



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA

**Clima frío y desempeño térmico de muros de la vivienda
tradicional del Sector 2 de Huamachuco, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Arquitecto

AUTORES:

De la cruz Ruiz, Heiner Jhoel (ORCID: 0000-0002-3486-2552)

La Chira Amaranto, Guillermo Adrian (ORCID: 0000-0002-0856-0331)

ASESOR:

Dr. Arteaga Avalos, Franklin Arturo (ORCID: 0000-0002-1830-9538)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Arquitectura

TRUJILLO - PERÚ

2020

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada a Dios y mi familia entera. A mis padres, tíos, hermanos, abuelos y primos, por siempre confiar en mí. Y a mi novia Alisson, por siempre acompañarme en cada uno de mis proyectos. Los amo.

Guillermo Adrián La chira Amaranto

A Dios, mis padres, y en especial, a mi abuelo Constante De la Cruz y su esposa Luciana Reyes por el amor, ejemplo de vida y apoyo incondicional brindado durante el desarrollo de mi etapa académica.

Heiner Jhoel De la cruz Ruiz

Agradecimiento

Agradecido a Dios por encima de todo, por darme la oportunidad de adquirir todos y cada uno de los conocimientos necesarios para desarrollar y finalizar este trabajo. Eternas gracias a mis padres, por ser el motor de todos mis logros, por dirigir cada una de mis decisiones y por afianzar mi mente y corazón en el camino de la educación.

Guillermo Adrián La chira Amaranto

A Dios y mis padres por ser mi soporte e inspiración en cada logro obtenido hasta este momento.

Heiner Jhoel De la cruz Ruiz

Índice de contenido

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1 Tipo y diseño de investigación	12
3.2 Variables y operacionalización.....	13
3.3 Población, muestra y muestreo	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5 Procedimientos	16
3.6 Método de análisis de datos.....	16
3.7 Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	75
VI. CONCLUSIONES.....	79
VII. RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS	86
ANEXOS.....	91

Índice de tablas

Tabla 1: Estratificación de la muestra por tipo de material constructivo	14
Tabla 2: Estratificación de la muestra por ubicación de la vivienda	15
Tabla 3: Clasificación de los instrumentos de recolección de datos	15
Tabla 5: Régimen térmico del ambiente – Densidad aparente en la mañana, tarde y noche	42
Tabla 6: Régimen térmico del ambiente – Conductividad.....	44
Tabla 7: Estado de conservación y antigüedad de construcción	45
Tabla 8: Humedad relativa del ambiente en la mañana, tarde y noche – Material predominante en los muros	50
Tabla 9: Régimen térmico del ambiente en la mañana, tarde y noche – Cantidad de pisos	58
Tabla 10: Temperatura ambiental e interior en la vivienda tipo 1 en tres intervalos del día (mañana, tarde y noche)	60
Tabla 11: Datos generales climáticos – Vivienda Tipo 1	61
Tabla 12: Datos de materiales – Vivienda Tipo 1	61
Tabla 13: Cálculo de coeficiente de transferencia de calor (U) – Vivienda Tipo 1	62
Tabla 14: Temperatura ambiental e interior en la vivienda tipo 2 en tres intervalos del día (mañana, tarde y noche).....	63
Tabla 15: Datos generales climáticos – Vivienda Tipo 2	63
Tabla 16: Datos de materiales – Vivienda Tipo 2	64
Tabla 17: Cálculo de coeficiente de transferencia de calor (U) – Vivienda Tipo 2	65
Tabla 18: Temperatura ambiental e interior en la vivienda tipo 3 en tres intervalos del día (mañana, tarde y noche).....	66
Tabla 19: Datos generales climáticos – Vivienda Tipo 3	66
Tabla 20: Datos de materiales – Vivienda Tipo 3	67
Tabla 21: Cálculo de coeficiente de transferencia de calor (U) – Vivienda Tipo 3	68
Tabla 22: Prueba de Normalidad: Shapiro-Wilk.....	73

Tabla 23: Correlación Rho de Spearman entre Clima frio en el desempeño térmico de muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 de Huamachuco, 2020.....74

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama del diseño correlacional - causal.....	12
Figura 2: Ubicación de la provincia Sánchez Carrión.....	18
Figura 3: Delimitación de los distritos pertenecientes a la provincia de Sánchez Carrión.....	19
Figura 4: Distrito de Huamachuco.....	19
Figura 5: Delimitación y ubicación de las viviendas en estudio, Barrio Santa Ana, Sector 2, Huamachuco.....	20
Figura 6: Tipo de revestimiento.....	21
Figura 7: Criterios constructivos.....	22
Figura 8: Apertura de muros.....	23
Figura 9: Información solar en la mañana.....	24
Figura 10: Información solar en la tarde.....	24
Figura 11: Vivienda 1 de adobe sin revestimiento.....	26
Figura 12: Vivienda 2 de adobe con revestimiento de barro.....	27
Figura 13: Vivienda 3 de adobe con revestimiento de mortero de cemento.....	28
Figura 14: Orientación de la vivienda con fachada al oeste.....	29
Figura 15: Captación de la radiación solar e impacto de los vientos fríos en la vivienda con fachada al oeste.....	30
Figura 16: Captación de la radiación solar e impacto de los vientos fríos en la vivienda con fachada al oeste.....	31
Figura 17: Orientación de la vivienda con fachada al este.....	32
Figura 18: Captación de la radiación solar e incidencia de calor directo en la vivienda con fachada al este.....	33
Figura 19: Orientación de la vivienda con fachada al sur.....	34
Figura 20: Impacto de los vientos fríos en la vivienda con fachada al sur.....	35
Figura 21: Percepción del frío en ambientes de la vivienda.....	36

Figura 22: Visualización de la humedad en el interior de las viviendas	37
Figura 23: Percepción del frío durante las noches en el interior de la vivienda	38
Figura 24: Frecuencia de un adecuado mantenimiento de los muros de la vivienda	39
Figura 25: Espesor de revestimiento – Régimen térmico del ambiente en la mañana	40
Figura 26: Espesor de revestimiento – Régimen térmico del ambiente en la tarde	41
Figura 27: Espesor de revestimiento – Régimen térmico del ambiente en la noche	41
Figura 28: Percepción de fuerte velocidad de viento a través de los vanos de la vivienda.....	46
Figura 29: Régimen térmico del ambiente en la mañana – Material de revestimiento	47
Figura 30: Régimen térmico del ambiente en la tarde – Material de revestimiento	48
Figura 31: Régimen térmico del ambiente en la noche – Material de revestimiento	49
Figura 32: Humedad relativa del ambiente en la mañana – Material de revestimiento adicional al adobe	52
Figura 33: Humedad relativa del ambiente en la tarde – Material de revestimiento adicional al adobe	52
Figura 34: Humedad relativa del ambiente en la noche – Material de revestimiento adicional al adobe	53
Figura 35: Velocidad del viento en el interior de la vivienda en la mañana – Material predominante en el revestimiento de los muros	54
Figura 36: Velocidad del viento en el interior de la vivienda en la tarde – Material predominante en el revestimiento de los muros	55

Figura 37: Velocidad del viento en el interior de la vivienda en la noche – Material predominante en el revestimiento de los muros	55
Figura 38: Régimen térmico del ambiente en la mañana – Porcentaje del área de los vanos en los muros	56
Figura 39: Régimen térmico del ambiente en la tarde – Porcentaje del área de los vanos en los muros	56
Figura 40: Régimen térmico del ambiente en la noche – Porcentaje del área de los vanos en los muros	57
Figura 41: Temperatura de calor en Huamachuco	69
Figura 42: Temperatura interior de viviendas	70
Figura 43: Diagrama de dispersión: C°/ Tiempo	71
Figura 44: Diagrama de dispersión: Hr / Tiempo	71
Figura 45: Diagrama de dispersión: Velocidad de los vientos / Tiempo	72
Figura 46: Propuesta de tapial reforzado	81
Figura 47: Aprovechamiento de la radiación solar mediante aportes directos	82
Figura 48: Captación y retención de la radiación solar mediante revestimiento y el movimiento solar	83
Figura 49: Aprovechamiento de la radiación solar mediante el movimiento e inclinación solar	84
Figura 50: Captación de la radiación solar a través de desniveles de muros	85
Figura 51: Instrumento de recolección de datos. Ficha de observación.	

Resumen

La presente investigación se elaboró con el objetivo de demostrar de qué manera el clima frío influye en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco.

El tipo de investigación fue básico con un diseño no experimental correlacional causal – explicativo, con 24 viviendas tradicionales edificadas con adobe como muestra se recolectaron datos empleando fichas de observación y encuestas, a fin de conocer los criterios constructivos para contrarrestar el clima frío y mejorar el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales.

Se obtuvo que la influencia de la temperatura ambiental al interior de la vivienda edificada es menor cuando se utiliza un revestimiento de materiales tradicionales que poseen una conductividad térmica, por el contrario, utilizar materiales fríos disminuye el desempeño térmico del muro. Se deduce que a mayor humedad relativa menor desempeño térmico. Los criterios constructivos recomendados para mejorar el desempeño térmico de los muros parten desde el identificar la orientación y movimiento solar, a fin de implementar sistemas de almacenamiento y liberación de calor interior, determinar el ensanchamiento y tratamiento del revestimiento de los muros y crear, mediante la ubicación y dimensión de los muros, núcleos dispensadores de calor.

Palabras clave: clima frío, desempeño térmico, muros y vivienda tradicional

Abstract

This research was carried out with the objective of demonstrating how cold weather influences the thermal performance of the walls of traditional houses in the Santa Ana neighborhood, Sector 2 of Huamachuco.

The type of research was basic with a causal-explanatory correlational non-experimental design, with 24 traditional houses built with adobe as a sample, data were collected using observation cards and surveys, in order to know the constructive criteria to counteract the cold climate and improve the thermal performance of the walls of traditional houses.

It was obtained that the influence of the environmental temperature inside the built house is less when a coating of traditional materials that have thermal conductivity is used, on the contrary, using cold materials reduces the thermal performance of the wall. It follows that the higher the relative humidity, the lower the thermal performance. The recommended construction criteria to improve the thermal performance of the walls start from identifying the orientation and solar movement, in order to implement systems for the storage and release of interior heat, determine the widening and treatment of the wall cladding and create, through the location and dimension of the walls, heat dispensing cores.

Keywords: cold climate, thermal performance, walls and traditional housing

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las viviendas ubicadas en zonas de clima frío están expuestas a una descompensación térmica constante e inevitable, el año 2018 la Organización Mundial de la Salud tomó este problema en su resumen de orientación denominado “Directrices sobre vivienda y salud” y recomendó de manera firme que en las viviendas que padezcan un clima frío la temperatura interior de las mismas debe ser de 18° C a fin de proteger a los habitantes de algún riesgo térmico o efectos nocivo del frío.

Según un estudio elaborado por la Escuela de Higiene y Medicina Tropical de Londres (2017), en coordinación con la OMS, en Latinoamérica, países como Argentina, Chile, Paraguay, Perú, Brasil y Uruguay muestran al clima frío como el protagonista del índice de mortandad, corroborando así, que las enfermedades transmisibles de las vías respiratorias continúan siendo las más letales hasta el día de hoy. Gasparrini, basándose en el registro de fallecidos en 13 países, tanto europeos como latinoamericanos, con una variedad de climas desde frío a subtropical, concluyó que el frío mata 20 veces más que el calor. El año 2018 la BBC News anunció que el clima frío ha ocasionado una serie de muertes en toda Sudamérica exigiendo así una mejor adaptabilidad de las viviendas expuestas a este tipo de clima.

Nuestro país ocupa el cuarto puesto entre los países latinoamericanos con el clima más frío, y es que, en invierno, pese a que gradualmente las heladas y friajes varían su intensidad, son las zonas por encima de los 4000 y 3500 msnm las que sufren el mayor impacto del frío. Según un estudio de CARE Perú aproximadamente un número mayor a los 6 millones de peruanos viven y se someten a condicionantes climáticas frías de carácter extremo en zonas tanto sur, centro y nororiente del Perú, explícitamente departamentos como Huánuco, Ancash, Pasco, Apurímac, Tacna, Ayacucho, Huancavelica, Junín, Cusco, La Libertad, Cajamarca, Moquegua, Puno y Arequipa.

Durante años el Estado se ha enfocado en realizar un conteo poblacional de aquellos departamentos vulnerables y ha tomado la medida de capacitar y

destinar a cierto grupo de personas hacia la construcción de prototipos de viviendas protectoras del friaje con el único fin de compensar su situación deplorable. Pese a ello, esta solución pierde sentido cuando sólo se enfoca en puntos cruciales de todo el territorio peruano y se torna ajena a muchas realidades en la misma condición.

En el año 2019, el documento “Escenarios de riesgo por heladas y friaje en el marco del plan multisectorial 2019-2021” emitido por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, mostró datos específicos de la temperatura presente en las distintas regiones del Perú, donde se muestra a la sierra del departamento de La Libertad sobre los 3000 m.s.n.m. alcanzando valores entre 0°C - 8°C y a su vez se hace mención a la calidad lamentable de sus viviendas. Entre las ciudades pertenecientes a la sierra liberteña una de las urbes que se encuentra sobre los 3000 m.s.n.m. es Huamachuco, según los datos mostrados por el Senamhi su temperatura cambia de 2° a 15°C y difícilmente disminuye a -1° o incrementa a 18°C, esta ciudad constantemente sufre riesgos térmicos producidos por la informalidad en la autoconstrucción de sus viviendas. El Plan de Desarrollo Urbano actual demostró que pese a la influencia de estos factores climáticos no se han dispuesto medidas de adaptación que puedan traer un correcto desempeño térmico al interior de la vivienda. Aun así, el Reglamento Nacional de Edificaciones es ajeno a este problema puesto que sólo denomina clima frío a la época del año en la que la temperatura ambiental es menor a 5°C, mientras que la OMS define un clima frío desde los 10°C, en este sentido el Reglamento Nacional de Edificaciones carece de especificidad y descuida los problemas actuales de las viviendas expuestas al friaje.

El desempeño térmico de los sistemas constructivos de las viviendas tradicionales de Huamachuco está relacionado con la materialidad nativa elegida por los pobladores del lugar, ya que son los encargados de elaborar sus propios materiales y edificar sus viviendas, todo esto sin criterios de adaptabilidad climática. Los materiales empleados son el adobe, yeso, concreto, piedra y ladrillo, usados comúnmente para la construcción de muros portantes, divisorios o cerramientos, sin opción a implementación de ventanas

que permitan interiorizar la radiación solar al interior de las viviendas.

Wieser (2017), menciona que pese a que en la construcción de estas viviendas se utiliza como materia prima el adobe, material que ocasiona un aumento de 3°C en la transmisión de la temperatura ambiental de la vivienda, no basta para conseguir un correcto confort térmico. El desempeño térmico en el sistema constructivo de la vivienda está directamente relacionado con la del material.

La elección del material a utilizar en la edificación de cada muro de las viviendas de Huamachuco se rige por su fácil elaboración, bajo costo y su asequibilidad, sin considerar las condiciones climáticas locales y el comportamiento de los mismos frente al clima local. Sánchez & Reyes (2015). Mostrada la realidad problemática, se formula el siguiente problema: ¿De qué manera el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales influye en el clima frío del Sector 2 de Huamachuco, 2020?

Esta investigación se justifica de tres maneras: Teórica, ayudará al desarrollo de criterios y lineamientos arquitectónicos para la edificación de las viviendas tradicionales de Huamachuco, y será un aporte significativo para el surgimiento de nuevas investigaciones relacionadas al tema. Metodológica, recopilará información mediante el descargo de estadísticas térmicas ideales de la OMS y de softwares calificados con el objetivo de poder determinar las características térmicas de los muros de estas viviendas. Social, se justifica por la misma necesidad de los pobladores por corroborar la eficiencia de los materiales y sistemas constructivos de sus viviendas en su intento por sosegar las cambiantes condiciones climáticas del lugar.

El objetivo general busca demostrar de qué manera el clima frío influye en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco. Se consideran como objetivos específicos: Demostrar la influencia de la temperatura y humedad en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco. Analizar la respuesta de la materialidad frente a las variaciones diarias de la temperatura en los muros de las viviendas

tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco. Definir los criterios constructivos para contrarrestar el clima a fin de mejorar el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco.

La hipótesis que se extraen de esta realidad problemática es

Hipótesis general:

El clima frío influye significativamente en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 de Huamachuco, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

National Research Council (2011), en su artículo *Medio ambiente, vivienda y gestión*, determina que todo ser vivo posee un entorno que siempre se verá afectado por dos factores, uno micro ambiental, relacionado con la humedad, el viento, la temperatura y composición del aire; y el segundo factor es el macro ambiental, directamente relacionado con el diseño de su propio habitáculo y sus condiciones físicas ambientales.

Calderón (2019), en su estudio *Evaluación del mejoramiento del confort térmico a través de la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en Bosa de Bogotá*, determinan la constitución de las materias que ayudan a la mejoría del confort térmico en un ambiente o vivienda, por lo que garantizan necesidades como las de regocijo, obtención de espacios propios, entre otros. Además, menciona que en los sectores de la periferia de Bosa, se usa bastante los materiales como el ladrillo, cemento y acero en las construcciones y/o edificaciones. Asimismo, explica cómo se realizaron las medidas periódicas para la determinación del balance térmico y la manera en la que los materiales que se emplean responden a las condicionantes climatológicas que existen a fin de no potenciar tan sólo el confort térmico, sino que asimismo se buscará optimizar la sostenibilidad de las viviendas, ya que se incrementará en un 6°C la temperatura de sus interiores. Por ende, el objetivo principal de su investigación se rige en el estudio de la termicidad de un ambiente informal en el proceso de su autoconstrucción, determinando que, la mejor solución para lograr el confort térmico en un hábitat autoconstruido serían los criterios constructivos sostenibles. Se aplicó técnicas y procedimientos para recolectar los datos como una herramienta de la investigación, haciendo uso de gráficos de barras y Givoni, entre otros. Finalmente concluye que las viviendas estudiadas presentan una deficiente construcción producida por los materiales que se usan, por lo que implementa el uso de la tierra en las viviendas a fin de ayudar a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

La revista *Arquitectura Eficiente* el año 2014, en su estudio *Confort térmico y las teorías del diseño bioclimático*, se explica al confort térmico como la condición mental en la que se expresa la satisfacción del usuario hacia el mismo ambiente térmico, basando su estudio en cartas bioclimáticas regidas por cuatro categorías: velocidad del aire, humedad relativa, la temperatura radiante y la temperatura del ambiente.

Cortés (2018), en su tesis *Análisis térmico de los sistemas constructivos comunes usados en techos y muros en viviendas de India*, en donde la intención fue analizar el rendimiento térmico de paredes y techos, de uso predominante en el sector residencial en la India. Esto se elaboró mediante la determinación del coeficiente global de transferencia de calor o el valor U, empleando la instalación de prueba de caja caliente protegida. Posteriormente, se estudió el ascenso y descenso de la temperatura diferencial del aire sobre el coeficiente global de transferencia de calor del techo de concreto de cemento reforzado y tres tipos de tipologías empleados en la construcción de muros de ladrillo hechos en arcilla cocida. Asimismo, fue posible determinar que los edificios brindaban confort térmico a través de la interacción entre el ambiente externo y los elementos constructivos que lo conforman, en otras palabras: muros, techos y acristalamientos. Un buen reconocimiento y análisis previo al rendimiento térmico de los materiales empleados en paredes, techos y acristalamientos puede, en definitiva, ayudar a estimar el grado de temperatura necesaria, ya sea en descenso o ascenso para poder mejorar la temperatura interior de cada uno de los ambientes.

Gonzales (2019), en su tesis *Soluciones constructivas para proteger la vida e integridad física de la población ante las heladas y friaje en Puno*, menciona que en el territorio peruano existen poblaciones alto andinas que poseen un hábitat que oscila entre los 3,800 y 5,000 msnm, en estos lares el cambio de temperatura suele ser radical y en sólo 12 horas podría llegar a existir una variación de hasta 30° (-20°C/+10°C), los pobladores asentados en zonas alto andinas tienen que tolerar una geografía agreste además de un clima inclemente, es por esto que en la construcción de sus viviendas o cabañas,

como los habitantes las llaman, suelen ser de piedra o adobe, adicionados con algo de barro en las juntas, e incluso solían tener los techos de paja ichu. La estrategia de esta investigación busca generar nuevos conocimientos sobre las técnicas de construcción, reparación e idealmente construcción nueva, no solo a los constructores del lugar, sino también a los mismos pobladores que cumplen el rol de ser auto constructores de sus viviendas. Planteando como objetivo evaluar en qué medida las soluciones constructivas influyen en la protección de la vida e integridad física de la población ante las heladas y friaje en Puno. Con una investigación de tipo básico o teórico con enfoque cuantitativo el autor describe, correlaciona y explica la realidad; con una población de estudio que la conforma las personas asignadas en los sectores de friajes y heladas de empresas constructoras que intervienen, con una muestra de 35 investigadores, se aplicó instrumentos como la encuesta para obtener y analizar los datos necesarios para concluir diciendo que las construcciones deben realizarse con materiales como el barro, piedra, madera e ichu, a fin de obtener un clima favorable en estas viviendas para beneficio de los usuarios.

Juárez (2019), en su investigación *Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta – Cusco*, afirma que las temperaturas mínimas en el Sur del Perú son más intensas debido a la constante alteración del clima y determina que los sectores rurales están propensas a obtener enfermedades respiratorias. También menciona que las construcciones en Perú han dejado de lado el uso de materiales tradicionales y sostenibles como el adobe, el tapial y la quincha, cambiándolas por materiales industrializados, los materiales de construcción vernacular a diferencia de los procesados presentan ciertas características de acondicionamiento térmico brindándoles un confort térmico a estas edificaciones; el caso presentado es la vivienda de la zona rural de la provincia de Anta en Cusco, que se encuentra a una altitud por encima de los 3457 msnm, donde la construcción en tierra es de 97.5%, según el Censo Nacional de Población y vivienda 2007 INEI. Actualmente, estas viviendas no responden a las condiciones térmicas de habitabilidad que requieren para sus

usuarios, generando grandes déficits de calefacción, trayendo consigo perjuicios a la salud por el incremento de las bajas temperaturas en la zona. Con una investigación explicativa-experimental; se realiza un estudio en las viviendas que se ubican en zonas rurales de la provincia de Anta, tomando dos tipologías de muestras tanto para el análisis y características de estas como para el experimento que toma a las viviendas que se analiza en la primera muestra. El aporte de esta investigación, mediante el estudio realizado a las viviendas de adobe en zona rural, es proponer una alternativa de solución para mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad dentro de las viviendas existentes en la zona de estudio, a través de un sistema de climatización pasiva acorde a las características sociales, culturales, y ambientales de estas.

El clima en Huamachuco, en los veranos es nublado y fresco, en los inviernos son concisos, fríos y arbitrariamente anubarrados, mientras que en todo el año continúa seco. Al transcurrir el año, su temperatura cambia de 2° a 15°C y casi nunca disminuye a -1° o incrementa a 18°C. (SENAMHI, 2019)

Velasco (2015), dice que la humedad relativa y radiante media, son componentes característicos del clima que se miden en los ambientes y donde suceden los resultados de transmisión del acaloramiento tanto desde el principio, proceso y llegar hasta los usuarios que se localizan en un determinado ambiente dentro de las viviendas.

Delgado (2015), respecto a los efectos del clima sobre el hombre y la arquitectura, recalca que las viviendas toman la imagen de muros o cercas ante las lluvias, vientos y en varias ocasiones funcionan como filtradores ante la luz solar y el acaloramiento; además son cobijos para el ser humano que hace milenios busca protegerse del contexto climático variante. Analizar la climatología en la arquitectura implica estudiar el clima y sus anomalías atmosféricas (temperatura, humedad y vientos) que intervienen sobre cada uno de los miembros de una vivienda influenciando en su percepción, salud y bienestar. La climatología ha sido el pilar por el que desde hace varios años

se han venido investigando los tipos de sistemas constructivos que contestan a el clima del lugar por encima del territorio en sí.

Astudillo (2019), habla que se entiende una vivienda como un aislante térmico se podría segregarse en tres elementos arquitectónicos: pisos, cubiertas y muros, pero entre los tres el principal encargado de la transmisión de calor al interior son los muros, ya que aquí es donde se concentra el mayor componente de área de transferencia de calor de la vivienda, considerando como materiales el adobe o tapial (hecho con tierra, paja y agua), el espesor del muro entre 0.40m hasta 0.60m y con una baja conductividad térmica de adobe equivalente a 0.95 W/m-k.

Rodríguez, Nàjera & Martín (2018), consideran que El desempeño térmico, equilibrio o balance térmico, se denominan entre el ser humano y el ambiente, requiriendo de mecanismos regularizados como por ejemplo el acaloramiento, dependientes del proceso metabólico que se desprende del clima, específicamente del calor que se va evaporando o también del cambio que se da por la radiación solar como es la conducción o convección.

Acero (2016), respecto a la evaluación y diseño de viviendas modulares térmicas, considera que los materiales de construcción generalmente se usan fusionándose entre los mismos para la mejora de la calidad de vida, como puede ser el adobe que se desempeña perfectamente en los muros portantes a presión, por lo que para incrementar las propiedades son indispensables adicionar pajas o ichus en la composición en gran proporción y considerando características apropiadas.

Lactayo (2018), considera que el adobe tiene como característica prioritaria la absorción, retención y restitución del calor, ya que cuando su mínima temperatura fluctúa, su temperatura interna se incrementa; además de ser un material artesanal sus componentes sólidos no tienen una dimensión fijada y no se compactan ya que están niveladas. El adobe demuestra un atraso térmico ya que succiona el humedecimiento del medio ambiente gracias al

calor y la densidad del material, además como se necesita como mínimo un espesor de muro de 0,60 m y finalmente un tarrajeo de barro, yeso o cal.

Fanger (2015), menciona que un área de confort se describe como señal de que el ser humano emplee la más mínima energía para adecuarse al contexto, el confort es una de los temas prioritarios para el diseño y construcción de viviendas, edificaciones, etc. En pocas palabras es la sensación para no sentir calor ni frío, ya que las condicionantes temperamentales, humedades y movilidad del aire son adecuadas a la acción que se desarrolla. Por lo que hay factores y/o parámetros elementales que contribuyen en la reducción de calidez del hombre, perjudicando al bienestar térmico. Los parámetros que delimiten al confort térmico están, la temperatura del aire, temperatura media radiante, humedad relativa y la velocidad del aire.

Salas (2016), dice que los sistemas constructivos de las viviendas tradicionales en zonas altoandinas consisten en dos tipos de muros predominantes, tapial y muros de carga con elementos de adobe. En cuanto a acabados no se pretende ostentar ningún criterio más que la habitabilidad y las posibles condiciones térmicas de manera empírica.

Velasco (2015), define a la temperatura ambiental, es constituyente del clima particular de una región y sus principios obtienen cualidades físicas de la atmosfera.

De acorde al Diccionario Oxford (2016), confort es una condición del material que proporciona la comodidad y bienestar de los usuarios.

La ley de confort térmico y lumínico Perú (2014), define que el confort térmico, es la noción cálida neutralizada de las personas, referente a los ambientes establecidos, además son condiciones mentales en la que se manifiesta el agrado de los ámbitos o sectores.

Godoy (2014), menciona que la principal condición del confort térmico es precisamente la neutralidad de la temperatura, en otras palabras, neutralidad térmica, esto explica que el usuario no siente ni frío, ni calor, en el interior de un ambiente.

La resistencia térmica, es el rango fisiológico de algunos materiales que calcula el volumen de la oposición de los flujos del calor y se utilizan para la determinación del volumen del ascetismo térmico de estos materiales. (IVE, 2015)

Alvarado, Marino, Juárez, & Calderón (2015), definen a la conductividad térmica como una propiedad de transmisión o transporte de la temperatura, es útil en el cálculo el balance de energía en casos prácticos de transferencia de radiación solar, así como en la selección de materiales bioclimáticos.

Yépez, Chávez, Ferriño, Aguilar y Sánchez (2017), mencionan que la geometrización del muro es la medición física de la rigidez lateral del diseño de la vivienda, evalúa los atributos de geométricos, grietas e incluso destajos de la misma pared.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

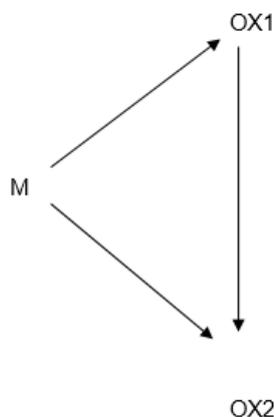
El tipo de investigación fue básico, ya que no tuvo una aplicación práctica inmediata. Esta investigación se enfocó explícitamente en generar nueva información sobre el problema presentado a través de la observación y recopilación de datos a fin de demostrar de qué manera el clima frío influye en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del Barrio Santa Ana Sector 2 de Huamachuco.

Diseño de investigación:

Diseño no experimental: Correlacional - Causal o Explicativa. Esto se fundamenta en la descripción y el análisis de un evento en su contexto natural sin alteración alguna del investigador, es decir, no se pretende construir ninguna situación, sino que, por el contrario, se observan situaciones ya existentes para posteriormente ser analizadas. (Dzul, 2017)

Figura 1

Diagrama del diseño correlacional - causal



Nota. El gráfico muestra la relación unidireccional entre la observación realizada en ambas variables, teniendo la observación de la variable "clima frío" como OX1 y observación de la segunda variable "desempeño térmico" como OX2. Asimismo se tiene a M como las muestras realizadas en el estudio.

Fuente: Metodología de la Investigación (Marroquín, 2012)

3.2 Variables y operacionalización

Esta investigación poseerá dos variables bien definidas en la realidad problemática expuesta, la variable independiente clima frío, y la variable dependiente desempeño térmico.

Variable Independiente: Clima frío

Se define como un período donde por 3 días consecutivos la temperatura promedio del aire es menor de 4°C y durante un día no sea mayor a 10°C de por más de 30 minutos. Este clima se rige por la temperatura, precipitaciones, humedad presente y el viento. (Medina & Quispe, 2017)

Dimensiones:

- Temperatura ambiental
- Humedad
- Viento

Variable Dependiente: Desempeño Térmico

El desempeño térmico se entiende como la contribución que tienen los sistemas constructivos sobre el comportamiento térmico de un edificio. Es decir, como la asociación de las características térmicas de los materiales abióticos o inertes que son los componentes de la estructura y las condiciones de confort que se transmiten a los usuarios a través de las envolventes arquitectónicas, ya sean los muros o las cubiertas. (Rodríguez, Nájera & Martín, 2018)

Dimensiones:

- Confort Térmico
- Materialidad
- Sistemas constructivos

Ver Cuadro de Operacionalización en Anexo N° 3.

3.3 Población, muestra y muestreo

Acorde al último censo realizado en el año 2017 por el INEI, en el Sector 3 de Huamachuco hubo un aproximado de 3916 viviendas, de las cuales 1 118 de ellas han sido construidas de forma tradicional y poseen muros que han sido elaborados predominantemente con adobe en más del 80% de la edificación. Posteriormente se eligieron 700 viviendas ubicadas a 23 metros alrededor del Río Grande en el Sector 2 de Huamachuco.

De estas 700 viviendas, se obtuvo una muestra de 62 viviendas tradicionales construidas con muros de adobe a 23 metros del Río grande del Sector 2 de Huamachuco. (Ver Anexo N.º 6)

Tabla 1

Estratificación de la muestra por tipo de material constructivo.

TIPO	CATEGORÍA	CANTIDAD	%	PROPORCIÓN
1	Viv. con muros de adobe	700	62.61%	38
2	Viv. con muros de quincha	300	26.83%	17
3	Viv. con muro tapial	118	10.56%	7
TOTAL		1118 unid.	100%	62 viviendas

Fuente: Elaboración propia

Nota. Después de conseguir las 62 viviendas como muestra, se estratificaron las viviendas a fin de reconocer explícitamente a aquellas viviendas de adobe, obteniendo un número total de 38 viviendas edificadas con mencionado material.

El tipo de muestreo que se aplicó en esta investigación es el estratificado, ya que se seleccionó un tipo de vivienda en un determinado espacio.

Finalmente, la muestra poblacional de este estudio de investigación, fue de 24 viviendas tradicionales con muros de adobe a 23 metros alrededor del Río Grande del Sector 2 de Huamachuco, de las cuales se escogieron viviendas esquineras, medianeras y aisladas.

Tabla 2

Estratificación de la muestra por ubicación de la vivienda.

TIPO	CATEGORÍA	CANTIDAD	%	PROPORCIÓN
1	Viviendas esquineras	8	21.05%	5
2	Viviendas medianeras	20	52.63%	13
3	Viviendas aisladas	10	26.32%	6
TOTAL		38 unid.	100%	24 viviendas
Tamaño muestral = 24 viviendas				

Fuente: Elaboración propia

Nota. Las 38 viviendas edificadas con adobe se clasificaron por la ubicación en su manzana en: viviendas esquineras, medianeras y aisladas a proporción, con el objetivo de reducir el tamaño muestral a 24 viviendas.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 3

Clasificación de los instrumentos de recolección de datos.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Encuesta	Cuestionario
Fichaje	Fichas de observación

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la recolección de datos se realizó mediante instrumentos tales como fichas de observación y encuestas, que se realizaron durante el desarrollo de la recolección de datos para obtener el alcance de los objetivos planteados en esta investigación.

Encuestas: Este instrumento se realizó para recopilar los datos suficientes sobre la percepción de los usuarios que habitan en las viviendas en estudio y así poder analizar el confort térmico recibido. La

validación de este instrumento se realizó a través de la validación por expertos y la confiabilidad mostrada a través del Alfa de Cronbach previa prueba piloto en el programa SPSS versión estudiantil. Ver Anexo 06: Alfa de Cronbach.

Fichas de observación: Se utilizaron para recopilar los datos técnicos útiles a fin de poder diagnosticar el desempeño térmico de la vivienda gracias a la observación de los investigadores y a su vez, de la manipulación y uso de equipos profesionales y semi profesionales tales como: Weather Station Lacrosse Model WS 9230U-IT (instrumento útil para determinar la humedad y la temperatura exterior e interior exacta de un ambiente) y un Anemómetro (instrumento para medir la velocidad y presencia de los vientos). Esta ficha de observación obtuvo su validez y confiabilidad necesaria a través de la validación por expertos con experiencia en el tema de estudio. (Ver Anexo 08: Validación de la ficha por tres expertos.)

3.5 Procedimientos

El análisis de los datos se realizó bajo las directrices previamente planeadas en cada uno de los indicadores presentes en las dimensiones de las variables de esta investigación, se recopilaron los datos necesarios para dicho análisis a través de los instrumentos mediante un estudio in situ, posteriormente se adjuntó esta información con el objetivo de poder organizarla adecuadamente a fin de analizarla.

3.6 Método de análisis de datos

Tras la recopilación de datos se efectuó el análisis de los datos mediante la estadística descriptiva a fin de efectuar resultados y conclusiones totales y porcentuales. El procesamiento de los datos se dio a través del software SPSS versión estudiantil y el método del Alfa de Cronbach, con el objetivo de determinar las transferencias de calor y requerimientos de climatización en los muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 del barrio Santa Ana de Huamachuco.

3.7 Aspectos éticos

De acuerdo con Santi (2013), en este informe de investigación, los aspectos éticos, se describen primordialmente a la privacidad de información que proporcionarán los sujetos. A cada colaborador se le dio una encuesta mediante un cuestionario, con el consentimiento de cada uno, respetando sus valores, creencias y sobre todo la protección de su bienestar físico y psicológico, haciendo uso de su conocimiento sobre este tema de investigación, el método a emplear y la importancia de sus resultados, para el estudio y beneficio de los habitantes. Finalmente, toda la información que se ha recaudado es original y autentica, sin ningún tipo de plagio.

IV. RESULTADOS

4.1 Ubicación

La investigación se enfocó en el estudio de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de la ciudad de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, Departamento La Libertad, Perú. La ciudad de Huamachuco se ubica a una altitud de 3.269 m.s.n.m. con coordenadas geográficas: Latitud: -7.81583, Longitud: -78.0489 7° 48' 57" Sur, 78° 2' 56" Oeste.

Figura 2

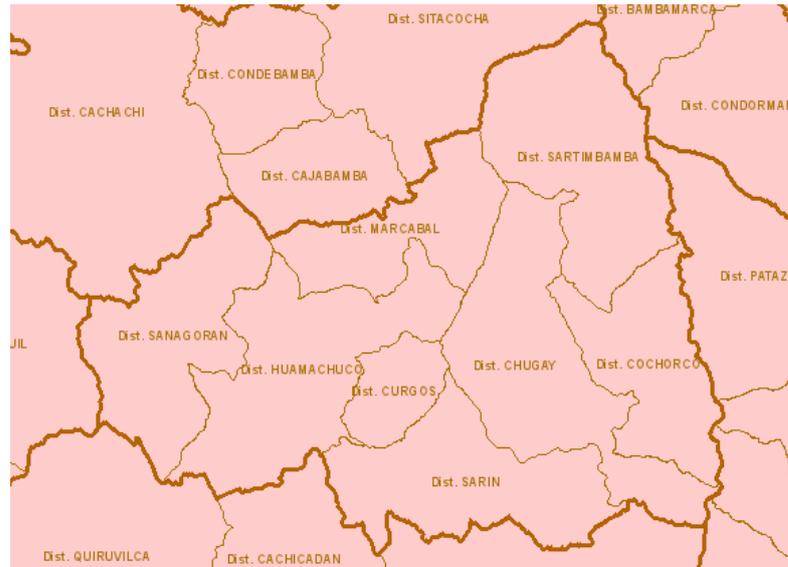
Ubicación de la provincia Sánchez Carrión. Departamento La libertad.



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano de Huamachuco, 2016

Figura 3

Delimitación de los distritos pertenecientes a la provincia Sánchez Carrión



Fuente: Banco de Información Distrital INEI, 2020)

Figura 4

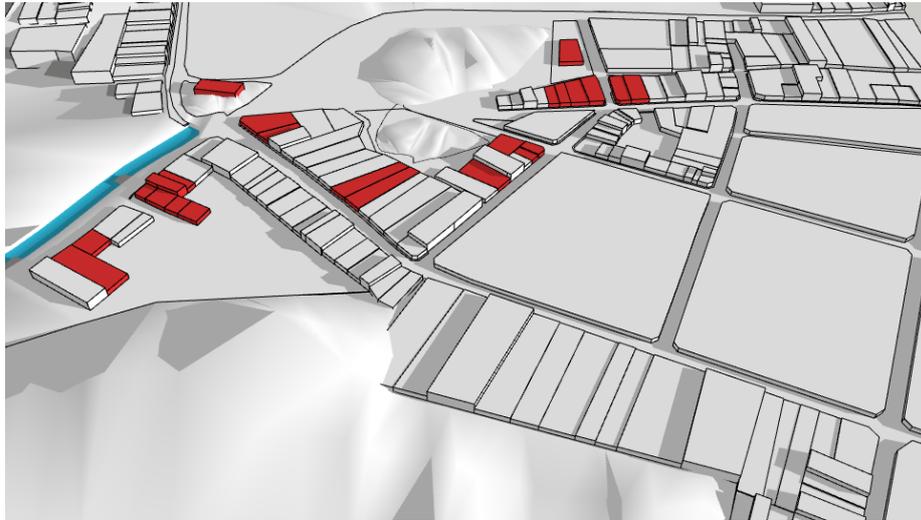
Distrito de Huamachuco



Fuente: Banco de Información Distrital INEI, 2020

Figura 5

Delimitación y ubicación de las viviendas en estudio, Barrio Santa Ana, Sector 2, Huamachuco



Fuente: Elaboración Propia

El acceso al Sector 2 del distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, se da por vía terrestre. La duración del viaje desde Trujillo es de 4 horas aproximadamente. La ruta de viaje se emplaza por las carreteras Laredo-Samne / Carretera 10A y Carretera 3N.

4.2 Descripción general del lugar en estudio

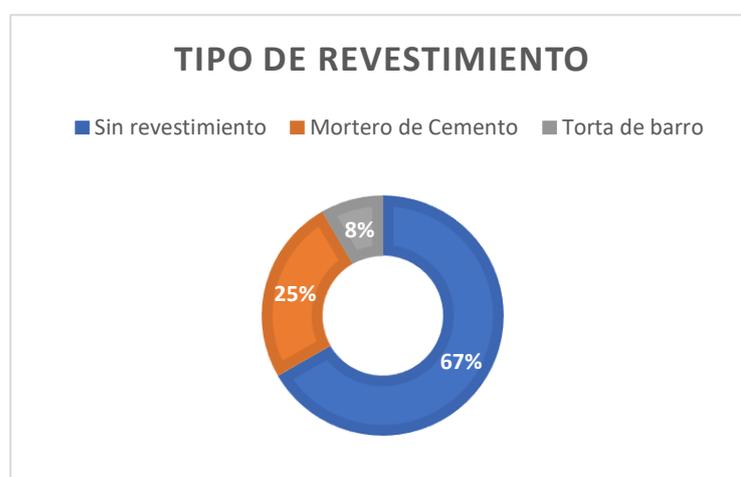
El barrio Santa Ana del Sector 2 consta aproximadamente de 194 viviendas, de ellas el 51.5% son viviendas tradicionales. El lugar se encuentra a tan sólo 7 cuadras del centro de Huamachuco y es una de las zonas más olvidadas de la ciudad, los pobladores del lugar practican la auto edificación en sus viviendas sin prever criterios constructivos que ayuden no sólo a poder subsistir sino a brindarles un confort térmico óptimo gracias al desempeño térmico de sus muros.

4.3 Características físicas de las viviendas tradicionales

Las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana fueron autoconstruidas por los mismos pobladores. Los datos recolectados in situ nos mostraron que el 100% de las viviendas utilizadas en el presente estudio fueron edificadas con adobe, teniendo dos variaciones entre el revestimiento empleado, mortero de cemento y barro. La elección del material se rige por su fácil elaboración en lo tradicional de su construcción, por su bajo costo y asequibilidad, sin tomar en cuenta el comportamiento térmico de los materiales ni las condiciones climáticas locales. Los acabados tal y como lo menciona Salas (2016) en su investigación, no se pretende ostentar ningún criterio más que la habitabilidad y las posibles condiciones térmicas de manera empírica.

Figura 6

Tipo de revestimiento



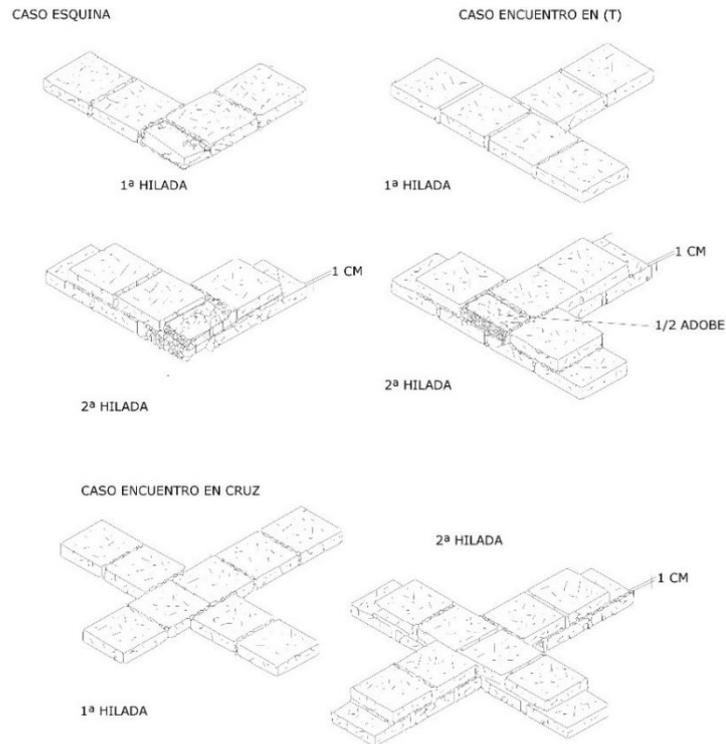
Fuente: Elaboración propia

Los criterios constructivos inmersos en la edificación de las viviendas tradicionales son:

En el amarre y cerramiento de los muros, el ancho del muro es de 0.40 cumpliendo con lo estandarizado en la Norma E.080 del RNE, y posee un mortero de 2 cm de grosor en la unión de cada hilada:

Figura 7

Criterios constructivos

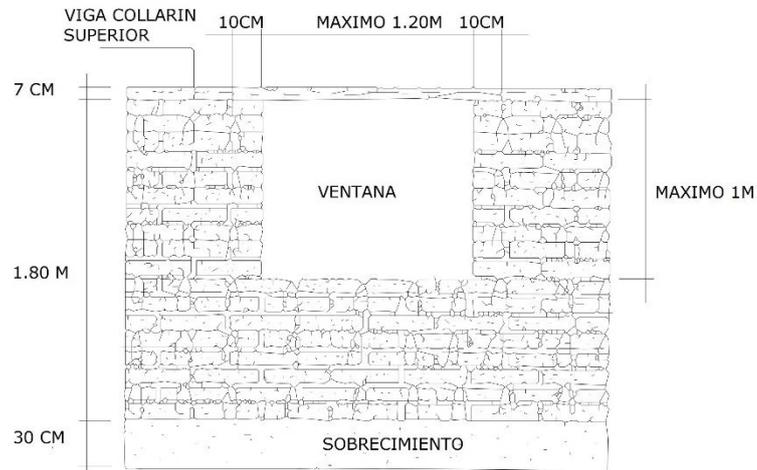


Fuente: Elaboración propia

Sobre la apertura de los muros, cada uno de los vanos tiene limitaciones en sus dimensiones debido a las condiciones físicas del material y al listón de madera que se emplea para soportar el adobe superior, tal y como se muestra a continuación:

Figura 8

Apertura de muros



Fuente: Elaboración propia

Se encontró un ancho menor al 1.20 mts en los vanos de las ventanas y una altura promedio de 0.80.

4.4 Características del clima

Huamachuco por su ubicación obtiene una radiación solar global de 6400 w/m² y un azimut de 92.14 con una elevación de 14.85°.

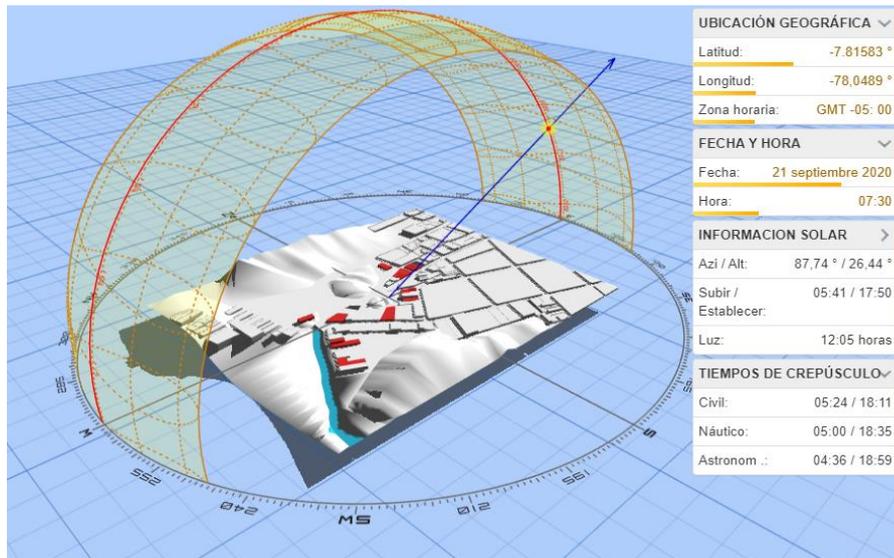
El clima, tal y como lo menciona en su investigación Medina (2017) fue estudiado por tres factores (temperatura, humedad relativa y velocidad de los vientos) en tres intervalos diarios, tales como:

- Mañana: 7:00 a.m.

Durante este período de toma de datos se obtuvo que, la temperatura ambiental obtenida fue de 13.33 °C, asimismo, la humedad relativa fue del 72% y la velocidad de los vientos fue de 4 Km/h.

Figura 9

Información solar en la mañana



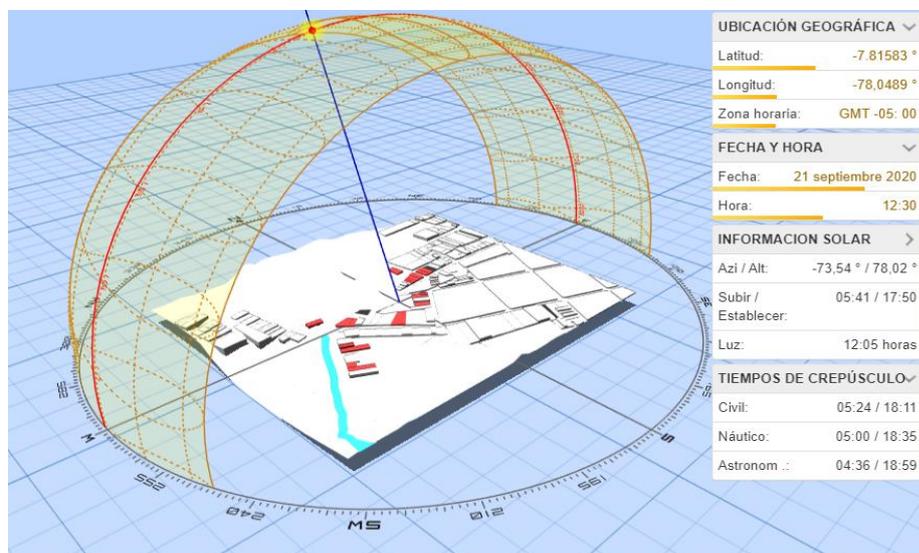
Fuente: Elaboración propia – Software online SunPath 3d

- Tarde: 12:30 p.m.

Durante este período de toma de datos se obtuvo que, la temperatura ambiental obtenida fue de 15.56 °C, asimismo, la humedad relativa fue del 42% y la velocidad de los vientos fue de 16 Km/h.

Figura 10

Información solar en la tarde



- Fuente: Elaboración propia – Software online SunPath 3d

- Noche: 20:30 p.m.

Durante este período de toma de datos se obtuvo que, la temperatura ambiental obtenida fue de 9.44 °C, asimismo, la humedad relativa fue del 83 % y la velocidad de los vientos fue de 10 Km/h.

4.5 Tipología de las viviendas

Para un mejor análisis se agruparon las 24 viviendas empleadas en esta investigación en 3 tipos definidos por la materialidad del muro.

- Vivienda Tipo 1: Adobe sin revestimiento

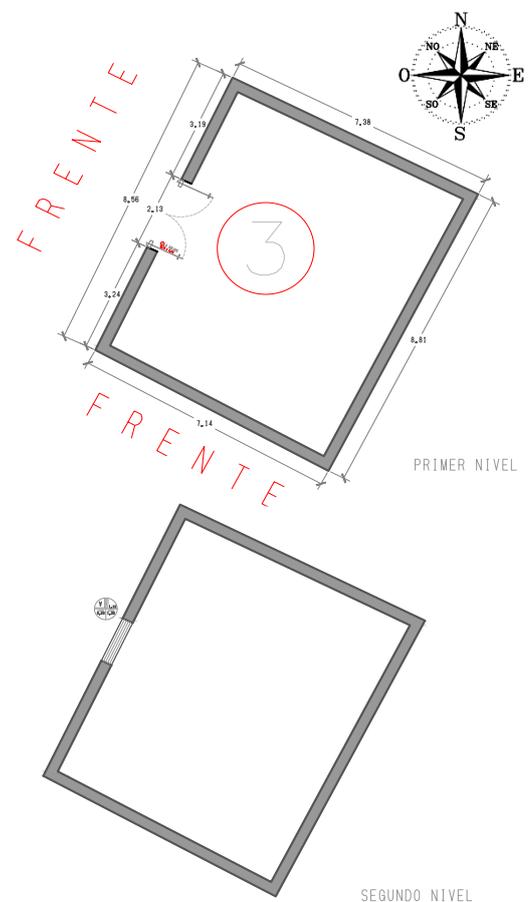
La vivienda de tipo 1 se caracteriza por no utilizar ningún revestimiento en su construcción, es decir, sólo se utilizó el adobe como único material en la edificación del muro. Conociendo de antemano que el adobe posee una conductividad térmica de 0.82 W/mK dicha vivienda tiene un desempeño térmico óptimo con un aumento en su temperatura de 3.33°C durante la toma de datos entre los tres distintos intervalos del día.

Figura 11

Vivienda 1 de adobe sin revestimiento



Fuente: Elaboración propia

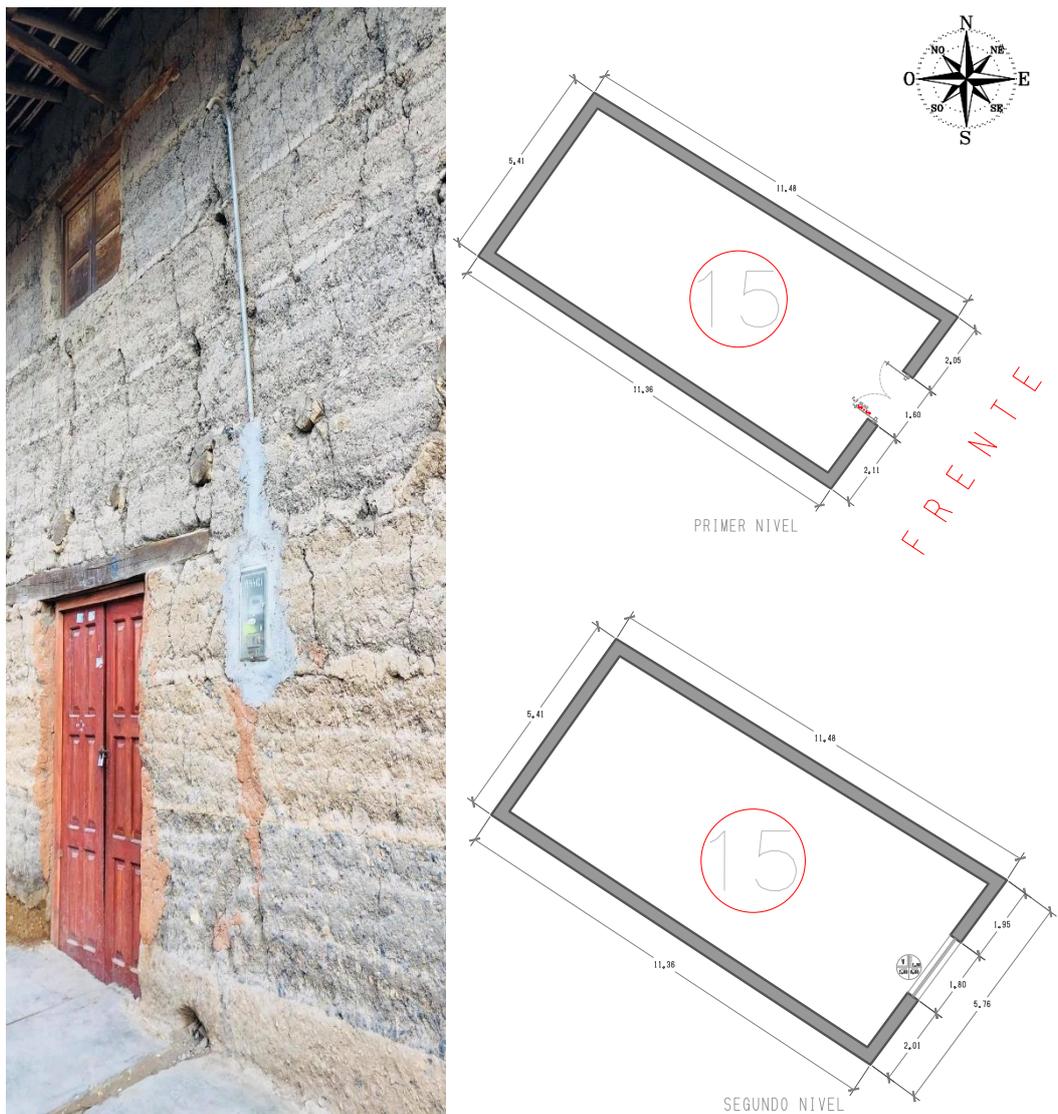


- Vivienda 2: Adobe con revestimiento de barro

La vivienda de tipo 2 se caracteriza por emplear, aparte del adobe como material inicial, un revestimiento de torta de barro, este revestimiento presenta una conductividad térmica mucho mayor al mismo adobe con 1.279 W/mK, superando el 0.82 W/mK que presentaba la vivienda tipo 1, esto debido a la combinación de materiales y el retraso térmico generado. El desempeño térmico es mucho mayor, con un aumento en su temperatura de 5.45°C durante la toma de datos entre los tres distintos intervalos del día.

Figura 12

Vivienda 2 de adobe con revestimiento de barro



Fuente: Elaboración propia

- Vivienda 3: Adobe con revestimiento de mortero de cemento

La vivienda de tipo 3 al igual que la vivienda 2 utiliza un revestimiento adicional al propio adobe, pero esta vez de mortero de cemento, al ser un material frío con una conductividad térmica de 0.09 W/mK muestra un aumento en la temperatura de 1.53°C durante la toma de datos, esto demuestra que en comparación con la vivienda 1, el mortero de cemento genera una deficiencia en el adobe como aislante térmico provocando que la temperatura se reduzca en 1.8°C .

Figura 13

Vivienda 3 de adobe con revestimiento de mortero de cemento



Fuente: Elaboración propia

De las 24 viviendas tomadas como muestra, el 37.5%, es decir, 9 viviendas poseen una fachada con orientación hacia el oeste; el 41.7%, es decir, 10 viviendas poseen una fachada con orientación hacia el sur y 5 viviendas con un 20.8% tienen una fachada hacia el este. De todas ellas, las viviendas más perjudicadas fueron aquellas que presentaron una fachada hacia el sur, ya que reciben un impacto directo de los vientos produciendo una reducción notable en el desempeño térmico de sus muros. Por ello para cada tipo de vivienda clasificada por su orientación se realizaron las recomendaciones siguientes.

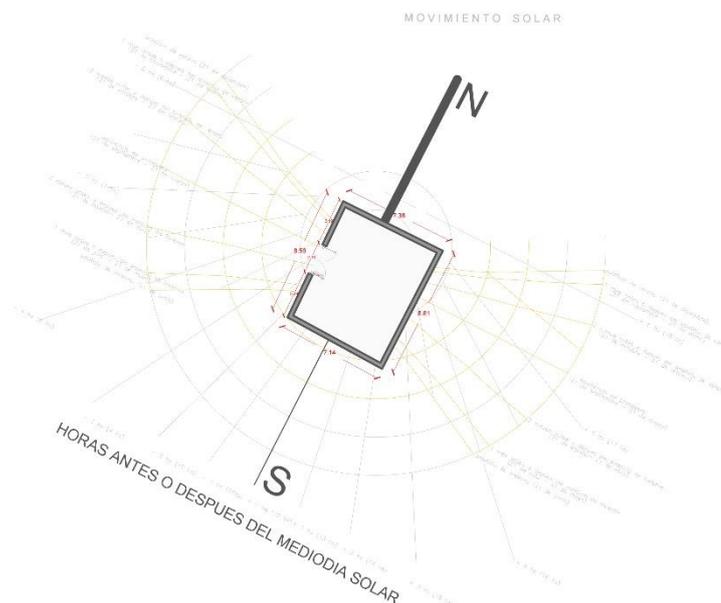
VIVIENDA TIPO 1: Con fachada al oeste

- Orientación del edificio:

Esta vivienda posee dos fachadas, la principal al oeste con un ingreso directo y la secundaria hacia el sur con un muro perimetral que funciona de protector.

Figura 14

Orientación de la vivienda con fachada al oeste



Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Captación de la radiación solar e impacto de los vientos fríos en la vivienda con fachada al oeste

RADIACION SOLAR

ESTE - OESTE

Facha este y oeste mayor concentración de calor



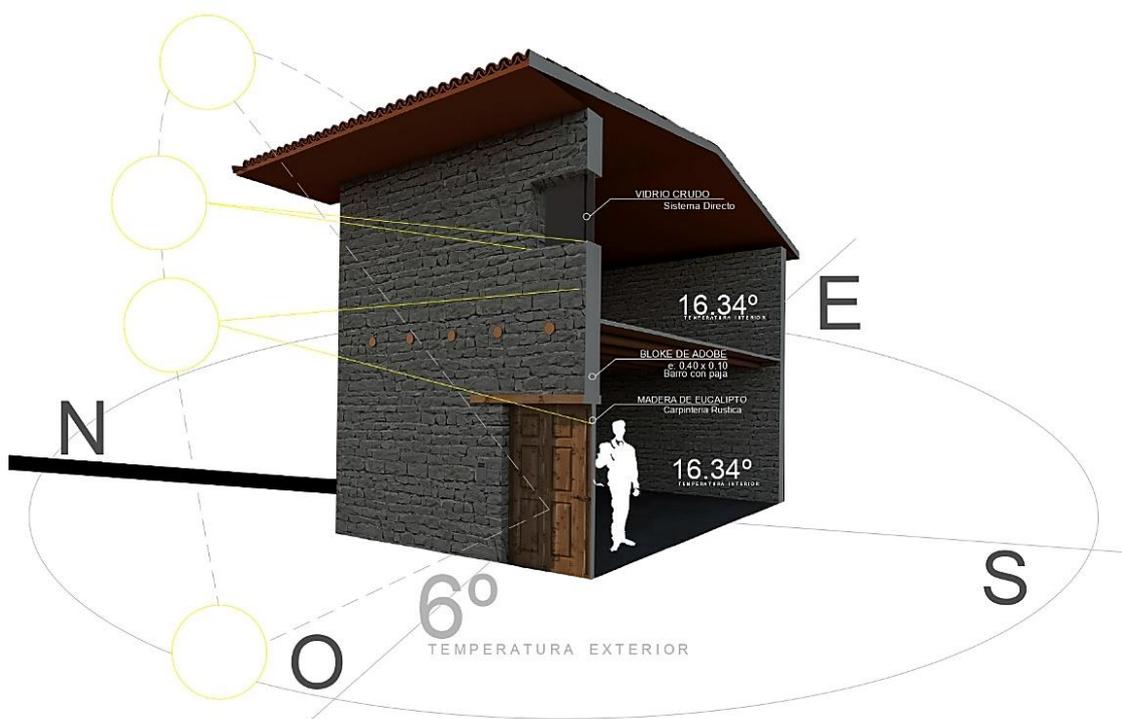
Fuente: Elaboración propia

- Aprovechamiento y transformación de la radiación solar en calor:

La fachada principal no aprovecha el recorrido solar en su totalidad, si bien se aprovecha la radiación solar a través del espesor del muro y la mínima abertura de vano posible, esto podría incrementar su temperatura interior de 16.34°C a 21°C.

Figura 16

Captación de la radiación solar e impacto de los vientos fríos en la vivienda con fachada al oeste.



Fuente: Elaboración propia

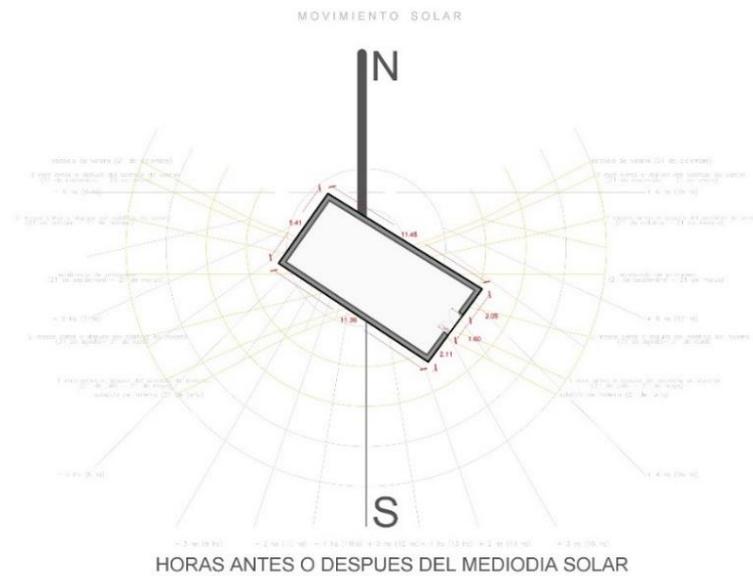
VIVIENDA TIPO 2: Con fachada al este

- Orientación del edificio

Esta vivienda tiene una favorable incidencia solar puesto que el mayor porcentaje de horas, el sol esta direccionado hacia su fachada principal incrementando así su desempeño térmico.

Figura 17

Orientación de la vivienda con fachada al este.



Fuente: Elaboración propia

Pese a poseer una buena orientación solar la morfología (ancho: 5.41 ml. y largo: 15.48 ml.) del terreno no ayuda a captar la mayor incidencia solar posible, es decir, la radiación directa sólo se da únicamente a través de la fachada, esto por la extensión longitudinal de la edificación.

Figura 18

Captación de la radiación solar e incidencia de calor directo en la vivienda con fachada al este.



Fuente: Elaboración propia

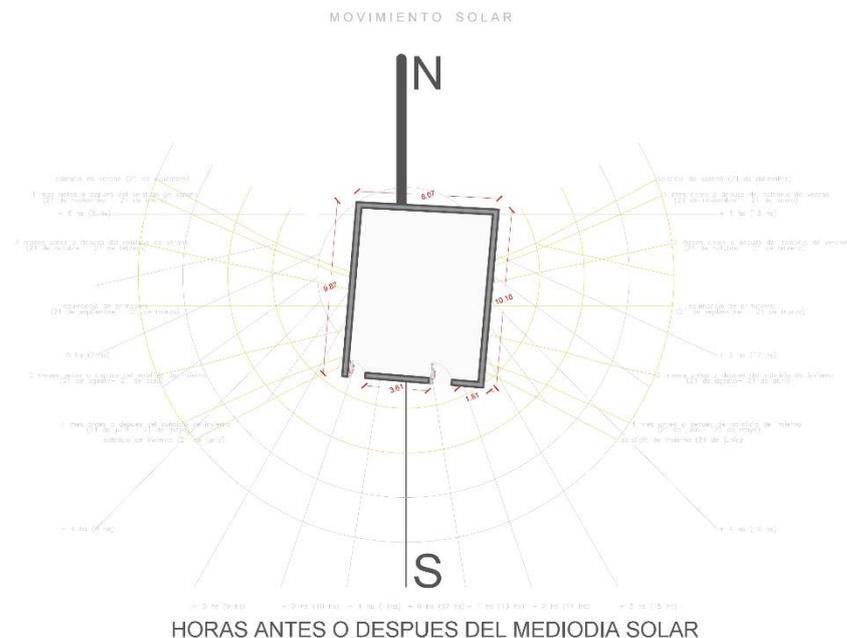
VIVIENDA TIPO 3: Con fachada al sur

- Orientación del edificio

La vivienda presenta diferentes problemas de desempeño térmico, puesto que el material industrial utilizado en su revestimiento posee conductividad térmica deficiente perjudicando así las cualidades térmicas propias del adobe. Esta vivienda presenta dos vanos para el ingreso y dos vanos para la ventilación en su única fachada hacia el sur, teniendo en cuenta que mientras mayor sea la abertura del vano, menor será el desempeño térmico del muro.

Figura 19

Orientación de la vivienda con fachada al sur.



Fuente: Elaboración propia

- Aprovechamiento y transformación de la radiación solar en calor

Se recomienda evitar revestir los muros con materiales que presenten una conductividad térmica deficiente y con características frías, asimismo, emplear aberturas de vanos puntuales a fin de evitar la pérdida de captación de calor a través del desempeño térmico de los muros.

Figura 20

Impacto de los vientos fríos en la vivienda con fachada al sur



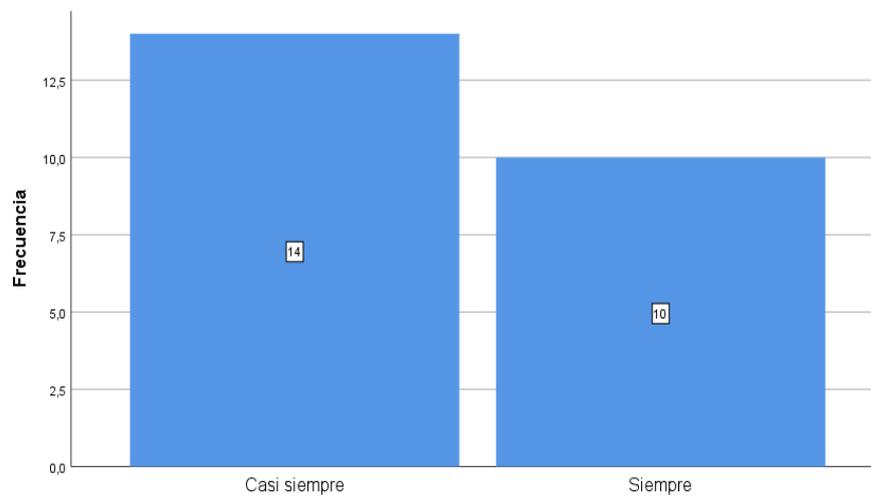
Fuente: Elaboración propia

4.6 Influencia de la temperatura y humedad en el confort térmico

La percepción del usuario sobre tanto la temperatura como la humedad al interior de las viviendas tradicionales denotó que bajo la dimensión confort térmico, los pobladores del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco experimentan frío constantemente respondiendo el 58.3% a “Casi siempre” y un 41.7% a “Siempre”. Todo esto pese a habitar viviendas tradicionales elaboradas con un material térmico como el adobe y hallarse una temperatura máxima de 20°C.

Figura 21

Percepción del frío en ambientes de la vivienda.

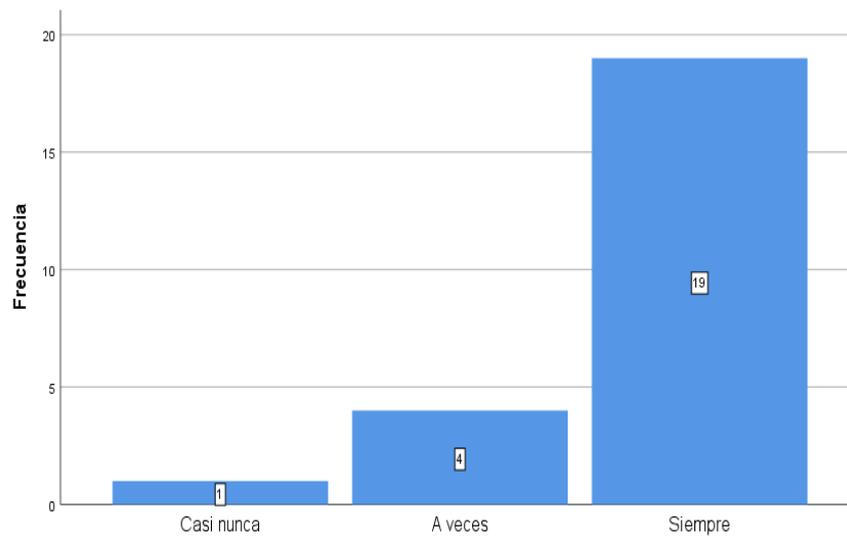


Fuente: Elaboración propia

Sobre la humedad relativa como factor ambiental presente en el interior de las viviendas, el 79.2% de los pobladores del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco siempre visualizan humedad en el interior de sus viviendas, el 16.7% respondió “A veces” y sólo 1 de 24 (4.2%) viviendas utilizadas en la muestra mencionó casi nunca apreciar rasgos notables de humedad en su vivienda.

Figura 22

Visualización de la humedad en el interior de las viviendas



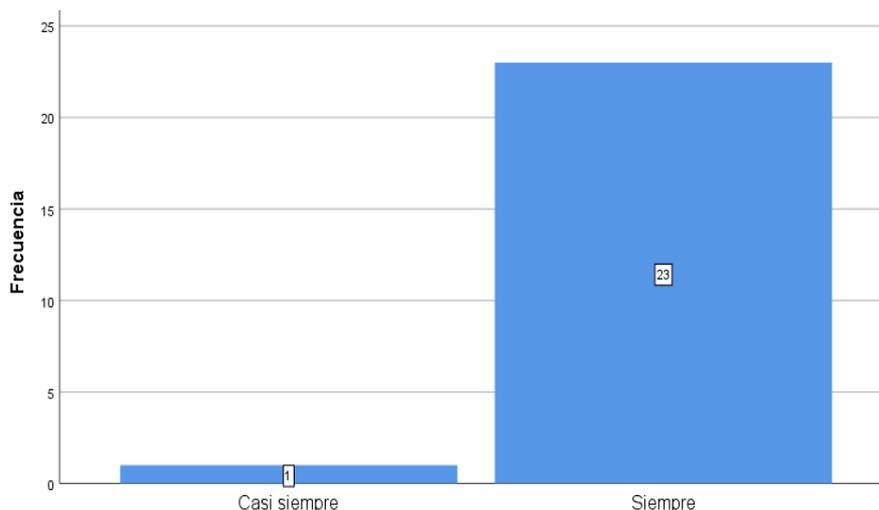
Fuente: Elaboración propia

4.7 Respuesta de la materialidad frente a las variaciones diarias de la temperatura

En esta dimensión, la pregunta tuvo una sola postura en su totalidad, todos los usuarios habitantes de las 24 viviendas utilizadas como muestra afirmaron percibir frío durante las noches en el interior de su vivienda con un 95.8% en siempre y un 4.2% que afirmó un casi siempre.

Figura 23

Percepción del frío durante las noches en el interior de la vivienda

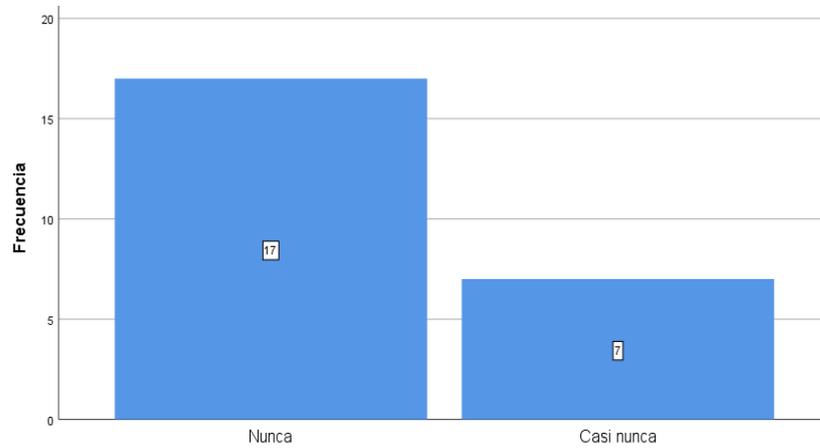


Fuente: Elaboración propia

Los habitantes del lugar en estudio no realizan ningún tipo de mantenimiento a sus muros desde su construcción. Un 70.8% afirmó que nunca ha realizado ninguna clase de tratamiento y un 29.2% mencionan que casi nunca realizaron un mantenimiento a sus muros.

Figura 24

Frecuencia de un adecuado mantenimiento de los muros de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

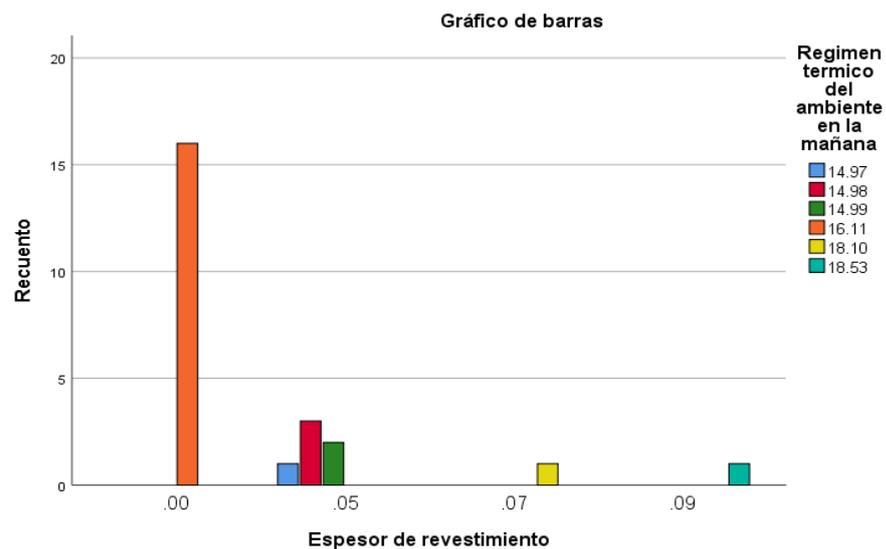
Acorde a esta dimensión, todas las viviendas tradicionales usadas en la muestra fueron edificadas con adobe, debido a esto el revestimiento y su espesor tomó una mayor relevancia en la respuesta de la materialidad de sus características térmicas y físicas sobre el clima frío en el ambiente.

Los muros que no poseen ningún revestimiento, en otras palabras, que están edificadas únicamente con adobes, reflejan un aumento de la temperatura ambiental del exterior hacia el interior de un promedio de 3°C. Los muros que poseen un revestimiento de barro (espesores de 0.07 y 0.09 mts) presentan un aumento de la temperatura en 5°C; mientras que los muros que tuvieron un revestimiento del mortero de cemento obtuvieron el menor aumento del régimen térmico de tan sólo 2 °C.

Durante la mañana:

Figura 25

Espesor de revestimiento - régimen térmico del ambiente en la mañana

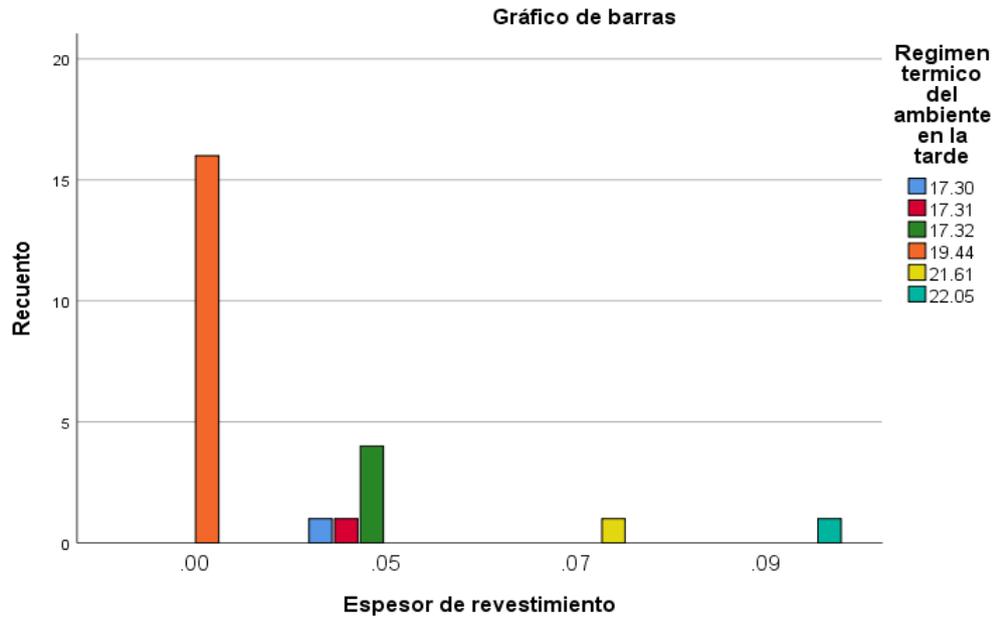


Fuente: Elaboración propia

Durante la tarde:

Figura 26

Espesor de revestimiento - régimen térmico del ambiente en la tarde

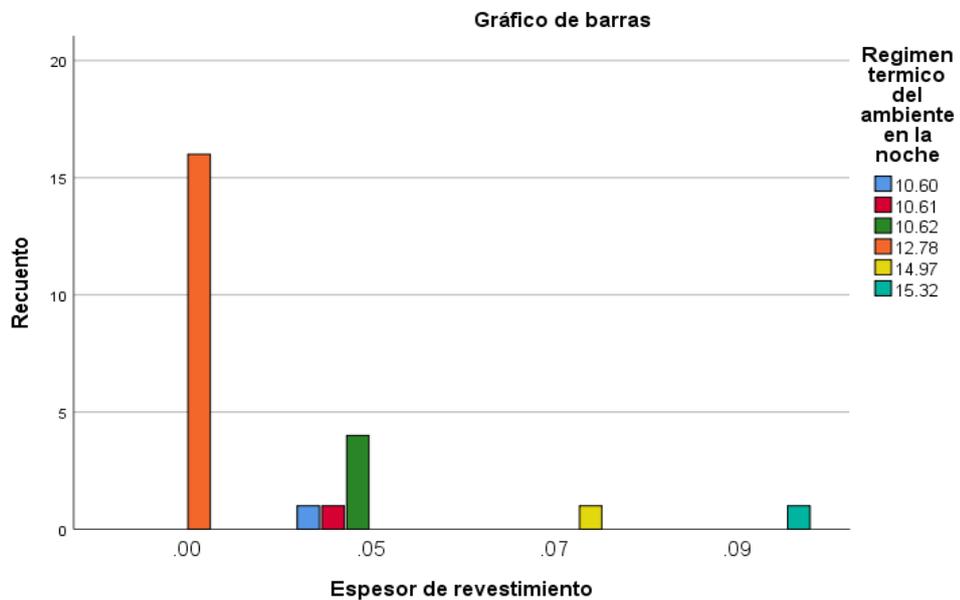


Fuente: Elaboración propia

Durante la noche:

Figura 27

Espesor de revestimiento - régimen térmico del ambiente en la noche



Fuente: Elaboración propia

Sobre la densidad aparente como característica física térmica de los materiales se mostró un dato único y genérico entre todas ellas ya que las 24 viviendas encontradas en el lugar fueron edificadas con adobe, por lo tanto, la densidad presentada en los muros de todas las viviendas es de 1650 kg/m³. Este factor no ha influido en el régimen térmico interior de la vivienda en contraste con la temperatura ambiental, mostrando así que el régimen térmico posee la misma variación presentada en los cuadros que detallan el espesor y tipo de material predominante en los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco.

Tabla 5

Régimen térmico del ambiente – Densidad Aparente en la mañana, tarde y en la noche

		Régimen térmico del ambiente en la mañana						
		14,9	14,9	14,9	16,1	18,1	18,5	To
		7	8	9	1	0	3	tal
Densi	Ad.							
dad	1650	1	3	2	16	1	1	24
Apare	kg/m ³							
nte								
	Total	1	3	2	16	1	1	24
		Régimen térmico del ambiente en la tarde						
		17,3	17,3	17,3	19,4	21,6	22,0	Tot
		0	1	2	4	1	5	al
Densi	Ad.							
dad	1650	1	1	4	16	1	1	24
Apare	kg/m ³							
nte								
	Total	1	1	4	16	1	1	24
		Régimen térmico del ambiente en la noche						
		10,6	10,6	10,6	12,7	14,9	15,3	To
		0	1	2	8	7	2	tal

Densidad Aparente	Ad. 1650 kg/m3	1	1	4	16	1	1	24
Total		1	1	4	16	1	1	24

Fuente: Elaboración propia

Sobre la conductividad como característica física térmica de los materiales se mostró un dato único y genérico entre todas ellas ya que tal como sucedió con la densidad aparente, las 24 viviendas encontradas en el lugar fueron edificadas con adobe, por lo tanto, la conductividad presentada en los muros es de 0.82 W/mK. Este factor no ha influido en el régimen térmico interior de la vivienda en contraste con la temperatura ambiental, mostrando así que el régimen térmico posee la misma variación presentada en los cuadros que detallan el espesor y tipo de material predominante en los muros de las viviendas tradicionales.

Tabla 6

Régimen térmico del ambiente – Conductividad

		Régimen térmico del ambiente en la mañana						Tot al
		14,97	14, 98	14, 99	16, 11	18, 10	18, 53	
Cond	Ad.							
uctivid	0.82	1	3	2	16	1	1	24
ad	W/mK							
Total		1	3	2	16	1	1	24
		Régimen térmico del ambiente en la tarde						Tot al
		17,30	17, 31	17, 32	19, 44	21, 61	22, 05	
Cond	Ad.							
uctivid	0.82	1	1	4	16	1	1	24
ad	W/mK							
Total		1	1	4	16	1	1	24
		Régimen térmico del ambiente en la noche						Tot al
		10,60	10, 61	10, 62	12, 78	14, 97	15, 32	
Cond	Ad.							
uctivid	0.82	1	1	4	16	1	1	24
ad	W/mK							
Total		1	1	4	16	1	1	24

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que entre las 24 viviendas muestreadas, hubo únicamente dos viviendas con la mayor longevidad en su construcción, con 18 años de antigüedad, pese a ello el estado de conservación encontrado fue de valoración “Muy bueno”; mientras que la vivienda más joven fue de 12 años y fue valorada según su estado de conservación como “Bueno”. Esto demuestra que la antigüedad de construcción no define el estado de conservación de los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco.

Tabla 7

Estado de conservación y antigüedad de construcción

		Antigüedad de construcción						Total
		12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	18,00	
Estado de conservación	Regular	0	0	1	1	0	0	2
	Bueno	1	0	1	5	1	0	8
	Muy bueno	0	1	2	8	1	2	14
Total		1	1	4	14	2	2	24

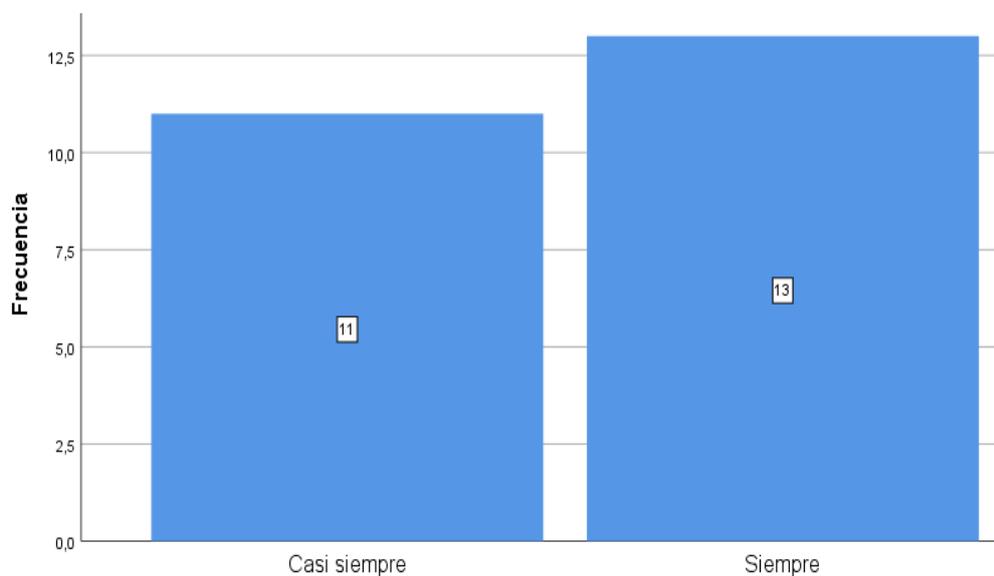
Fuente: Elaboración propia

4.8 Criterios constructivos para contrarrestar el clima frío

Las 24 viviendas emplazadas de diversas maneras afirman rotundamente sentir una fuerte velocidad del viento a través de los vanos presentes en sus viviendas. Un 54.2% menciona que siempre percibe una fuerte velocidad del viento a través de los vanos de su vivienda, y un 45.8% afirma que casi siempre se siente una fuerte velocidad del viento a través de sus vanos.

Figura 28

Percepción de fuerte velocidad de viento a través de los vanos de la vivienda

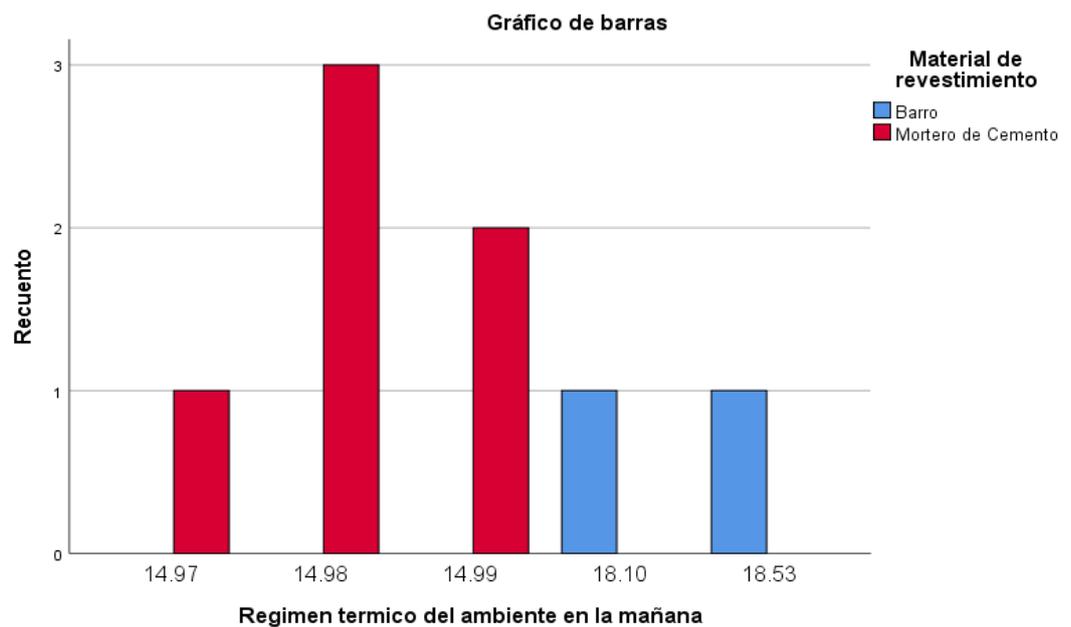


Fuente: Elaboración propia

Conociendo de antemano que todas las viviendas en la muestra tuvieron como material predominante el adobe, se analizaron los datos recolectados sobre las viviendas que aplicaron un revestimiento a los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco. Siendo la temperatura ambiental (exterior) por la mañana de 13.33°C, las viviendas obtuvieron un rango de temperatura interior desde los 14.97°C a los 18.53°C, dentro de este rango las viviendas que presentaron una temperatura mucho menor en el interior de las viviendas fueron aquellas que tuvieron un mortero de cemento en el revestimiento de los muros. Por el contrario, aquellas viviendas que utilizaron un revestimiento de barro presentaron temperaturas mucho más altas llegando hasta los 18.53, escapando del nivel de 15°C para ser denominado como clima frío.

Figura 29

Régimen térmico del ambiente en la mañana - Material de revestimiento

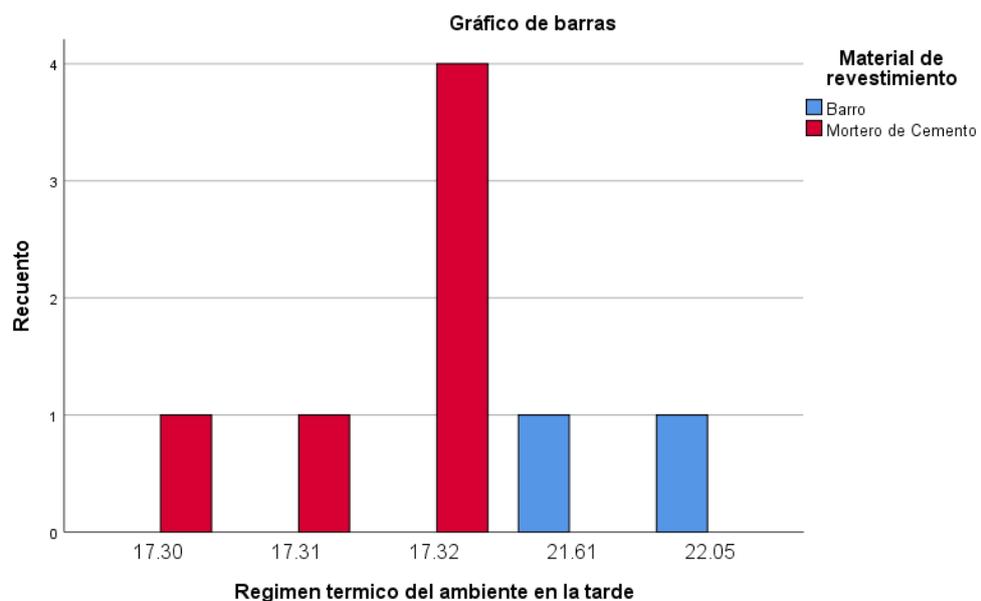


Fuente: Elaboración propia

Conociendo de antemano que todas las viviendas en la muestra tuvieron como material predominante el adobe, se analizaron los datos recolectados sobre las viviendas que aplicaron un revestimiento a los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco. Siendo la temperatura ambiental (exterior) por la tarde de 15.56°C, las viviendas obtuvieron un rango de temperatura interior desde los 17.30°C a los 22.05°C, dentro de este rango las viviendas que presentaron una temperatura mucho menor en el interior de las viviendas fueron aquellas que tuvieron un mortero de cemento en el revestimiento de los muros. Por el contrario, aquellas viviendas que utilizaron un revestimiento de barro presentaron temperaturas mucho más altas llegando hasta los 22.05°C, llegando a un nivel mayor a los 18°C, temperatura que según la OMS es considerada la más óptima para el interior de las viviendas.

Figura 30

Régimen térmico del ambiente en la tarde - Material de revestimiento adicional al adobe

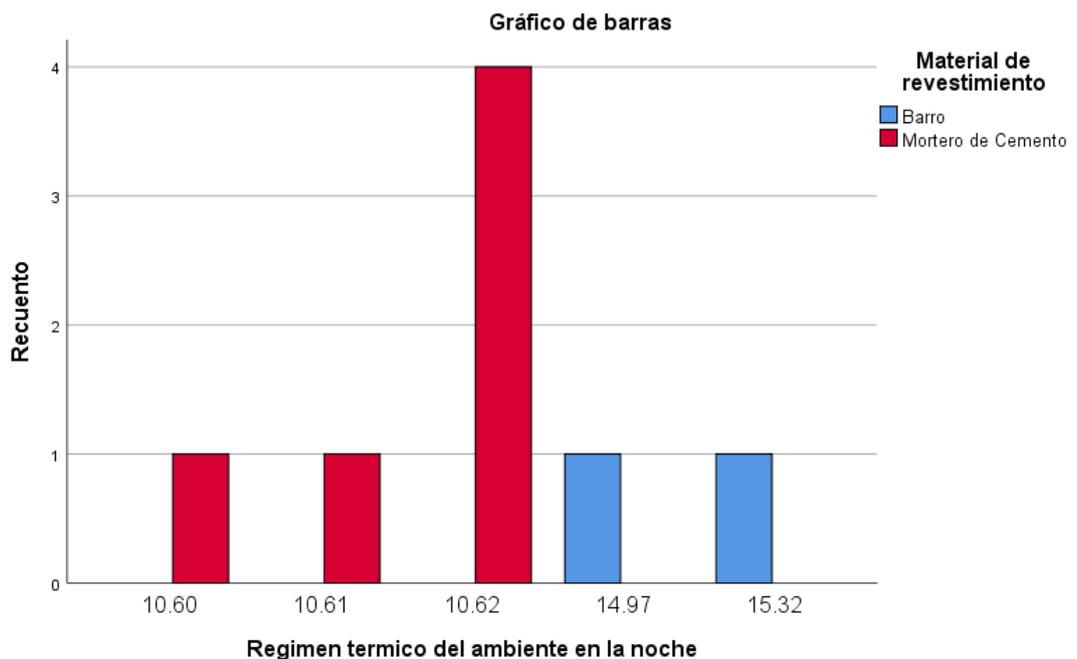


Fuente: Elaboración propia

Conociendo de antemano que todas las viviendas en la muestra tuvieron como material predominante el adobe, se analizaron los datos recolectados sobre las viviendas que aplicaron un revestimiento a los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco. Siendo la temperatura ambiental (exterior) por la noche de 9.44°C, las viviendas obtuvieron un rango de temperatura interior desde los 10.60°C a los 15.32°C, dentro de este rango las viviendas que presentaron una temperatura mucho menor en el interior de las viviendas fueron aquellas que tuvieron un mortero de cemento en el revestimiento de los muros. Por el contrario, aquellas viviendas que utilizaron un revestimiento de barro presentaron temperaturas mucho más altas llegando hasta los 15.32°C, escapando del nivel de 15°C para ser denominado como clima frío.

Figura 31

Régimen térmico del ambiente en la noche - Material de revestimiento adicional al adobe



Fuente: Elaboración propia

La humedad relativa encontrada durante la mañana obtuvo un rango desde el 55% a 61%, durante la tarde desde 28% hasta 35%, y durante la noche desde un 70% a 78%. Esto nos muestra la humedad del aire encontrada con mayor significancia durante la noche. Concluyendo que, la humedad relativa encontrada en las 24 viviendas tradicionales del estudio ha sido relacionada con el momento del día en el que se tomaron los datos, más no ha tenido influencia con el material predominante ya que el único material encontrado ha sido el adobe.

Tabla 8

Humedad relativa del ambiente en la mañana, tarde y noche – Material predominante en los muros.

		Material predominante	Total
		Adobe	
Humedad Relativa en la mañana	55,00	1	1
	56,00	1	1
	58,00	12	12
	59,00	4	4
	60,00	3	3
	61,00	3	3
	Total	24	24
		Material predominante	Total
		Adobe	
Humedad Relativa en la tarde	28,00	1	1
	29,00	1	1
	32,00	12	12
	33,00	4	4
	34,00	3	3

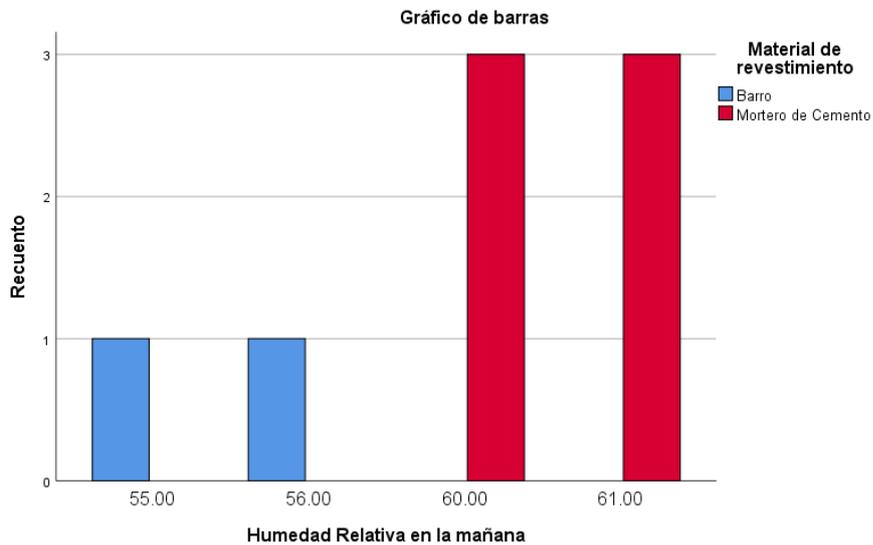
	35,00	3	3
Total		24	24
		Material predominante	Total
		Adobe	
	70,00	1	1
	71,00	1	1
Humedad Relativa en la noche	75,00	12	12
	76,00	4	4
	77,00	3	3
	78,00	3	3
Total		24	24

Fuente: Elaboración propia

Durante los tres intervalos del día, la comparativa entre los materiales empleados en el revestimiento de los muros nos ha demostrado que el barro reduce la presencia de la humedad relativa en un promedio del 7% en comparación al mortero de cemento.

Figura 32

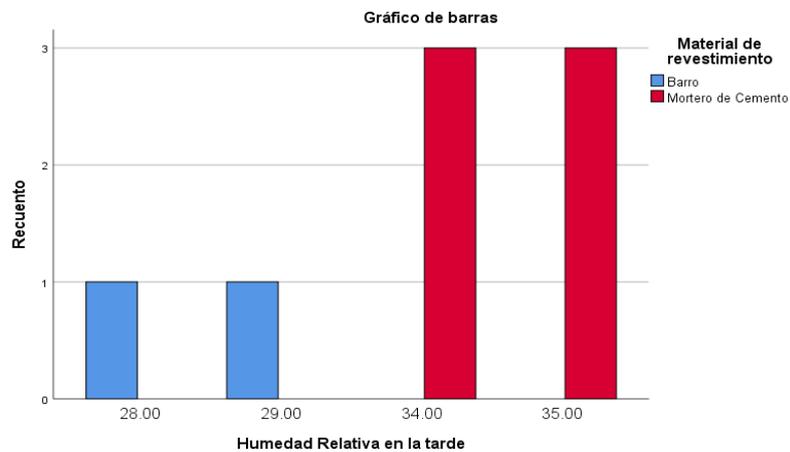
Humedad relativa del ambiente en la mañana - Material de revestimiento adicional al adobe



Fuente: Elaboración propia

Figura 33

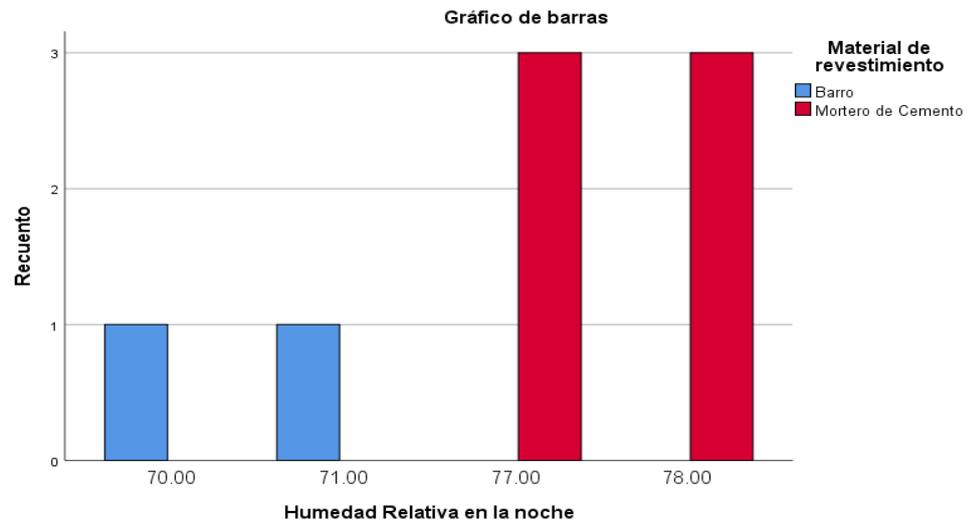
Humedad relativa del ambiente en la tarde - Material de revestimiento adicional al adobe



Fuente: Elaboración propia

Figura 34

Humedad relativa del ambiente en la noche - Material de revestimiento adicional al adobe

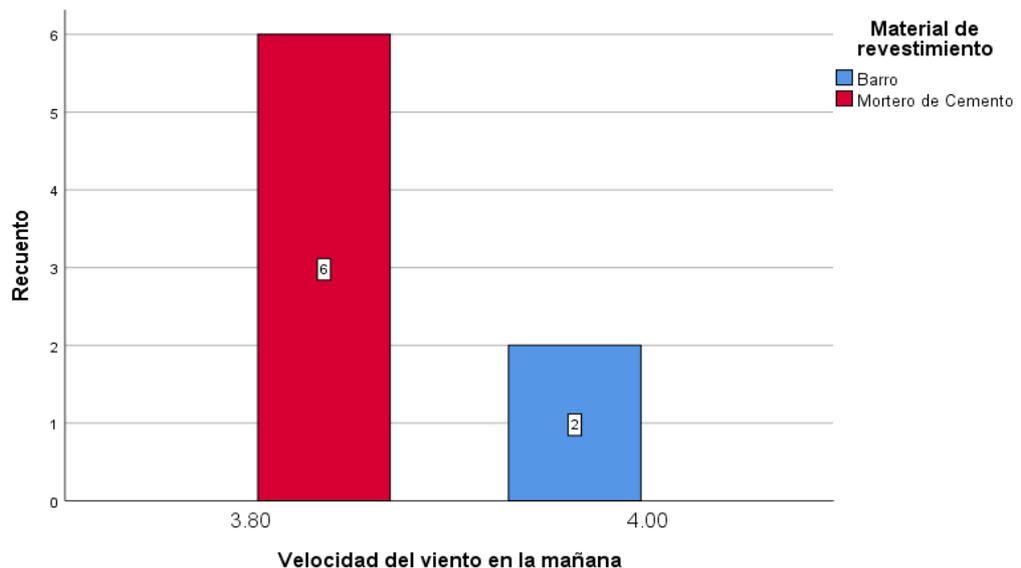


Fuente: Elaboración propia

En la mañana se tuvo una velocidad exterior del viento a través de los vanos de 6 km/h, las viviendas revestidas de barro presentaron una velocidad menor de 4 km/h, mientras que las de mortero de cemento tuvieron una velocidad interior de 3.80 km/h. En la tarde se tuvo una velocidad exterior del viento a través de los vanos de 16 km/h, las viviendas revestidas de barro presentaron una velocidad menor de 12 km/h, mientras que las de mortero de cemento tuvieron una velocidad interior de 11,60 km/h. En la noche se tuvo una velocidad exterior del viento a través de los vanos de 10 km/h, las viviendas revestidas de barro presentaron una velocidad menor de 8 km/h, mientras que las de mortero de cemento tuvieron una velocidad interior de 7,80 km/h. Esto demuestra que el mortero de concreto reduce en mayor significancia la velocidad de los vientos al interior de la vivienda.

Figura 35

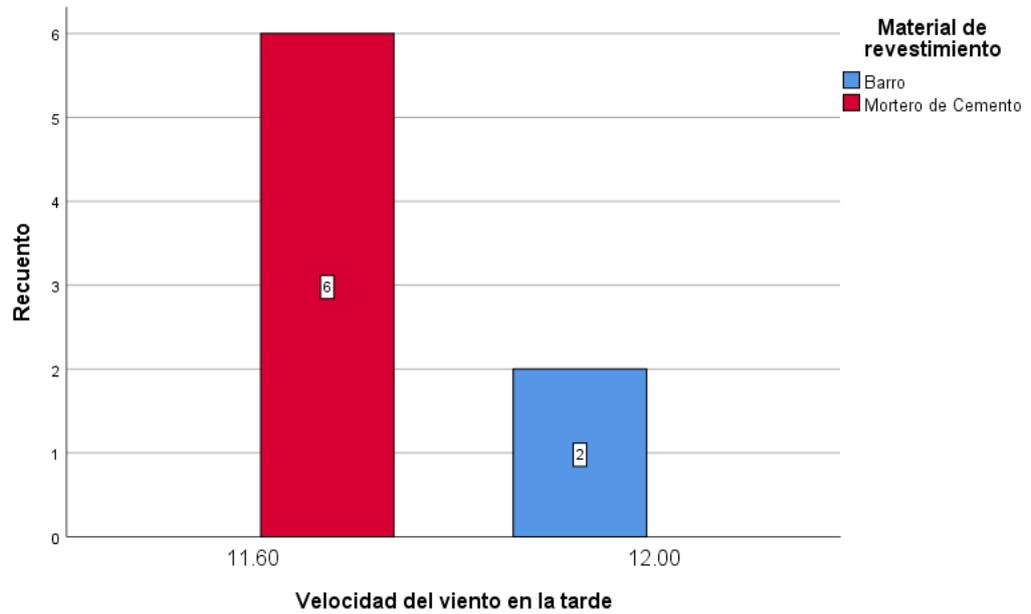
Velocidad del viento en el interior de la vivienda en la mañana – Material predominante en el revestimiento de los muros.



Fuente: Elaboración propia

Figura 36

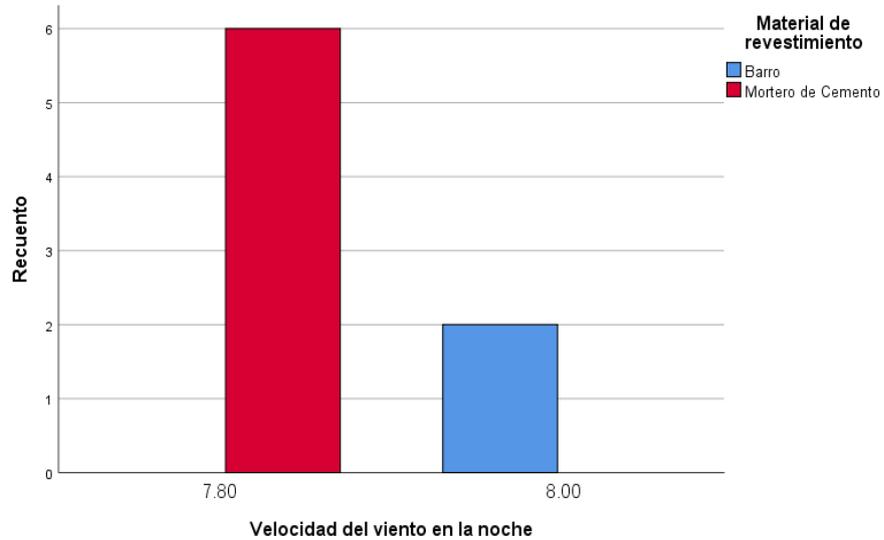
Velocidad del viento en el interior de la vivienda en la tarde – Material predominante en el revestimiento de los muros.



Fuente: Elaboración propia

Figura 37

Velocidad del viento en el interior de la vivienda en la noche – Material predominante en el revestimiento de los muros.

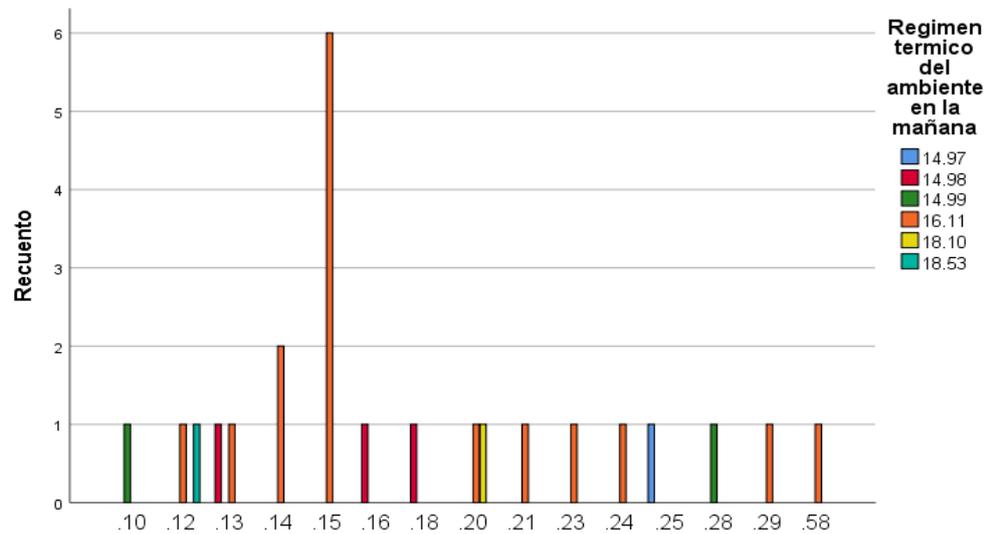


Fuente: Elaboración propia

El porcentaje encontrado entre el área de apertura de los vanos y el área total de los muros no se muestra como factor significativo en el régimen térmico de los muros de las viviendas.

Figura 38

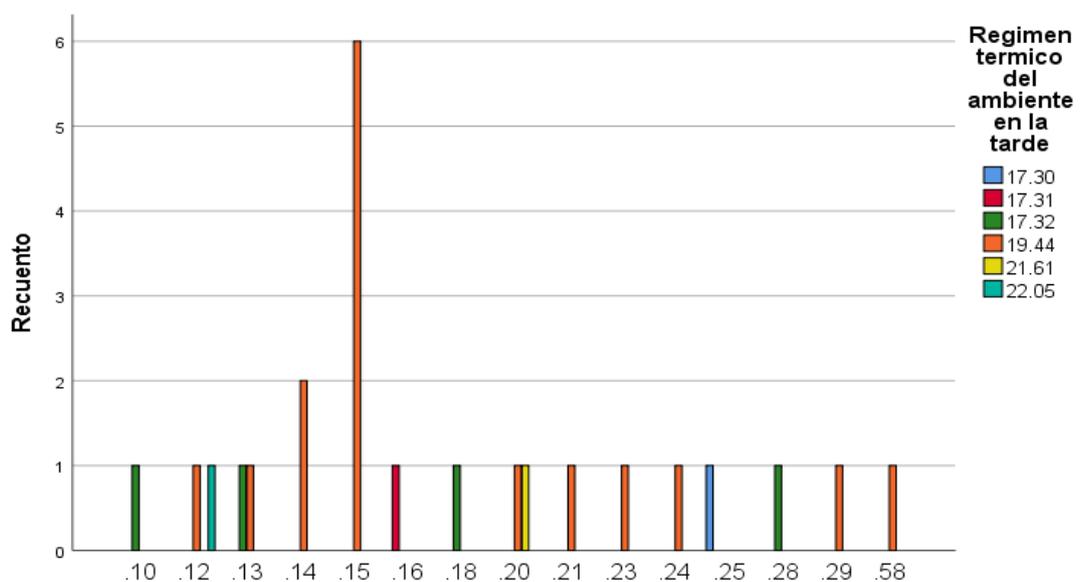
Régimen térmico del ambiente en la mañana – Porcentaje del área de los vanos en los muros



Fuente: Elaboración propia

Figura 39

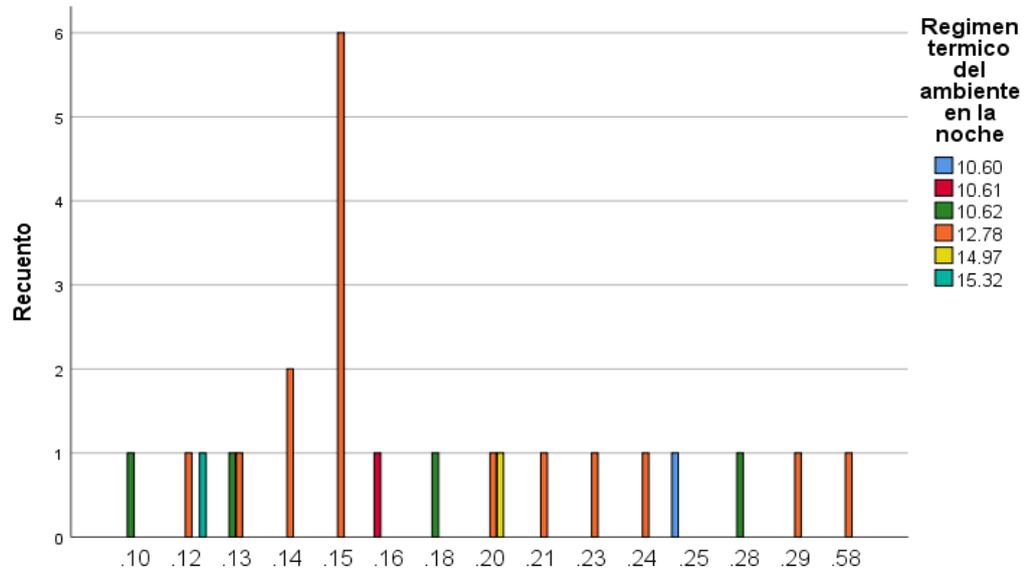
Régimen térmico del ambiente en la tarde – Porcentaje del área de los vanos en los muros



Fuente: Elaboración propia

Figura 40

Régimen térmico del ambiente en la noche – Porcentaje del área de los vanos en los muros



Fuente: Elaboración propia

Durante la mañana, de las 11 viviendas con un solo piso, la moda presenta el régimen térmico estándar, 16.11°C por la mañana, 19.44°C por la tarde y 12.78°C por la noche; y de las 13 viviendas de dos pisos, la moda presenta el régimen térmico estándar, 16.11°C por la mañana, 19.44°C por la tarde y 12.78°C por la noche. La cantidad de pisos encontrada en las diferentes 24 viviendas no se muestra como factor significativo en el régimen térmico de los muros de las viviendas.

Tabla 9

Régimen térmico del ambiente en la mañana, tarde y noche – Cantidad de pisos

		Régimen térmico del ambiente en la mañana						Total
		14,9	14,9	14,9	16,1	18,1	18,5	
		7	8	9	1	0	3	
Can	1,							
tida	00	1	1	1	7	1	0	11
d de								
piso	2,							
s	00	0	2	1	9	0	1	13
Total		1	3	2	16	1	1	24

		Régimen térmico del ambiente en la tarde						Total
		17,3	17,3	17,3	19,4	21,6	22,0	
		0	1	2	4	1	5	
Can	1,							
tida	00	1	0	2	7	1	0	11
d de								
piso	2,							
s	00	0	1	2	9	0	1	13
Total		1	1	4	16	1	1	24

Régimen térmico del ambiente en la noche

		10,6	10,6	10,6	12,7			Tota
		10,60	1	2	8	14,97	15,32	I
Ca	1,0	1	0	2	7	1	0	11
nti	0							
da	2,0	0	1	2	9	0	1	13
d	0							
de								
pis								
os								
Total		1	1	4	16	1	1	24

Fuente: Elaboración propia

4.9 Cálculo del desempeño térmico de las viviendas experimentales
 Mediante la recopilación de datos de las viviendas utilizadas en la muestra se realizó el cálculo de coeficiente de transferencia de calor (U) a fin de obtener el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales y analizar de qué manera influyen en el clima frío presente en lugar con 13.33°C por la mañana, 15.56°C por la tarde y 9.44°C por la noche.

- Vivienda 1: Adobe sin revestimiento

La temperatura ambiental tuvo un aumento promedio de 3.33°C en las viviendas tradicionales edificadas sin ningún revestimiento, presentando únicamente el adobe como material predominante.

Tabla 10

Temperatura ambiental e interior en la vivienda tipo 1 en tres intervalos del día (mañana, tarde y noche).

	(T1)	(T2)
	Tº ambiental	Tº interior
M	13.33	16.11
T	15.56	19.44
N	9.44	12.78
	12.78	16.11

Fuente: Elaboración propia

Los datos climáticos en torno a la vivienda tipo 1 fueron:

Tabla 11

Datos generales climáticos – Vivienda Tipo 1

DATOS GENERALES CLIMÁTICOS		
Día de toma de datos	22 de septiembre del 2020	
Temperatura ambiente	°c	°k
	12.78	285.93
Radiación solar global	6400	w/m ²
Humedad relativa exterior	65.667	
Temperatura interior	°c	°k
	16.11	289.26
Azimut	92.14	
Elevación	14.85	
Velocidad del viento exterior (m/s)	2.963	

Fuente: Elaboración propia

Los materiales observados en la vivienda 1 tuvo los siguientes datos:

Tabla 12

Datos de materiales – Vivienda Tipo 1

DATOS DE MATERIALES		
MUROS EXTERIORES	Espesor(m)	Conductividad térmica (w/m*k)
Adobe	0.4	0.82
Propiedades ópticas		
Absortancia		
Muros	80%	0.8
Emitancia		
Muros	99%	0.99

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del coeficiente de transferencia de calor determinó que el factor de desempeño térmico al contrastar los datos tomados en campo y las características climáticas ambientales fue de 1.537 W/m²K por la conductividad del propio adobe de 0.82 W/mK.

Tabla 13

Cálculo de coeficiente de transferencia de calor (U) – Vivienda Tipo 1

CÁLCULO					
CÁLCULO DE COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR (U)					
Fórmula		$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{en}{kn} + \dots + \frac{en}{kn} + \frac{1}{h_i}}$			
Datos					
he (muros)		34.06	wh/m ² °C		
hi (muros)		7.5	wh/m ² °C		
Muros					
Datos a utilizar		e (m)	k (w/m*k)		
he (muros)	34.06	en (1)	0.4	kn (1)	0.82
hi (muros)	7.5				
Cálculo			Resultado		
1		=		1.537 w/m ² *k	
0.029	0.488	0.133			

Fuente: Elaboración propia

- Vivienda 2: Adobe con revestimiento de barro

Tabla 14

Temperatura ambiental e interior en la vivienda tipo 2 en tres intervalos del día (mañana, tarde y noche).

	(T1)	(T2)
	Tº ambiental	Tº interior
M	13.33	18.1
T	15.56	21.61
N	9.44	14.97
	12.78	18.23

Fuente: Elaboración propia

Los datos climáticos en torno a la vivienda tipo 2 fueron:

Tabla 15

Datos generales climáticos – Vivienda Tipo 2

DATOS GENERALES CLIMÁTICOS		
Día de toma de datos	22 de septiembre del 2020	
Temperatura ambiente	°C	°K
	12.78	285.93
Radiación solar global	6400	w/m2
Humedad relativa exterior	65.667	
Temperatura interior	°C	°K
	18.23	291.38
Azimut	92.14	
Elevación	4.6	
Velocidad del viento exterior	2.963	

Fuente: Elaboración propia

Los materiales observados en la vivienda 2 fueron:

Tabla 16

Datos de materiales – Vivienda Tipo 2

DATOS DE MATERIALES		
MUROS EXTERIORES	Espesor(m)	Conductividad térmica (w/m*k)
Adobe	0.4	0.820
Torta de barro	0.07	1.279
Propiedades ópticas		
Absortancia		
Muros	80%	0.8
Emitancia		
Muros	99%	0.99

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del coeficiente de transferencia de calor determinó que el factor de desempeño térmico al contrastar los datos tomados en campo y las características climáticas ambientales fue de 1.680 W/m²K por la conductividad del adobe de 0.82 W/mK y la conductividad del revestimiento adicional de la torta de barro de 1.279 W/mK.

Tabla 17

Cálculo de coeficiente de transferencia de calor (U) – Vivienda Tipo 2

CÁLCULO						
CÁLCULO DE COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR (U)						
Fórmula	$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_n}{k_n} + \dots + \frac{e_n}{k_n} + \frac{1}{h_i}}$					
Datos						
he (muros)	34.06		wh/m2°C			
hi (muros)	43.05		wh/m2°C			
Muros						
Datos a utilizar			e (m)	k (w/m*k)		
he (muros)	34.06	en (1)	0.4	kn	0.820	
hi (muros)	43.05	en (2)	0.07	kn	1.279	
Cálculo				Resultado		
1			=	1.68	w/m2*	
0.029	0.488	0.055	0.023	0	k	

Fuente: Elaboración propia

- Vivienda 3: Adobe con revestimiento de mortero de cemento

Tabla 18

Temperatura ambiental e interior en la vivienda tipo 3 en tres intervalos del día (mañana, tarde y noche).

	(T1)	(T2)
	Tº ambiental	Tº interior
M	13.33	14.98
T	15.56	17.32
N	9.44	10.62
	12.78	14.31

Fuente: Elaboración propia

Los datos climáticos en torno a la vivienda tipo 3 fueron:

Tabla 19

Datos generales climáticos – Vivienda Tipo 3

DATOS GENERALES CLIMÁTICOS	
Día de toma de datos	22 de septiembre del 2020
Temperatura ambiente	ºc
	12.78
Radiación solar global	ºk
	285.93
Humedad relativa exterior	6400
	w/m2
Temperatura interior	65.667
	ºc
Azimut	ºk
	14.31
Elevación	92.14
	4.6
Velocidad del viento exterior	2.963

Fuente: Elaboración propia

Los materiales observados en la vivienda 3 tuvo los siguientes datos:

Tabla 20

Datos de materiales – Vivienda Tipo 3

DATOS DE MATERIALES		
MUROS EXTERIORES	Espesor(m)	Conductividad térmica (w/m2*k)
Adobe	0.4	0.82
Mortero de cemento	0.05	0.09
Propiedades ópticas		
Absortancia		
Muros	80%	0.8
Emitancia		
Muros	99%	0.99

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del coeficiente de transferencia de calor determinó que el factor de desempeño térmico al contrastar los datos tomados en campo y las características climáticas ambientales fue de 0.848 W/mK por la conductividad del adobe del 0.82 W/mK y el revestimiento deficiente del 0.090 W/mK.

Tabla 21

Cálculo de coeficiente de transferencia de calor (U) – Vivienda Tipo 3

CÁLCULO					
CÁLCULO DE COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR (U)					
Fórmula	$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{en}{kn} + \dots + \frac{en}{kn} + \frac{1}{h_i}}$				
Datos					
he (muros)	34.06 wh/m2°C				
hi (muros)	9.36 wh/m2°C				
Muros					
Datos a utilizar	e (m)			k (w/m*k)	
he (muros)	34.06	en (1)	0.4	kn (1)	0.820
hi (muros)	9.36	en (2)	0.05	kn (2)	0.090
Cálculo					Resultado
1			=	0.84 w/m2* 8 k	
0.029	0.48 8	0.55 6	0.107		

Fuente: Elaboración propia

4.10 Criterios constructivos para contrarrestar el clima frío

- Desempeño térmico de los materiales

El adobe y la torta de barro han demostrado lograr un confort térmico sobre los 15°C requeridos por la OMS evitando cualquier enfermedad respiratoria por el aumento provocado en la temperatura interna del ambiente hasta en un aproximado de 6°C. Bajo esta premisa, el esquema mostrado en la figura N.º 35 nos muestra cómo se realiza la transferencia de calor desde el exterior al interior de la vivienda durante el intervalo de la mañana con un espesor de muro de 0.40 mts y un espesor de 0.07 mts de revestimiento de torta de barro, el cambio de clima se dio desde los 13.33°C iniciales en el ambiente externo, hacia los 18.1°C en el interior.

Figura 41

Temperatura de calor en Huamachuco



Fuente: Elaboración propia

- Confort térmico y espesor de muros

Durante el intervalo nocturno se torna complejo obtener un adecuado confort térmico, debido a que la temperatura exterior es de 9°C. Las viviendas que poseen muros de adobe, con una conductividad de 0.82 W/mK obtienen un desempeño térmico de 1.537 W/m²K logrando aumentar la temperatura interior a 12.78°C demostrando que pese a poseer dichas propiedades térmicas se sigue presentando un clima frío al interior de la vivienda. Al comparar estos datos con las viviendas que adicionaron un revestimiento de torta de barro a sus muros de adobe, mostraron una conductividad de 1.279 W/mK que fusionándose con la conductividad propia del adobe se obtuvo un desempeño térmico de 1.680 W/m²K provocando un aumento en la temperatura exterior de aproximadamente 6°C, logrando así un confort térmico sobre los 15°C.

Figura 42

Temperatura interior de viviendas



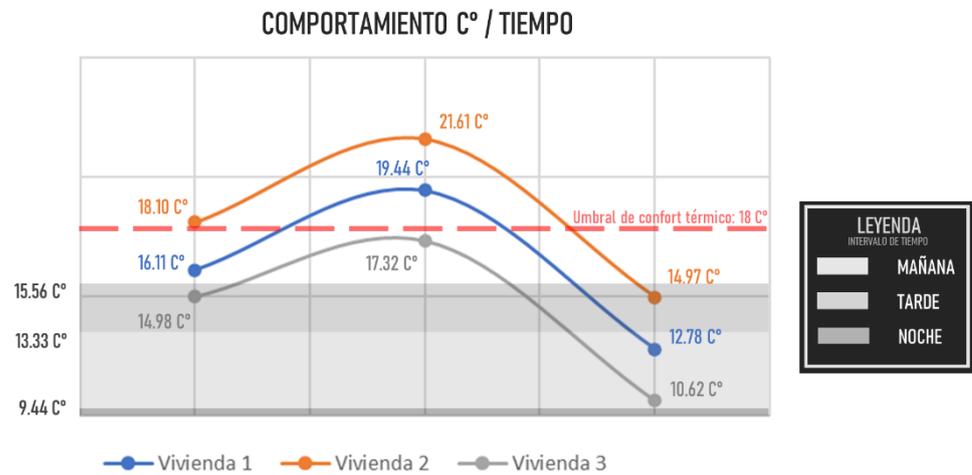
Fuente: Elaboración propia

4.11 Síntesis por dispersión de puntos

Conforme a los tres objetivos se resumen los datos obtenidos en los siguientes diagramas:

Figura 43

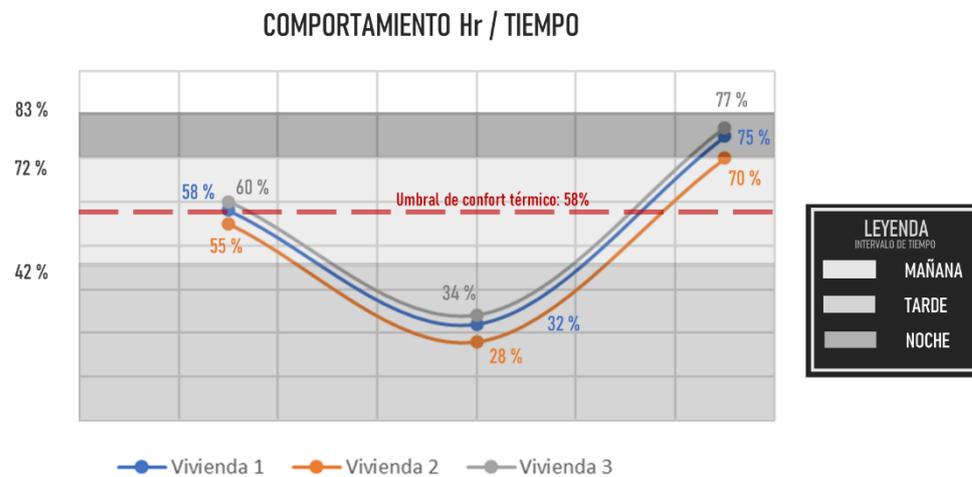
Diagrama de dispersión: C° / Tiempo



Fuente: Elaboración propia

Figura 44

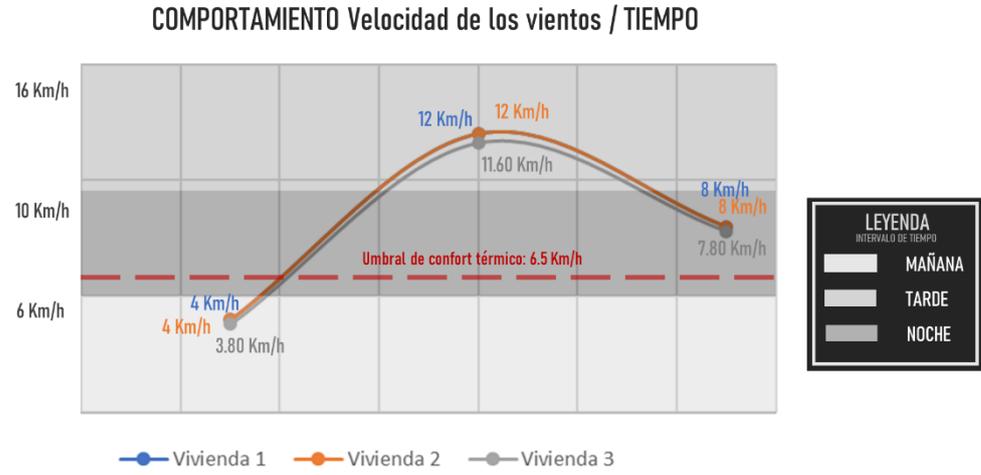
Diagrama de dispersión: Hr / Tiempo



Fuente: Elaboración propia

Figura 45

Diagrama de dispersión: Velocidad de los vientos / Tiempo



Fuente: Elaboración propia

Para la hipótesis, a fin de probar si las variables se asemejan a una distribución normal, se realizó la prueba de hipótesis Shapiro-Wilk.

Siendo:

H₀: Los datos provienen de una población normal

H₁: Los datos no provienen de una población normal

Tabla 22

Prueba de Normalidad: Shapiro-Wilk.

Prueba de Normalidad			
Variable	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Valor p
Clima frio	0.831	24	p = 0.001
Desempeño térmico	0.738	24	p = 0.000

Fuente: Base de datos del clima frio y desempeño térmico. Salida: SPSS Vrs. 26.0.

Decisión:

Cuando valor $p > 0.05$ Aceptamos la Hipótesis Nula

Cuando valor $p < 0.05$ Rechazamos la Hipótesis Nula (se acepta la Hipótesis Alterna)

La prueba de Shapiro-Wilk es un test estadístico empleado para contrastar la normalidad de un conjunto de datos ($n < 50$). Sin embargo, en la tabla 38 el valor p de las variables clima frio y desempeño térmico es menor al nivel de significancia 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos no provienen de una población normal motivo por el cual se optó por utilizar el coeficiente Rho de Spearman (prueba No paramétrica).

Tabla 23

Correlación Rho de Spearman entre Clima frío en el desempeño térmico de muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 de Huamachuco, 2020

		Desempeño térmico
Clima frío	Rho de Spearman	-0.839
	Valor p	0.000
	N	24

Fuente: Base de datos del clima frío y desempeño térmico. Salida: SPSS Vrs. 26.0.

Hipótesis Estadística:

H_i: El clima frío influye significativamente en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 de Huamachuco, 2020.

H_o: El clima frío no influye significativamente en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 de Huamachuco, 2020.

La tabla 39 se puede apreciar que el estadístico Rho de Spearman = -0.839 lo que indica que existe una fuerte correlación lineal negativa con un valor p = 0.000, el cual es menor al nivel de significancia (α) = 0.05. Por lo tanto, el clima frío influye significativamente en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 de Huamachuco, 2020.

V. DISCUSIÓN

Después de recopilar y procesar la información presentada en los resultados se determinará cómo el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales influye en el clima frío, bajo esta premisa se tuvo que la fuerte velocidad de los vientos (10 Km/h) se manifiesta a través de los vanos de las viviendas edificadas con el material constructivo de adobe (espesor de 0.40 mts) sin ningún tipo de diferencia o disminución, además, aquellas viviendas que poseen muros de adobe revestidos con mortero de cemento (espesor de 0.05 mts.), tienen una temperatura menor (2°C de aumento en su desempeño térmico) y los muros de adobe revestidos con barro tienen temperaturas altas (6°C de aumento en su desempeño térmico), por lo que escapan del nivel de 15°C que es la numeración mínima para ser denominado como clima frío. Frente a esto (Gonzales, 2019), mencionó que en Perú las poblaciones alto andinas con hábitats entre 3 800 m.s.n.m. y 5 000 m.s.n.m. el cambio de temperatura suele ser muy radical puesto que en 12 horas podría llegar a existir una variación de hasta 30° (-20°C + 10°C), asimismo, los pobladores de estas zonas toleran geografías agrestes y climas inclementes, por ello las edificaciones de las viviendas suelen ser de piedra o adobe y a su vez son adicionados con barro en las juntas y en los techos son implementados con paja ichu. Por lo que Gonzales, como solución constructiva para influir en la protección de la vida e integridad física de la población frente a las heladas y friaje, menciona que las construcciones deben realizarse con materiales nativos tales como el barro, la piedra, la madera e ichu, a fin de obtener un clima favorable en el interior de las viviendas para el beneficio de los usuarios. Respecto a la temperatura en el interior de las viviendas tradicionales en la figura N°2 se denotó que los pobladores experimentan frío casi siempre con el 58.3% y un 41.7% siempre, el 16.7% de los mismos visualizan humedad en el interior de sus viviendas “a veces” y el 4.2% de viviendas mencionaron que “casi nunca” aprecian rasgos notables de humedad en su vivienda; por ello, los muros de adobe que poseen un revestimiento de barro de 0.07 y 0.09 m., reducen la humedad relativa en un 7% en comparación con aquellos muros

de adobe que fueron revestidos con cemento con un espesor de 0.05 m. durante los tres intervalos del día.

Asimismo, las 24 viviendas utilizadas obtuvieron un rango de temperatura interior desde los 10.62°C a los 21.61°C, aquellas que presentaron una temperatura interior menor en el interior de las viviendas fueron las que tuvieron un mortero de cemento en el revestimiento de los muros con una temperatura promedio de 14.31, por el contrario, aquellas que usaron un revestimiento de barro presentaron temperaturas mucho más altas llegando hasta los 21.61°C con una temperatura promedio de 18.23°C. Sobre la humedad relativa, durante las mañanas, se obtuvo un rango entre 55% a 61%, durante la tarde desde 28% hasta 35%, y durante la noche desde un 70% a 78%, mostrando que la humedad del aire encontrada con mayor significancia se da durante la noche, sobre esto Juárez (2019), afirma que las temperaturas mínimas en el Sur del Perú son más intensas debido a la constante alteración del clima y determina que los sectores rurales están propensos a obtener enfermedades respiratorias tales como el asma, neumonitis, rinosinusitis y bronquitis, además menciona que las construcciones han dejado de lado el uso de materiales tradicionales y sostenibles como el adobe, el tapial y la quincha, cambiándolas por materiales industrializados. Por ello, propone como alternativa para la mejoría de estas condicionantes térmicas, el empleo de sistemas de climatización pasiva acorde a las características sociales, culturales, y ambientales del lugar.

Sobre la respuesta de la materialidad frente a las variaciones diarias de la temperatura en los muros de las viviendas tradicionales, los usuarios perciben frío durante las noches en el interior de sus viviendas, ya que un 70.8% de ellos afirmaron que nunca han realizado ninguna clase de tratamiento en sus muros y un 29.2% mencionan que casi nunca lo realizaron; acorde a esto, el revestimiento y espesor de las viviendas tradicionales edificadas con adobe, tomaron una mayor relevancia en la respuesta de la materialidad de sus características térmicas y físicas sobre el clima frío en el ambiente, por lo que, los muros que no están revestidos, es decir están edificadas solo con adobe, aumentan la temperatura ambiental del exterior hacia el interior en un

promedio de 3.33°C . Además, respecto a la densidad aparente como característica física térmica de los materiales se halló que en los muros de adobe dicha conductividad es de 1650 kg/m^3 , este factor influye directamente en el régimen térmico interior de la vivienda pese a que no existe variedad ya que todas las viviendas poseen los muros de un único material, el adobe; así durante los tres intervalos del día. Ante ello, Calderón (2019), determina la constitución de las materias que ayudan a la mejoría del confort térmico en los ambientes de las viviendas, por lo que garantiza necesidades como regocijo, obtención de espacios propios, entre otros, explicando la realización de las medidas que determinan el balance térmico y la forma en que los materiales empleados responden a las condicionantes climatológicas, con la finalidad de no potenciar tan sólo el confort térmico, sino que optimice la sostenibilidad de las viviendas buscando incrementar incluso en 6°C la temperatura de sus interiores implementando el uso de la tierra en los muros de las viviendas con el objetivo de ayudar a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

De los criterios constructivos útiles para contrarrestar el clima frío a fin de mejorar el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales, se halló que el adobe y la torta de barro, son materiales constructivos que han demostrado obtener cierto desempeño térmico sobre los 15°C requeridos por la Organización Mundial de Salud para evitar cualquier tipo de enfermedades respiratorias. Asimismo, se determina un ancho menor al 1.20 m. en los vanos de las ventanas y una altura de vano de 0.80 m. Por lo que Astudillo (2019), considera que una vivienda puede segregarse en 3 elementos arquitectónicos: pisos, cubiertas y muros, pero entre ellos el encargado de la transmisión de calor al interior son los muros, puesto que es dónde se concentra el mayor componente de área de transferencia de calor de la vivienda, así que considera como materiales al adobe o tapial (hecho con tierra, paja y agua), con un espesor de muros entre 0.40m hasta 0.60m y con una baja conductividad térmica de adobe equivalente a $0.95 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ ". Además (Lactayo, 2018), menciona que el adobe tiene como característica primordial absorber, retener y restituir al calor, ya que cuando su mínima temperatura fluctúa, su temperatura interna se incrementa; además de ser un material

artesanal sus componentes sólidos no tienen una dimensión fijada y no se compactan ya que están niveladas, demostrando a la vez el atraso térmico que posee el adobe ya que succiona el humedecimiento del medio ambiente gracias al calor y la densidad del material, por lo que al final se debe tarrajear con barro, yeso o cal.

Los sistemas constructivos de las viviendas tradicionales en zonas altoandinas consisten en dos tipos de muros predominantes: tapial y muros de carga con elementos de adobe. En cuanto a acabados no se pretende ostentar ningún criterio más que la habitabilidad y las posibles condiciones térmicas de manera empírica. Salas (2016), sobre esto si bien se determinarán criterios de elección de material por su desempeño térmico, se preverá el mejor acabado posible para la vistosidad y gusto de los usuarios pertenecientes al Sector 2 del barrio Santa Ana en Huamachuco mediante el empleo de los diferentes materiales nativos, rurales y económicos y sus correspondientes conductividades térmicas.

VI. CONCLUSIONES

1. El óptimo desempeño térmico en las viviendas de una zona altoandina se obtiene en un ambiente acogedor, confortable y cálido, busca conseguir el balance térmico al interior de la vivienda a través de una temperatura que se ubica sobre los 18°C. La influencia de la temperatura ambiental al interior de la vivienda edificada con adobe sin revestimiento brinda una temperatura interior promedio de 16.11°C, siendo 12.78°C la temperatura ambiental inicial; la varianza adicional en la temperatura depende del revestimiento que se incorpore a los muros de la vivienda, un revestimiento unilateral de barro incrementará dicha temperatura ambiental promedio en 5.45°C obteniendo así una temperatura interior promedio de 18.23°C, por otro lado, un revestimiento unilateral de cemento incrementará dicha temperatura ambiental promedio únicamente en 1.53°C obteniendo una temperatura interior promedio de 12.78°C. Por otro lado, se deduce que la humedad relativa reduce el desempeño térmico de los muros de las viviendas, conociendo que la humedad relativa ambiental promedio fue de 65.667% se determina que dicha humedad influye en el desempeño térmico de manera que en las viviendas sin revestimiento la humedad relativa interior promedio fue de 55%, en las viviendas con revestimiento de torta de barro la humedad relativa interior promedio se presentó con un 51% y las viviendas con un revestimiento de barro se mostró una humedad relativa interior promedio de 57%.
2. La respuesta de la materialidad frente a las variaciones diarias de la temperatura en los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco, debido a la conductividad de 0.82 W/mK presentados en el adobe y la suma de la conductividad de 1.279 W/mK en el revestimiento de la torta de barro con un espesor de 0.07 y 0.09 mts., se otorga un incremento de 6°C en la temperatura interior de los muros y se obtiene un mejor desempeño térmico durante las variaciones climáticas diarias demostrando así que el revestimiento juega un papel importante dentro de la materialidad de los muros. Asimismo, este revestimiento unilateral de torta de barro y su espesor se tornan en factores fundamentales para conseguir el balance térmico adecuado durante la

mañana, la tarde y la noche en comparación con el mortero de cemento con un espesor de 0.05 mts. que pese a adicionarse al adobe obtiene un aumento térmico menor de tan sólo 2°C. El revestimiento y su espesor toman el rol más importante en la respuesta de la materialidad de las características térmicas y físicas del ambiente contra el clima frío. A mayor espesor de muro y revestimiento, mayor será su desempeño térmico. La antigüedad no define el estado de conservación de los muros.

3. Se deduce que los criterios constructivos para contrarrestar el clima a fin de mejorar el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales, del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco, se determinarán inicialmente al implementar estrategias que inciten a realizar una arquitectura bioclimática a fin de aprovechar el clima y su entorno con el objetivo de lograr un buen desempeño térmico en el interior, además se deberá evitar el uso de sistemas mecánicos y materiales industrializados, recuperando y mejorando el sistema constructivo tradicional. La identificación de los parámetros climáticos del lugar deben ser los indicadores iniciales para la organización espacial interior, orientación de fachadas, ubicación de vanos y guía para utilizar el material necesario a fin de controlar el balance térmico y conseguir un mejor desempeño térmico, a su vez, ayudarán a determinar la ubicación de los diferentes tratamientos de revestimiento y espesor en los muros de las viviendas. Según la prueba de Shapiro-Wilk, se demostró que el valor p de las variables clima frío y desempeño térmico es menor al nivel de significancia 0.05, por lo que se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que los datos no provienen de una distribución normal, por ello se utilizó el coeficiente Rho de Spearman (prueba No paramétrica). A fin de contrastar la hipótesis, entre las variables clima frío y desempeño de los muros de las viviendas tradicionales del Sector 2, barrio Santa Ana, Huamachuco 2020, se determinó que el estadístico Rho de Spearman = -0.839 lo que indica que existe una fuerte correlación lineal negativa con un valor p = 0.000, el cual es menor al nivel de significancia (α) = 0.05. Por lo tanto, existe una influencia significativa del clima frío en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 de Huamachuco, 2020.

VII. RECOMENDACIONES

VIVIENDA TIPO 1 (CON FACHADA AL OESTE):

- Sistemas de almacenamiento / liberación de calor interior

Para este tipo de vivienda se recomienda enlucir interiormente el muro con orientación al sur para generar capas aislantes contra el friaje y crear un “puente térmico” a través de dos materiales de la zona: la malla de carrizo (conductividad térmica entre 0,025 y 0,065 W/m·K) y la mezcla del barro con aserrín (conductividad térmica de 0,09 W/m⁰K). Estos materiales servirán como aislantes térmicos útiles para que cuando los vientos fríos impacten el muro éstos generen un retraso térmico que disipen los vientos fríos a través del muro evitando así el ingreso de los mismos funcionando como un abrigo protector trabajado en capas en la parte interior de la vivienda. Este tratamiento sirve para incrementar su temperatura en 4.66°C mejorando aún más su desempeño térmico.

Figura 46

Propuesta de tapial reforzado



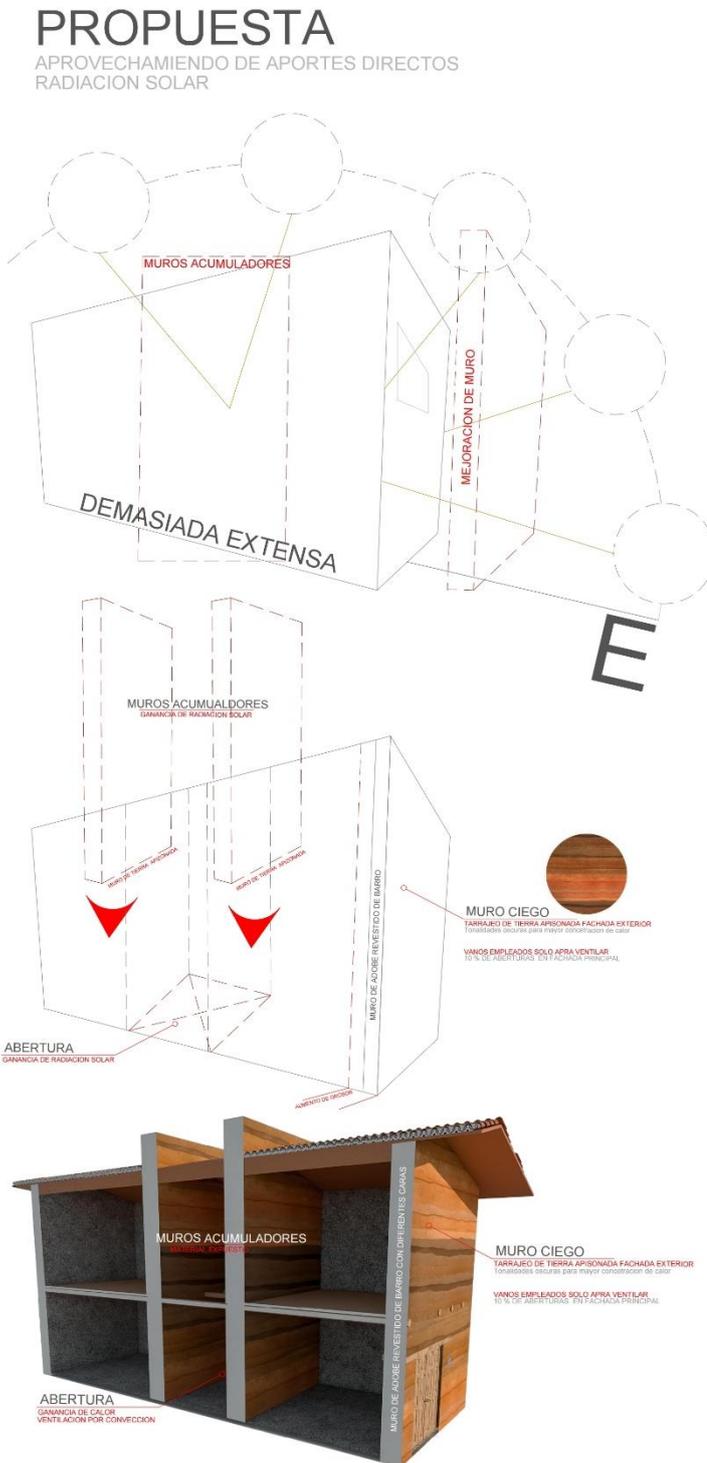
Fuente: Elaboración propia

VIVIENDA TIPO 2 (CON FACHADA AL ESTE):

- Aprovechamiento y transformación de la radiación solar en calor

Figura 47

Aprovechamiento de la radiación solar mediante aportes directos



El movimiento solar está inmerso en la fachada principal y en la cobertura de esta vivienda generando dos puntos principales de concentración de calor.

En la fachada principal se recomienda el ensanchamiento del muro y un tarrajeo de tierra apisonada para incrementar la conductividad térmica y se reduce el vano con la finalidad de captar la radiación solar directa con tonalidades oscuras para generar una mayor concentración de calor.

En la parte longitudinal del terreno se formará un patio de concentración de calor rodeado por muros acumuladores.

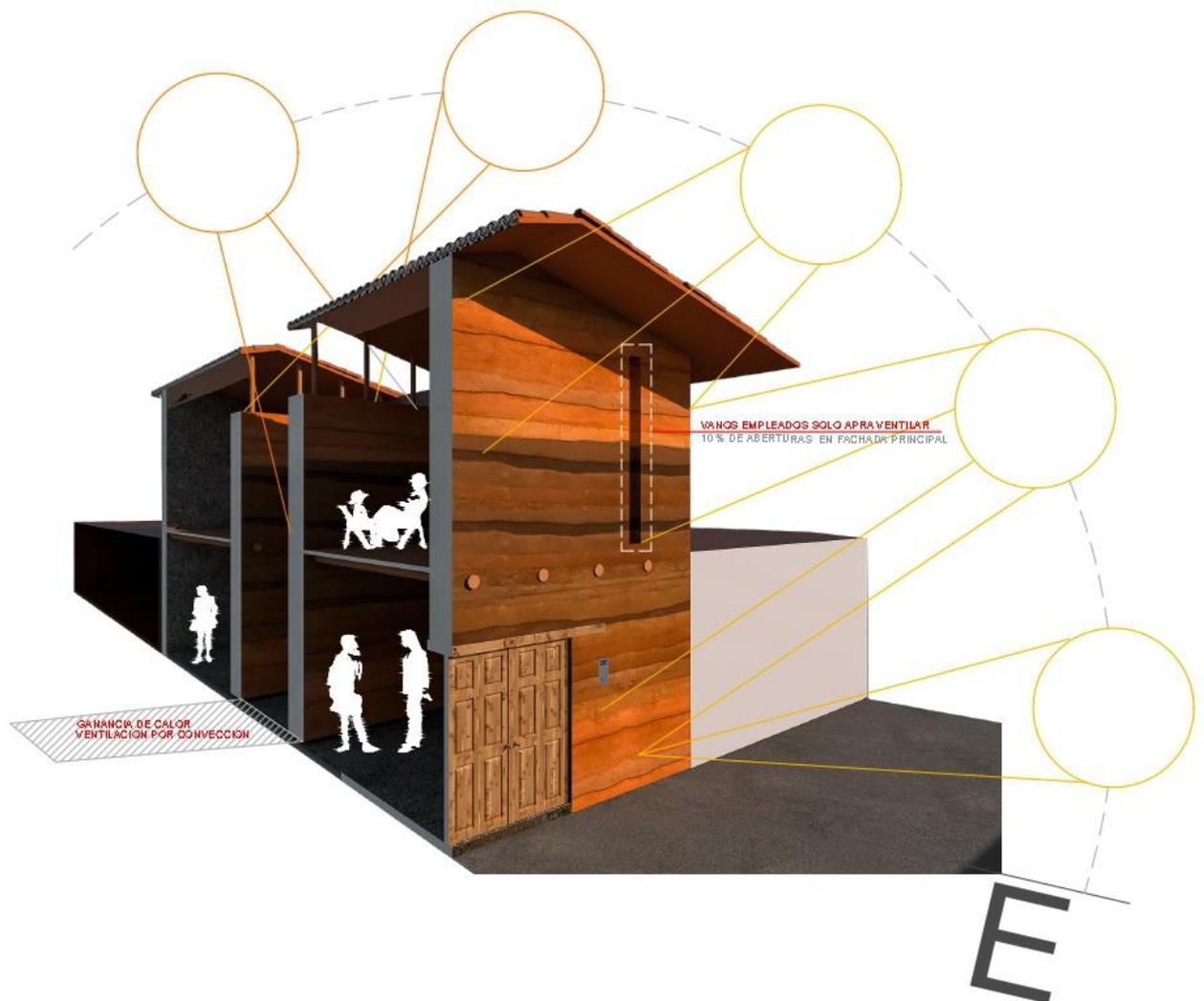
Fuente: Elaboración propia

- Sistemas de almacenamiento / liberación de calor

Se recomienda generar un patio contenedor de calor en el medio de la edificación, a fin de captar la radiación solar a través de los muros perimetrales creando un núcleo dispensador de calor hacia los espacios interiores aprovechando de manera natural el movimiento solar. Asimismo, la abertura del vano en un 10% del muro permitirá renovar el aire necesario sin perjudicar la captación de calor del muro.

Figura 48

Captación y retención de la radiación solar mediante revestimiento y el movimiento solar

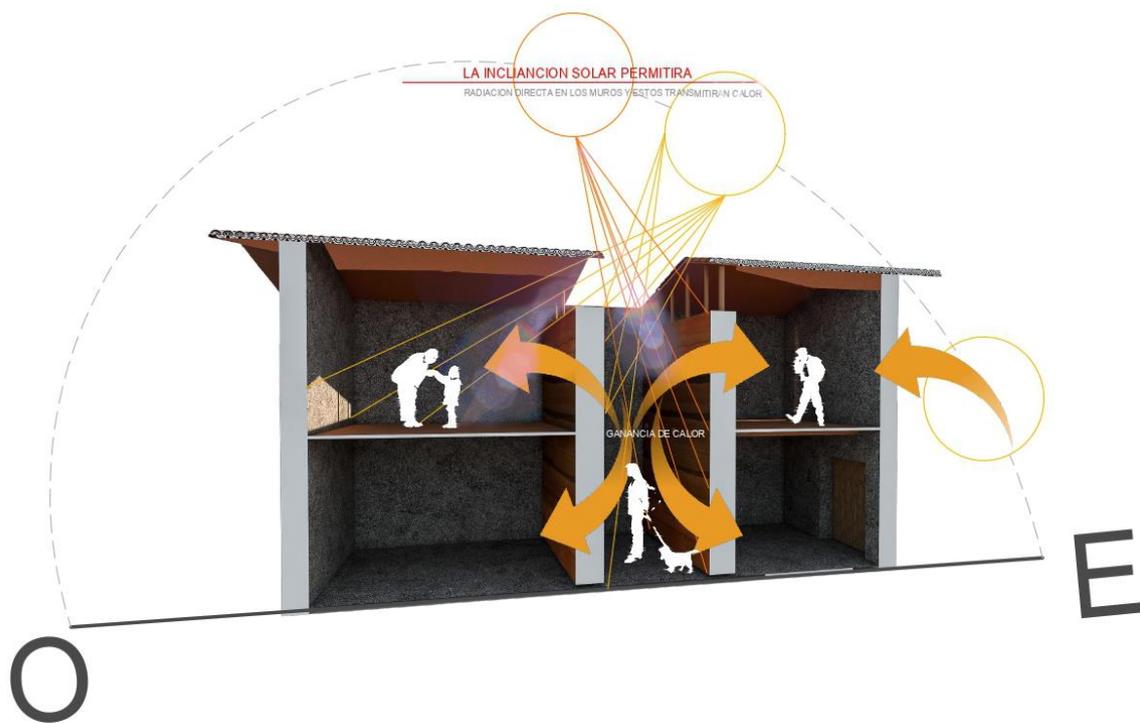


Fuente: Elaboración propia

Se plantea tarrajear exteriormente y revestir interiormente los muros con tierra apisonada logrando un espesor de 0.50. Los muros centrales cumplen la función de ser dispensadores de calor a los ambientes cercanos, la ventilación se soluciona a través de la convección natural mejorando así el desempeño térmico de los muros.

Figura 49

Aprovechamiento de la radiación solar mediante el movimiento e inclinación solar.



Fuente: Elaboración propia

VIVIENDA TIPO 3 (CON FACHADA AL SUR):

- Sistemas de almacenamiento / liberación de calor

Se recomienda realizar un desnivel en los muros perimetrales paralelos tal y como se muestra en la figura 48 a fin de permitir el ingreso de la radiación solar por la parte alta de la vivienda, a ello se recomienda implementar un revestimiento interior en los muros perimetrales de la edificación creando un campo de calor interno evitando aberturas que permitan alguna filtración de aire. La ventilación e iluminación se aplicarán por la parte posterior de la vivienda simulando el comportamiento de un horno.

Figura 50

Captación de la radiación solar a través de desniveles de muros.



Fuente: Elaboración propia

El revestimiento interior puede ser trabajado de diferentes formas basándonos en una estructura que se factible de edificar por capas empleando madera de la zona como elemento estructural, una capa protectora de estereras a fin de mejorar el amarre de los materiales y la implementación de dos tarrajeos de barro y un enlucido final como acabado a elección del usuario.

REFERENCIAS

- Acero N. (2016). Evaluación y diseño de vivienda rural bioclimática en la comunidad campesina de Ccopachullpa del Distrito de Ilave. (Tesis). Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Perú. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5441/Acero_Clavitea_Nativo_Jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- AccuWeather, Inc. (2020, 15 junio). Weather in real time, Huamachuco. AccuWeather. <https://www.accuweather.com/en/pe/huamachuco/258359/weather-forecast/258359>
- Alyousif, M. (s. f.). Investigation on Mass Production of Adobe Bricks. https://www.academia.edu/7474656/Investigation_on_Mass_Production_of_Adobe_Bricks. Recuperado 19 de junio de 2020, de https://www.academia.edu/7474656/Investigation_on_Mass_Production_of_Adobe_Bricks
- Astudillo, F. (2019). Los materiales de construcción y su aporte al mejoramiento del confort térmico en viviendas periféricas de la ciudad de Loja. Universidad técnica particular de Loja. <https://pdfs.semanticscholar.org/9fe3/a1e98ca66c87183ec46b0a1255818ae86fc2.pdf>
- Average Weather. (2020, 15 junio). Average Weather in Huamachuco. <https://weatherspark.com/y/19948/Average-Weather-in-Huamachuco-Peru-Year-Round?fbclid=IwAR1OMgndrGPKEgOmG71MtRj2zsNcHPS1B-4hHin-XbLvsLreUaC7xx64wI0>
- BBC News (2018) Why does the cold hurt?, BBC Ciencia https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/01/100107_frio_salud_men
- Calderón Uribe, F. (2019). EVALUACIÓN DEL MEJORAMIENTO DEL CONFORT TÉRMICO CON LA INCORPORACIÓN DE MATERIALES SOSTENIBLES EN VIVIENDAS EN AUTOCONSTRUCCIÓN EN BOSA, BOGOTÁ. Revista hábitat sustentable, 9(2), 30-41.
- CARE Perú (2018) Confort Térmico en Viviendas Altoandinas http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/5A46ACF04E4A9

55B052582CE00717713/\$FILE/12.CONFORT-TERMICO-EN-VIVIENDAS-ALTOANDINAS-UN-ENFOQUE-INTEGRAL1.pdf

- Carrasco C., & Morillón D. (2014). Bioclimatic adaptation of low-income housing in northwestern Mexico based on thermal analysis of vernacular architecture. *Advances in Renewable Energies and the Environment*, 8. <http://s1zedici.unlp.edu.ar/handle/10915/81709>
- CENEPRED. (2020, 8 julio). Escenario de riesgos para la sierra norte y centro (Aviso Meteorológico de pronóstico de precipitaciones para la sierra norte y centro del 08 al 10 de julio del 2020) (Biblioteca SIGRID). <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/9689>.
- Confort térmico y las teorías del diseño bioclimático. (2014, 2 marzo). *ARQUITECTURA EFICIENTE*, 1(A+D). <https://pedrojherandez.com/2014/03/02/confort-termico-y-las-teorias-del-diseno-bioclimatico/>
- Cortés L. (2018). Análisis térmico de los sistemas constructivos comunes utilizados en techos y muros en viviendas. Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2376/cortesportillo.pdf?sequence=1>
- Delgado D. (2015). Effects of climate on man and architecture. Recuperado de http://oa.upm.es/43959/1/Diego_Paniagua_01.pdf
- Dzul. (2017). Tipo y diseño de investigación, metodología de la investigación. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133491/METODOLOGIA_DE_INVESTIGACION.pdf
- Fanger (2015). Los parámetros que delimiten al confort térmico están, la temperatura del aire, temperatura media radiante, humedad relativa y la velocidad del aire. Recuperado de [www.Dialnet-TechoPlantadoComoDispositivoDeClimatizacionPasivaE-6291245%20\(3\).pdf](http://www.Dialnet-TechoPlantadoComoDispositivoDeClimatizacionPasivaE-6291245%20(3).pdf)
- Godoy A. (2012). El confort térmico adaptativo. Cataluña. recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4024/Laqui_Cutipa_Vanessa_Yeseca.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Gonzales D. (2019). Soluciones constructivas para proteger la vida e integridad física de la población ante las heladas y friaje en puno—año 2018. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3606>
- Holguino Huarza, Antonio, Olivera Marocho, Luis, & Escobar Copa, Katterine Ursula. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema Investigaciones Altoandinas, 20(3), 289-300. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.394>
- ISO. (2006, 25 octubre). Ergonomía del entorno térmico: determinación analítica e interpretación del confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios locales de confort térmico. <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:7730:ed-3:v1:en>
- Juárez S. (2019). Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta – Cusco. (Tesis). Universidad Ricardo Palma, Perú. Recuperado de http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2860/ARQ_T030_72945971_M%20%20%20UM%c3%81N%20JUAREZ%20STEVE%20JASON.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lactayo M. (2018). Evaluación térmica de un elemento arquitectónico ancestral: Los Putucos, Puno, Perú. Universidad Ricardo Palma. Recuperado de www.Dialnet-EvaluacionTermicaDeUnElementoArquitectonicoAncestral-6086006.pdf
- Ley de confort térmico y lumínico Perú, (2014). Obtenido de https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/04_EM/DS006-2014_EM.110.pdf
- Martín Wieser. (2017). CONFORT TÉRMICO Y LUMÍNICO EN LA VIVIENDA TRADICIONAL DE HUAMACHUCO. 27/06/2020, de Fondo Editorial PUCP Sitio web: <http://arquitectura.pucp.edu.pe/investigacion/centro-de-documentacion/confort-termico-y-luminico-en-la-vivienda-tradicional-de-huamachuco/>
- Medina & Quispe (2017). El clima que se rige por la temperatura, precipitaciones, humedad presente y el viento. <https://www.minagri.gob.pe/portal/53-sector-agrario/el-clima>

- Moons, T. 1997. Report on the Joint ISPRSS Commission II/IV Workshop "3D Reconstruction and Modeling of Topographic objects", Stuttgart, Germany, <http://www.radig.informatik.tumuenchen.de/ISPRS/WG-III4-IV2-Report.html> .
- National Research Council (2011) Committee for the Update of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. (2020, 22 julio). Environment, Housing, and Management - Guide for the Care and Use of Laboratory Animals - NCBI Bookshelf. The National Center for Biotechnology Information. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK54046/?fbclid=IwAR3GV7siVEJeLb-b_JJjMLYppGNnKY1I-EkNI6221NoOhapVXTEd9tN3Jz8
- Rodríguez, Nàjera & Martín (2018). Análisis del desempeño térmico de los sistemas constructivos de un edificio de oficinas mediante simulaciones dinámicas Thermal analysis of constructive systems at an office building through dynamic simulations. *Ingeniería Investigación y tecnología*, 19(3), 279-289.
- Salas J. (2016). Propuesta de un sistema constructivo para vivienda social para las zonas andinas de Colombia (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Sánchez & Reyes. (2015). Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/S1501265_es.pdf
- San Juan, G. A., Czajkowski, J. D., Rosenfeld, E., Ferreyro, C., Gómez, A. F., Discoli, C. A., & Garzón, B. (2007). Viviendas bioclimáticas de interés social. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/78544>
- Santi M. (2013). La ética de la investigación social en debate. Hacia un abordaje particularizado de los problemas éticos de las investigaciones sociales. Recuperado de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/5927/2/TFLACSO-2013MFS.pdf>
- Solís, D. (2010). Análisis térmico de una vivienda económica en clima cálido-seco bajo diferentes orientaciones y medidas de sombreado. <http://bva.colech.edu.mx/xmlui/handle/1/1613>
- Velasco R. (2015). Elementos del clima. Perú. Lima. Recuperado de http://repositorio.urp.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/URP/2860/ARQ_T030_7

2945971_M%20%20%20UM%C3%81N%20JUAREZ%20STEVE%20JASON
.pdf?sequence=1&isAllowed=y

World Health Organization. (2018, 9 julio). OMS | Climate change and human health. <https://www.who.int/globalchange/climate/es/>.

Yèpez, Chavez, Ferriño, Aguilar & Sàncnez (2017). Analisis espectral de materiales y geometría de muros existentes. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/323393170_Analisis_espectral_de_materiales_y_geometria_de_muros_existentes_previo_a_la_aplicacion_de_cargas

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de operacionalización de variables

Cuadro de operacionalización de variable independiente.

VARIABLE	DEF. CONC.	DEF. OPERAC.	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA MEDIC.
Clima Frío	<p>Se define como un período donde por 3 días consecutivos la temperatura promedio del aire es menor de 4°C y durante un día no sea mayor a 10°C de por más de 30 minutos. Este clima se rige por la temperatura, precipitaciones, humedad presente y el viento. (MEDINA, LEONEL, 2017) (QUISPE, NICO)</p>	<p>El clima frío es aquel espacio de tiempo en el que un conjunto de cualidades climáticas (temperatura, precipitaciones o lluvias, humedad y viento) mantienen una temperatura no mayor a los 10° C.</p>	Temperatura ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Régimen Térmico (rango por día/estación) 	Intervalo
			Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad Relativa (rango por día/estación) 	Razón
			Viento	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad/estación 	Intervalo

Cuadro de operacionalización de variable dependiente.

VARIABLE	DEF. CONC.	DEF. OPERAC.	DIMENSIONES	SUB DIMENSIONES	INDICADORES	VALORES	ESCALA MEDIC.
Desempeño Térmico	El desempeño térmico se entiende como la contribución que tienen los sistemas constructivos sobre el comportamiento térmico de un edificio. Alejandra, R. M. N., Mario, N. T., & Ramiro, M. D. I. (2018). Se entiende como la asociación de las características térmicas de los materiales abióticos o inertes que son los componentes de la estructura y las condiciones de confort que se transmiten a los usuarios a través de las envolventes arquitectónicas, ya sean los muros o las cubiertas. Rodríguez, A (2018)	Es el rendimiento térmico que brinda la construcción de los muros hacia el interior de la vivienda.	Confort Térmico	Temperatura interior	• Régimen térmico del ambiente	• °C	Razón
			Materialidad	Propiedades físicas	• Espesor	• # mts.	Nominal
				Propiedades térmicas	• Densidad Aparente	• Kg/m ³	
			Materialidad	Conductividad	• W/m ² C	Nominal	
				Materialidad	• Tipo de material predominante del muro		• Adobe • Madera • Piedra • Ladrillo
			Geometrización de los muros	• Presencia de vanos en los muros	• Completos • Incompletos (con vanos)	Nominal	
			Criterios constructivos	• Por su antigüedad	• # de años	Nominal	
Seguridad	• Por la cantidad de pisos	• # de pisos					

ANEXO 02: Cuadro de operacionalización de variable independiente.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿De qué manera el clima frío influye en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 de Huamachuco, 2020?	<p>Objetivo general: Demostrar de qué manera el clima frío influye en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco.</p> <p>Objetivos específicos: Demostrar la influencia de la temperatura y humedad en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco. Analizar la respuesta de la materialidad frente a las variaciones diarias de la temperatura en los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco. Definir los criterios constructivos para contrarrestar el clima a fin de mejorar el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana, Sector 2 de Huamachuco.</p>	El clima frío influye significativamente en el desempeño térmico de los muros de las viviendas tradicionales del Sector 2 de Huamachuco, 2020.	<p>Variable Independiente: Clima frío</p> <p>Variable Dependiente: Desempeño térmico.</p> <p>Unidad de análisis: Los muros de las viviendas tradicionales.</p> <p>Población: Esta conformado por las 62 viviendas tradicionales construidas con muros de adobe a 23 metros del Río Grande del Sector 2 de Huamachuco.</p> <p>Muestra: Se seleccionó 24 viviendas tradicionales como muestra.</p> <p>Muestreo: Probabilístico.</p> <p>Tipo de muestreo: Estratificado.</p>	<p>Tipo de investigación: No experimental, Básico.</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo y explicativo</p> <p>Diseño de investigación: Diseño no experimental: Correlacional – Causal o Explicativo</p> <p>Cuantitativo y cualitativo</p> <p>Técnicas de recolección de datos: .Encuestas .Ficha de observación</p>

ANEXO 03: Instrumento de recolección de datos: Cuestionario.

**ENCUESTA A HABITANTES DE LAS VIVIENDAS TRADICIONALES DEL
SECTOR 2 DE HUAMACHUCO**

Nombres y apellidos:

INSTRUCCIONES:

A continuación, debe responder una serie de preguntas acorde a su percepción y conocimiento correspondiente. Lea detenidamente cada interrogante y maque con una "X" la alternativa que considere conveniente.

1. ¿Con qué frecuencia realiza un adecuado mantenimiento de los muros de su vivienda? (*RÉGIMEN TÉRMICO*)
 1. Nunca
 2. Casi nunca
 3. A veces
 4. Casi siempre
 5. Siempre

2. ¿Con qué frecuencia percibe frío durante las noches en su hogar? (*RÉGIMEN TÉRMICO*)
 6. Nunca
 7. Casi nunca
 8. A veces
 9. Casi siempre
 10. Siempre

3. ¿Percibe mucho frío en los ambientes de su vivienda? (*TEMPERATURA INTERNA DEL AMBIENTE*)
 1. Nunca
 2. Casi nunca
 3. A veces
 4. Casi siempre
 5. Siempre

4. ¿Visualiza la humedad en los ambientes de su vivienda?

(HUMEDAD)

1. Nunca
2. Casi nunca
3. A veces
4. Casi siempre
5. Siempre

5. ¿Percibe una fuerte velocidad del viento a través de los vanos de su vivienda?

(VIENTO)

6. Nunca
7. Casi nunca
8. A veces
9. Casi siempre
10. Siempre

ANEXO 04

Instrumento de recolección de datos: Ficha de observación.

FICHA DE OBSERVACIÓN				
OBSERVADOR (ES): Guillermo La chira Amaranto, Heiner Jhoel De la cruz Ruiz				
UBICACIÓN:				
Lee cada aspecto y marca con una "X" la alternativa que corresponda a lo observado.				
ASPECTOS A OBSERVAR				
RESPECTO AL CLIMA FRÍO				
1. Temperatura ambiental aproximada en la vivienda.				
Temperatura: ___ / ___ (°C/F°) M, ___ / ___ (°C/F°) T, ___ / ___ (°C/F°) N				
2. Humedad encontrada en los muros en el interior de la vivienda.				
Humedad: ___ (%) M, ___ (%) T, ___ (%) N				
3. Humedad encontrada en los muros en el exterior de la vivienda.				
Humedad: ___ (%) M, ___ (%) T, ___ (%) N				
4. Velocidad de los vientos en el interior de la vivienda (a través de los vanos).				
Viento: ___ (Km/h) M, ___ (Km/h) T, ___ (Km/h) N				
5. Velocidad de los vientos en el exterior de la vivienda				
Viento: ___ (Km/h) M, ___ (Km/h) T, ___ (Km/h) N				
RESPECTO AL DESEMPEÑO TÉRMICO				
1. Temperatura interior aproximada en la vivienda.				
Temperatura: ___ / ___ (°C/F°) M, ___ / ___ (°C/F°) T, ___ / ___ (°C/F°) N				
2. Aplicación de sistemas de captación de calor en los ambientes de la vivienda.				
Si se aplicó		No se aplicó		
3. Espesor de los muros y revestimiento de los muros de la vivienda.				
Muros: ___ mts		Revestimiento: ___ mts		
4. Densidad aparente de los muros				
Ad. 1650 kg/m ³	Mad. 800 kg/m ³	Pie. 2700 kg/m ³	Lad. 140 kg/m ³	
5. Conductividad				
Ad. 0.82 W/mK		Mad. 0.20 W/mK		Pie. 0.91 W/mK
6. Materiales predominantes de los muros de la vivienda				
Adobe	Madera	Piedra	Ladrillo	
7. Material utilizado como revestimiento (capa adicional) a los muros de adobe.				
Yeso	Paja	Barro	Mortero de cemento	
8. Estado de conservación de los muros de la vivienda.				
Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
9. Geometrización de los muros externos de la vivienda. _____ %				
MURO N	Largo:	Ancho:	Altura:	
Sin vanos	Largo Vano:	Ancho vano:	Alféizar:	
MURO S	Largo:	Ancho:	Altura:	
Sin vanos	Largo Vano:	Ancho vano:	Alféizar:	

ANEXO 05: Cálculo del tamaño de la muestra.

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{z^2 P Q N}{e^2 (N - 1) + Z^2 P Q}$$

Descripción de la fórmula del cálculo del tamaño muestral.

Dónde:	
n: Tamaño de la muestra	Lo que debemos encontrar
N: Tamaño de la población	N: 700 viviendas tradicionales con muros de adobe, a 23 m. alrededor del Río grande en el Sector 2 de Huamachuco.
P: Proporción de una de las variables de estudio	0.5 (Valor por Defecto)
Q: 1-p (Complemento de p)	0.5 (Valor por Defecto)
Z: Factor k según Nivel de Confianza	Z: Nivel de Confianza de (1-α) = 90% (k=1.645)
e: Error de tolerancia	e: 0.10

$$n = \frac{1.645^2 (0.5)(0.5) \times 700}{0.10^2 (700 - 1) + 1.645^2 (0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{2.70(0.25) \times 700}{6.99 + 0.68}$$

$$n = 61.56$$

ANEXO 06: Validación de los instrumentos de recolección de datos: Alfa de Cronbach (Cuestionario).

Resumen de procesamiento de casos de prueba piloto

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	10	100,0
	Excluido	0	,0
	Total	10	100,0
a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.			

Estadísticas de fiabilidad. Alfa de Cronbach.

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,919	7

ANEXO 07: Validación de los instrumentos de recolección de datos: Validación por expertos según Holsti (Ficha de Observación).

Ficha de validación. Experto N°1.

ITEMS	Si concuerdo (S)	No concuerdo (N)
1. Para realizar cada una de las pregunta se tuvo en cuenta la operacionalización de las variables	X	
2. Las preguntas responden a la variable (s) a estudiar o investigar	X	
3. Las preguntas formuladas miden lo que se desea investigar	X	
4. Las preguntas son relevantes y concretas con respecto al tema a investigar	X	
5. Existe claridad en la formulación de la pregunta	X	
6. Las preguntas provocan ambigüedad en la respuesta	X	
7. El número de preguntas es adecuado	X	
8. Las preguntas responden al marco teórico usado en la investigación	X	
9. Las preguntas tienen coherencia con el diseño de la investigación	X	
10. Permite emitir con facilidad la respuesta a de los participantes	X	

OBSERVACIONES	SUGERENCIAS/MEJORA

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO	FIRMA
RODRIGUEZ RODRIGUEZ PAUL EDUARDO	



 ARQUITECTO
 380042778

Fecha:

Nota. Este documento escaneado sirve como prueba verídica de la validez del instrumento por parte del experto N°3.

Ficha de validación. Experto N°2.

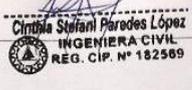
GUÍA PARA EL EXPERTO
VALIDEZ DE UN INSTRUMENTO

APELLIDOS Y NOMBRES DEL AUTOR	TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA CRUZ HEINER JOHEL LA CHILA AMARANTO GUILLERMO ADEIAN	ANÁLISIS DEL CLIMA FRÍO EN EL DESARROLLO TÉRMICO DE MUROS DE LAS VIVIENDAS TRADICIONALES DEL SECTOR 3 DE HUAMACHUO, 2020

En la siguiente tabla indique la respuesta: si concuerdo (S) no concuerdo (N).
Así como puede emitir para cada observación una sugerencia de los ítems considerado

ÍTEMS	Si concuerdo (S)	No concuerdo (N)
1. Para realizar cada una de las pregunta se tuvo en cuenta la operacionalización de las variables	S	
2. Las preguntas responden a la variable (s) a estudiar o investigar	S	
3. Las preguntas formuladas miden lo que se desea investigar	S	
4. Las preguntas son relevantes y concretas con respecto al tema a investigar	S	
5. Existe claridad en la formulación de la pregunta	S	
6. Las preguntas provocan ambigüedad en la respuesta	S	
7. El número de preguntas es adecuado	S	
8. Las preguntas responden al marco teórico usado en la investigación	S	
9. Las preguntas tienen coherencia con el diseño de la investigación	S	
10. Permite emitir con facilidad la respuesta a de los participantes	S	

OBSERVACIONES	SUGERENCIAS/MEJORA

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO	FIRMA
Parades López Cynthia Stefani	 

Fecha: 10 de julio del 2020

Nota. Este documento escaneado sirve como prueba verídica de la validez del instrumento por parte del experto N°2.

Ficha de validación. Experto N°3.

VALIDEZ DE UN INSTRUMENTO

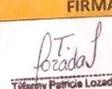
APELLIDOS Y NOMBRES DEL AUTOR	TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
la chiva Amovato, Guillermo Adrián De la Cruz, Heleno José	Andrés del olivo puro en el desarrollo humano de los niños de la zona tradicional del Sector 2 del municipio, 2020

En la siguiente tabla indique la respuesta: si concuerdo (S) no concuerdo (N).

Así como puede emitir para cada observación una sugerencia de los ítems considerado

ITEMS	Si concuerdo (S)	No concuerdo (N)
1. Para realizar cada una de las preguntas se tuvo en cuenta la operacionalización de las variables	S	
2. Las preguntas responden a la variable (s) a estudiar o investigar	S	
3. Las preguntas formuladas miden lo que se desea investigar	X	
4. Las preguntas son relevantes y concretas con respecto al tema a investigar	S	
5. Existe claridad en la formulación de la pregunta	X	
6. Las preguntas provocan ambigüedad en la respuesta	X	
7. El número de preguntas es adecuado	S	
8. Las preguntas responden al marco teórico usado en la investigación	S	
9. Las preguntas tienen coherencia con el diseño de la investigación	S	
10. Permite emitir con facilidad la respuesta a de los participantes	S	

OBSERVACIONES	SUGERENCIAS/MEJORA
— —	— —

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO	FIRMA
Lozada Joaquín, Tiffany Patricia	 Tiffany Patricia Lozada Joaquín ING. CIVIL R-GIP-N° 215364

Fecha: 14-07-2020

Nota. Este documento escaneado sirve como prueba verídica de la validez del instrumento por parte del experto N°3.

ANEXO 08: Resultado de evaluación de los ítems de cada experto.

Cuadro de respuestas de los expertos.

Número de expertos	ÍTEMS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Paúl Rodríguez Rodríguez	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
2. Cinthia Paredes López	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
3. Patricia Lozada Joaquín	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Ficha de datos de los expertos.

	Experto 01
	Rodríguez Rodríguez, Paul Eduardo
	Arquitecto, proyectista
	Ejecución de obras
	Experto 02
	Paredes López, Cinthia
	Ingeniera Civil, Proyectista
	Supervisora de obras y proyectos
	Experto 03
	Lozada Joaquín, Tiffany Patricia
	Ingeniera Civil
	Supervisión de obras

ANEXO 09: Aplicación del coeficiente de fiabilidad de Holsti.

$$C = \frac{kM}{n_1 + n_2 + n_3}$$

Dónde:

k : Número de expertos

M : Número de coincidencias entre expertos

n_1 : Número de preguntas realizadas que concuerdan al experto 1

n_2 : Número de preguntas realizadas que concuerdan al experto 2

n_3 : Número de preguntas realizadas que concuerdan al experto 3

Sustituyendo:

$$c = \frac{3(10)}{10 + 10 + 10} = \frac{30}{30} = 1.00$$

Cuadro del coeficiente de fiabilidad de Holsti.

Resultado de aplicar la fórmula Intervalo	Fiabilidad del Instrumento
< 0,20	Pobre
0,21 – 0,40	Débil
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Buena
0,81 – 1,00	Muy buena

El resultado tras aplicar, la fórmula fue: **1.00**

El coeficiente de fiabilidad del instrumento es de 100%: **Muy buena**

ANEXO 10: Esquema de Localización

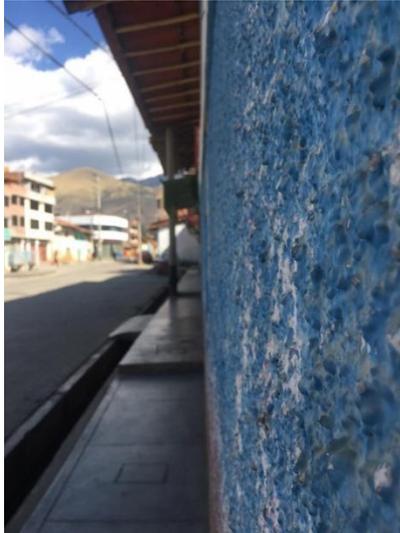
Esquema de Localización. Planimetría del área de intervención o estudio.



Nota. El presente esquema tiene el objetivo de ubicar geográficamente las viviendas tradicionales del barrio Santa Ana del Sector 2 de Huamachuco que servirán como las unidades de análisis de esta investigación.

ANEXO 11: Registro fotográfico.

Revestimiento de muros exteriores.



Nota. La siguiente imagen detalla un revestimiento de mortero de cemento con piedra refinada de cantera, se aplica a las fachadas por un criterio estético y durabilidad del constructor.

Base para muro de adobe.



La siguiente imagen detalla una base de piedra irregular de entre 2 y 3 cm de espesor, acabado natural esto es una base de un metro de altura sirve para proteger los muros de la humedad.

Material expuesto.



Nota. La siguiente imagen se detalla el material autóctono de la sierra liberteña, donde se destaca la pureza del adobe. Se visualiza notablemente que esta vivienda fue autoconstruida, por la variedad de tonalidades del adobe, sus medidas y el mortero empleado en la unión de los mismos.

Acabados y aplicaciones.



Nota. En la siguiente imagen se aprecia un revestimiento exterior de yeso para conseguir una mayor duración de la vivienda. En los muros interiores el revestimiento se muestra de forma natural, el color natural del barro, compatibilizando colores con la estructura de madera y teja andina.

Criterios de diseño.



Nota. La siguiente imagen detalla la fachada de las viviendas de dos niveles en un solo paño, donde se encuentra el acceso en un punto central. Posee techos inclinados y por el clima frío se plantean pequeñas ventanas exteriores de madera generando así unanimidad con el estilo tradicional local.

Tipología de vivienda.



Nota. La siguiente imagen muestra una tipología de vivienda de dos niveles debido a que la construcción con adobe no permite obtener una mayor altura, ni edificar una moderada cantidad de vanos, tanto en paredes, puertas y ventanas. La altura de las paredes no puede exceder el ancho de cada ambiente interior, a fin de adquirir una vivienda más estable y resistente.

Base para protección del muro de adobe.



Nota. La siguiente imagen detalla la base de la vivienda, siendo éstas de piedra irregular, a fin de proteger los muros de adobe de la humedad o la circulación de agua provocada por las lluvias.

Mortero para la unión de adobes.



Nota. La siguiente imagen detalla el mortero para la unión de los adobes dicho mortero está conformado por paja y piedras pequeñas; los pobladores del lugar que no cuentan con los recursos suficientes elaboran este material básicamente con la tierra y agregados del mismo terreno.

Fachada autóctona.



Nota. La siguiente imagen detalla al adobe como material predominante, se aprecia el adobe como un ladrillo sin cocer, cumpliendo incluso la misma función pero con ciertas diferencias térmicas propias del adobe.