j-e-t-center-520>

## 9. ANEXOS

Figura 33:

*Certificado de ensayo de compresión de muestra de adobe*

	<b>SOLUCIONES GEOTÉCNICAS DE VANGUARDIA</b>	Versión : 1 Fecha : 26/01/23 Versión: Página : 1/1
	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE</b>	
<b>Proyecto</b> : "CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA PROTOTIPO" <b>Código</b> : PROY-035/0030-23-05-LZ <b>Trazabilidad</b> : INF. N° 001 - PROY -035/0030-23-05-LZ <b>Solicitante</b> : JOSAFAT PRADA <b>Fecha</b> : SETIEMBRE DEL 2023	<b>Ubicación</b> : AYACUCHO/HUAMANGA <b>Lugar</b> : HUAMANGA <b>Exploración</b> : ADOBE ARTESANAL <b>Material</b> : ADOBE ARTESANAL	

### DATOS DE LABORATORIO DEL ADOBE ARTESANAL

ESPECIMEN	ANCHO (mm)			LARGO (mm)			ALTURA (mm)		
	A-1	A-2	PROM. ANCHO	L-1	L-2	PROM. ANCHO	H-1	H-2	PROM. ANCHO
A-1	270.0	266.8	268.4	370.2	369.6	369.9	130.1	126.7	128.4
A-2	276.5	272.0	274.3	366.6	366.7	366.7	135.5	138.6	137.1
A-3	264.8	265.8	265.3	368.8	370.1	369.5	132.1	135.8	134.0

### DATOS PROCESADOS DEL LABORATORIO

ESPECIMEN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA	FUERZA	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (kg/cm <sup>2</sup> )
	AP	LP	LP	kg	kn	
A-1	26.84	36.99	12.84	12095	118.6	12.18
A-2	27.43	36.67	13.71	11736	115.1	11.67
A-3	26.53	36.95	13.40	11822	115.1	12.06

Promedio Total	11.97
desviación estandar	2.03
Resistencia a la compresión simple	10.96
Cv: coeficiente variación %	8.49

*Nota.* Figura de los resultados de ensayo de laboratorio para compresión en los adobes.  
Elaboración propia.

Tabla 11:

*Datos de temperatura de la vivienda de adobe con revestimiento de esteras de totora*

Fecha	Hora	T1	T2	T3
13/10/2023	14:53:02	23.9	23.2	24.9
13/10/2023	15:08:02	23.1	21.9	25.9
13/10/2023	15:23:02	22.8	21.7	25.2
13/10/2023	15:38:02	22.3	21.3	25
13/10/2023	15:53:02	22.3	21.2	24.8
13/10/2023	16:08:02	22.1	20.9	24.3
13/10/2023	16:23:02	21.6	20.4	24
13/10/2023	16:38:02	21.3	20.3	23.6
13/10/2023	16:53:02	21.2	20.1	23.5
13/10/2023	17:08:02	20.9	20	23.1
13/10/2023	17:23:02	20.5	20.3	22.8
13/10/2023	17:38:02	19.7	19.7	22.7
13/10/2023	17:53:02	19.6	19.6	22.8
13/10/2023	18:08:02	19.6	19.6	22.4
13/10/2023	18:23:02	19.6	19.6	22
13/10/2023	18:38:02	19.6	19.5	21.4
13/10/2023	18:53:02	19.6	19.5	21.2
13/10/2023	19:08:02	19.6	19.4	19.4
13/10/2023	19:23:02	19.8	19.5	19.6
13/10/2023	19:38:02	19.9	19.6	19.6
13/10/2023	19:53:02	19.9	19.7	19.4
13/10/2023	20:08:02	19.9	19.5	18.7
13/10/2023	20:23:02	19.8	19.4	18.5
13/10/2023	20:38:02	19.7	19.2	18.4
13/10/2023	20:53:02	19.5	19	18.7
13/10/2023	21:08:02	19.5	19	18.4
13/10/2023	21:23:02	19.5	19	18.6
13/10/2023	21:38:02	19.5	19	18.7
13/10/2023	21:53:02	19.6	19.2	18.4
13/10/2023	22:08:02	19.5	19	17.9
13/10/2023	22:23:02	19.4	18.9	17.9
13/10/2023	22:38:02	19.3	18.8	17.7
13/10/2023	22:53:02	19.2	18.7	17.6
13/10/2023	23:08:02	19.1	18.4	17.2
13/10/2023	23:23:02	19.1	18.4	17.3
13/10/2023	23:38:02	19.1	18.4	16.9
13/10/2023	23:53:02	19.1	18.3	16.7
14/10/2023	00:08:02	19.1	18.3	16.1
14/10/2023	00:23:02	18.8	18.1	15.2
14/10/2023	00:38:02	18.7	17.9	15.4
14/10/2023	00:53:02	18.6	17.9	15.2
14/10/2023	01:08:02	18.6	17.9	14.9

14/10/2023	01:23:02	18.6	17.8	15.1
14/10/2023	01:38:02	18.6	17.8	15.1

*Nota.* Tabla de la toma de temperatura del datalogger para un rango de tiempo determinado para la vivienda de adobe con revestimiento de estera de totora. Elaboración propia.

Tabla 12: *Datos de temperatura de la vivienda de adobe sin revestimiento de esteras de totora:*

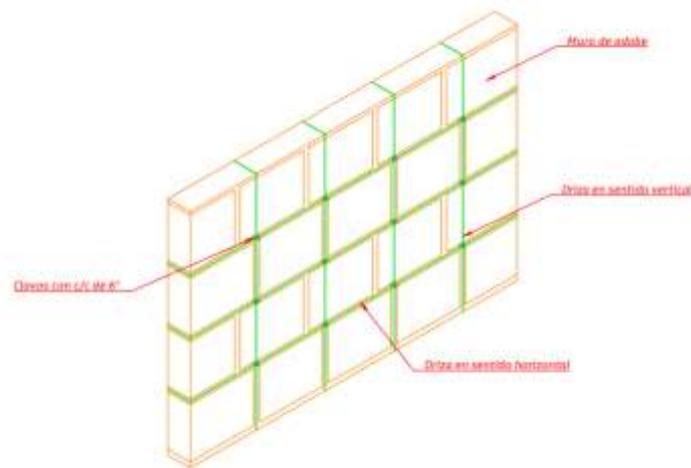
Fecha	Hora	T1	T2	T3
16/10/2023	17:45:03	22.4	19.7	22.2
16/10/2023	18:00:03	18.6	19.3	21.6
16/10/2023	18:15:03	18.4	19.2	21.1
16/10/2023	18:30:03	18.2	19.1	21
16/10/2023	18:45:03	18.1	19.1	20.4
16/10/2023	19:00:03	18	18.9	20.2
16/10/2023	19:15:03	18	18.9	20.1
16/10/2023	19:30:03	17.9	18.9	19.7
16/10/2023	19:45:03	17.8	18.8	19.5
16/10/2023	20:00:03	17.8	18.8	19.3
16/10/2023	20:15:03	17.8	18.7	19.1
16/10/2023	20:30:03	17.6	18.7	18.8
16/10/2023	20:45:03	17.5	18.7	18.1
16/10/2023	21:00:03	17.5	18.7	18.3
16/10/2023	21:15:03	17.5	18.7	18.2
16/10/2023	21:30:03	17.4	18.6	17.5
16/10/2023	21:45:03	17.4	18.6	17.5
16/10/2023	22:00:03	17.4	18.6	17.7
16/10/2023	22:15:03	17.4	18.6	17.7
16/10/2023	22:30:03	17.4	18.4	17.4
16/10/2023	22:45:03	17.4	18.4	17.3
16/10/2023	23:00:03	17.4	18.4	17.1
16/10/2023	23:15:03	17.4	18.4	17.2
16/10/2023	23:30:03	17.4	18.3	17.1
16/10/2023	23:45:03	17.3	18.3	16.2
17/10/2023	00:00:03	17.2	18.2	16.1
17/10/2023	00:15:03	17.1	18.2	16.1
17/10/2023	00:30:03	17.1	18.1	16.1
17/10/2023	00:45:03	17.1	18.1	16.7
17/10/2023	01:00:03	17.1	18.1	16.6
17/10/2023	01:15:03	17.1	18.1	16.6
17/10/2023	01:30:03	17.1	18	16.1
17/10/2023	01:45:03	16.9	17.8	16
17/10/2023	02:00:03	16.9	17.7	15.7
17/10/2023	02:15:03	16.9	17.7	15.9
17/10/2023	02:30:03	16.8	17.6	16
17/10/2023	02:45:03	16.8	17.6	15.6

17/10/2023	03:00:03	16.8	17.6	15.5
17/10/2023	03:15:03	16.8	17.5	16
17/10/2023	03:30:03	16.8	17.5	16
17/10/2023	03:45:03	16.8	17.5	16.1
17/10/2023	04:00:03	16.8	17.4	16.1
17/10/2023	04:15:03	16.6	17.3	15.7
17/10/2023	04:30:03	16.6	17.2	15.9

*Nota.* Tabla de la toma de temperatura del datalogger para un rango de tiempo determinado para la vivienda de adobe sin revestimiento de estera de totora. Elaboración propia.

Figura 34:

Diseño de muro de adobe con amarre de drizas



*Nota.* Diseño de un muro de adobe con el enmallado de drizar. Elaboración propia.