



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**ESTRATEGIAS DE CALEFACCIÓN PASIVA Y SU IMPACTO EN EL CONFORT
TÉRMICO DE LOS POBLADORES EN VIVIENDAS ALTOANDINAS EN
APURÍMAC, AÑO 2022**

Línea de investigación:

Desarrollo alternativo en zonas vulnerables

Tesis para optar el grado académico de Doctora en Medio Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Autora:

Cerrón Contreras, Amanda

Asesor:

Defilippi Shinzato, Teresa Milagros
(ORCID: ORCID- 0000-0003-0312-1740)

Jurado:

Paz Fernández, Rodolfo Jesús
Pumaricra Padilla, Raúl Valentín
Collins Camones, José Carlos

Lima - Perú

2023



ESTRATEGIAS DE CALEFACCIÓN PASIVA Y SU IMPACTO EN EL CONFORT TÉRMICO DE LOS POBLADORES EN VIVIENDAS ALTOANDINAS EN APURÍMAC, AÑO 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	revistas.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
5	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	1%
8	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

ESTRATEGIAS DE CALEFACCIÓN PASIVA Y SU IMPACTO EN EL CONFORT TÉRMICO DE LOS POBLADORES EN VIVIENDAS ALTOANDINAS EN APURÍMAC, AÑO 2022.

Línea de Investigación:

Desarrollo alternativo en zonas vulnerables

Tesis para optar el Grado Académico de
Doctora en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autora

Cerrón Contreras, Amanda

Asesora

Defilippi Shinzato, Teresa Milagros
(ORCID: 0000-0003-0312-1740)

Jurado

Paz Fernández, Rodolfo Jesús
Pumaricra Padilla, Raúl Valentín
Collins Camones, José Carlos

Lima – Perú

2023

Dedicatoria

A Dios y a mi familia por sus bendiciones y apoyo en seguir mejorando como persona y profesionalmente en esta etapa de mi vida.

Agradecimiento

Agradezco a mi asesora de tesis Dra. Milagros Defilippi, a mis profesores del Posgrado de la UNFV por sus enseñanzas impartidas en clases y al Ing. Juan Molina docente investigador del Centro de Energías Renovables de la UNI por sus conocimientos compartidos.

INDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCION.....	11
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Descripción del problema.....	14
1.3. Formulación del Problema	14
1.3.1. Problema General	14
1.3.2. Problemas Específicos.....	15
1.4. Antecedentes	15
1.4.1. Antecedentes Internacionales	15
1.4.2. Antecedentes nacionales	18
1.5. Justificación de la investigación.....	22
1.5.1. Justificación teórica.....	22
1.5.2. Justificación social	23
1.5.3. Justificación ambiental	23
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	23
1.7. Objetivos de la Investigación	23
1.7.1. Objetivo General	23
1.7.2. Objetivos Específicos.....	24
1.8. Hipótesis.....	24
1.8.1. Hipótesis General	24
1.8.2 Hipótesis Específicas.....	24
II. MARCO TEÓRICO	26
2.1 Marco conceptual	26
2.1.1 Historia sobre el aprovechamiento del recurso solar	26
2.1.2 Vivienda altoandina.....	27
2.1.3. Riesgo y susceptibilidad por heladas.....	30
2.2. Variable independiente: Estrategias de calefacción pasiva.....	34
2.2.1. Factor ambiental.....	34
2.2.2. Comportamiento térmico de la envolvente	36
2.2.3. Sistemas de calefacción pasiva	40
2.2.4. Tipos de sistemas de calefacción pasiva	42
2.2.5. Caso de estudio.....	48
2.3. Variable dependiente: Confort térmico	50
2.3.1. Calidad Higrotérmica	52
2.3.2. Calidad lumínica	52
2.4. Aspectos de responsabilidad social y medio ambiental	53
2.5. Marco Legal	53
2.5.1. Normas Nacionales.....	53
2.5.2. Normas Internacionales.....	54

III. MÉTODO	55
3.1 Tipo de la Investigación	55
3.2 Población y muestra	55
3.2.1. Población.....	55
3.2.2. Muestra.....	55
3.3. Operacionalización de las variables	56
3.3.1 Variable independiente: Estrategias de calefacción pasiva.....	56
3.3.2 Variable dependiente: Confort térmico	56
3.4. Instrumentos	57
3.5. Procedimientos	58
3.6. Análisis de datos.....	58
IV. RESULTADOS	59
4.1. Diagnóstico físico ambiental del poblado de Sabaino	59
4.1.1 Ubicación del área de estudio.....	59
4.1.2 Características climáticas exteriores	59
4.1.3 Análisis del factor ambiental en el lugar de estudio	61
4.1.4 Principales problemas identificados en viviendas rurales en Sabaino-Apurímac.....	66
4.2. Contratación de hipótesis.....	68
4.2.1. Hipótesis General	68
4.2.2. Hipótesis específica 1.....	68
4.2.3. Hipótesis específica 2.....	69
4.2.4. Hipótesis específica 3.....	70
4.3 Análisis e interpretación.....	71
4.3.1 Análisis Descriptivo	71
V. DISCUSION DE RESULTADOS.....	92
VI. CONCLUSIONES.....	95
VII. RECOMENDACIONES	97
VIII. REFERENCIAS	98
IX. ANEXOS	109
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	109
Anexo 2: Instrumento de medición.....	110
Anexo 3. Datos obtenidos con equipo de medición anemómetro Kestrel 5500, día 17/06/22 en Sabaino	113
Anexo 4: Incidencia y bloqueo de la radiación solar en Sabaino	114
Anexo 5: Fotos del poblado de Sabaino	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Viviendas rurales típicas de adobe (Apuřimac)	28
Figura 2. Ejemplos de viviendas de interés social con estrategias bioclimáticas en zonas rurales	29
Figura 3. Las heladas en zonas rurales altoandinas.....	30
Figura 4. Mapa del escenario de riesgo por heladas	31
Figura 5. Mapa del escenario de riesgo por heladas.....	33
Figura 6. Valores de transmitancias térmicas ($W/k m^2$) en diferentes materiales de la envolvente ..	37
Figura 7. Vista frontal y en planta de una vivienda prototipo en San Francisco de Raymina- Ayacucho.....	38
Figura 8. Características bioclimáticas de una vivienda prototipo en SFR-Ayacucho	39
Figura 9. Características de los materiales usados en las viviendas del MRUV	40
Figura 10. Tipos de solarium según el tipo de partición entre el solarium y la habitación adyacente	43
Figura 11. Sección esquemática del funcionamiento del balcón acristalado.....	44
Figura 12- Imagen de la vivienda nueva, a la izquierda, la claraboya con cobertura	44
Figura 13. Ventana con contraventana de madera	46
Figura 14. Clasificación formal de atrios.....	47
Figura 15. Muro Trombe	48
Figura 16. Trayectoria solar y orientación de 3 viviendas	49
Figura 17. Trayectoria solar y propuesta de orientación recomendada de la vivienda 2	50
Figura 18. Mapa de ubicación de Sabaino en la provincia de Antabamba- Apurímac, Perú.....	59
Figura 19. Temperatura exterior y temperatura interior en el lugar de estudio	62
Figura 20. Humedad relativa interior y exterior en el lugar de estudio	64
Figura 21. Irradiancia solar en el lugar de estudio	65
Figura 22. Irradiación promedio solar en el lugar de estudio.....	66
Figura 23. Gráfico circular de la pregunta 1	72
Figura 24. Gráfico circular de la pregunta 2	73
Figura 25. Gráfico circular de la pregunta 3	74
Figura 26. Gráfico circular de la pregunta 4	75
Figura 27. Gráfico circular de la pregunta 5	76
Figura 28. Gráfico circular de la pregunta 6	77
Figura 29. Gráfico circular de la pregunta 7	78
Figura 30. Gráfico circular de la pregunta 8	79

Figura 31. Gráfico circular de la pregunta 9	80
Figura 32. Gráfico circular de la pregunta 10	81
Figura 33. Gráfico circular de la pregunta 11	82
Figura 34. Gráfico circular de la pregunta 12	83
Figura 35. Gráfico circular de la pregunta 13	84
Figura 36. Gráfico circular de la pregunta 14	85
Figura 37. Gráfico circular de la pregunta 15	86
Figura 38. Gráfico circular de la pregunta 16	87
Figura 39. Gráfico circular de la pregunta 17	88
Figura 40. Gráfico circular de la pregunta 7	89
Figura 41. Gráfico circular de la pregunta 19	90
Figura 42. Gráfico circular de la pregunta 20	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Población y viviendas con nivel de riesgo muy alto por heladas	32
Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente	56
Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente	57
Tabla 4. Parámetros climáticos en Sabaino Apurímac (Latitud -14.3136 , Longitud -72.945)	60
Tabla 5. Temperatura exterior y temperatura interior en el lugar de estudio	61
Tabla 6. Humedad relativa interior y exterior en el lugar de estudio	63
Tabla 7. Irradiancia solar en el lugar de estudio	65
Tabla 8. Principales problemas identificados en viviendas rurales en la zona de estudio	67
Tabla 9. Contrastación de hipótesis general	68
Tabla 10. Contrastación de la primera hipótesis específica	69
Tabla 11. Contrastación de la segunda hipótesis específica	70
Tabla 12. Contrastación de la tercera hipótesis específica	71
Tabla 13. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 1	72
Tabla 14. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 2	73
Tabla 15. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 3	74
Tabla 16. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 4	75
Tabla 17. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 5	76
Tabla 18. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 6	77
Tabla 19. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 7	78
Tabla 20. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 8	79
Tabla 21. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 9	80
Tabla 22. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 10	81
Tabla 23. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 11	82
Tabla 24. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 12	83
Tabla 25. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 13	84
Tabla 26. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 14	85
Tabla 27. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 15	86
Tabla 28. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 16	87
Tabla 29. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 17	88
Tabla 30. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 18	89
Tabla 31. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 19	90
Tabla 32. Frecuencia y porcentajes de la pregunta 20	91

RESUMEN

Esta Tesis se plantea con el objetivo principal de encontrar el impacto de las aplicaciones adecuadas de estrategias de calefacción pasiva sobre el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino Apurímac, zona en la cual se registra un con presencia de heladas típicas de estas zonas del Perú. Por las características del trabajo desarrollado, ésta tesis puede considerarse de diseño no experimental, y dentro de este de tipo descriptivo correlacional y muestreo no probabilístico. Se realizó mediciones de las variables térmicas en el lugar de estudio para analizar la situación actual que enfrentan en dichas zonas y una encuesta realizada a 34 especialistas del área para encontrar las mejores estrategias pasivas de mejoramiento del confort térmico de viviendas de zonas altoandinas para lograr una mejora en la calidad de vida de los pobladores. Los resultados muestran que las estrategias de calefacción pasiva de calentamiento han demostrado que influyen fuertemente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas, asimismo se concluye que las estrategias más idóneas que pueden ser implementadas en viviendas ya construidas son los tragaluces cenitales, invernaderos adosados, la captación directa a través de las ventanas orientadas al N, E y O son más eficientes; en conjunto con la incorporación de material aislante en la envolvente para lograr incrementos de temperatura de hasta 10°C aproximadamente.

Palabras Claves: Sistemas de calefacción pasiva, confort térmico, vivienda altoandina, incidencia solar.

ABSTRACT

This Thesis has as its fundamental objective to determine the impact that passive heating strategies would have on the thermal comfort of residents in high Andean homes in Sabaino Apurímac, which have a cold climate and the problem of frost typical of said places. This research is of a non-experimental design, of a descriptive correlational type and non-probabilistic sampling. The thermal variables were measured in the place of study, to analyze the current situation faced in said areas and a survey carried out with 34 specialists in the area to find the most optimal passive heating strategies that would be suitable for high Andean areas to achieve a improvement in thermal comfort in homes. The results show that passive heating strategies would significantly influence the thermal comfort of residents in high Andean homes, likewise it is concluded that the most suitable strategies that can be implemented in homes already built are overhead skylights, attached greenhouses, direct intake to through the windows facing N, E and W are more efficient; together with the incorporation of insulating material in the envelope to achieve temperature increases of up to approximately 10°C.

Keywords: Passive heating systems, infiltrations, thermal comfort, solar incidence

I. INTRODUCCION

El hombre desde sus orígenes siempre ha buscado la necesidad de encontrar en su vivienda las condiciones mínimas de confort interior, de no sentir ni frío ni calor, que lo ha llevado a través de los años hacia la búsqueda de diversos sistemas o estrategias de climatización pasiva que lo protejan del frío del microclima al que está expuesto y que repercute en su bienestar térmico.

De acuerdo a SENAMHI, las llamadas heladas se producen en zonas sobre los 3000 m.s.n.m. de nuestra serranía. Los meses de bajas temperaturas puede ser extremadamente intensos llegando a afectar la vida y salud, en especial en la población más vulnerable (formada por adultos mayores y niños menores a 5 años), produciéndose complicaciones respiratorias agudas. (INDECI, 2020)

La sierra del Perú cuenta con niveles de radiación solar bastante elevados en un rango de 5.5 a 6.5 kWh/m² día, siendo ideales para su captación pasiva y uso en viviendas altoandinas para lograr el bienestar térmico.

En Perú la aplicación de estrategias pasivas viene siendo ampliamente abordados por diversas instituciones en varios departamentos de la sierra del Perú. Algunos de estos proyectos son los realizados por FONCODES, Sumaq Wasi, CER-UNI, Koñichuyawasi que consisten por lo general en mejora térmica de la envolvente y captación solar (Pari et. al, 2021b).

El objetivo de esta tesis es evaluar en qué medida las estrategias de calefacción pasiva influirían en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas, y plantear las estrategias de calefacción pasiva que puedan implementarse en las viviendas altoandinas para lograr una mejora en el confort térmico y bienestar en los habitantes en Sabaino -Apurímac. Se parte de un análisis de las condiciones del clima del entorno y su afectación en mayor o

menor grado en los espacios interiores, los cuales afectan directamente las condiciones higrotérmicas.

Esta Tesis contiene IX capítulos: El cap. I aborda el planteamiento del problema, los antecedentes, los objetivos y las hipótesis; el cap. II se presenta el marco teórico de la tesis; el cap. III detalla el método usado; el cap. IV muestra los resultados obtenidos y su interpretación; el cap. V aborda la discusión e interpretación de los resultados obtenidos; en el cap. VI se enumeran las conclusiones de la tesis; en el cap. VII se dan las recomendaciones respectivas y en los dos últimos capítulos de la tesis se mencionan las referencias y se incluyen los anexos.

1.1. Planteamiento del problema

Las disminuciones de temperaturas que ocurren en invierno ocasionan que cambien las condiciones climáticas ocasionando que lugares considerados confortables para el hábitat de un ser humano sobrepasen los umbrales de adaptación, ocasionando que se pierda el confort térmico ocasionando daños en la salud, especialmente si no se cuentan con las condiciones adecuadas para afrontarlas (CENEPRED, 2018, p. 7).

De acuerdo al SENAMHI, las llamadas heladas se producen en zonas sobre los 3 000 m.s.n.m. de nuestra serranía. Los meses de bajas temperaturas puede ser extremadamente intensos llegando a afectar a la vida y la salud, en especial en la población de mayor riesgo, esto es niños menores de 5 años y adultos mayores de 60 años, produciéndose complicaciones respiratorias agudas. (INDECI, 2020)

La carencia y deficiente implementación obras de infraestructura y de programas de salud ocasionan que los daños de las heladas se repitan todos los años, un problema que perdura hasta la actualidad. Sin embargo, debe mencionarse las acciones que viene realizando el MVCS, que buscan mejorar el confort térmico de las viviendas a través del Programa

Nacional de Vivienda Rural (PNVR), las cuales se aplican en los centros poblados priorizados (Palma, 2017).

Actualmente diferentes instituciones, privadas, estatales y ONGs, vienen trabajando en el mejoramiento y la transferencia de la tecnología de los poblados rurales basándose en estudios y trabajos realizados en relación con el clima, el uso de materiales de procedencia local, construcciones bioclimáticas, y confort térmico. Así puede mencionarse el uso del adobe, un material local de amplio conocimiento ancestral, que deriva en buenas prácticas constructivas y cuyo conocimiento lamentablemente ha ido perdiéndose en el tiempo, por lo que se necesita recuperarlo a través de estudios y el uso de técnicas actuales en su aplicación (Molina et. al 2020, p 71). Actualmente el uso de algunos nuevos materiales constructivos industrializados, los cuales se encuentran a disposición en el mercado, contribuye a un deterioro del medio ambiente, y ocasionan que se olviden los conocimientos tradicionales locales y sostenibles como el uso del adobe, la quincha y tapial, que además sin duda tomaban en cuenta el entorno geográfico, las condiciones ambientales, el microclima, la orientación de la vivienda, entre otros.

En el año 2017, el 19.2% de las viviendas del medio rural presentaban condiciones de habitabilidad inadecuadas. Esto quiere decir que, de cada cinco viviendas, una requería de alguna forma de reacondicionamiento. Asimismo, cuando nos referimos a las brechas de viviendas rural, hacemos referencia al déficit o falta de viviendas en el medio rural, es decir al gran número de familias, que carecen de los medios necesarios para tener una vivienda digna (MVCV, 2021). A pesar de contar con materiales sostenibles no se logra encontrar el confort térmico porque por lo general existen pérdidas de cargas térmicas debido a las infiltraciones que presentan las viviendas rurales altoandinas asimismo la carencia de sistemas de captación solar pasiva que impide la calefacción pasiva, entre otras consideraciones.

Por tal motivo se pretende desarrollar la presente investigación para la mejora del bienestar térmico evaluando las estrategias de calefacción pasiva que mejor se adapten y funcionen en viviendas rurales en el poblado de Sabaino-Apurímac.

1.2. Descripción del problema

Según SENAMHI, los departamentos donde se presentan el fenómeno de las heladas de manera más frecuente e intensa son Puno, Arequipa, Tacna, Moquegua, Cusco, Ayacucho, Huancavelica, Pasco, Junín y Apurímac (INDECI, 2020).

Las duras condiciones ambientales en el poblado de Sabaino- Apurímac, y las malas edificaciones de viviendas confluyen en un inadecuado confort térmico estas viviendas y por consiguiente presentan una reducción del bienestar térmico. En esta zona geográfica las condiciones ambientales cambian drásticamente en el tiempo y son muy agresivas con los pobladores a diferencia de otros lugares del país. Para mejorar el confort térmico de estos lugares se deben buscar estrategias de climatización pasiva, esto es buscar soluciones que permitan crear un confort térmico adecuado en las viviendas, soluciones que se adapten a las condiciones ambientales partiendo de la caracterización de su morfología, termo físicas y temporales entre las principales consideraciones en el lugar de estudio.

La presente investigación pone en relieve aspectos relevantes como las estrategias de calefacción solar pasiva que aplicados correctamente a las viviendas altoandinas solucionaría el problema de las bajas temperaturas en Sabaino-Apurímac.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

- ¿En qué medida las estrategias de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022?
- ¿En qué medida las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de la envolvente influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022?
- ¿En qué medida las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Antecedentes Internacionales

Beyraghshamshir y Sarkardehei (2023), en su artículo “A comparison of the cooling and heating performance of two passive systems of central courtyards and atriums at an elementary school in Yazd City”, tuvieron como objetivo comparar el desempeño de patios y atrios centrales así como su combinación para determinar sus efectos en la disminución de energía usada para calefacción en un edificio educativo. Esta investigación diseñó el edificio de la escuela en dos estados diferentes y lo simuló en el software DesignBuilder el edificio tenía un solo patio central en el primer estado, mientras que el patio central se convirtió en atrio en el segundo estado. Los resultados del proceso de simulación mostraron que la conversión del patio central en un atrio ayudó a reducir el consumo de energía usada para la calefacción e iluminación de las viviendas en un 30% y un 51%, respectivamente.

Li y Zhou (2022) en su artículo de investigación “Application research of solar heating

technology in rural buildings in Western Sichuan Plateau”, propusieron un esquema de calefacción solar de bajo costo al diseñar la pared exterior del edificio orientada al sur como una pared de recolección y almacenamiento de calor solar, agregaron un espacio solar adicional al sur del edificio, y al mismo tiempo la mejora del rendimiento de aislamiento térmico de otras paredes y techos, para conseguir mejorar el aislamiento térmico que provocaba bajas temperaturas dentro de las viviendas en la temporada de invierno. Seleccionaron los edificios típicos en el pueblo de Harama, ciudad de Anqu, condado de Hongyuan occidental, y llevaron a cabo el cálculo térmico de estructura de la envolvente exterior y ensayo del ambiente térmico interior en invierno. Usaron el software DeST-h para simular la temperatura básica interior de edificios y edificios de calefacción solar. Estas simulaciones dieron como resultado que la temperatura básica interior de los edificios típicos es $-1,92\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $2,11\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que la temperatura interior básica de los edificios de calefacción solar es superior a 10°C , y la diferencia de temperatura mínima es aproximadamente $11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ más alta que la de los edificios típicos. Concluyendo que con la calefacción solar el confort térmico interior del edificio mejoraba significativamente consiguiendo además un notable ahorro de energía, brindando una buena base para el directo uso del diseño de calefacción solar en esta área.

Giraldo y Arango (2020) en su artículo de investigación “Proceso de optimización en el diseño de sistema de calefacción solar pasivo”, presentaron el uso de un sistema basado en la captación solar pasiva el cual se adhería a las construcciones que se buscaban calentar, buscando mejoras en el confort higrotérmico del interior de las construcciones, usando una metodología de trabajo paramétrico. Este trabajo presentó estudios de caso de la Ciudad de Bogotá, Colombia, en el altiplano cundiboyacense, incluyendo simulaciones térmicas dinámicas usando el software EnergyPlus, con el fin hallar las mejores estrategias para la zona estudiada. Este trabajo concluye que respecto a las dimensiones del sistema de captación solar,

son el ancho y alto de este sistema los que influyen en mayor medida, siendo el menos influyente la profundidad, por lo que el ancho y el alto del sistema son los parámetros más importantes en su diseño, siendo entonces el Muro Trombe el más adecuado para el clima estudiado. Asimismo, usando estos diseños se puede garantizar un buen confort dentro de las habitaciones de uso nocturno sin importar la orientación de los mismos.

Fernandes et al. (2020) en su artículo de investigación “Thermal performance and comfort condition análisis in a vernacular building with a glazed balcony”, estudiaron el uso de los balcones acristalados como estrategia para ganar mayor radiación solar y reducir las fugas de calor, mediante el monitoreo en habitaciones para evaluar los diferentes parámetros que afectan el confort térmico y la calidad del aire y además realizar evaluaciones subjetivas para conocer la percepción de los ocupantes sobre la sensación térmica. Obtuvieron como principal resultado que el uso de balcones acristalados como estrategia de calefacción pasiva en un clima con inviernos fríos es viable, sin embargo, los resultados mostraron que es difícil lograr unas condiciones de confort térmico adecuadas sin un sistema de calefacción activo.

Calderón (2019) en su publicación “Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en auto construcción en Bosa, Bogotá, Colombia” estudió un caso de mejora del confort térmico en el barrio San José de Bosa, en Bogotá, Colombia a través del uso de materiales sostenibles en un hábitat siguiendo un proceso de auto construcción. Calderón consideró en este trabajo que el confort térmico es una condición fundamental del hábitat, bajo el punto de vista de cobijo, como un espacio personal, sin tomar en cuenta como las variables climáticas lo afectan. Asimismo, concluye que se ha ido incorporando beneficios al medio ambiente al ir aumentando el uso de materiales sostenibles amigables con el medio ambiente, principalmente en las grandes ciudades, donde son frecuentes los altos índices de contaminación. Según lo que menciona Calderón en este trabajo, en los barrios periféricos como el barrio materia de estudio, los

materiales que fueron utilizados con más frecuencia en las construcciones fueron el ladrillo, el cemento y el acero. En un estudio de caso que presentó se hicieron medidas relacionadas con el confort térmico de manera periódica buscando el balance térmico y evaluando la respuesta a las condiciones climáticas existentes de los materiales que se usaron. Los materiales que se usaron debían ser sostenibles en el tiempo por lo que no solo se optimizó el confort térmico sino también la sostenibilidad del hábitat. Para esto se realizaron medidas antes y después de la incorporación de estos materiales y a partir de los resultados encontrados se encontró que los nuevos materiales que se emplearon en las diferentes estrategias contribuyeron en la mejora del confort térmico del hábitat, observándose un aumento de 6° C en la temperatura media interior.

1.4.2. Antecedentes nacionales

Mamani (2022) en su tesis “Evaluación del confort térmico de viviendas rurales sismorresistentes construidas por el Programa Nacional de Vivienda Rural, Juliaca, Puno-2022“, evaluó el confort térmico de viviendas rurales sismorresistentes construidas dentro del Programa Nacional de Vivienda Rural, Juliaca, Puno – 2022. El método de investigación que Mamani usó en este trabajo fue de tipo aplicado de diseño no experimental y nivel explicativo. Mamani realizó medidas de confort térmico en tres viviendas en la comunidad de Jatun Jallpa, Juliaca. Dentro de este trabajo, determinó mediante una inspección visual, las características y los parámetros fijos de estas tres viviendas. Mamani realizó también un seguimiento de los parámetros ambientales con el fin de determinar los parámetros meteorológicos y así obtener un balance o equilibrio térmico de los componentes de la envolvente. Esto le permitió proponer una estrategia para mejorar el confort térmico de las viviendas. Mamani encontró que estas tres viviendas no presentan un confort térmico, pues se registraron temperaturas en su interior de 13.8°C, 12.3°C y 12.2°C respectivamente. El balance fue que estas tres viviendas

presentan un balance térmico negativo con pérdidas de calor de -16554.56 Wh/día, -14969.75 Wh/día y -16202.17 Wh/día. La estrategia de mejora que realizó fue de añadir elementos con baja conductividad térmica a los componentes de la envolvente. Luego de aplicar esta estrategia se alcanzó un confort térmico adecuado con una temperatura media de 17°C.

Wieser et al. (2021) en su investigación “Estrategias bioclimáticas para clima frío tropical de altura. Validación de prototipo en Orduña, Puno, Perú”, llevado a cabo junto con la población local, diseñaron, construyeron y validaron un prototipo bioclimático y sismorresistente. La metodología que utilizaron fue el monitoreo del prototipo de una vivienda. Este proyecto tuvo dos etapas, en la primera se construyó el prototipo en 2015 a lo cual siguió un periodo de seguimiento térmico por un periodo de seis meses que correspondían con los meses de más baja temperatura del 2016. En una segunda etapa, en el año 2017, se realizaron mejoras que incrementaron el desempeño térmico del mismo. Los resultados térmicos obtenidos se centran en aquellos registrados en la segunda etapa. Al evaluar los resultados obtenidos se concluyó que aún si solamente se emplean materiales locales y naturales es posible obtener confort térmico bajo condiciones muy extremas. Las principales estrategias bioclimáticas que permitieron lograr un adecuado confort térmico fueron el correcto uso de la radiación solar, un adecuado aislamiento térmico de la envolvente, la hermeticidad del conjunto y el adecuado uso de los vanos de manera que no se tenga fuga de calor.

Resano et al. (2021) en su artículo científico titulado “Passive Comfort Strategies for Typical Peruvian Meso-Andean Houses” se enfocaron en el comportamiento climático de las casas típicas en la zona Meso-Andino del Perú. Describen los sistemas constructivos habituales en Cuzco y Alto de Poclús y presentaron el comportamiento higrotérmico de una vivienda típica, proponiendo estrategias que incrementen el confort térmico principalmente la implantación de aislamiento térmico en cerramientos opacos y el acristalamiento para lograr

la captación de energía solar.

Palma (2017) en su investigación “Estrategias de eficiencia energética para la vivienda rural de la zona bioclimática meso andina de Cusco-Perú” realizó un estudio cuyo objetivo fue realizar un estudio sobre forma como evolucionó la vivienda rural peruana y evaluar su situación actual en el marco del estándar Passivhaus, con el fin de plantear estrategias y hacer recomendaciones con el fin de conseguir viviendas energéticamente eficientes, de acuerdo a su ubicación geográfica y de acuerdo a las condiciones requeridas por sus pobladores. Este trabajo se realizó tomando en cuenta cuatro etapas: 1) Presentar y evaluar la situación actual del problema de investigación, así como los modelos, teorías y conceptos a aplicarse, 2) Recabar y analizar los datos relacionados con las condiciones climáticas del medio, así como recoger información relacionada con las condiciones tecnológicas que se disponen y las condiciones constructivas del entorno así como de las necesidades del usuario y la normativa vigente, 3) Usar sistemas de gestión actuales con el fin de conocer el desempeño actual y 4) analizar los diferentes factores que influyen en el diseño, la calidad de la construcción, las instalaciones y los hábitos de consumo de energía. Palma encontró que la demanda de calefacción de las viviendas inicialmente era muy elevada, debido a que las viviendas inicialmente no tenían aislamiento térmico. A partir de la implementación de las diferentes estrategias utilizadas y con las medidas implementadas, tomando en cuenta la ventilación natural de la vivienda, Palma consiguió una importante disminución en la demanda total, logrando prácticamente eliminar la demanda de climatización logrando disminuir casi en un 98.83% de los requerimientos de calefacción.

Umán (2019), en su tesis de maestría titulada “Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta - Cusco, 2017”, presentó estrategias de climatización para mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad usando sistemas naturales para el confort térmico de las viviendas de la zona de estudio en Anta-

Cusco. En este trabajo Uman presentó algunas estrategias de climatización pasiva que evaluó para cuantificar los aportes térmicos de los elementos usados a la calefacción de la vivienda. Encontró que las estrategias de climatización pasiva aplicadas son de fácil aceptación y aplicación por los pobladores en las viviendas existentes, contribuyendo a mejorar las condiciones térmicas y mejorando el confort térmico de las viviendas. Asimismo, logró reducir hasta en un 80%, los requerimientos de calefacción dentro de estas viviendas.

Holguino et al. (2018) en su investigación titulada “Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú”, presentó un trabajo cuyo objetivo fue la evaluación del confort térmico al interior de una habitación de prueba (HP) hecha de adobe y materiales como la piedra andesita, el cual es un acumulador de calor propios de la zona altoandina del Perú. Halló los valores de la conductividad térmica para el adobe, el yeso y la paja de 0,176 0,149 y 0,118 W/mK respectivamente. Asimismo, efectuó una comparación entre los valores de la conductividad térmica y calor específico, obtenidos experimentalmente para los materiales y sistemas utilizados en la construcción de HP. En los materiales usados en la construcción de la pared, puerta y ventana encontraron valores de las conductividades térmicas iguales a 0,061 0,030 y 0,027 W/mK respectivamente. Estos resultados son similares a la conductividad térmica de un aislante térmico natural como el aire cuyo valor es 0,026 W/mK. También encontraron que la transferencia de energía calorífica hacia el exterior de la HP, durante 11 horas nocturnas es de 0,815 MJ. Para la evaluación del calor específico de la piedra, guano y madera se encontraron los valores de 1235,13 2416,44 y 2212,77 J/kgK respectivamente; Estos materiales fueron usados en la construcción del acumulador de energía instalado en la HP. Estos calores específicos fueron comparados con el calor específico del agua que es un buen almacenador de energía, encontrándose que representan un 29,55%; 57,81% y 52,94 % respectivamente. Holguino et

al. concluyeron que el sistema acumulador de HP almacena energía calorífica equivalente a 8,305 MJ.

Molina (2016) en su investigación titulada “Evaluación bioclimática de una vivienda rural alto andina de la comunidad de San Francisco de Raymina de Ayacucho”, tuvo como objetivo analizar las técnicas bioclimáticas aplicadas en la construcción de una vivienda alto andina, ubicada en la comunidad de San Francisco de Raymina, mediante el uso del monitoreo de las viviendas con sensores de temperatura y humedad relativa, además del uso de una estación meteorológica para obtener los registros de temperatura del aire, radiación solar, humedad relativa, velocidad y dirección del viento del ambiente exterior de la vivienda. También usó un programa de simulación EnergyPlus que simula la temperatura al interior de la vivienda, contrastando estos resultados con las medidas experimentales, llegando a la conclusión de que corresponde aprovechar la energía proveniente del sol en zonas alto andinas ya que es frecuentemente alta y se debe aprovechar para incrementar la temperatura en el interior de las viviendas adaptándolas usando técnicas bioclimáticas en su construcción o adecuando las viviendas existentes.

1.5. Justificación de la investigación

Esta investigación tiene un carácter social y práctico, pues tiene la finalidad de lograr el confort térmico en viviendas altoandinas en Sabaino- Apurímac perteneciente al departamento de Apurímac mediante estrategias de calefacción solar pasivo, de esta manera se logrará brindar un mayor confort térmico a los pobladores en viviendas rurales y a su vez beneficiará al medio ambiente al reducir el impacto ambiental.

1.5.1. Justificación teórica

La investigación generará información especializada y generará nuevo conocimiento en cuanto a cuáles estrategias de calefacción solar pasivo se adecuan en la zona partiendo de un análisis detallado de las condiciones de vivienda que presentan e información especializada

sobre el funcionamiento de dichos sistemas y que serán aplicables a viviendas rurales altoandinas para el poblado de Sabaino-Apurímac.

1.5.2. Justificación social

Esta investigación tiene como objetivo plantear las estrategias de calefacción pasiva que puedan implementarse en las viviendas altoandinas considerando el factor ambiental, el comportamiento térmico de la envolvente y los sistemas de calefacción pasiva que contribuirá a la mejora del bienestar térmico de los pobladores en viviendas de zonas altoandinas en Sabaino -Apurímac que en la actualidad presentan problemas debido al tipo de clima y que es afectado por las heladas.

1.5.3. Justificación ambiental

Esta investigación contribuirá a disminuir el impacto al medio ambiente por proponer estrategias de calefacción solar pasivo en viviendas rurales altoandinas con el uso de energía renovable solar, energía limpia que no generan GEI al ambiente y a su vez mejora el confort térmico de los pobladores en viviendas rurales altoandinas.

1.6. Limitaciones de la Investigación

Una de las principales limitaciones fue la carencia de fuentes de información bibliográficas del lugar de estudio acerca de la caracterización de las viviendas rurales, las características del microclima, el entorno geográfico, la falta de información precisa de datos climáticos entre otros de dicha zona rural altoandina en Sabaino-Apurímac, por lo que se realizó algunas mediciones de los principales elementos climáticos en un periodo de tiempo muy corto.

1.7. Objetivos de la Investigación

1.7.1. Objetivo General

- Determinar en qué medida las estrategias de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Evaluar de qué manera las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.
- Determinar en qué medida las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de la envolvente influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.
- Determinar en qué medida las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis General

- Las estrategias de calefacción pasiva influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

1.8.2 Hipótesis Específicas

- Las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.
- Las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de la envolvente influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.
- Las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 *Historia sobre el aprovechamiento del recurso solar*

Sobre el aprovechamiento del recurso solar en la antigüedad, tenemos que ya en la antigua China, Grecia, Roma y América prehispánica (todas ellas localizadas en la latitud norte) sus pobladores sacaban beneficios de la energía solar logrando calentar las viviendas en invierno acondicionaban sus viviendas para evitar el sobrecalentamiento en verano. Uno de los párrafos que habla sobre el sol y las viviendas es el que se atribuye a Sócrates en la antigua Grecia: "En las casas orientadas al sur, el sol penetra el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco del sol descrito se eleva justo sobre nuestras cabezas y por encima del techo, de manera que allí está la sombra" (Butti, 1980, citado en Franco-Medina, 2016). En estas civilizaciones se conocía que la orientación de los rayos solares cambiaba con las estaciones y aprovecharon esto para obtener la mayor ventaja de la energía solar. Así aprovecharon estas variaciones orientando correctamente las aberturas al sur, añadiendo además un uso adecuado de los materiales utilizados, tomando en cuenta su inercia térmica (Franco-Medina, 2016).

En los días de la antigua Roma, se observó además que el uso de vidrio en los edificios atrapaba el calor dentro, creando el ahora bien conocido "efecto invernadero"; las clases altas romanas agregaron espacios solares (heliocamino) a sus villas, que luego se utilizaron para cultivar durante todo el año verduras y frutas (Vukadinovic et al., 2018).

En el Imperio Romano, desde el mandato de Augusto en el siglo I d. C., el uso de la energía solar para calentar casas, termas e invernaderos fue bastante extendido. Sin embargo, a diferencia de Grecia, solo los más pudientes podían hacer uso del recurso solar es decir que el Imperio Romano no consideraba la planificación de las viviendas para los ciudadanos más

pobres. "En agudo contraste con el espíritu griego de democracia e igualdad social, la ideología dominante en Roma favorecía a lo más privilegiados de clase (y, así, únicamente los ricos podían construir sus casas con la orientación adecuada)" (Butti, 1980, citado en Franco-Medina, 2016). A pesar de esto debemos indicar que el Imperio Romano contribuyó con grandes avances en materia de recurso solar; en lo que respecta a la construcción, al usar vidrio en el recubrimiento de los vanos de las ventanas se logró la retención del calor en habitaciones, baños o invernaderos (Franco-Medina, 2016).

Por lo expuesto concluimos que las primeras civilizaciones también se preocuparon por el confort térmico, y lo afrontaron usando a la misma naturaleza a diferencia de la civilización actual que toma medidas que muchas veces no solo dañan a la naturaleza sino tienen consecuencias a futuro. Estas civilizaciones crearon y usaron técnicas propias de climatización natural con el aprovechamiento de la energía proporcionada por la naturaleza se las ingeniaron para solucionar los problemas de falta de confort térmico. (Umán, 2019)

2.1.2 Vivienda altoandina

Son estructuras considerados como un sistema que se componen básicamente de: un campo de acción en la vivienda, sectores de servicios públicos, zonas de recreación campesina, campo de acción de corral y los bienes de comunicación. Estas diferentes zonas pueden agruparse de acuerdo con dos modelos básicos: viviendas dispersas y viviendas agrupadas en pueblos (Mora, 1970; citado en Mamani 2020). Wieser et al. (2021) considera que "estas están conformadas por un conjunto de volúmenes que se complementan hacia el exterior con muros de piedra relativamente bajos y una puerta, de tal forma que se crea un patio central protegido de los vientos" (p. 4).

Históricamente, las culturas andinas han utilizado piedra, madera y fibras vegetales para construir sus asentamientos en la Cordillera de los Andes. Según el censo del 2017, el 27.9 % de viviendas están hechas de adobe o tapia. Este censo reveló también que más de la

mitad de las viviendas están hechas de tierra en 9 regiones del país. Estas construcciones se concentran en la sierra. MVCV (2021).

Durante el invierno se producen fuertes descensos de temperatura en la zona altoandina. Estos descensos de temperatura pueden cambiar las condiciones térmicas de las viviendas haciendo que sobrepasen los umbrales de adaptación, desapareciendo la sensación de confort térmico y pudiendo incluso dañar la salud de los habitantes, en especial si las condiciones de vida de los pobladores no son las adecuadas para afrontarlas (CENEPRED, 2018, p. 7), como es el caso de las viviendas típicas de adobe que carecen de confort térmico en la sierra peruana.

Algunas características predominantes de las viviendas típicas altoandinas como se muestra en la figura 1, consisten en ser de material de adobe, de paredes de 0,38 m de espesor fabricado de forma artesanal. Las viviendas altoandinas no tienen todas el mismo acabado, pues algunas de ellas no tienen acabado, es decir que no están revestidas y las que tienen pueden ser solo de barro o tener también yeso. Las puertas y marcos de estas viviendas pueden ser de metal o de madera y por lo general no se corresponden con el vano respectivo. Con respecto a los techos, estos tienen como estructura, rollizos de eucalipto como vigas y madera aserrada como correas. Como cubierta de los techos de estas viviendas, estos poseen calamina metálica y/o tejas como cubierta del techo. (Molina, 2016, p37).

Figura 1

Viviendas rurales típicas de adobe (Apurímac)



Pari et. al (2021b) analizaron ejemplos de viviendas de interés social en el país vecino de Bolivia (a), uno en Chile (b) y cuatro ejemplos en Perú (FONCODES (c), Sumaq Wasi (d), CER-UNI (e), Koñichuyawasi (f)) como se muestra en la figura 2, entre ellas observaron que la primera estrategia más usada es el mejoramiento del comportamiento térmico de la envolvente, con paredes de gran espesor, añadiendo un aislamiento en falso techo para aislar térmicamente el techo y en segundo lugar, utilizó la estrategia de calefacción solar por sistemas directos a través de ventanas especialmente acondicionadas y techos transparentes, el uso de sistemas de calefacción indirectos (Muro Trombe con vidrio, plástico o policarbonato) y semidirectos por pared (invernaderos adosados de vidrio y plástico con marco de madera).

Figura 2

Ejemplos de viviendas de interés social con estrategias bioclimáticas en zonas rurales



Nota. Adaptado de Estrategias bioclimáticas pasivas para la zona bioclimática 4 en viviendas de interés social de Perú. Pari et al. (2021). Ciudadania e habitacão, 1(2)

Por lo general estas viviendas comprenden áreas entre 40 a 90 m². Estas viviendas hacen uso de materiales hechos en la zona de las viviendas como el adobe y el ladrillo con espesores de 40 cm a más. Se usaron estrategias de la envolvente térmica con el fin de mejorar el aislamiento pasivo, las cuales fueron usadas en paredes, techo y piso. (Pari et al., 2021b)

Según Molina (2016) el problema con el uso del adobe es que se hace un uso inadecuado de los bloques de adobe, esto porque se pierde calor por infiltraciones debido a pequeñas grietas que no son cubiertas. Estas grietas aparecen porque hay un mal cierre con otras componentes de la envolvente de la vivienda. Debido a este problema una gran cantidad de pobladores carecen de un confort térmico al interior de sus viviendas.

2.1.3. Riesgo y susceptibilidad por heladas

Cuando las temperaturas en la sierra descienden por debajo de los 0°C, se presenta el fenómeno climatológico denominado helada, el cual es muy perjudicial para las poblaciones de estos lugares. Las heladas meteorológicas ocurren entre los meses de abril y setiembre incluidos, registrándose la temperatura más baja frecuentemente en el periodo de junio a julio. Por las noches es donde se registran las más bajas temperaturas especialmente en las madrugadas con condiciones de cielo despejado (Presidencia del Consejo de Ministros, 2019).

Figura 3

Las heladas en zonas rurales altoandinas



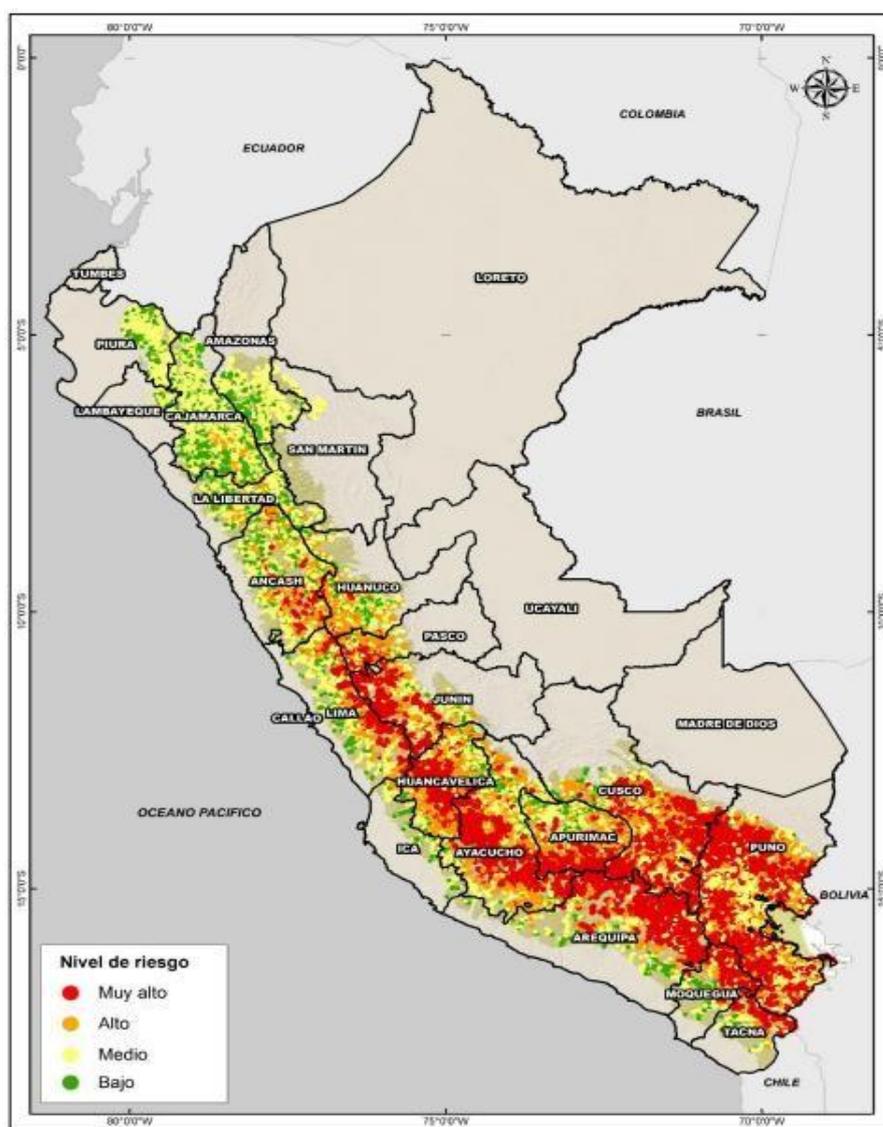
Nota. Andina. <https://canaln.pe/actualidad/gobierno-declara-emergencia-mas-100-distritos-heladas-y-nevadas-n334805>

La susceptibilidad y la vulnerabilidad de los poblados hacen que las heladas puedan crear un escenario de riesgo para un pueblo alto andino. Estos niveles de riesgo pueden clasificarse en cuatro tipos: muy alto, alto, medio y bajo; al nivel de riesgo muy alto se le

suele asociar el color rojo. Así un poblado con nivel de riesgo rojo tiene una mayor posibilidad a ser afectado si ocurriera este evento. La figura 4, muestra el mapa del escenario de riesgo por heladas a nivel de centro poblado. En la Tabla 1 se muestra el total de población y vivienda por departamento, que tienen un nivel de riesgo muy alto por heladas (CENEPRED, 2018, p.16-18).

Figura 4

Mapa del escenario de riesgo por heladas



Nota. Tomado de Riesgo por heladas a nivel de centro poblados. CENEPRED (2018).

Tabla 1*Población y viviendas con nivel de riesgo muy alto por heladas*

Riesgo por heladas	Muyalta					
	N° de centros poblados	Total	Población		Viviendas	
Departamento			De 0 a 5 años	De 60 Años a más	Total	VPOPP*
Ancash	160	714	55	168	560	274
Apurimac	531	4,351	401	781	3,156	1,784
Arequipa	1,440	6,369	514	1,204	3,648	2,372
Ayacucho	927	5,231	540	1,147	5,506	2,342
Cusco	2,068	35,953	3,781	5,402	19,366	11,917
Huancavelica	1,076	9,183	1,078	1,627	6,297	3,267
Huanuco	102	590	81	70	342	192
Ica	1	6	2	0	3	3
Junin	699	3,904	253	741	2,746	1,392
La Libertad	3	75	10	8	41	22
Lima	251	1,796	81	218	793	450
Moquegua	271	1,327	97	262	1,132	626
Pasco	233	2,191	184	275	905	591
Piura	1	156	24	7	28	28
Puno	2,667	83,359	6,709	13,775	62,458	34,823
Tacna	147	560	56	115	657	288
Total	10,577	155,765	13,866	25,800	107,638	60,371

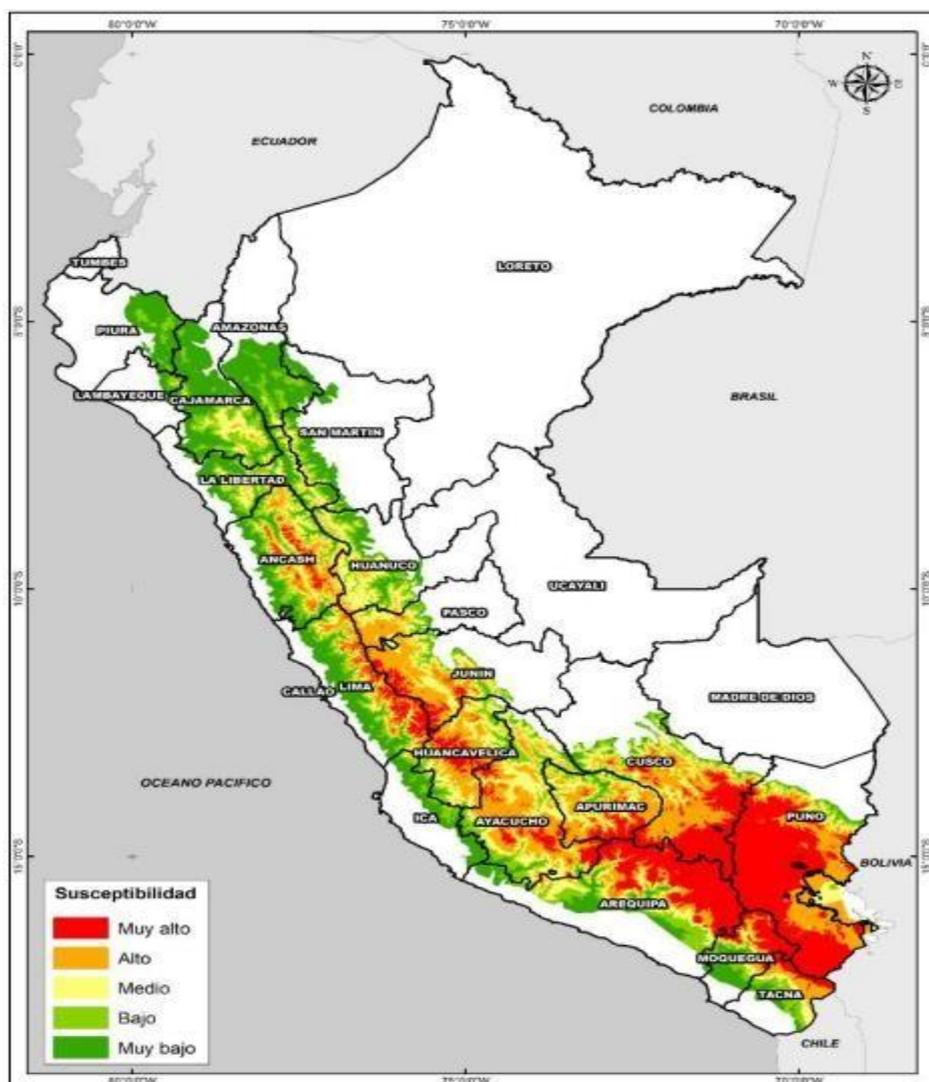
Nota. Tomado de Centros poblados por departamento con nivel de riesgo muy alto. CENEPRED (2018).

Las heladas en el Perú por lo general se registran en los meses de invierno y en zonas de gran altitud. Se ha clasificado el nivel de susceptibilidad de acuerdo a 5 niveles: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, en la fig.5 se muestra el mapa de niveles de susceptibilidad. Existen zonas de la sierra del Perú donde la temperatura del aire desciende a 0°C o menor a estas; asimismo el periodo de ocurrencia de las heladas cambia de acuerdo al lugar

determinándose diferentes periodos de ocurrencia. El aire alcanza su menor temperatura durante noche y frecuentemente antes de la salida del sol. Esta baja temperatura depende de diversos factores, como la altitud, latitud, transparencia atmosférica, estacionalidad, entre otras (CENEPRED,2018, p.8-10). En la sierra central principalmente en los departamentos de Ancash, Lima, Huánuco, Pasco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac y sur del país se ubican las áreas que en promedio superan los 5 días de heladas durante el mes de julio, abarcando (González, 2019, p. 23).

Figura 5

Mapa del escenario de riesgo por heladas



Nota: Mapa de susceptibilidad. CENEPRED (2018). Escenarios de riesgos por heladas y friajes en el marco del Plan Multisectorial Multianual 2019-2021.

2.2. Variable independiente: Estrategias de calefacción pasiva

Se denomina estrategias de calefacción pasiva a los elementos constructivos que adecuadamente diseñados y con una correcta tecnología solar pasiva acorde al clima dan lugar a un confort higrotérmico o reducen la demanda de energía para calefacción (Rivasplata, 2018).

Asimismo, se denominan “Estrategias Bioclimáticas” a aquellas estrategias que tomen en cuenta las condiciones climáticas de la zona y la forma en que interactúan con el medio ambiente, dando lugar una vivienda adecuadamente acondicionada al clima. Estas estrategias son finalmente las normas generales que orientarán el diseño de la vivienda para que se aprovechen óptimamente las condiciones climáticas de una región geográfica. La correcta aplicación de estas estrategias acercará a una vivienda al confort térmico y disminuir su consumo energético (Molina, 2016).

Las estrategias bioclimáticas pasivas tienen cuatro pilares sobre la energía solar en los cuales se fundamentan: su captación, su acumulación, su distribución y su almacenamiento. Según Pari et al, citando a Neila (2004, p. 261): “[...] si falla una de ellas se derrumba la estructura bioclimática” (Pari et al., 2021a, p.71).

2.2.1. Factor ambiental

Es conocido que, en cada lugar de la tierra, la radiación solar incidente sobre una vivienda varía de acuerdo a la latitud, altitud y niveles de nubosidad presentes. Para una adecuada evaluación de los sistemas de captación y acumulación de ganancia energética solar es necesario contar con datos meteorológicos precisos (Giraldo y Arango, 2020, p. 4).

Según De Decker (2012) un edificio tendrá un mayor o menor acceso a la radiación solar en función de cuatro factores: la latitud, la pendiente del terreno donde se encuentra el edificio, la forma del edificio y su orientación (citado en Franco-Medina, 2016). En su trabajo

de investigación Javanroodi & Nik, (2019) estudiaron las fluctuaciones de siete variables climáticas principales (velocidad del viento, dirección del viento, temperatura del aire, presión del aire, humedad relativa, radiación global y cobertura de nubes) a microescala con un intervalo de tiempo por hora para generar datos meteorológicos de microclima a través de un estudio CFD completo junto con simulaciones de rendimiento energético.

Dentro de un territorio es útil la zonificación bioclimática, en base a las condiciones climáticas dentro de rangos establecidos. Esta zonificación permite caracterizar a las viviendas tomando en cuenta indicadores que influirán en el diseño de la vivienda. Una zona bioclimática toma en cuenta principalmente factores vinculados al confort, en vez de una clasificación climática general. La clasificación de los territorios en zonas bioclimáticas es una herramienta muy importante en la determinación de la tipología de una vivienda rural, la cual está vinculada directamente a la tipología de la zona climática. Para territorios en la sierra, se distinguen entre ámbitos altoandinos y nevados. Sin embargo, a partir de la categoría altoandina, las estrategias de conservación de temperatura interior, protección del exterior, circulaciones protegidas y compactación son las mismas (MVCV, 2021). Según Javanroodi y Nik (2019) el rendimiento energético de edificios, las estrategias que se considerarán en el diseño bioclimático, así como a un gran número de aplicaciones de ingeniería son condicionadas por los microclimas.

La norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética reconoce 9 zonas bioclimáticas: Desértico costero, Desértico, Interandino bajo, Mesoandino, Altoandino, Nevado, Ceja de Montaña, Subtropical húmedo y Tropical húmedo, las cuales, a su vez, se agrupan en 3 macroregiones climáticas: costa, sierra y selva (MVCV, 2014).

Las zonas bioclimáticas de esta norma consideran para esta clasificación factores como la temperatura, la radiación solar, la humedad, el viento y las precipitaciones. Cada una de estas zonas bioclimáticas requiere de características especiales de la envolvente

(máxima transmisión de la energía solar de los materiales usados en la construcción del habitat, permeabilidad al aire de las carpinterías, etc.). Es decir que deben de considerarse diferentes estrategias y tecnologías constructivas acorde con los requerimientos de estas zonas bioclimáticas. Es por esto que se tienen 9 tipologías diferenciadas de vivienda rural, una correspondiente a cada zona bioclimática. (MVCV, 2021)

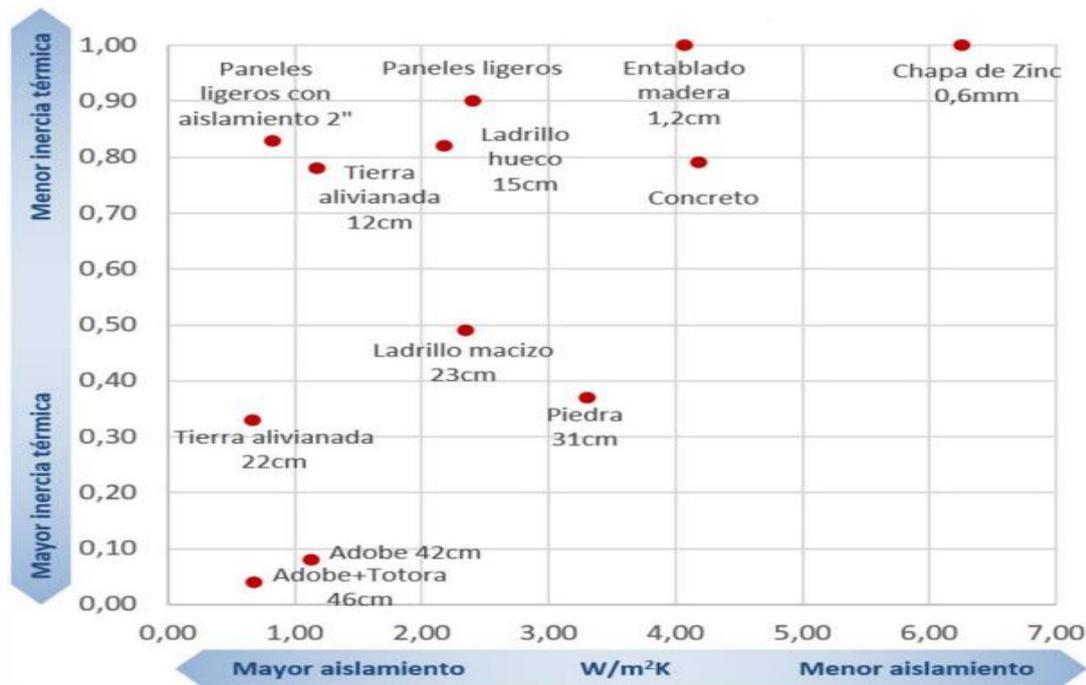
2.2.2. Comportamiento térmico de la envolvente

Para el correcto funcionamiento de un sistema de calefacción solar pasiva es fundamental tener un adecuado aislamiento de la envolvente; así es necesario hacer un correcto planteamiento de los aislamientos térmicos en muros y techo, de manera que se reduzcan las pérdidas térmicas en las noches, donde se producen las temperaturas más frías. Con este correcto aislamiento térmico se podrá acumular el calor en las viviendas, generando las condiciones adecuadas para la comodidad de sus ocupantes, manteniéndose temperaturas interiores dentro del rango de confort térmico (Giraldo y Arango, 2020).

Para elegir los materiales de acumulación solar en una vivienda, deben considerarse las siguientes propiedades: el calor específico, la densidad y la conductividad térmica del material (Wieser et al., 2021). Asimismo, se tiene en cuenta la transmitancia térmica, que viene a ser la inversa de la resistencia térmica. Algunos valores de transmitancia térmica de diferentes materiales de envolventes se muestran en la figura 6.

Figura 6

Valores de transmitancias térmicas ($W/k\ m^2$) en diferentes materiales de la envolvente



Nota. Tomado de “Estrategias bioclimáticas para clima frío tropical de altura. Validación de prototipo en Orduña, Puno, Perú”, Wieser et al. 2021. Estoa, 10(19)

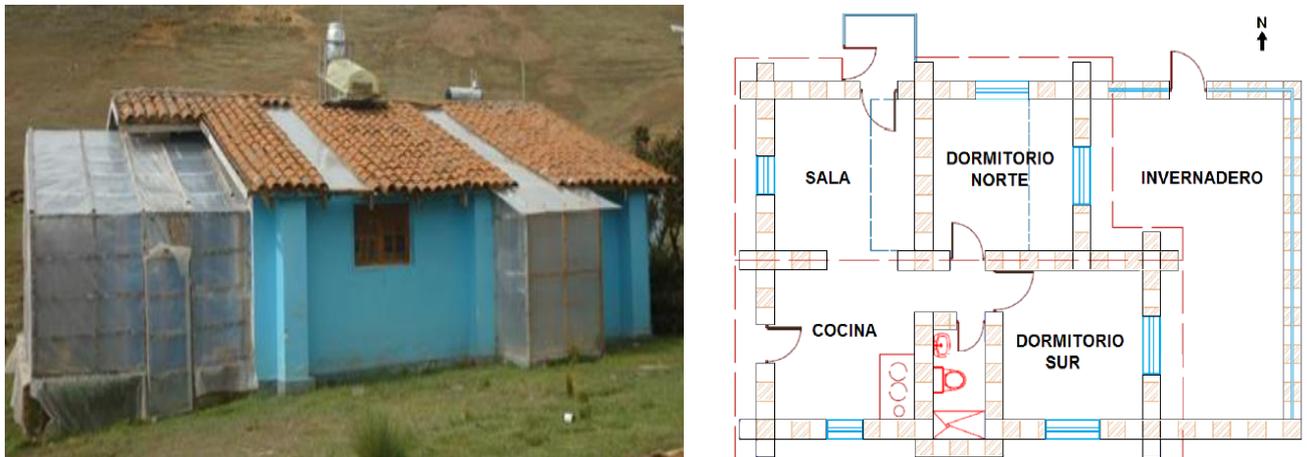
El uso de materiales de aislamiento térmico y el diseño de la estructura de aislamiento térmico a través de la envolvente externa se llevan a cabo para mejorar el rendimiento del aislamiento térmico de la habitación. Al mismo tiempo, tecnologías como el diseño de calefacción solar pasiva de la habitación combinado con la recolección de calor y la pared de almacenamiento y la luz solar adicional se adoptan para cumplir con los requisitos de confort térmico interior (Li y Zou, 2022).

Medina y Escobar, citando a Ogunkah y Yang (2012, p.2) señalan que como respuesta a las condiciones del clima es imperante la selección de los materiales de las estrategias a aplicar y, además, esta información debe ser frecuentemente evaluada con el fin de hacer una consideración apropiada y justificable de la elección (Medina y Escobar, 2019, p.92).

Molina (2016) en su investigación menciona las características bioclimáticas de una vivienda de prototipo experimental construida en San Francisco de Raymina (SFR) (fig. 7): El techo se construyó con viguetas de eucalipto seco apoyadas sobre la viga collar. Las tejas del techo contienen un aislamiento de ichu. Además, se tiene un alero en todos los muros con una pendiente de caída del techo de 20°. En el dormitorio norte y la sala se ubican unas claraboyas, las cuales tienen una superficie transparente como el policarbonato alveolar. Para evitar las fugas de calor y el ascenso de la humedad, el piso fue recubierto con un aislamiento. El aislamiento del piso consistía de tierra apisonada, cama de piedra de 0,15m, troncos de madera de diámetro 0,07m y un entablado con madera de pino de 0,02m de espesor. Las ventanas de las habitaciones de doble vidrio y tienen marcos de madera y las puertas de madera de cedro. Además, adosado a las paredes de las habitaciones se tiene un invernadero.

Figura 7

Vista frontal y en planta de una vivienda prototipo en San Francisco de Raymina-Ayacucho



Nota. Tomado de “Evaluación bioclimática de una vivienda rural alto andina de la comunidad de San Francisco de Raymina de Ayacucho”, Molina (2016)

Figura 8

Características bioclimáticas de una vivienda prototipo en SFR-Ayacucho



a) Claraboya en el techo



b) Techo de tejas con aislamiento de ichu



c) Piso con aislamiento



Nota. Tomado de “Evaluación bioclimática de una vivienda rural alto andina de la comunidad de San Francisco de Raymina de Ayacucho”, Molina (2016)

En contraparte, en las viviendas donde se emplearon materiales como calaminas metálicas y policarbonato traslucido para cubrimiento exterior como se muestra en la figura 9, no tuvieron un buen aislamiento térmico a pesar de contar con poliestireno expandido. Estos materiales se caracterizan por tener una alta transmitancia térmica lo que en el día favorece una rápida ganancia de calor, pero a la vez en las noches se traduce en una rápida pérdida de calor (Mamani, 2022).

Figura 9

Características de los materiales usados en las viviendas del MRUV



(a) Cobertura de calamina galvanizada, muros de adobe, marco de ventana de Aluminio o madera con contraventana de trypley.



(b) Piso de piedra y cemento pulido, puerta de madera, ventana cenital de policarbonato traslúcido en cubierta y cielo raso con contraplacada baldosas de vinil y foil de aluminio

Nota: Adaptado de “Evaluación del confort térmico de viviendas rurales sismorresistentes construidas por el Programa Nacional de Vivienda Rural, Juliaca-Puno 2022”, Mamani (2022)

2.2.3. Sistemas de calefacción pasiva

Según Müller (2002), “el arte de la climatización pasiva y del diseño pasivo básicamente consiste en entender y dirigir bien los flujos de calor en una casa a través del diseño y del manejo adecuado, para obtener las condiciones de confort térmico”. (p. 6)

Para Anderson (1984) es aquel sistema que incluye el modelado, selección y uso de una correcta tecnología solar pasiva, que mantenga el entorno de una vivienda a una temperatura agradable, por medio del Sol, durante todos los días del año (citado en Rivasplata, 2018).

“Los sistemas pasivos son conocidos también como sistemas solares pasivos, climatización pasiva, arquitectura solar pasiva” (Uman, 2019), asimismo según Müller (2002):

La climatización pasiva y el aprovechamiento de la energía solar en la vivienda ya

sea para refrigerar o calentar, son estrategias de uso cada vez más frecuente en el diseño de viviendas sustentables, tanto en países ricos como en vías de desarrollo: permiten el mejoramiento de las condiciones de confort térmico a bajo costo ecológico como económico y por lo tanto viable a largo plazo y accesible para la mayoría de las personas.

Giraldo y Arango (2020) señalan:

En un sistema solar pasivo ya que normalmente el calor generado por el sol se requiere en horas en que no hay sol, es necesario contar con un sistema que almacene la energía térmica. Las propiedades del material de acumulación solar que deben considerarse en su elección son: el calor específico, la densidad y la conductividad térmica del material. (p. 5).

Los edificios solares pasivos encajan en su entorno más amplio y suelen tener una base alargada, con orientación longitudinal de oeste a este y una gran superficie acristalada en la fachada orientada al sur (en el hemisferio norte), que también permite una conexión visual entre las personas y el entorno exterior (Vukadinovic et al., 2018). Para el hemisferio sur, la superficie acristalada va en la orientación norte.

La eficiencia de las casas solares pasivas también depende de las condiciones bioclimáticas locales, como la climatología, el relieve del terreno en el que se sitúa la casa, la proximidad de otros edificios de la zona, la presencia de árboles y vegetación que potencialmente bloqueen la luz solar, etc. Los sistemas solares pasivos para la recolección de luz solar incluyen sistemas directos con ventanas, sistemas de paredes Trombe, sistemas de espacio solar y otros (Vukadinovic et al., 2018). Además, Mercado et. al (2007) argumentan que es fundamental integrar los sistemas de climatización natural pasiva a través de un desarrollo planificado que abarque desde la difusión del sistema y su funcionamiento, la autoconstrucción, el uso de estos sistemas y volcarlos a la sociedad y que esta los apropie y

no genere su rechazo.

2.2.4. Tipos de sistemas de calefacción pasiva

A. Invernadero adosado a la vivienda. Los espacios solares (también llamados solariums o invernaderos pasivos) consisten en porciones acristaladas integradas con el edificio y utilizados como receptores pasivos de la radiación solar, con capacidad de almacenarla temporalmente y transferirlo al interior del edificio. ellos también representan “zonas de amortiguamiento”, ya que protegen el espacio interior adyacente calentado contra cambios externos repentinos (Vukadinovic et al., 2018). Según Ramos et al. (2013) menciona que el invernadero adosado funciona gracias a la captación solar donde se calienta el aire frío proveniente del interior de la vivienda a través de los orificios practicados en la parte inferior del muro y los devuelve por los orificios de la parte superior del muro con un aire más caliente (p. 7). Esta técnica resulta muy efectiva en la elevación del confort térmico de una vivienda.

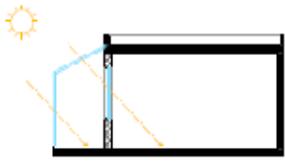
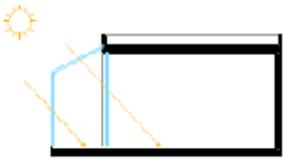
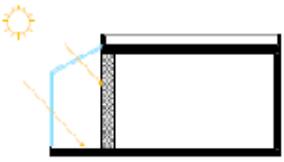
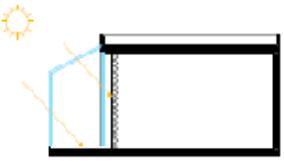
El efecto invernadero es uno de los principios de funcionamiento más importantes de calentamiento solar pasivo. Para aprovechar este efecto, se construye un espacio de captación de radiación solar cerrado con superficies translúcidas para que permita el ingreso de rayos solares directos que calientan la superficie colectora. De esta manera se ha convertido la energía solar en radiación infrarroja (energía térmica) la cual queda atrapada al no poder atravesar nuevamente la superficie translúcida hacia el exterior, concentrando todo el calor en el interior de la vivienda. Manejar adecuadamente este principio permite elaborar proyectos que tengan una adecuada orientación, geometría y materiales idóneos para poder almacenar calor al interior de los mismos, con lo cual se logra mejores condiciones en los interiores de las viviendas ubicadas en lugares de clima predominantemente frío (Giraldo y Arango, 2020).

Durante un día claro, gracias a las grandes superficies transparentes, los espacios solares recogen la luz solar y la acumulan en una masa térmica, en las paredes o en el suelo, como se muestra en la figura 10. Durante la noche, el sistema pasivo sirve como zona de

amortiguamiento que evita la pérdida excesiva de calor. Los espacios solares suelen ser habitaciones sin calefacción en las que se esperan altas oscilaciones de temperatura entre el día y la noche (Vukadinovic et al., 2018)

Figura 10

Tipos de solarium según el tipo de partición entre el solarium y la habitación adyacente

T1: Solarium con pared de almacenamiento térmico y sistema directo.	T2: Solarium con partición transparente	T3: Solarium con una pared gruesa de almacenamiento térmico	T4: Solarium con muro Trombe
			

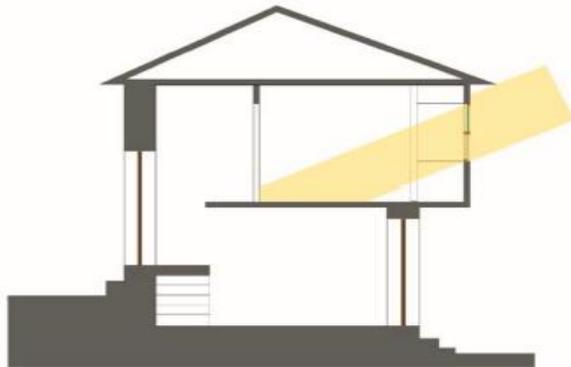
Nota. Tomado de “Sunspaces as passive design elements for energy efficient and environmentally sustainable housing”, Vukadinovic et al. (11 al 12 de octubre, 2018). IIZS

En su investigación de Zhao y Lu (2022), mencionan que la aplicación de calefacción pasiva de un espacio solar adjunto juega un papel importante en la reducción de carbono de la construcción rural en China, cuando la radiación solar es intensa, los adjuntos sunspace (espacio solar) tiene una excelente captación de calor y efecto de calentamiento y puede crear un interior satisfactorio.

B. El balcón acristalado. Son espacios destinados a disfrutar del sol, trabajar con la luz del día, y para calentar los espacios adyacentes, especialmente en los días soleados de invierno, además es una versión mejorada de un balcón que actúa como un espacio solar, lo que permite aprovechar las ganancias solares y reducir pérdidas de calor (figura 11). La orientación del área más grande del balcón adecuada para lugares ubicados en el hemisferio norte está orientada al suroeste, con partes orientadas al sureste y oeste (Fernandes et al., 2020). En el hemisferio sur la correcta orientación del área más grande del balcón sería al noroeste, con partes orientadas al noreste y oeste.

Figura 11

Sección esquemática del funcionamiento del balcón acristalado.



Nota. Adaptado de Thermal performance and comfort condition análisis a vernacular building with a glazed balcony. Fernandes et al (2020). Energies, 13(624).

C. Claraboyas. La claraboya o ventana en el techo dejan pasar la radiación solar logrando que esta energía sea absorbida y almacenada en la masa térmica interior de los muros, pisos entre otros sean calentados con la finalidad que estos elementos devuelvan el calor al ambiente interno durante los momentos más fríos que ocurren generalmente en la noche (Ramos et al, 2013).

Figura 12

Imagen de la vivienda nueva, a la izquierda, la claraboya con cobertura



Nota. Adaptado de “Acondicionamiento Térmico para Edificaciones Rurales Altoandinas. Lima, Perú: CER-UNI”. (Ramos et al, 2013)

Estas ventanas en los techos, o claraboyas, están hechos generalmente de policarbonato transparente ondulado que no solo permite una buena transmitancia luminosa, sino que además se caracterizan por tener alta transmitancia térmica igual a $3.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ y con el fin de disminuir las fugas térmicas (por las noches) al igual que en las ventanas que se recomienda el uso de coberturas de madera para disminuir la transmitancia térmica a $1.84 \text{ W/m}^2\text{K}$. Se encontró además que para que este sistema sea más eficiente se deben cubrir las claraboyas durante la noche. De esta manera las viviendas pueden captar radiación solar de manera directa a través de claraboyas y ventanas, a las cuales se les equipó con una cobertura de madera con el fin de disminuir la pérdida de energía térmica por la noche, y también de manera indirecta por medio de un invernadero adosado a los dormitorios. Haciendo estos cambios en las viviendas se logró reducir las pérdidas de calor logrando incrementar la temperatura del interior de las viviendas hasta 8°C (a las 6 am) y 11°C (a las 2 pm) respecto a la temperatura exterior (Ramos et al, 2013).

D. Ventanas. Las ventanas de las viviendas son superficies transparentes que permiten no solamente iluminar las viviendas durante el día sino también calentarlas a través del ingreso de la radiación solar al interior de la vivienda., el vidrio tiene una transmitancia térmica de $5.78 \text{ W/m}^2\text{K}$. Por las noches ocurren las fugas de calor a través de él y una forma de reducir esta pérdida es agregando una contra ventana de madera como se muestra en la figura 13.

La propuesta de ventana con cobertura tiene una transmitancia térmica de $1.88 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Ramos et al., 2013). Además, las ventanas van en conjunto con los marcos o carpinterías que pueden ser de diferentes materiales y que deben tomarse en cuenta sus características de comportamiento térmico principalmente en climas fríos y cálidos.

Figura 13

Ventana con contraventana de madera



Nota. Adaptado de “Acondicionamiento Térmico para Edificaciones Rurales Altoandinas. Lima, Perú: CER-UNI”. (Ramos et al, 2013)

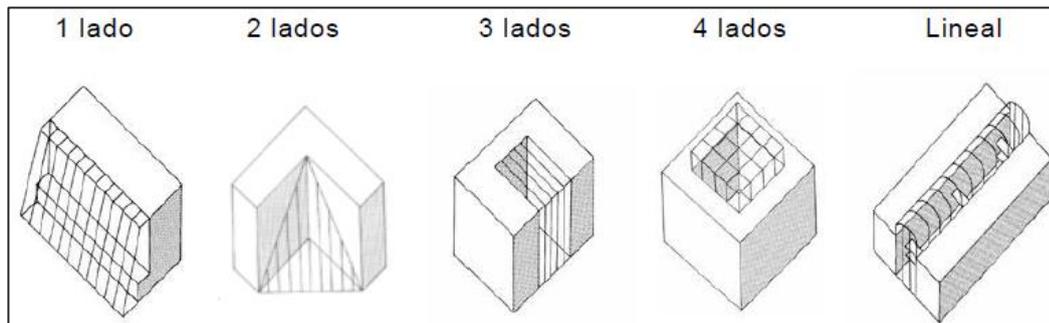
Predominan actualmente en el mercado las ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico con simple vidrio, pero además se observa un progreso de tecnologías alternativas inspirados en el desarrollo a nivel internacional, entre ellas las carpinterías de PVC que se caracterizan por tener un comportamiento más aislante comparándolo con las carpinterías de aluminio; aunque también van en aumento en el mercado las carpinterías de aluminio con ruptura de puente térmico que logran mejoras en comparación del uso de carpinterías de aluminio sin ruptura de puente térmico. (Gastines et al., 2015, p. 1)

E. Atrios. Un atrio es una interfaz alta con techos de vidrio que rodea su espacio adyacente y tiene varios pisos. Además, crea un vínculo visual con el entorno circundante a través de paredes y techos. El diseño adecuado de los atrios ayuda a obviar la necesidad de depender de los sistemas mecánicos y electrónicos, ya que juegan un papel importante en la reducción del consumo de energía. (Beyraghshamshir y Sarkardehei (2023). Asimismo, Bednar, 1986 (citado en Roldán, 2016, p.4) menciona que un atrio es un espacio que cumple múltiples propósitos y funciones, incluyendo especialmente aquellas referidas a favorecer los aspectos ambientales y energéticos y que regulan las condiciones ambientales en los espacios interiores, aprovechando las energías naturales.

Saxon en 1983 planteó la primera clasificación de atrios (fig. 14), las primeras 4 fueron configuradas de acuerdo al número de caras interiores del edificio en contacto con la cavidad del atrio; uno, dos, tres y cuatro caras; incluyó una quinta, el atrio lineal, considerando su aplicación en edificios individuales y pequeños (citado en Roldán, 2016).

Figura 14

Clasificación formal de atrios



Nota. Adaptado de Caracterización geométrica y lumínica de los atrios incorporados en los edificios de Santiago de Chile, Saxon 1983, citado en Roldán, 2016.

F. Muro Trombe. También conocidos como muros solares, son partes de la envolvente del edificio que son diseñados para absorber la radiación solar y almacenar calor y al mismo tiempo reducir la temperatura del edificio. (Fidaros et al., 2020, p. 203).

Es un sistema de calefacción solar pasivo que obtiene una ganancia térmica de forma indirecta. Este sistema fue diseñado y patentado por Edward Morse, y su propósito fue suministrar calefacción y ventilación a edificios mediante radiación solar. (Hernandez-López et al., 2016)

“Los muros Trombe, utilizados desde hace casi un siglo permiten un buen aprovechamiento de la energía solar, aunque la búsqueda de una eficiencia máxima lleva a producir soluciones que ocupan mucho espacio o se integran con dificultad en una arquitectura no experimental”. (Hernández, 2012).

El muro Trombe clásico consiste de una masa térmica maciza pintada de color negro, colocada a una pequeña distancia de la superficie acristalada como se muestra en la figura 15.

La radiación atraviesa la superficie de vidrio o traslúcida y es absorbida por la pared, por convección absorbe también parte del calor del aire en el colector. La pared maciza transfiere el flujo de calor hacia al interior del recinto. El aire que se encuentra en la cámara entre el vidrio y la pared alcanza mayor temperatura por la energía del sol y se inicia el movimiento termo circular del flujo de aire que va hacia la parte superior e ingresa al interior de la habitación por la ventilación superior (Bucheli y Torres, 2017). Si una pared solar está correctamente instalada puede ser una importante arquitectura característica que puede reducir la demanda de energía hasta al 30%. (Wang et al., 2009, citado en Fidaros et al., 2020, p.11)

Figura 15

Muro Trombe



Nota. Tomado de Muro Trombe con sistema de ventilación. Bucheli y Torres (2017).

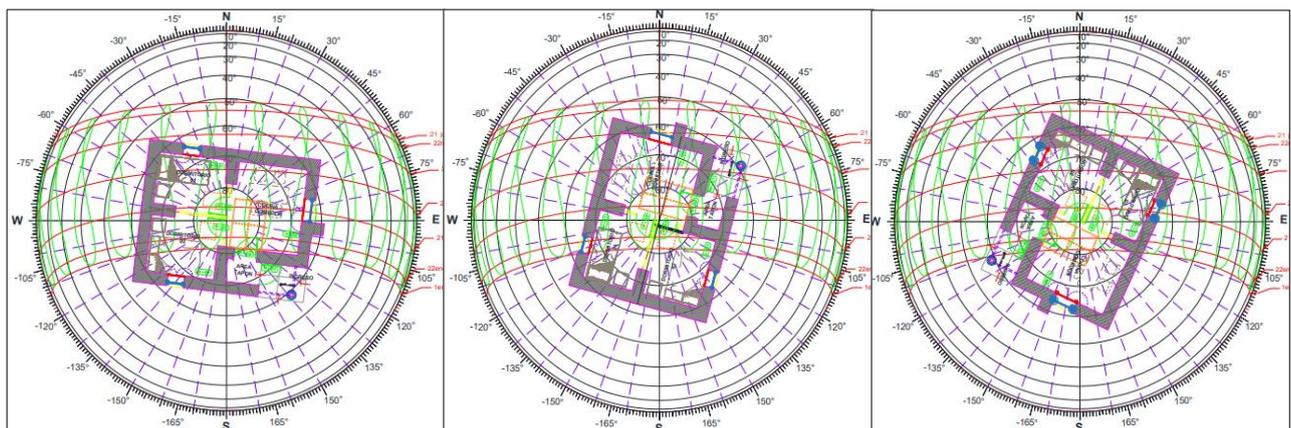
2.2.5. Caso de estudio

Mamani (2022), evaluó 3 viviendas rurales idénticas, las cuales denominó 1, 2 y 3, ubicadas con distintas orientaciones (como se ve en la fig. 16), en la región Puno y construidas por el PNVR. Mamani, halló que la vivienda 2 era la vivienda que tenía la menor pérdida de calor, sin embargo, esta vivienda no alcanzaba el confort térmico. Según Koenisberger et al. (1977), la temperatura del confort está entre 14°C y 20°C considerando que la temperatura es óptima cuando la habitación se encuentra a 17°C. Ante esta situación, Mamani propone una estrategia de mejora de estas viviendas del PNVR con la finalidad de llegar a alcanzar el

confort térmico en la vivienda. Así propuso comenzar con la mejora de los elementos de la envolvente, y propone que la orientación del eje longitudinal de las viviendas sea de sur a norte (como se ve en la fig. 17), además propone que el muro sea de mayor área y orientar las ventanas y superficies transparentes hacia el este u oeste. Asimismo, añade en los muros un aislante térmico con doble capa de aluminio las cuales tienen adheridas burbujas de polietileno con un espesor de 6 mm. En la cubierta añade una capa de paja de 2 cm, una capa de estera de totora de 1cm y aislante térmico con doble capas de aluminio adherida a burbujas de polietileno con un espesor de 4 mm. En la cubierta amplía el área de policarbonato translucido en 4.01 m². Protección en ventanas, añade poliestireno expandido dentro de la contraventana. En el piso, añade alfombras. En épocas de friaje extremo Mamani propone que se utilice una estufa eléctrica como fuente de calor para alcanzar el confort térmico. Usando todos los sistemas propuestos se obtuvo una temperatura interna de 17°C, es decir una temperatura dentro del rango de confort térmico. Mamani no menciona la temperatura alcanzada sin la estufa eléctrica (citado en Mamani, 2022).

Figura 16

Trayectoria solar y orientación de 3 viviendas



Vivienda 1

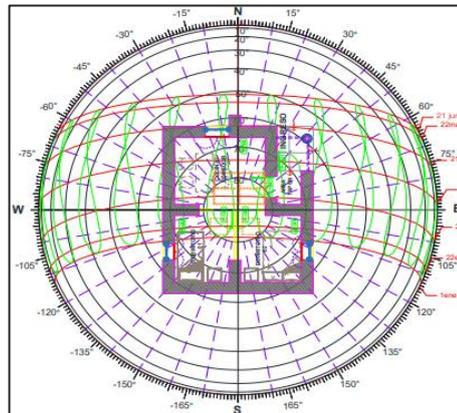
(b) Vivienda 2

(c) Vivienda 3

Nota. La vivienda 2 es la más favorable al presentar menor pérdida de calor. Adaptado de Evaluación del confort térmico de viviendas rurales sismorresistentes construidas por el Programa Nacional de Vivienda Rural, Juliaca-Puno 2022. Mamani (2022).

Figura 17

Trayectoria solar y propuesta de orientación recomendada de la vivienda 2



Nota. Orientación de vivienda de sur a norte en su eje longitudinal Adaptado de Evaluación del confort térmico de viviendas rurales sismorresistentes construidas por el Programa Nacional de Vivienda Rural, Juliaca-Puno 2022. Mamani (2022).

2.3. Variable dependiente: Confort térmico

Se define Confort térmico como “la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico”, definición establecida por Gallo et al., la cual es referenciada en las normas y estándares internacionales ASHRAE55-74 (Uman, 2019). Givoni (1998) citado por Molina (2016), define al confort térmico como “la ausencia de irritación o malestar térmico”. Givoni identifica unas zonas de bienestar térmico delimitados tomando en cuenta un fundamento fisiológico y determinadas por una serie de condiciones para las que los mecanismos termorreguladores se encuentran en un estado de mínima actividad.

Para que un habitante alcance el confort térmico dentro de una habitación, se deben tomar en cuenta algunos parámetros globales externos, como la velocidad del viento, la humedad relativa, la temperatura del aire, y otros parámetros específicos del interior de la vivienda como la ropa que usan los individuos dentro de la vivienda, la actividad física que desarrollan dentro de la vivienda así como el metabolismo de cada individuo. Así el balance entre las pérdidas y ganancias de calor debe ser cero para llegar a la sensación de confort térmico. Para muchos autores el confort higrotérmico tiene que ver con la ausencia de

malestar térmico o también con la sensación de bienestar térmico, es decir colocando una especial atención en la percepción de las personas. Actualmente se tienen dos modelos con los cuales se puede cuantificar este confort térmico, el primero es el modelo de balance térmico (basado en estudios de laboratorio) y por otro lado el modelo adaptativo (basado en estudios de campo). (Arrieta y Maristany, 2018)

El modelo de confort adaptativo está basado en estudios de campo y permite la identificación de rangos de temperatura interior en viviendas que dan la sensación de un ambiente confortable. Esto se determina tomando en cuenta la temperatura media exterior de la vivienda y la temperatura en su interior. Este modelo toma en cuenta la capacidad de adaptación del ser humano a los diferentes climas donde habita, esto siguiendo distintos mecanismos conscientes o inconscientes, con el fin de alcanzar una condición de confortabilidad. Para esto el ser humano busca mejores maneras de generar calor internamente, y mecanismos para cambiar la velocidad con la que pierde calor, mediante el cambio del ambiente térmico o eligiendo otro ambiente. Estos modelos son únicamente aproximaciones a la situación real, ya que sus resultados pueden ser cuestionados cuando son confrontados con las respuestas de los pobladores de centros urbanos ubicados en zonas con clima extremo, esto por las particularidades culturales de las comunidades. Para el confort adaptativo los modelos más reconocidos son: los modelos de Nicol, Humphreys, DeDear y Brager (Wieser, 2021, p.5).

Pari et al. (2021a) señalan que:

Es importante que los estándares internacionales que regulan los límites de confort no abarquen especialidades para cada tipo de clima, ni las preferencias de cada población.

Esto porque tanto la aclimatación como sus expectativas cambian con el transcurrir del tiempo, por lo que es necesario determinar condiciones particulares para cada lugar

(p.11)

También se debe considerar que el bienestar térmico de las personas en ambientes habitables también depende de las acciones particulares que cada habitante pueda ejecutar como por ejemplo su vestimenta con lo cual cada individuo puede aislarse independientemente. Esto debe agregarse a la dependencia del confort térmico con el ambiente (temperatura del aire, temperatura radiante media de las 2 superficies, humedad y velocidad del aire) (Bucheli y Torres, 2017).

2.3.1. Calidad Higrotérmica

La calidad higrotérmica tiene que ver con la sensación de frío o calor que sentimos en un ambiente. Decimos que la calidad higrotérmica es alta si en el ambiente donde nos encontramos no sentimos ni frío ni calor. Esta sensación tiene que ver según la estación del año, así como de otros factores como la humedad de la zona que habitamos. Esta calidad higrotérmica resulta fundamental en nuestro quehacer diario porque condiciona nuestro desempeño laboral pues una mala calidad higrotérmica puede llevar a sentir una sensación de cansancio lo que va a condicionar nuestra productividad. Asimismo, una mala calidad higrotérmica puede afectar nuestro descanso o nuestras actividades de ocio, con lo cual nuestro cuerpo no puede llegar a recuperarse para volver a abordar nuestra actividad laboral. El balance energético de nuestra capacidad de absorber o producir energía y la pérdida de energía es lo que determina la calidad higrotérmica. Nuestro cuerpo puede absorber o perder energía del entorno ambiental. Asimismo, nuestro cuerpo quema los alimentos que ingiere se genera calor de la misma manera que una máquina. (Cortés, 2015)

2.3.2. Calidad lumínica

La calidad lumínica de un ambiente tiene que ver con la cantidad de luz necesaria para tener una sensación de comodidad en nuestra actividad visual en este ambiente. Los niveles

lumínicos en los ambientes ocupados deben tener no solo criterios cuantitativos, sino también cualitativos. Un ambiente ocupado por un ser humano con una mala iluminación no solo lleva a sus ocupantes a un nivel de estrés, perjudicando su salud sino que además una mala iluminación reduce el contraste entre los objetos observados y perjudica a la percepción tridimensional de la habitación. (Victorio, 2007)

2.4. Aspectos de responsabilidad social y medio ambiental

La investigación plantea las estrategias de calefacción pasiva que puedan implementarse en las viviendas altoandinas y de esta manera contribuirá a disminuir el impacto al medio ambiente por proponer sistemas pasivos de calefacción en viviendas rurales altoandinas con el uso de energía renovable solar, energía limpia que no generan GEI al ambiente y a su vez mejora el confort térmico de los pobladores en viviendas rurales altoandinas. A su vez, las autoridades locales y regionales deben tomar en cuenta estas estrategias y puedan considerarse como proyecto social o subvencionado para lograr el bienestar de los pobladores en Sabaino Apurímac.

2.5. Marco Legal

2.5.1. Normas Nacionales

- Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA (23-05-2006). Mediante Resolución Ministerial N° 962-78-VC-3500, se aprobó el Índice de las “Normas Técnicas de Edificación”. Este documento contiene enunciados de carácter técnico que buscan regular el diseño, construcción y mantenimiento de las edificaciones y obras de servicios complementarios; en este documento también se hace la precisión que estas podrían cambiar, incluir nuevos temas o sustituirlos que fueran necesarios de acuerdo con los avances tecnológicos.

- Norma Técnica Peruana EM.110 “Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética”. Esta es la primera norma nacional que busca, a partir del diseño arquitectónico, mejorar las condiciones de confort térmico y lumínico con eficiencia energética.
- Norma E.080-Adobe. Esta Norma busca mejorar el actual sistema de construcción de viviendas con adobe elaborado considerando la realidad de las construcciones de este tipo, existentes en la costa y sierra. La Norma comprende lo referente al adobe simple o estabilizado como unidad para la construcción de viviendas con este material. La norma incluye además las características, diseño y comportamiento de estas viviendas de adobe.
- Ley N° 29664, “Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres”. Reglamento de la Ley N° 29664, aprobado con Decreto Supremo N° 048-2011-PCM. Esta ley tiene como finalidad identificar y reducir los riesgos asociados a desastres o minimizar sus efectos. Asimismo, busca evitar la generación de nuevos riesgos y preparar a la población ante situaciones de desastre.

2.5.2. Normas Internacionales

- Norma UNE-EN ISO 7730:2006. Esta norma toma en cuenta los factores de nivel de actividad (física), características de la ropa, temperatura del aire seco, humedad relativa del ambiente, temperatura radiante media y velocidad relativa del aire. Esta norma considera además el porcentaje de personas insatisfechas con las condiciones térmicas del ambiente.
- Norma Española UNE 171330 de calidad ambiental en interiores. Esta norma tiene como objeto describir una metodología para realizar una inspección de calidad ambiental en interiores para prevenir riesgos ambientales en edificios e instalaciones urbanas, en bien de la salud general.

III. MÉTODO

3.1 Tipo de la Investigación

La presente investigación es de tipo Descriptivo correlacional porque tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre las variables para determinar el grado de bienestar ambiental en las viviendas de la zona altoandina.

Diseño de investigación

Es No Experimental porque se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural y el estudio es de corte transversal por que se realiza la recolección de datos en un solo momento (Hernández et al., 2014).

Nivel de investigación

Es correlacional porque se correlacionan la variable independiente con la variable dependiente. De acuerdo con el período en que se captará la información es prospectiva debido a que se captó información primaria, particularmente en referencia a las variables climáticas.

3.2 Población y muestra

3.2.1. Población

La población objetivo son las viviendas que no cuentan con bienestar térmico y se estima en más de 400 viviendas en el distrito de Sabaino-Apurímac.

La población considerada en la presente investigación son profesionales especialistas en el área de Arquitectura Sostenible y Energías Renovables de la Universidad Nacional Federico Villarreal y la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.2.2. Muestra

Se utilizó el muestreo no probabilístico, ya que la elección se realizó a conveniencia del investigador. La muestra se determinó en 34 profesionales especialistas en el área de Arquitectura Sostenible y Energías Renovables de la Universidad Nacional Federico Villarreal y la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.3. Operacionalización de las variables

3.3.1 Variable independiente: Estrategias de calefacción pasiva

A. Definición operacional de Estrategias de calefacción pasiva. Son sistemas que incluyen el modelado, selección y uso de una correcta tecnología solar pasiva, que mantenga el entorno de una vivienda a una temperatura agradable, a través de la captación solar, durante todos los días del año (Rivasplata, 2018).

Tabla 2

Operacionalización de la variable independiente

Variable independiente: Estrategias de calefacción pasiva			
Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Unidades
Se denomina estrategias de calefacción pasiva a los elementos constructivos que adecuadamente diseñados y con una correcta tecnología solar pasiva acorde al clima dan lugar a un confort higrotérmico o reducen la demanda de energía para calefacción. (Rivasplata, 2018).	Factor ambiental	-Temperatura exterior del aire	°C
		-Humedad relativa	%
		-Radiación solar	kWh/m ²
		-Vientos	m/s
	Comportamiento térmico de la envolvente	-Materiales de la envolvente	-
		-Pérdida de calor	kW
		-Inercia térmica	
Sistemas de calefacción pasiva	-Eficiencia	%	
	-Temperatura	°C	

3.3.2 Variable dependiente: Confort térmico

A. Definición Operacional de Confort térmico. Se refiere a las condiciones de bienestar del individuo desde su relación con las condiciones de temperatura y humedad en un lugar determinado. Por lo que se concluye que el confort térmico se refiere a las condiciones de bienestar térmico del individuo considerando las condiciones higrotérmicas del aire en una zona determinada.

Tabla 3

Operacionalización de la variable dependiente

Variable dependiente: Confort Térmico			
Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Unidades
La percepción de satisfacción con el ambiente o confort térmico es un proceso complejo que depende de la interacción de muchas variables como los parámetros personales y parámetros físico-ambientales. (Umán, 2019)	Calidad	-Temperatura del aire interior	°C
	Higrotérmica	-Humedad relativa	%
	Calidad lumínica	-Niveles de iluminación	Lux
		-Tamaño de las ventanas	m ²

3.4. Instrumentos

Los instrumentos son el cuestionario y la ficha de observación con sus correspondientes técnicas que son la encuesta y la observación.

La encuesta está dirigida a evidenciar las estrategias de calefacción pasiva óptimas a plantearse para viviendas rurales altoandinas para la mejora del confort térmico del poblador por medio de preguntas a docentes especialistas en el área, mientras que la observación va dirigida a conocer algunas características de la vivienda para dar las pautas de adecuación de estrategias de calefacción pasiva a las viviendas altoandinas en Sabaino Apurímac.

3.5. Procedimientos

Se realizó el siguiente procedimiento, en fases:

- Fase 1. Análisis climático del lugar de estudio (mediciones de los días 14 y 15 de junio del 2022 de temperatura, humedad relativa, radiación solar, dirección y velocidad de vientos).
- Fase 2. Análisis de la situación actual de las viviendas rurales en Sabaino- Apurímac (Orientación, materiales de la envolvente, etc.)
- Fase 3. Se elaboró una encuesta (utilizando la herramienta digital Google Forms) la cual se validó mediante juicio de expertos y se realizó de manera virtual a los 34 especialistas del área en el año 2022. Las preguntas que se desarrollaron en la encuesta están vinculadas a las dimensiones de las variables.

3.6. Análisis de datos

Los datos analizados fueron recogidos a través de una encuesta y diversas investigaciones; para ello, se utilizó la prueba de Spearman para determinar la correlación entre ambas variables y además tablas y graficas estadísticas descriptivas mediante el software estadístico SPSS (Statistic Package for the Social Science).

IV. RESULTADOS

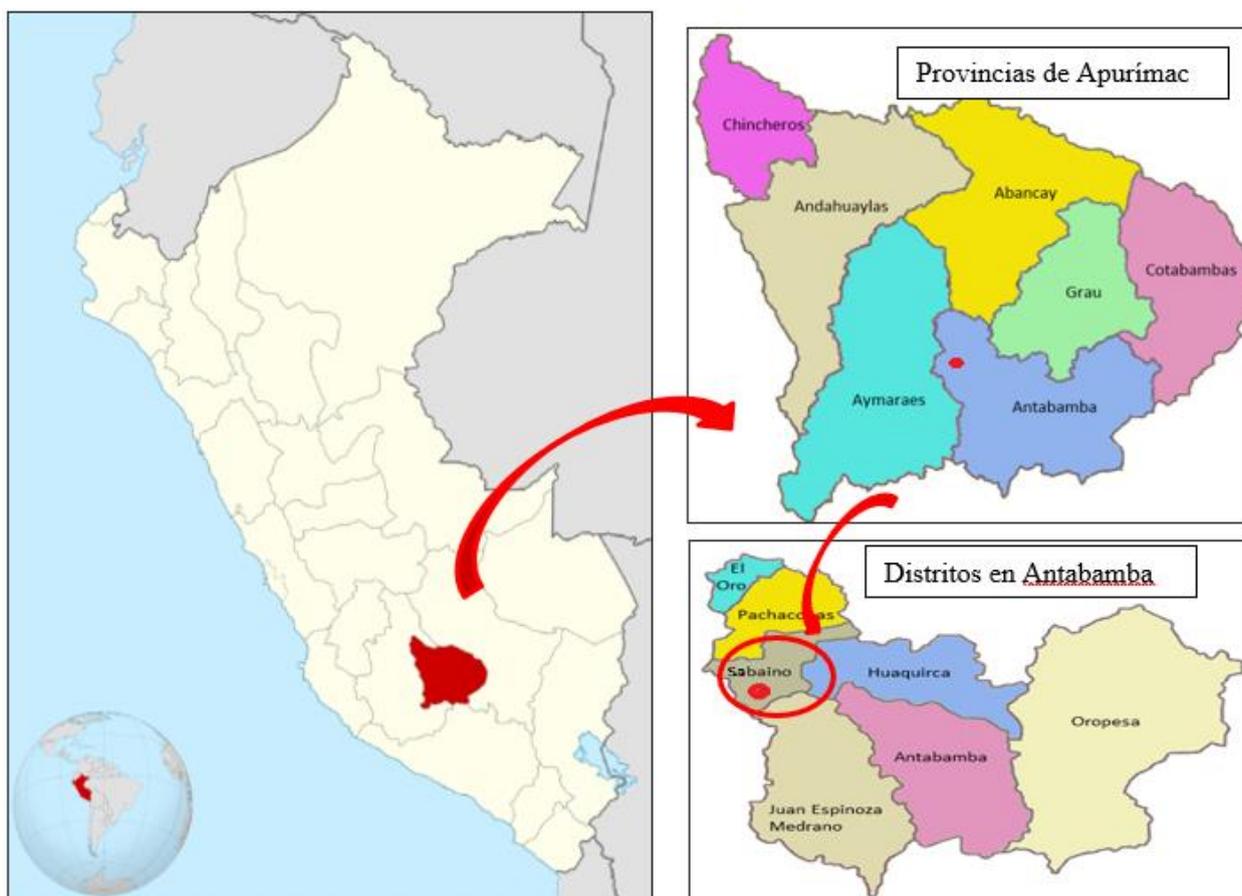
4.1. Diagnóstico físico ambiental del poblado de Sabaino

4.1.1 Ubicación del área de estudio

El centro poblado de Sabaino se localiza en el departamento de Apurímac, Provincia de Antabamba, Distrito de Sabaino, a una latitud Sur de $14^{\circ} 18' 49''$ y longitud Oeste de $72^{\circ} 56' 42''$, a una altitud de 3 428 m.s.n.m.

Figura 18

Mapa de ubicación de Sabaino en la provincia de Antabamba- Apurímac, Perú.



Nota. Adaptado de https://www.familysearch.org/es/wiki/Antabamba,_Apur%C3%ADmac,_Per%C3%BA_-_Genealog%C3%ADa

4.1.2 Características climáticas exteriores

El clima en Sabaino según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite – SENAMHI es de tipo lluvioso, frío y con otoño e invierno seco. Esta región presenta temperaturas máximas de 19°C en promedio durante el año y temperaturas mínimas de hasta -3°C en el mes más frío de invierno; con precipitaciones acumuladas anuales que van desde los 500 mm hasta los 1200 mm aproximadamente. (SENAMHI, 2020). Con viento promedio por hora predominante del norte durante el año y con velocidades promedio de 2.03 a 2.58 m/s.

Con datos obtenidos de la Nasa Meteorology del 2010 al 2019 como se muestra en la tabla 4 para Sabaino en Apurímac presenta una temperatura media anual de 6,61 °C, con una temperatura mínima promedio de 1.30°C y temperatura máxima promedio de 13.94 °C y salto térmico del mes más frío en julio con un valor de 13.61°C. La precipitación es de 45,15 mm al año, con bajas precipitaciones en los meses más fríos en junio, julio y agosto.

Tabla 4

Parámetros climáticos en Sabaino Apurímac (Latitud -14.3136, Longitud -72.945)

Datos climáticos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
T° prom a 2m (°C)	7.04	6.83	6.85	6.67	6.01	5.25	4.97	5.81	7.02	7.45	8.06	7.41	6.61
T° min prom a 2m (°C)	2.00	2.03	2.03	1.98	0.95	0.02	-0.64	-0.09	1.30	1.66	2.15	2.18	1.30
T° max prom a 2m (°C)	13.95	13.46	13.52	13.28	13.10	12.80	12.97	13.92	14.84	15.17	15.81	14.45	13.94
Humedad relativa (%)	73	78	78	76	71	68	63	59	61	61	60	69	68.03
Precipitación (mm/a)	93.08	104.57	71.18	40.49	9.52	2.69	6.68	7.89	17.78	44.76	50.32	92.82	45.15
Irradiación total incidente (KWh/m ²)	5.60	5.24	5.27	5.09	5.37	5.26	5.35	5.74	5.89	6.16	6.47	5.76	5.60

Nota: Elaboración propia. (con datos promedios del 2010-2019 obtenidos de Nasa Meteorology)

Además, el lugar de estudio presenta una irradiación total incidente considerable con valores entre 5 KWh/m² a 6 KWh/m²; presenta temperaturas mínimas promedio entre -0.09°C

a 2.18°C y una humedad relativa entre 59% a 78%. Considerando de la tabla la temperatura promedio exterior (del 2010-2019) en el lugar de estudio de 6.61°C y según la ecuación de confort de Humphreys (temperatura neutral o de confort) se obtiene una temperatura de confort de 15.42°C con margen de error de $\pm 3^\circ\text{C}$, obteniéndose un rango de confort térmico entre 18.43°C y 12.43 °C para el lugar de estudio en Sabaino.

4.1.3 Análisis del factor ambiental en el lugar de estudio

Se realizaron mediciones en la zona de estudio de las principales variables ambientales como la temperatura y la humedad en el interior de la vivienda y del ambiente exterior, además la radiación incidente horizontal en el ambiente exterior para analizar las condiciones climáticas en Sabaino Apurímac realizados los días 15 y 16 de junio de 2022.

A. Temperatura interior y exterior. Se realizó las mediciones de la temperatura exterior y temperatura interior en una vivienda típica en el lugar de investigación los días 15 y 16 de junio de 2022, los datos obtenidos se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

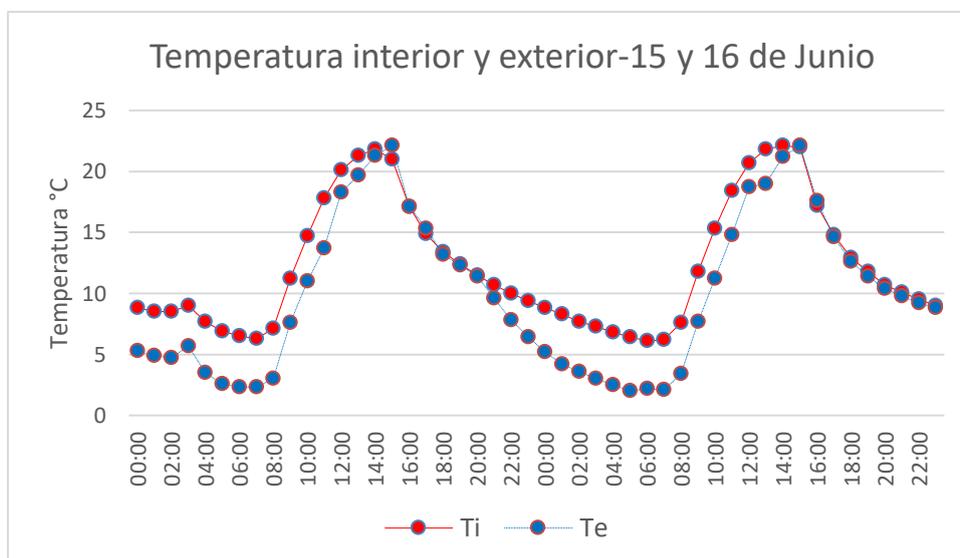
Temperatura exterior y temperatura interior en el lugar de estudio

Horas del día	15-Jun		16-Jun	
	Temperatura exterior (°C)	Temperatura interior (°C)	Temperatura exterior (°C)	Temperatura interior (°C)
00:00	5.30	8.80	5.2	8.8
01:00	4.90	8.50	4.2	8.3
02:00	4.70	8.50	3.6	7.7
03:00	5.70	9.00	3	7.3
04:00	3.50	7.70	2.5	6.8
05:00	2.60	6.90	2	6.4
06:00	2.30	6.50	2.2	6.1
07:00	2.30	6.30	2.1	6.2
08:00	3.00	7.10	3.4	7.6
09:00	7.60	11.20	7.7	11.8
10:00	11.00	14.70	11.2	15.3
11:00	13.70	17.80	14.8	18.4
12:00	18.30	20.10	18.7	20.7
13:00	18.90	21.30	19	21.8

14:00	21.10	21.80	21.2	22.1
15:00	22.30	21.00	23.3	22
16:00	16.10	17.10	16.6	17.2
17:00	14.20	14.90	14.1	14.8
18:00	13.20	13.40	12.6	12.9
19:00	12.30	12.40	11.4	11.8
20:00	11.40	11.50	10.4	10.7
21:00	9.60	10.70	9.8	10.1
22:00	7.80	10.00	9.2	9.5
23:00	6.40	9.40	8.8	9

Figura 19

Temperatura exterior y temperatura interior en el lugar de estudio



De la tabla 5 y figura19, se puede observar que el día 15 de junio, la Ti (temperatura interior) oscila entre 6.3 a 21.8°C con un salto térmico de 15.5°C y la Te (temperatura exterior) oscila entre 2.3°C a 22.3°C con un salto térmico de 20°C. El día 16 de junio la temperatura la Ti oscila entre 6.1 a 22.1°C con un salto térmico de 16°C y la Te oscila entre 2°C a 23.3°C con un salto térmico de 21.3°C. Las temperaturas máximas se alcanzan aproximadamente a las 15 horas y las temperaturas mínimas se dan a las 7 horas aproximadamente en el lugar de estudio. El 15 de junio la temperatura promedio exterior e interior fue de 9.93°C y 12.36°C respectivamente y del 16 de junio la temperatura promedio exterior e interior fue de 9.88°C y 12.22°C respectivamente.

B. Humedad relativa. Se realizó las mediciones de la H.R.int (humedad relativa interior) en una vivienda típica y la H.R. ext (humedad relativa exterior) en el lugar de investigación los días 15 y 16 de junio de 2022, los datos de la medición se observan en la tabla 6.

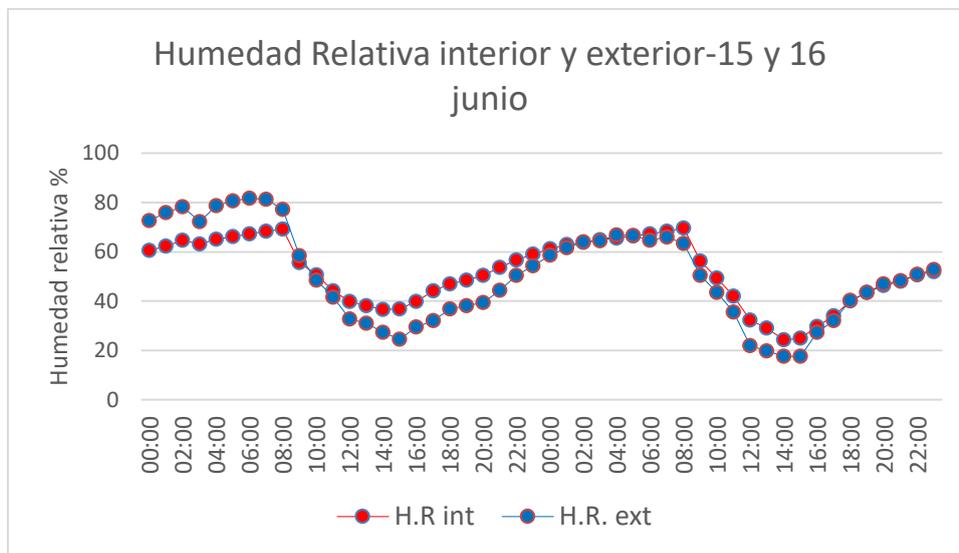
Tabla 6

Humedad relativa interior y exterior en el lugar de estudio

Horas del día	15-Jun		16-Jun	
	H.R. ext (%)	H.R. int (%)	H.R. ext (%)	H.R. int (%)
00:00	72.6	60.6	58.6	61.2
01:00	75.9	62.2	61.7	62.9
02:00	78.3	64.6	64	63.8
03:00	72.2	63.1	64.5	64.9
04:00	78.7	65.1	66.7	65.6
05:00	80.7	66.2	66.6	66.4
06:00	81.7	67.2	64.6	67.2
07:00	81.2	68.4	65.9	68.3
08:00	77.2	69.1	63.3	69.6
09:00	58.3	55.5	50.5	56.2
10:00	48.5	50.7	43.6	49.3
11:00	41.5	44.2	35.6	41.9
12:00	32.8	39.8	22	32.2
13:00	31	38	19.7	29.1
14:00	27.3	36.6	17.6	24.2
15:00	24.6	36.8	17.7	25
16:00	29.5	39.9	27.3	29.7
17:00	32	44.2	32	33.9
18:00	36.8	47	40.2	40.1
19:00	38.2	48.5	43.6	43.4
20:00	39.5	50.4	46.9	46.3
21:00	44.4	53.7	48.3	48.1
22:00	50.5	56.7	50.8	50.6
23:00	54.2	59.1	52.8	52

Figura 20

Humedad relativa interior y exterior en el lugar de estudio



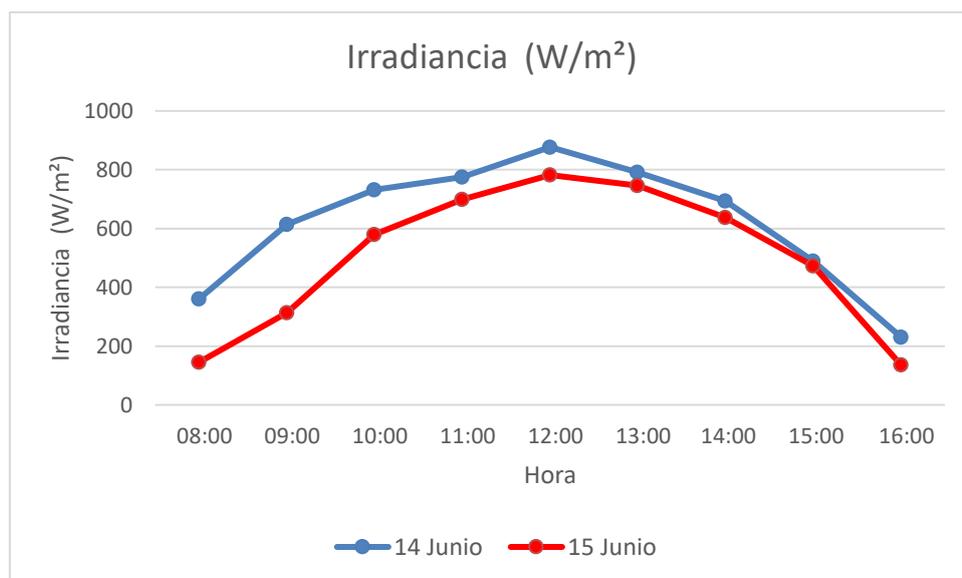
Como se observa de la tabla 6 y figura 20, que el 15 de junio la HR.ext llega a un pico a las 6 horas con un valor de 81.7% y un descenso a las 15 horas con un valor de 24.6%. La H.R int llega a un pico a las 8 horas con un valor de 69.1% y un descenso a las 14 horas con un valor de 36.6%. El rango en esos dos días de la HR.ext oscila entre 81.7% y 17.7% y el rango de la HR int oscila entre 69.6% y 24.2%.

C. Irradiancia solar. Se graficó con los datos obtenidos de las mediciones en el lugar de estudio los días 14 y 15 de junio, con coordenadas geográficas de latitud Sur de 14° 18' 49" y longitud Oeste de 72° 56' 42" (Sabaino–Antabamba–Apurímac) como se muestra en la figura 22.

Asimismo, obtuvimos los datos de las mediciones de la irradiancia solar, como se indican en la tabla 7.

Tabla 7*Irradiancia solar en el lugar de estudio*

Hora	14-Jun	15-Jun
	Irradiancia (W/m ²)	Irradiancia (W/m ²)
08:00	361	146
09:00	614	314
10:00	732	579
11:00	776	699
12:00	877	782
13:00	791	746
14:00	693	637
15:00	490	473
16:00	231	136

Figura 21*Irradiancia solar en el lugar de estudio*

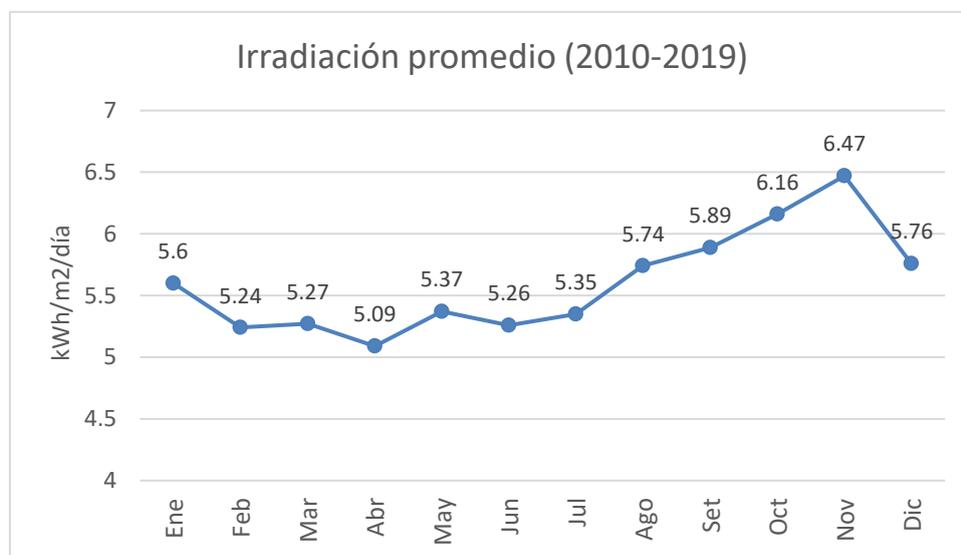
De la tabla 7 y figura 21, el día 14 de junio se observa que la mayor cantidad de energía captada se da entre las 9 a 15 horas y llega a valores máximos al mediodía de hasta 877 W/m² y valores mínimos a las 8am y 4pm con irradiancias mínimas de 361 a 231W/m² respectivamente donde se obtuvo una irradiación total de 5.57 kWh/m²/día. Y el 15 de junio se observa una irradiancia mínima de 136 W/m² y un máximo de 782 W/m² al mediodía,

alcanzando una irradiación total de 4.51 kWh/m²/día.

D. Irradiación solar promedio del año 2010-2019. Se graficó con los datos obtenidos de la radiación solar del 2010 al 2019 obtenidos de la NASA Meteorology, para el lugar de estudio con coordenadas de latitud Sur de 14° 18' 49" y longitud Oeste de 72° 56' 42" (Sabaino–Antabamba-Apurímac) como se ve en la figura 22.

Figura 22

Irradiación promedio solar en el lugar de estudio



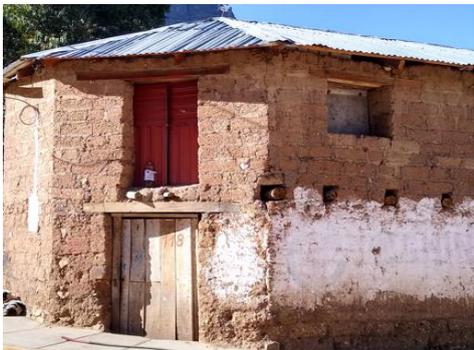
En la figura 22, se observa que la irradiación oscila entre 5.09 kWh/m²/día en el mes de abril y un máximo de 6.47 kWh/m²/día en el mes de noviembre. En los meses de invierno la irradiación se mantiene entre valores de 5.26 a 5.74 kWh/m²/día en promedio entre los meses de junio, julio y agosto, según datos extraídos de NasaPower periodo 2010 al 2019.

4.1.4 Principales problemas identificados en viviendas rurales en Sabaino-Apurímac

Las viviendas rurales predominantes en el lugar de estudio son de adobe y los principales problemas identificados fueron el mal estado de las envolventes, los materiales de la cubierta metalizadas de chapa ondulada y las altas infiltraciones de aire entre las juntas del techo con las paredes además de puertas y ventanas, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8

Principales problemas identificados en viviendas rurales en la zona de estudio

Problemas identificados	Características
 	<p>Infiltraciones de aire entre las juntas del techo y paredes.</p>
 	<p>Infiltraciones de aire en puertas y ventanas</p>
 	<p>Envolvente en mal estado (techos, paredes, ventanas y puertas)</p>
 	<p>Perdidas de calor por material de alta transmisión térmica del techo de chapa metalizada</p>

4.2. Contrastación de hipótesis

Planteamiento: Si el Valor p calculado es ≥ 0.05 , se aceptará la hipótesis nula (H_0); pero, si el valor p calculado es < 0.05 , se aceptará la hipótesis alterna (H_a).

4.2.1. Hipótesis General

H_0 : Las estrategias de calefacción pasiva no influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

H_a : Las estrategias de calefacción pasiva influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

Tabla 9

Contrastación de hipótesis general

		Estrategias de calefacción pasiva	Confort térmico
Rho de Spearman	Estrategias de calefacción pasiva	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,611**
		N	34
	Confort térmico	Coefficiente de correlación	,611**
		Sig. (bilateral)	1,000
		N	34

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Según los resultados obtenidos de la tabla 9, se comprobó que la hipótesis general obtuvo un valor del coeficiente de Rho de Spearman de 0,611 y una significancia del valor p menor a 0.05, aceptándose la hipótesis alterna, que las estrategias de calefacción pasiva influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

4.2.2. Hipótesis específica 1

H_0 : Las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental no influyen

significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

Ha: Las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

Tabla 10

Contrastación de la primera hipótesis específica

		Estrategias de calefacción pasiva	Factor ambiental
Rho de Spearman	Estrategias de calefacción pasiva	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,750**
		N	34
	Factor ambiental	Coefficiente de correlación	,750**
		Sig. (bilateral)	1,000
		N	34

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Según los resultados obtenidos de la tabla 10, se comprobó que la primera hipótesis específica obtuvo un valor de Rho de Spearman de 0,750 y una significancia del valor p menor a 0.05, aceptándose la hipótesis alterna, que las estrategias de calefacción pasiva según el factor ambiental influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino- Apurímac, año 2022.

4.2.3. Hipótesis específica 2

Ho: Las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de la envolvente no influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

Ha: Las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de

la envolvente influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

Tabla 11

Contrastación de la segunda hipótesis específica

			Estrategias de calefacción pasiva	Comportamiento térmico de la envolvente
Rho de Spearman	Estrategias de calefacción pasiva	Coefficiente de correlación	1,000	,668**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	34	34
	Comportamiento térmico de la envolvente	Coefficiente de correlación	,668**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	34	34

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Según los resultados obtenidos de la tabla 11, se comprobó que la segunda hipótesis específica obtuvo un valor de Rho de Spearman de 0,668 y una significancia del valor p menor a 0.05, aceptándose la hipótesis alterna, que las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de la envolvente influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

4.2.4. Hipótesis específica 3

Ho: Las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva no influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

Ha: Las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

Tabla 12*Contrastación de la tercera hipótesis específica*

			Estrategias de calefacción pasiva	Sistemas de calefacción pasiva
Rho de Spearman	Estrategias de calefacción pasiva	Coefficiente de correlación	1,000	,580**
n		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	34	34
	Sistemas de calefacción pasiva	Coefficiente de correlación	,580**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	34	34

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Según los resultados obtenidos de la tabla 12, se comprobó que la tercera hipótesis específica obtuvo un valor de Rho de Spearman de 0,580 y una significancia del valor p menor a 0.05, aceptándose la hipótesis alterna, que las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.

4.3 Análisis e interpretación

4.3.1 Análisis Descriptivo

A. Variable Independiente: Estrategias de calefacción pasiva.

Pregunta 1: Para zonas altoandinas con bajas temperaturas, considera usted que los factores climáticos puedan ser contrarrestados en el interior de una vivienda altoandina típica construida de adobe.

De la Tabla 13 y Figura 23, se muestra que hay un 64,7% que están “de acuerdo y parcialmente de acuerdo” en que, para zonas altoandinas con bajas temperaturas, los factores

climáticos pueden ser contrarrestados en el interior de una vivienda altoandina típica construida de adobe y un 35,3% se muestra “en desacuerdo y parcialmente en desacuerdo” con esta teoría.

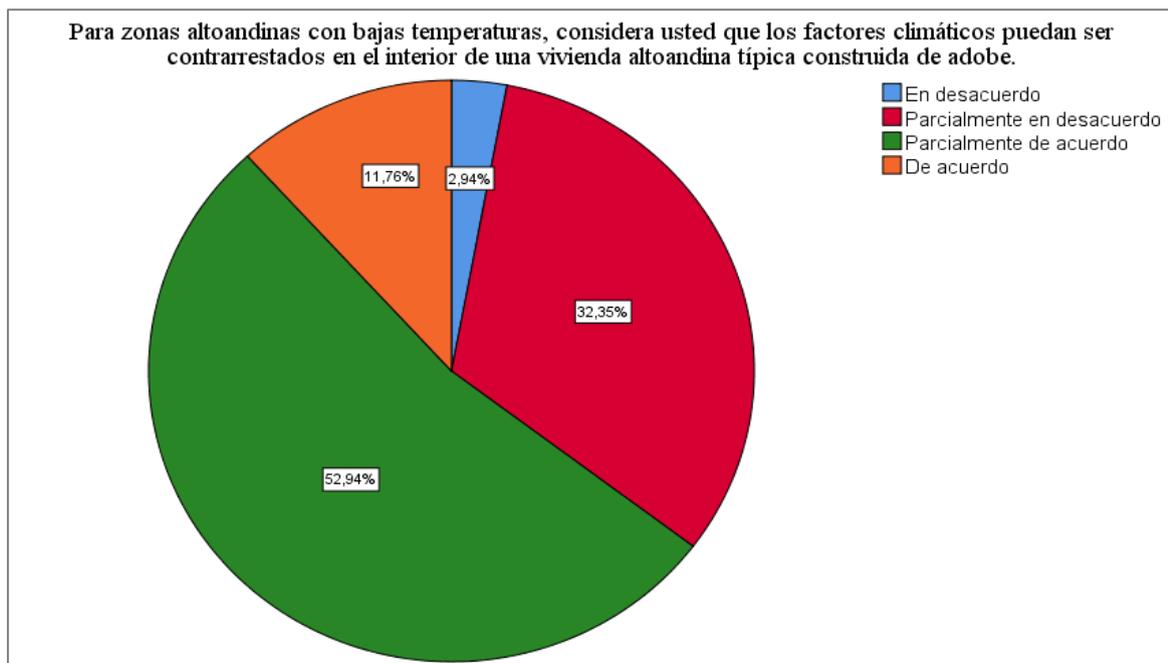
Tabla 13

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 1

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	1	2,9
Parcialmente en desacuerdo	11	32,4
Parcialmente de acuerdo	18	52,9
De acuerdo	4	11,8
Total	34	100,0

Figura 23

Gráfico circular de la pregunta 1



Pregunta 2: Las horas de insolación al día en zonas altoandinas es suficiente para el óptimo funcionamiento de los sistemas de calefacción pasiva para lograr el confort térmico en viviendas altoandinas

De la Tabla 14 y Figura 24, se muestra que hay un 82,4% que están “de acuerdo y parcialmente de acuerdo” en que las horas de insolación al día en zonas altoandinas es

suficiente para el óptimo funcionamiento de los sistemas de calefacción pasiva para lograr el confort térmico en viviendas altoandinas, un 11,7% se muestra “en desacuerdo y parcialmente en desacuerdo” y un 5,9% se muestra neutro con esta teoría.

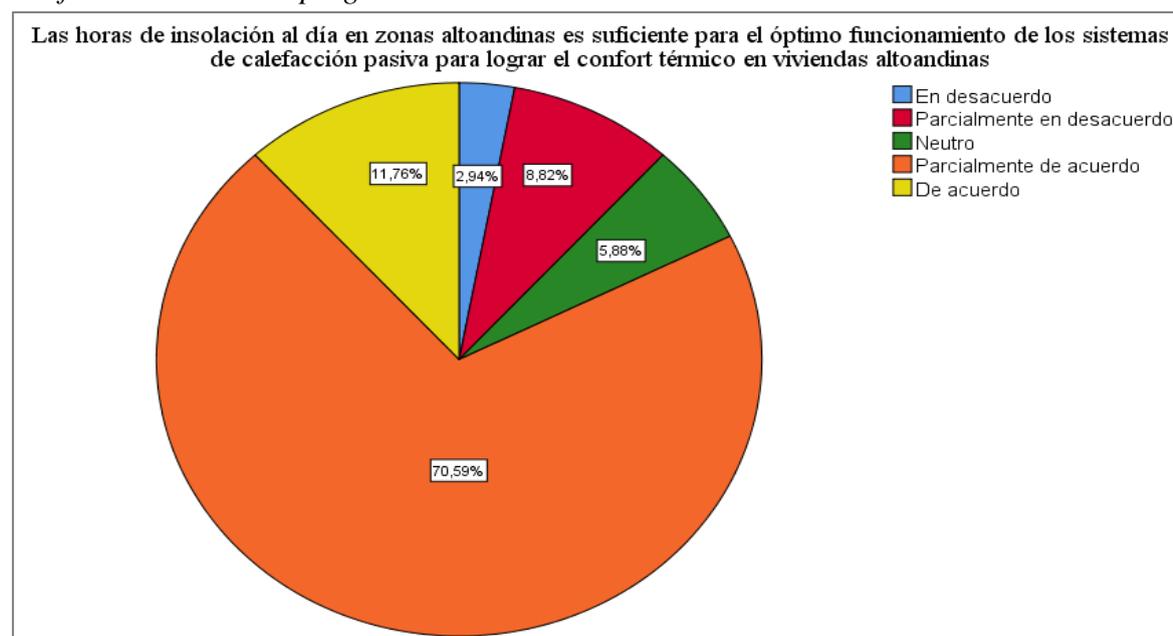
Tabla 14

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 2

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	1	2,9
Parcialmente en desacuerdo	3	8,8
Neutro	2	5,9
Parcialmente de acuerdo	24	70,6
De acuerdo	4	11,8
Total	34	100,0

Figura 24

Gráfico circular de la pregunta 2



Pregunta 3: Por el rango de latitudes en la que se encuentra el Perú (aprox.: -3° a -18°), y alturas solares elevadas, ¿Es más conveniente aprovechar la ubicación de las ventanas orientadas al este y oeste, en vez de directamente al norte?

De la tabla 15 y figura 25, se muestra que hay un 88,2% que están “de acuerdo y parcialmente de acuerdo” en que por el rango de latitudes en la que se encuentra el Perú y

alturas solares elevadas, es más conveniente aprovechar la ubicación de las ventanas orientadas al este y oeste, en vez de directamente al norte, un 8,8% se muestra “neutro” y un 2,9% esta “parcialmente en desacuerdo” con esta teoría.

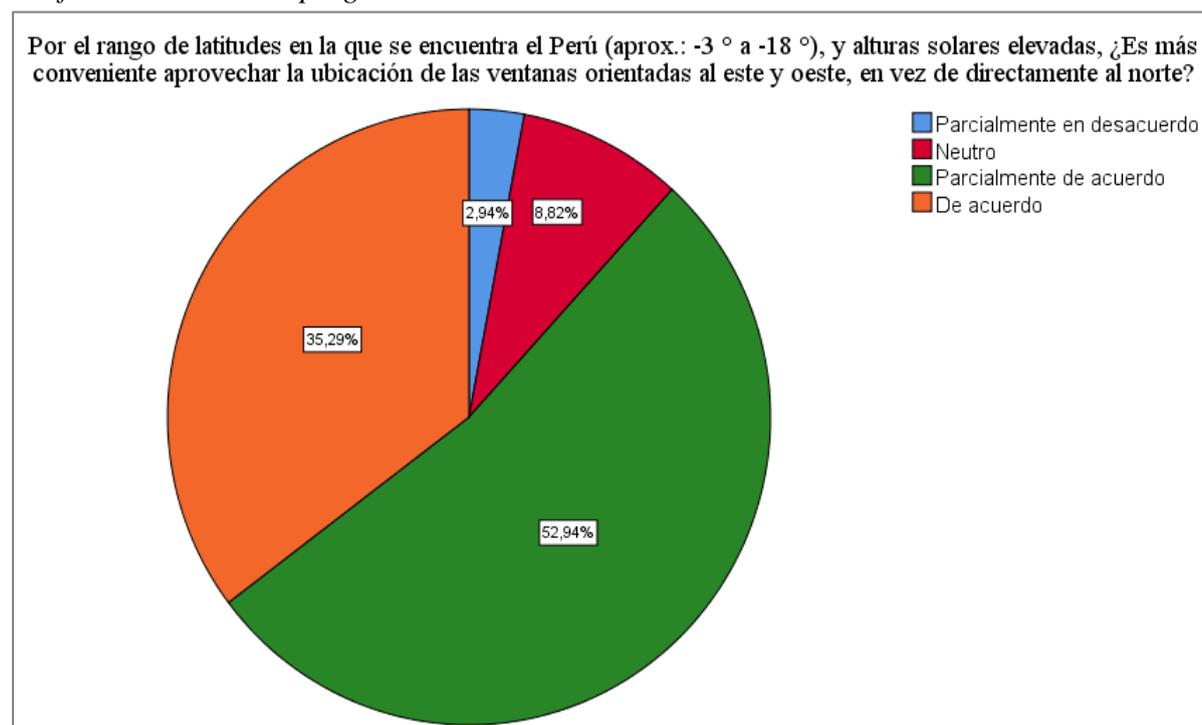
Tabla 15

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 3

	Frecuencia	Porcentaje
Parcialmente en desacuerdo	1	2,9
Neutro	3	8,8
Parcialmente de acuerdo	18	52,9
De acuerdo	12	35,3
Total	34	100,0

Figura 25

Gráfico circular de la pregunta 3



Pregunta 4: Es posible contrarrestar las bajas temperaturas a partir del diseño y estrategias de calefacción pasivas a tal punto que la temperatura interior esté por encima de 10°C respecto al exterior en la zona altoandina

De la Tabla 16 y Figura 26, se muestra que hay un 85,3% que están “de acuerdo y parcialmente de acuerdo” en que si es posible contrarrestar las bajas temperaturas a partir del

diseño y estrategias de calefacción pasivas a tal punto que la temperatura interior esté por encima de 10°C respecto al exterior en la zona altoandina, un 11,8% se muestra “neutro” y un 2,9% esta “parcialmente en desacuerdo” con esta teoría.

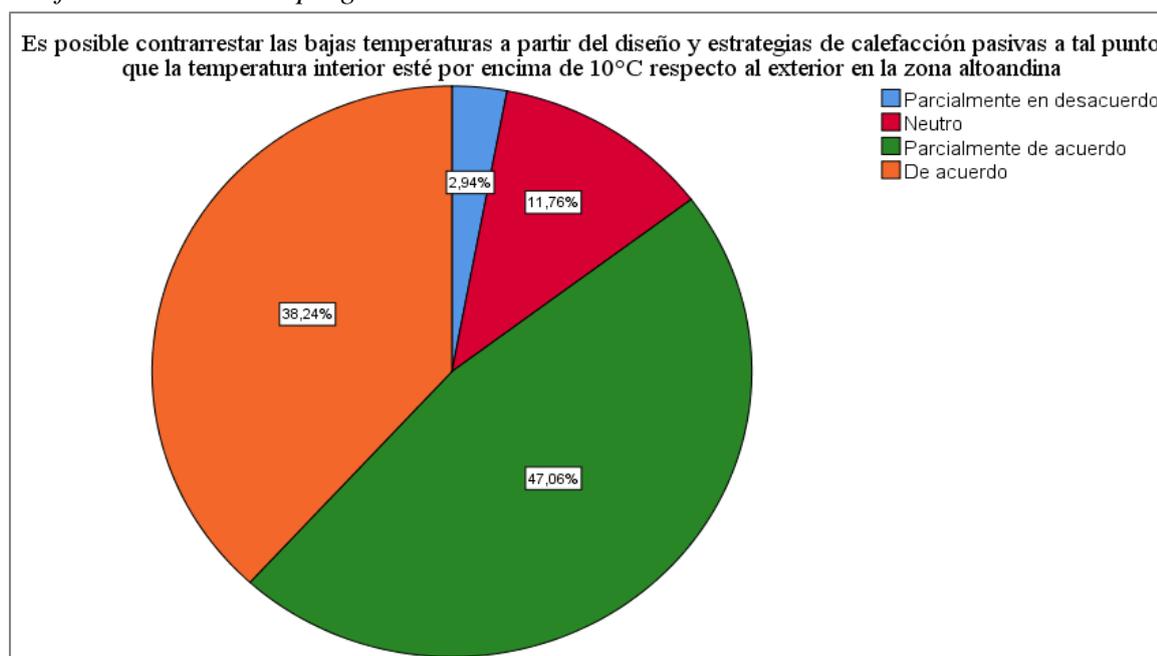
Tabla 16

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 4

	Frecuencia	Porcentaje
Parcialmente en desacuerdo	1	2,9
Neutro	4	11,8
Parcialmente de acuerdo	16	47,1
De acuerdo	13	38,2
Total	34	100,0

Figura 26

Gráfico circular de la pregunta 4



Pregunta 5: Considera usted que solo con aislamiento térmico de la vivienda altoandina se pueda lograr condiciones térmicas que mitiguen las inclemencias de las bajas temperaturas

De la Tabla 17 y Figura 27, se muestra que hay un 58,8% que están “parcialmente en desacuerdo” en que solo con aislamiento térmico de la vivienda altoandina se pueda lograr condiciones térmicas que mitiguen las inclemencias de las bajas temperaturas, un 38,27%

están “parcialmente de acuerdo” y un 2,9% se muestra neutro con esta teoría.

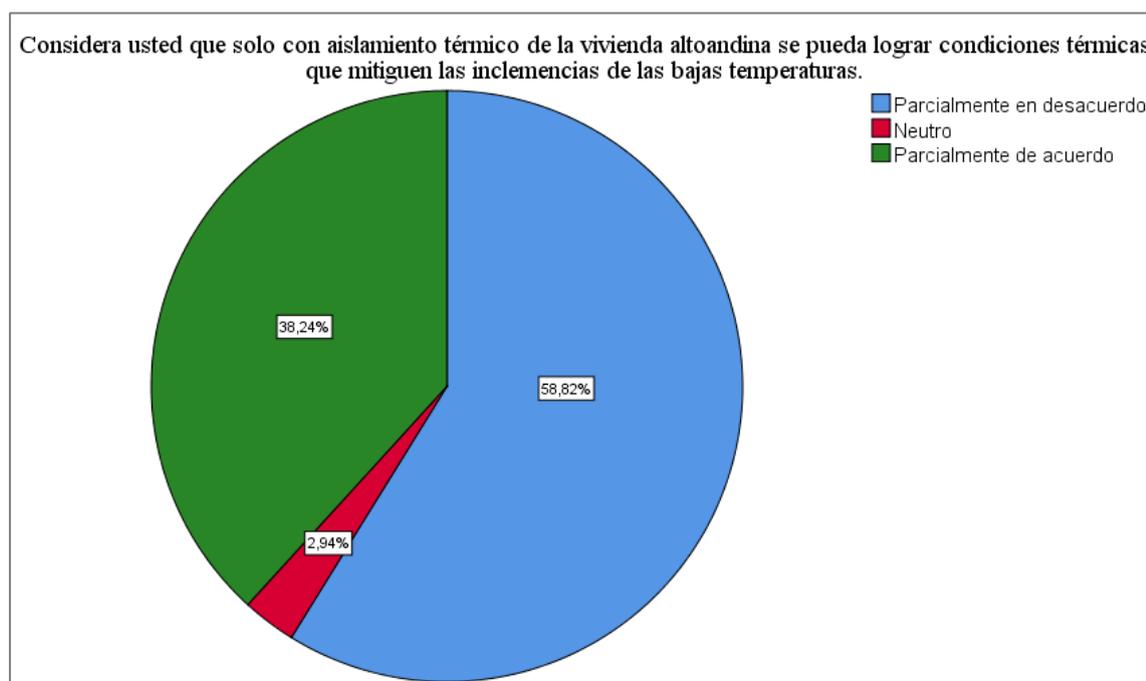
Tabla 17

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 5

	Frecuencia	Porcentaje
Parcialmente en desacuerdo	20	58,8
Neutro	1	2,9
Parcialmente de acuerdo	13	38,2
Total	34	100,0

Figura 27

Gráfico circular de la pregunta 5

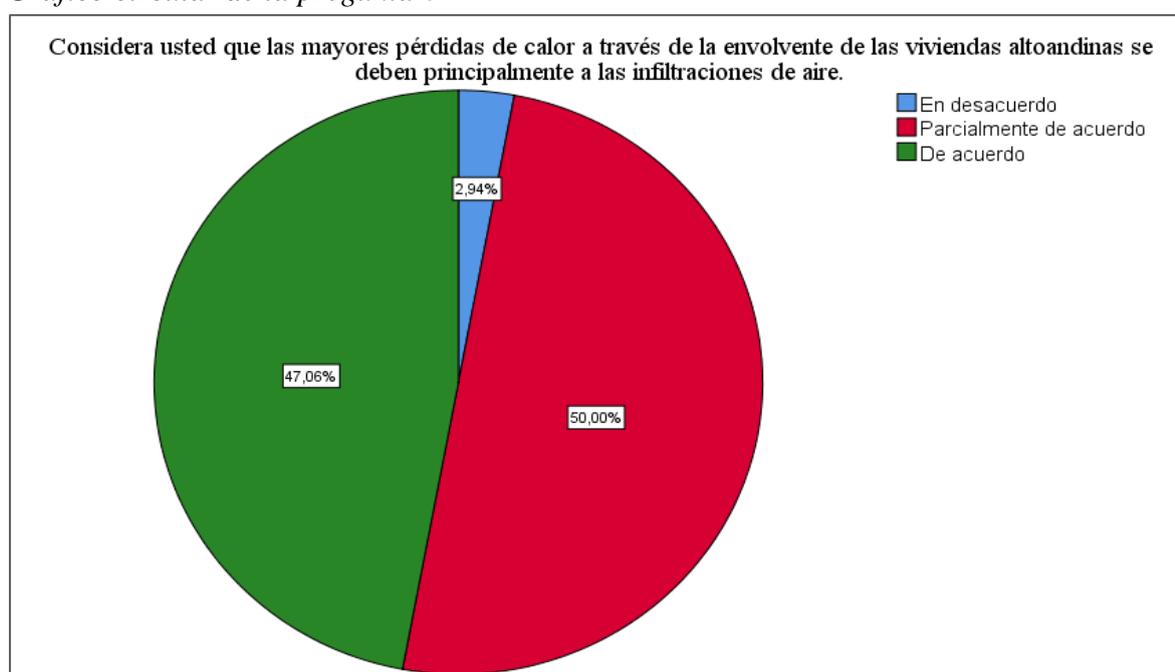


Pregunta 6: Considera usted que las mayores pérdidas de calor a través de la envolvente de las viviendas altoandinas se deben principalmente a las infiltraciones de aire.

De la Tabla 18 y Figura 28, se muestra que hay un 97,1% que están “de acuerdo y parcialmente de acuerdo” en que las mayores pérdidas de calor a través de la envolvente de las viviendas altoandinas se deben principalmente a las infiltraciones de aire y un 2,9% se muestra “en desacuerdo” con esta teoría.

Tabla 18*Frecuencia y porcentajes de la pregunta 6*

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	1	2,9
Parcialmente de acuerdo	17	50,0
De acuerdo	16	47,1
Total	34	100,0

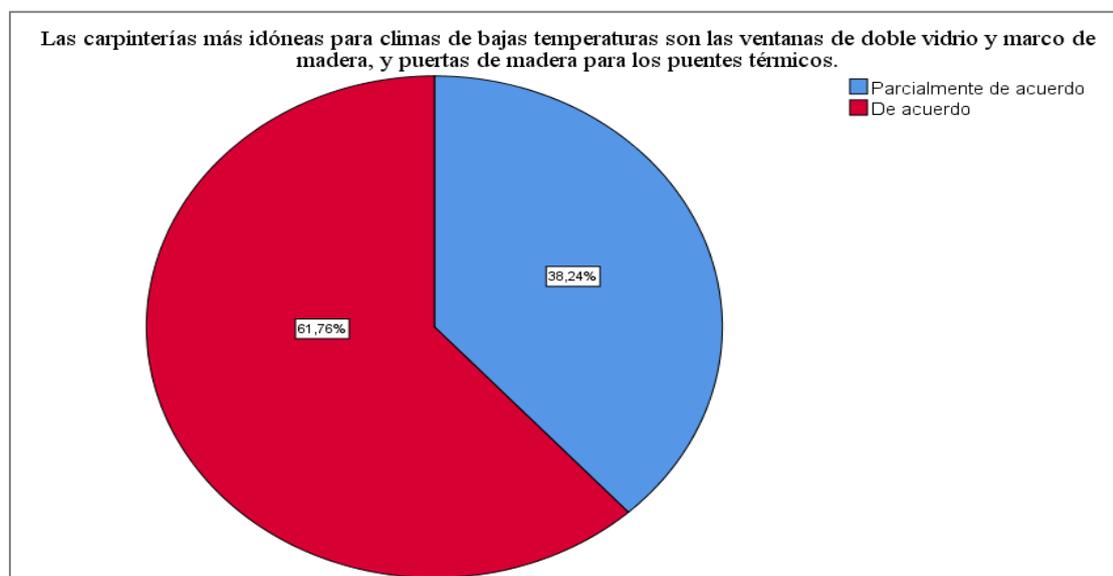
Figura 28*Gráfico circular de la pregunta 6*

Pregunta 7: Las carpinterías más idóneas para climas de bajas temperaturas son las ventanas de doble vidrio y marco de madera, y puertas de madera para los puentes térmicos.

De la Tabla 19 y Figura 29, se muestra que hay un 61,8% que están “de acuerdo” en que las carpinterías más idóneas para climas de bajas temperaturas son las ventanas de doble vidrio y marco de madera, y puertas de madera para los puentes térmicos y un 38,2% están “parcialmente de acuerdo” con esta teoría.

Tabla 19*Frecuencia y porcentajes de la pregunta 7*

	Frecuencia	Porcentaje
Parcialmente de acuerdo	13	38,2
De acuerdo	21	61,8
Total	34	100,0

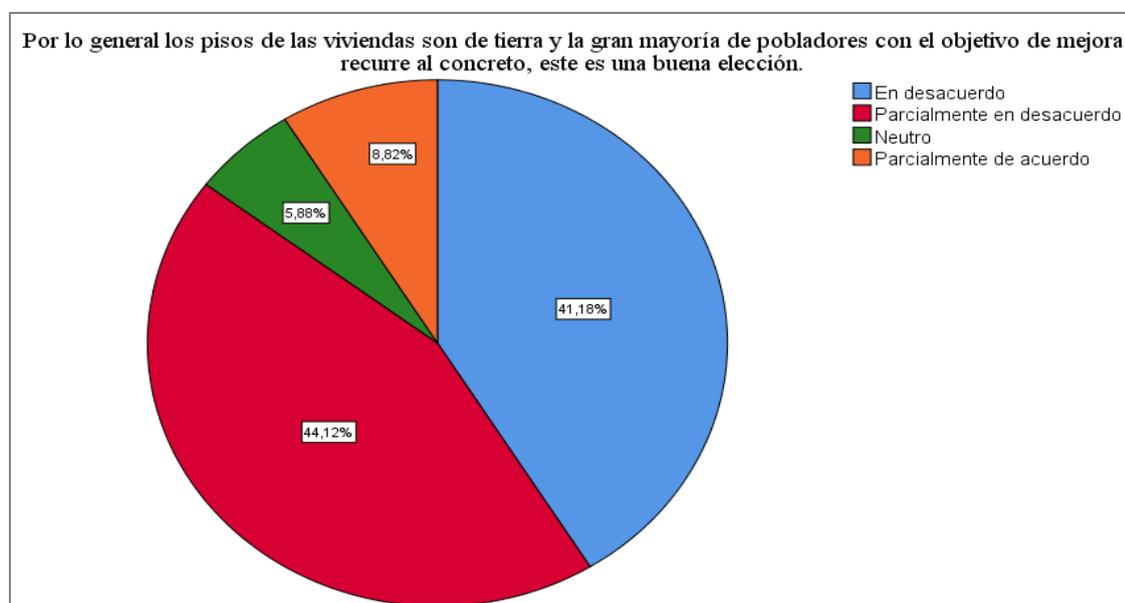
Figura 29*Gráfico circular de la pregunta 7*

Pregunta 8: Por lo general los pisos de las viviendas son de tierra y la gran mayoría de pobladores con el objetivo de mejora recurre al concreto, este es una buena elección.

De la Tabla 20 y Figura 30, se muestra que hay un 85,3% que están “en desacuerdo y parcialmente en desacuerdo” en que no es una buena elección que la gran mayoría de pobladores con el objetivo de mejora de los pisos de la vivienda recurra al concreto, un 8,8% se muestra “parcialmente de acuerdo” y un 5,9% se muestra “neutro” con esta teoría.

Tabla 20*Frecuencia y porcentajes de la pregunta 8*

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	14	41,2
Parcialmente en desacuerdo	15	44,1
Neutro	2	5,9
Parcialmente de acuerdo	3	8,8
Total	34	100,0

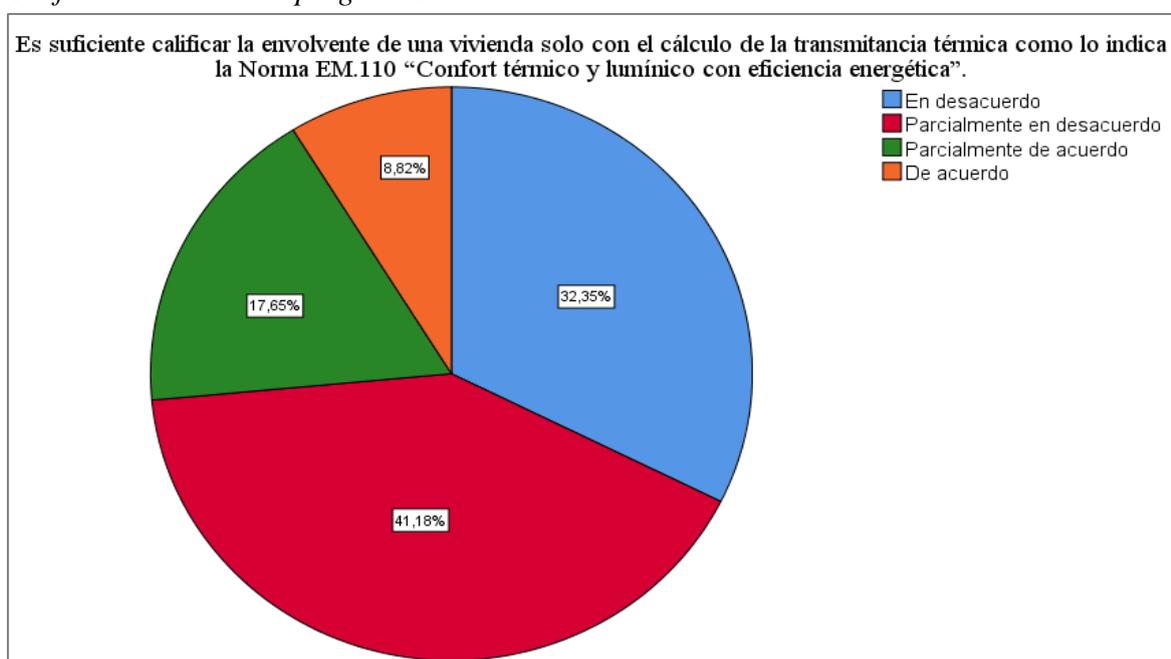
Figura 30*Gráfico circular de la pregunta 8*

Pregunta 9: Es suficiente calificar la envolvente de una vivienda solo con el cálculo de la transmitancia térmica como lo indica la Norma EM.110 “Confort térmico y lumínico con eficiencia energética”.

De la Tabla 21 y Figura 31, se muestra que hay un 73,6,7% que están “parcialmente en desacuerdo y en desacuerdo” en que no es suficiente calificar la envolvente de una vivienda solo con el cálculo de la transmitancia térmica como lo indica la Norma EM.110 y un 26,4% están “parcialmente de acuerdo y de acuerdo” con esta teoría.

Tabla 21*Frecuencia y porcentajes de la pregunta 9*

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	11	32,4
Parcialmente en desacuerdo	14	41,2
Parcialmente de acuerdo	6	17,6
De acuerdo	3	8,8
Total	34	100,0

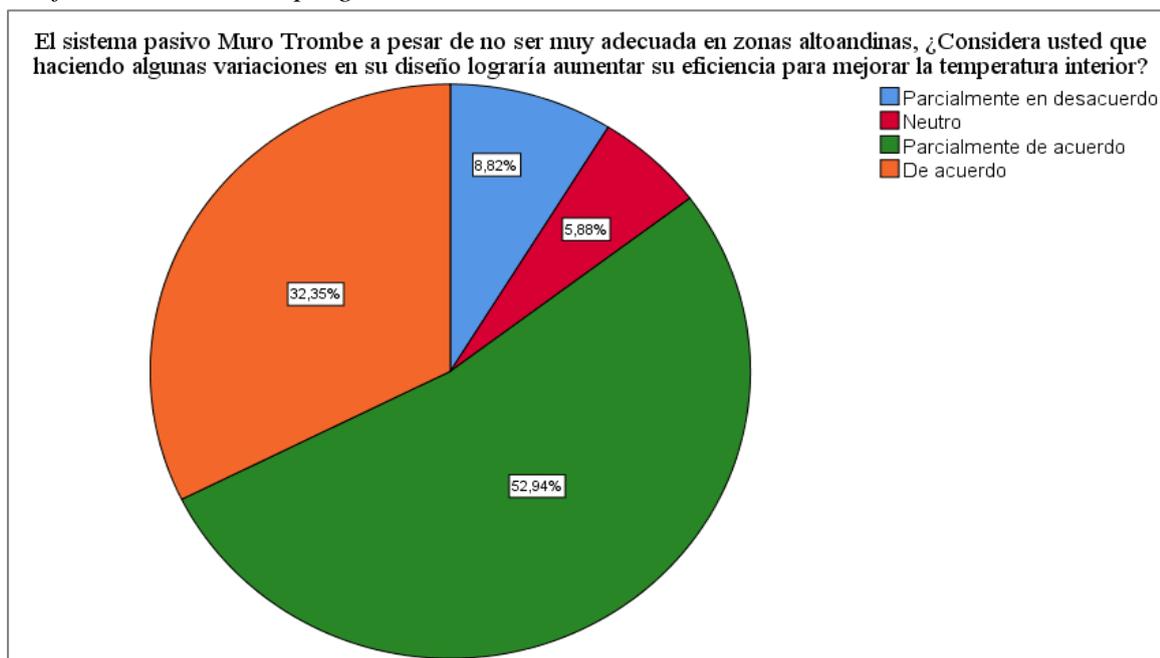
Figura 31*Gráfico circular de la pregunta 9*

Pregunta 10: El sistema pasivo Muro Trombe a pesar de no ser muy adecuada en zonas altoandinas, ¿Considera usted que haciendo algunas variaciones en su diseño lograría aumentar su eficiencia para mejorar la temperatura interior?

De la Tabla 22 y Figura 32, se muestra que un 85,3% están “parcialmente de acuerdo y de acuerdo” en que haciendo algunas variaciones en su diseño al sistema pasivo Muro Trombe se lograría aumentar su eficiencia para mejorar la temperatura interior, un 8,8% se muestra “parcialmente en desacuerdo” y un 5,9% se muestra “neutro” con esta teoría.

Tabla 22*Frecuencia y porcentajes de la pregunta 10*

	Frecuencia	Porcentaje
Parcialmente en desacuerdo	3	8,8
Neutro	2	5,9
Parcialmente de acuerdo	18	52,9
De acuerdo	11	32,4
Total	34	100,0

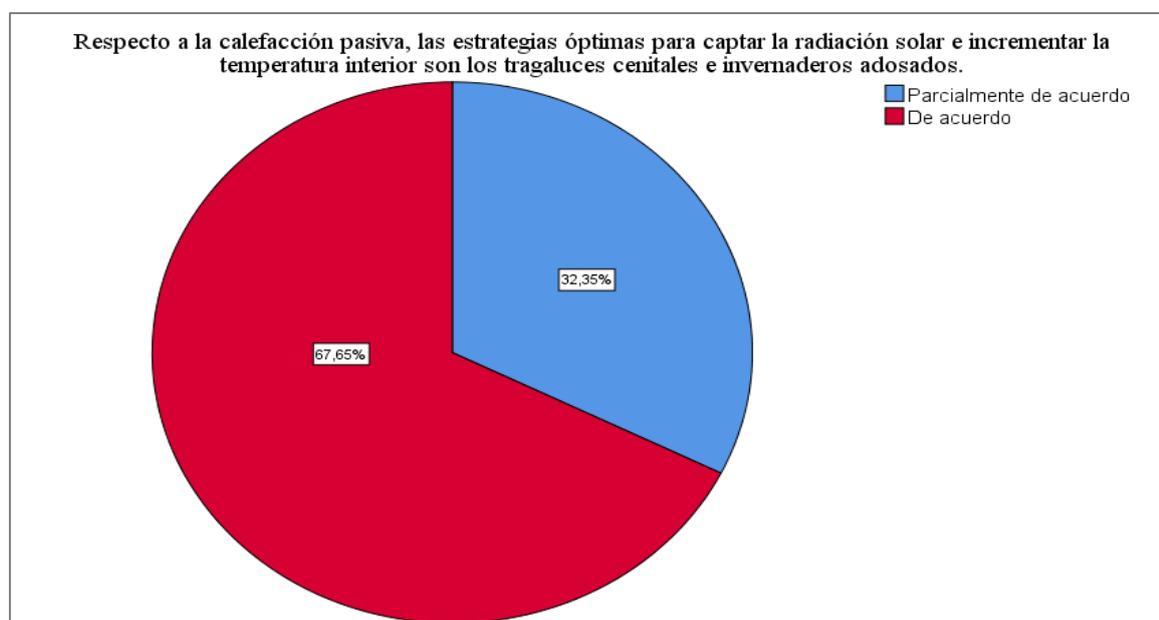
Figura 32*Gráfico circular de la pregunta 10*

Pregunta 11: Respecto a la calefacción pasiva, las estrategias óptimas para captar la radiación solar e incrementar la temperatura interior son los tragaluces cenitales e invernaderos adosados.

De la Tabla 23 y Figura 33, se muestra que un 67,6% están “de acuerdo” en que las estrategias óptimas para captar la radiación solar e incrementar la temperatura interior son los tragaluces cenitales e invernaderos adosados y un 32,4% están “parcialmente de acuerdo” con esta teoría.

Tabla 23*Frecuencia y porcentajes de la pregunta 11*

	Frecuencia	Porcentaje
Parcialmente de acuerdo	11	32,4
De acuerdo	23	67,6
Total	34	100,0

Figura 33*Gráfico circular de la pregunta 11*

Pregunta 12: Considera usted que las estrategias de calefacción pasiva son insuficientes para alcanzar una temperatura de confort y que deba complementarse con algún sistema de calefacción convencional como apoyo para lograr el confort térmico dentro de la vivienda altoandina.

De la Tabla 24 y Figura 34, se muestra que un 70,6% están “parcialmente de acuerdo y de acuerdo” en que las estrategias de calefacción pasiva son insuficientes para alcanzar una temperatura de confort y que deba complementarse con algún sistema de calefacción convencional como apoyo para lograr el confort térmico dentro de la vivienda altoandina, un 17,6% se muestra “ en desacuerdo y parcialmente en desacuerdo” y un 11,8% se muestra

“neutro” con esta teoría.

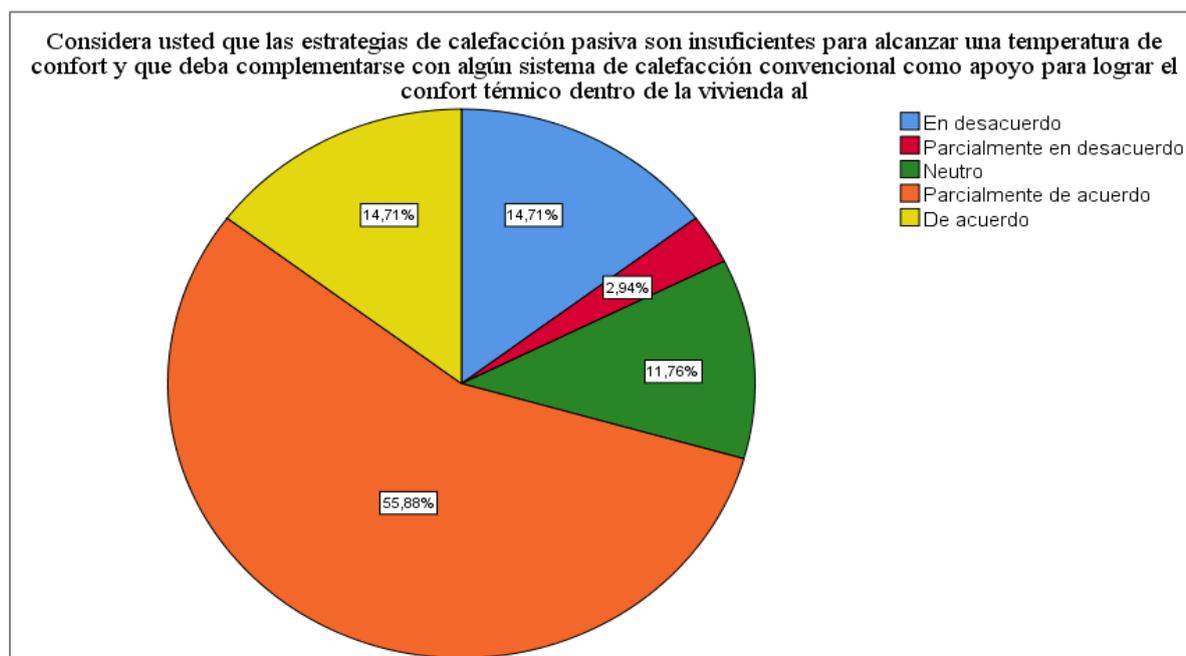
Tabla 24

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 12

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	5	14,7
Parcialmente en desacuerdo	1	2,9
Neutro	4	11,8
Parcialmente de acuerdo	19	55,9
De acuerdo	5	14,7
Total	34	100,0

Figura 34

Gráfico circular de la pregunta 12



Pregunta 13: Considera usted que la implementación de sistemas de calefacción pasiva (invernadero, Muro Trombe, lucernarios, galerías acristaladas, aislamiento térmico de la envolvente de la vivienda) en viviendas altoandinas nuevas y construidas es factible económicamente.

De la Tabla 25 y Figura 35, se muestra que un 61,8% están “parcialmente de acuerdo y de acuerdo” en que la implementación de sistemas de calefacción pasiva en viviendas

altoandinas nuevas y construidas es factible económicamente, un 26,5% se muestran “parcialmente en desacuerdo y en desacuerdo” y un 11,8% se muestran “neutros” con esta teoría.

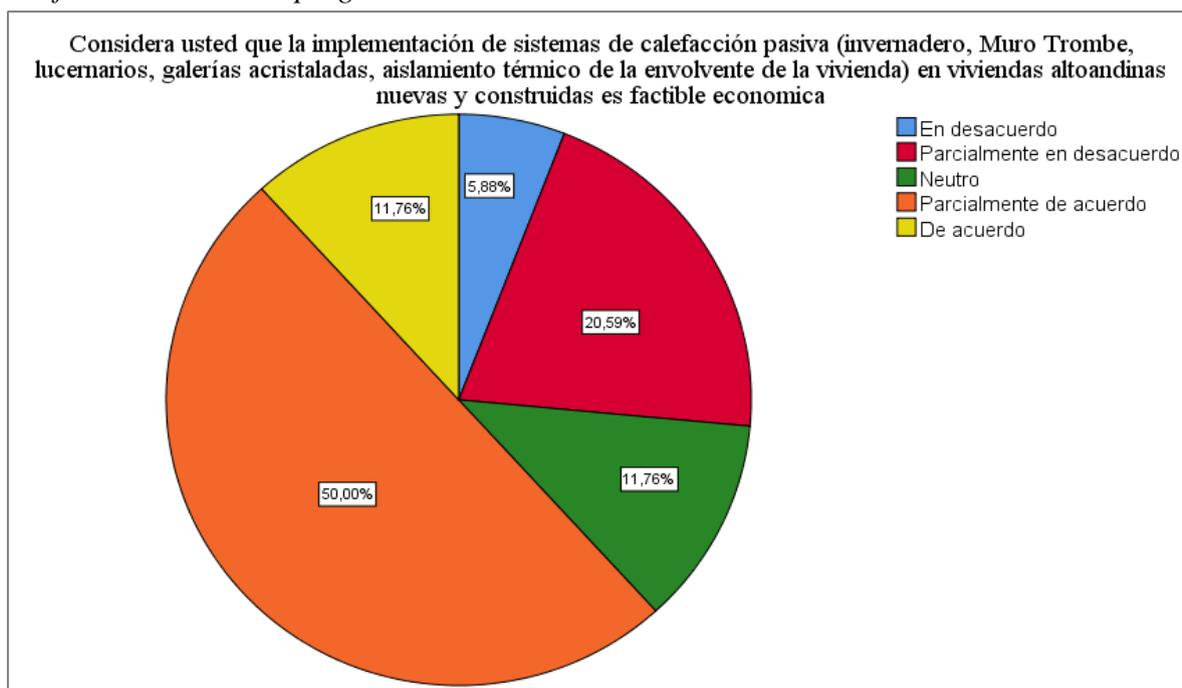
Tabla 25

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 13

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	2	5,9
Parcialmente en desacuerdo	7	20,6
Neutro	4	11,8
Parcialmente de acuerdo	17	50,0
De acuerdo	4	11,8
Total	34	100,0

Figura 35

Gráfico circular de la pregunta 13



B. Variable Dependiente: Confort térmico.

Pregunta 14: De acuerdo con la literatura se indica por lo general que el rango de confort térmico esta entre 22°C a 27°C. ¿Dicho rango debería ser el mismo para las zonas altoandinas?

De la Tabla 26 y Figura 36, se muestra que un 91,2% están “parcialmente en

desacuerdo y en desacuerdo” en que no debería de ser el mismo rango de confort térmico para zonas altoandinas que según literatura está entre 22°C a 27° y un 8,8% se muestran “parcialmente de acuerdo” con esta teoría.

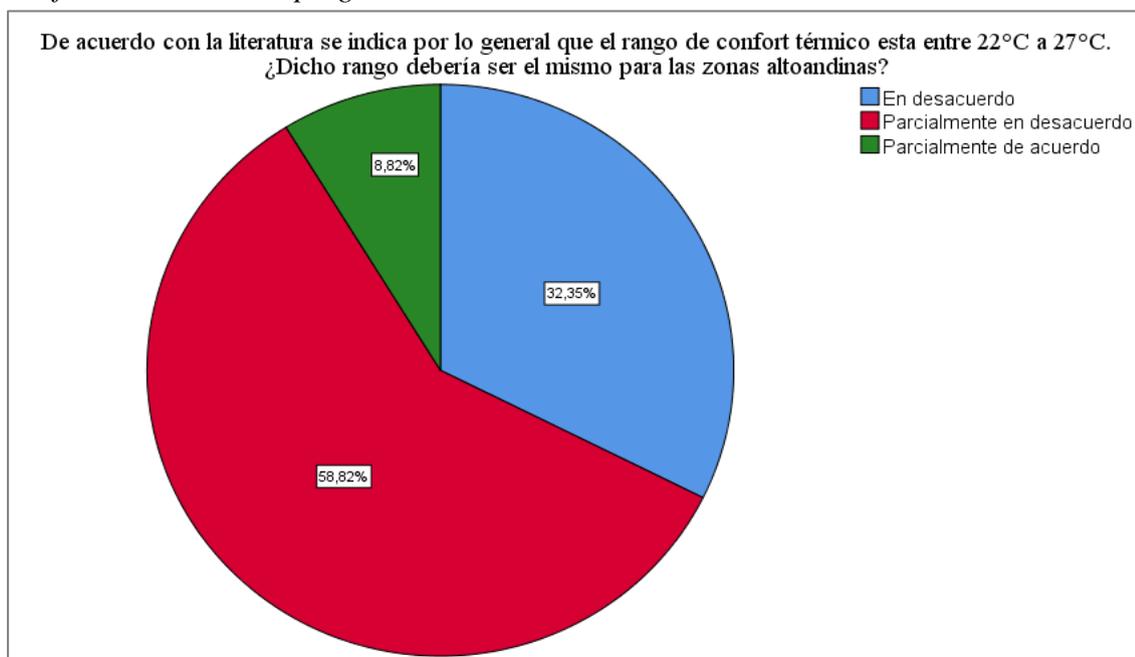
Tabla 26

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 14

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	11	32,4
Parcialmente en desacuerdo	20	58,8
Parcialmente de acuerdo	3	8,8
Total	34	100,0

Figura 36

Gráfico circular de la pregunta 14

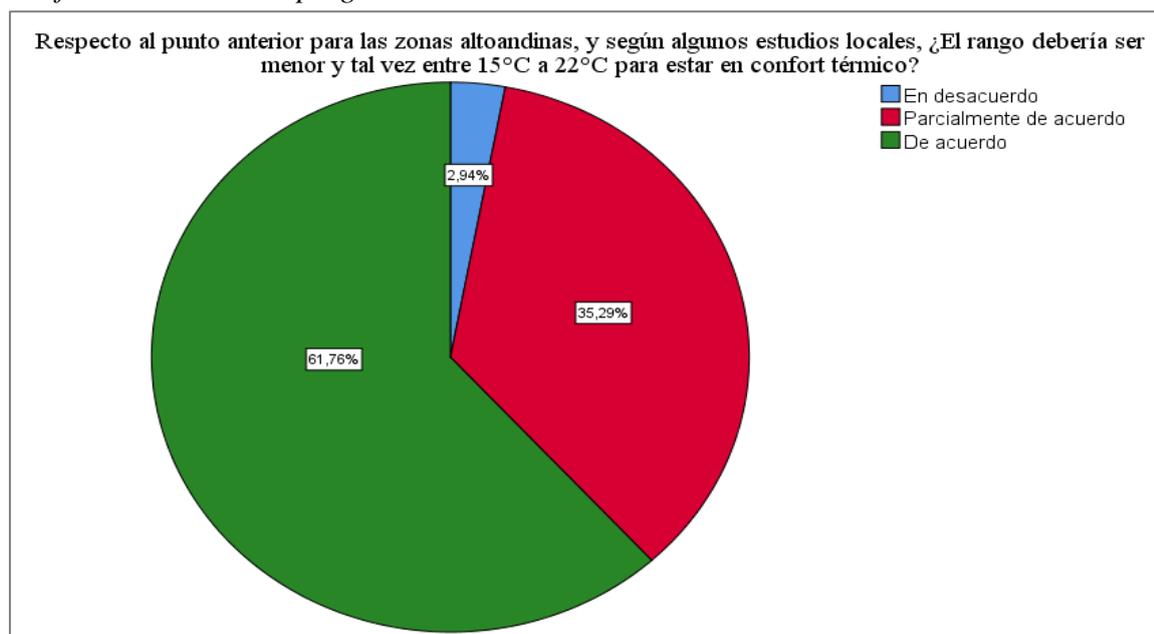


Pregunta 15: Respecto al punto anterior para las zonas altoandinas, y según algunos estudios locales, ¿El rango debería ser menor y tal vez entre 15°C a 22°C para estar en confort térmico?

De la Tabla 27 y Figura 37, se muestra que un 97,1% están “de acuerdo y parcialmente de acuerdo” en que el rango de temperatura debería ser menor entre 15°C a 22°C para estar en confort térmico y 2,9% se muestran “en desacuerdo” con esta teoría.

Tabla 27*Frecuencia y porcentajes de la pregunta 15*

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	1	2,9
Parcialmente de acuerdo	12	35,3
De acuerdo	21	61,8
Total	34	100,0

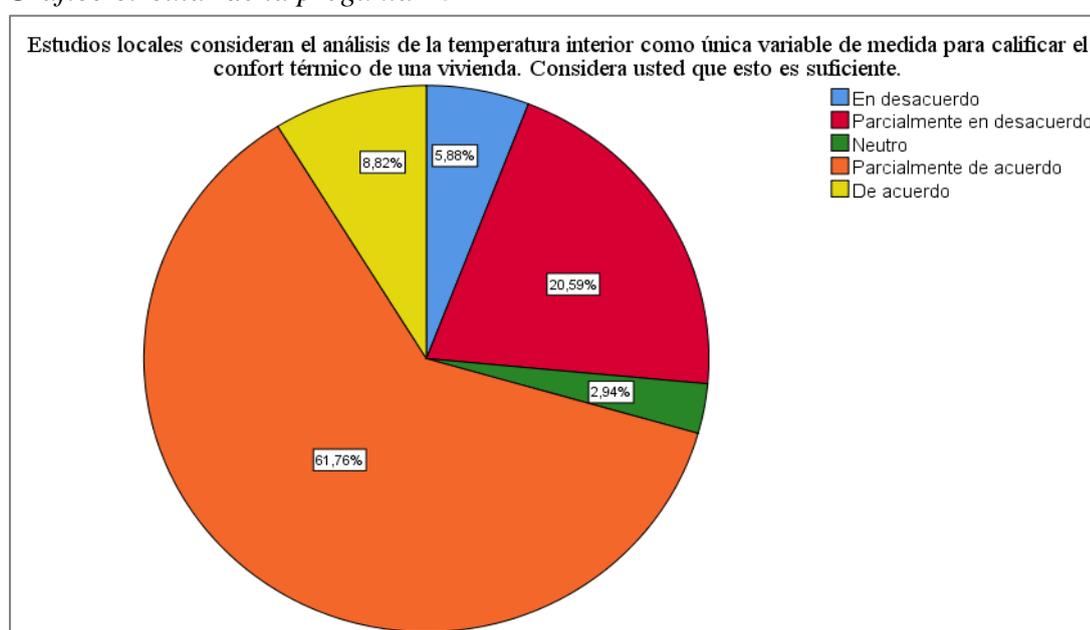
Figura 37*Gráfico circular de la pregunta 15*

Pregunta 16: Estudios locales consideran el análisis de la temperatura interior como única variable de medida para calificar el confort térmico de una vivienda. Considera usted que esto es suficiente.

De la Tabla 28 y Figura 38, se muestra que un 70,6% que están “parcialmente de acuerdo y de acuerdo” en que es suficiente el análisis de la temperatura interior como única variable de medida para calificar el confort térmico de una vivienda, un 26,5% se muestran “parcialmente en desacuerdo y en desacuerdo” y un 2,9% se muestran “neutros” con esta teoría.

Tabla 28*Frecuencia y porcentajes de la pregunta 16*

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	2	5,9
Parcialmente en desacuerdo	7	20,6
Neutro	1	2,9
Parcialmente de acuerdo	21	61,8
De acuerdo	3	8,8
Total	34	100,0

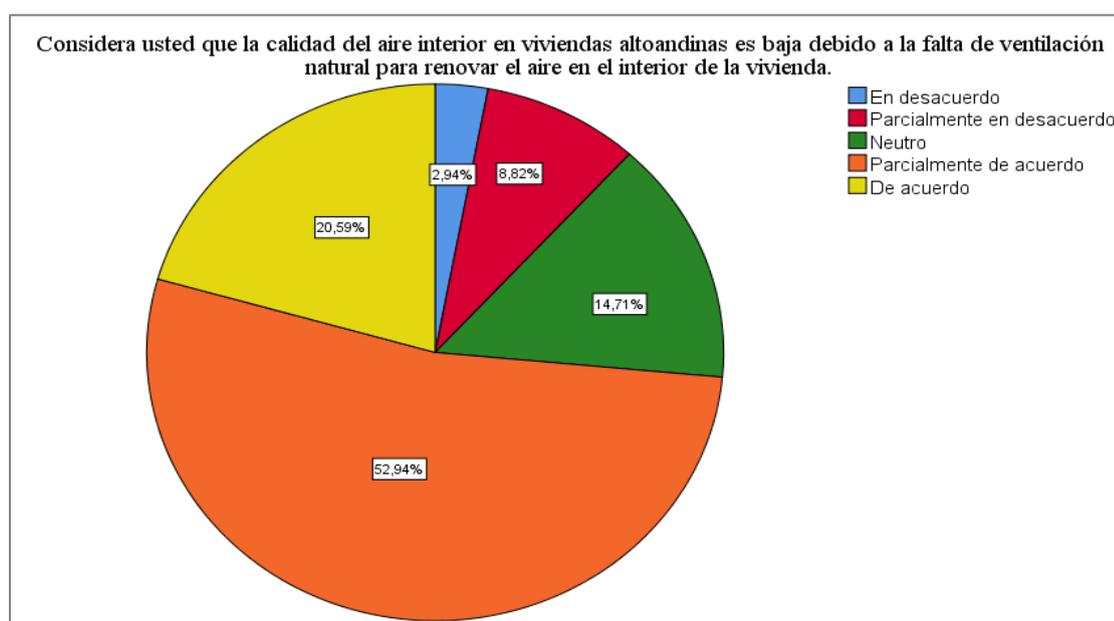
Figura 38*Gráfico circular de la pregunta 16*

Pregunta 17: Considera usted que la calidad del aire interior en viviendas altoandinas es baja debido a la falta de ventilación natural para renovar el aire interior de la vivienda

De la Tabla 29 y Figura 39, se muestra que un 73,5% que están “parcialmente de acuerdo y de acuerdo” en que la calidad del aire interior en viviendas altoandinas es baja debido a la falta de ventilación natural para renovar el aire interior de la vivienda, un 11,7% se muestran “parcialmente en desacuerdo y en desacuerdo” y un 14,7% se muestran “neutros” con esta teoría.

Tabla 29*Frecuencia y porcentajes de la pregunta 17*

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	1	2,9
Parcialmente en desacuerdo	3	8,8
Neutro	5	14,7
Parcialmente de acuerdo	18	52,9
De acuerdo	7	20,6
Total	34	100,0

Figura 39*Gráfico circular de la pregunta 17*

Pregunta 18: Según estudios realizados, indican que los niveles de iluminación son insuficientes para realizar las diferentes actividades como estudiar, cocinar, etc. Considera que esto debe corregirse con iluminación artificial.

De la Tabla 30 y Figura 40, se muestra que un 55,9% están “parcialmente en desacuerdo y en desacuerdo” en que no debe corregirse con iluminación artificial los niveles de iluminación insuficientes para realizar las diferentes actividades como estudiar, cocinar,

etc, en viviendas altoandinas, un 38,6% se muestran “parcialmente de acuerdo y de acuerdo” y un 5,9% se muestran “neutros” con esta teoría.

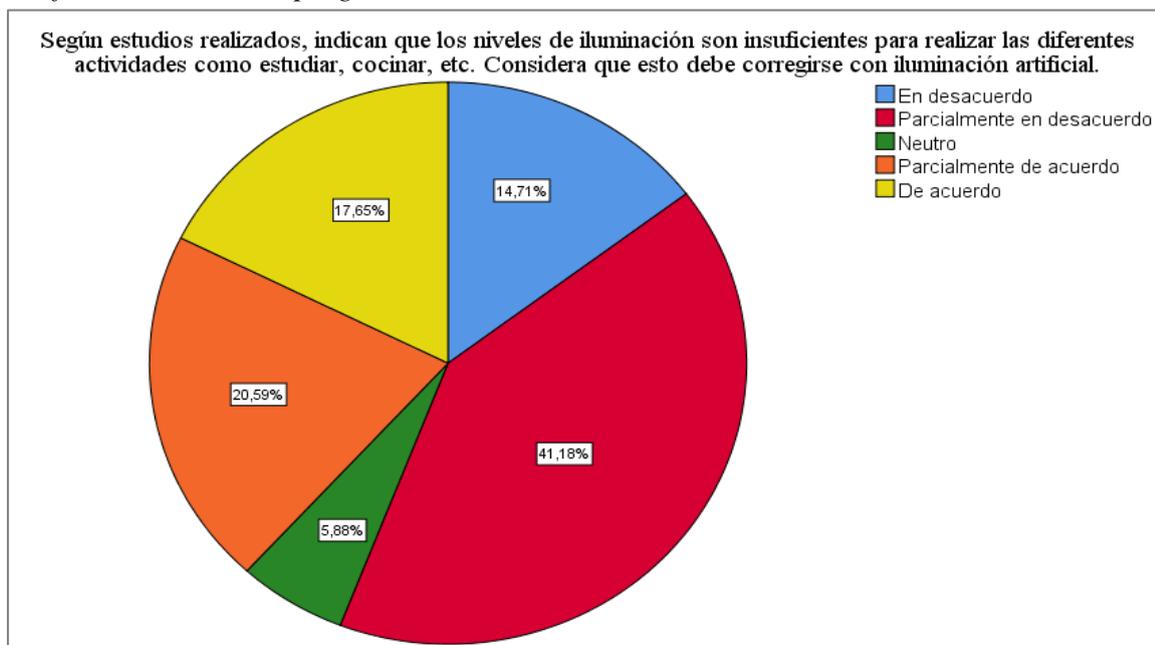
Tabla 30

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 18

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	5	14,7
Parcialmente en desacuerdo	14	41,2
Neutro	2	5,9
Parcialmente de acuerdo	7	20,6
De acuerdo	6	17,6
Total	34	100,0

Figura 40

Gráfico circular de la pregunta 7



Pregunta 19: Un aumento del tamaño de las ventanas en combinación con el uso de contraventanas logra un mayor ingreso solar y por tal mejoraría el confort térmico y lumínico.

De la Tabla 31 y Figura 41, se muestra que un 58,8% están “parcialmente de acuerdo y de acuerdo” en que un aumento del tamaño de las ventanas en combinación con el uso de contraventanas logra un mayor ingreso solar y por tal mejoraría el confort térmico y lumínico,

un 29,4% se muestran “parcialmente en desacuerdo y en desacuerdo” y un 11,8% se muestran “neutros” con esta teoría.

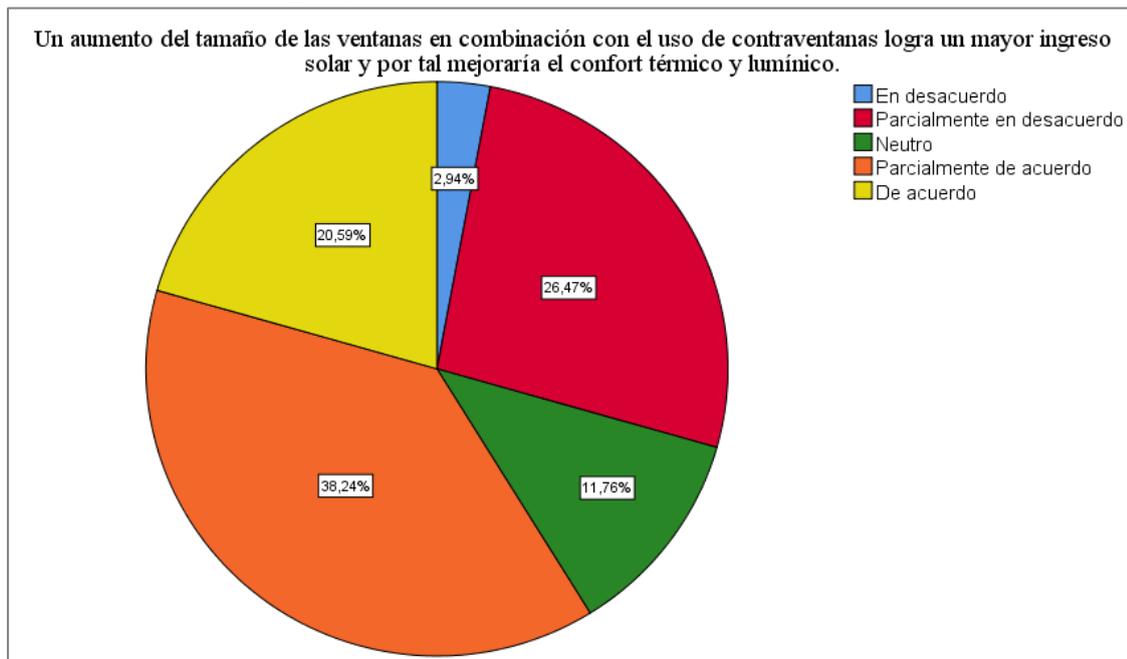
Tabla 31

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 19

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	1	2,9
Parcialmente en desacuerdo	9	26,5
Neutro	4	11,8
Parcialmente de acuerdo	13	38,2
De acuerdo	7	20,6
Total	34	100,0

Figura 41

Gráfico circular de la pregunta 19



Pregunta 20: Las viviendas construidas por los programas del gobierno a pesar de haber mejorado en el diseño y considerar estrategias de diseño bioclimático en piso, techo y paredes de alta masa térmica, aún presentan deficiencias para alcanzar el confort térmico debido a consideraciones como el contar con marcos metálicos de ventanas y de un solo vidrio.

De la Tabla 32 y Figura 42, se muestra que un 91,1% están “de acuerdo y parcialmente de acuerdo” en que las viviendas construidas por los programas del gobierno a pesar de haber mejorado en el diseño y considerar estrategias de diseño bioclimático en piso, techo y paredes de alta masa térmica, aún presentan deficiencias para alcanzar el confort térmico debido a consideraciones como el contar con marcos metálicos de ventanas y de un solo vidrio, un 5,9% se muestran “neutros” y un 2,9% se muestran “parcialmente en desacuerdo” con esta teoría.

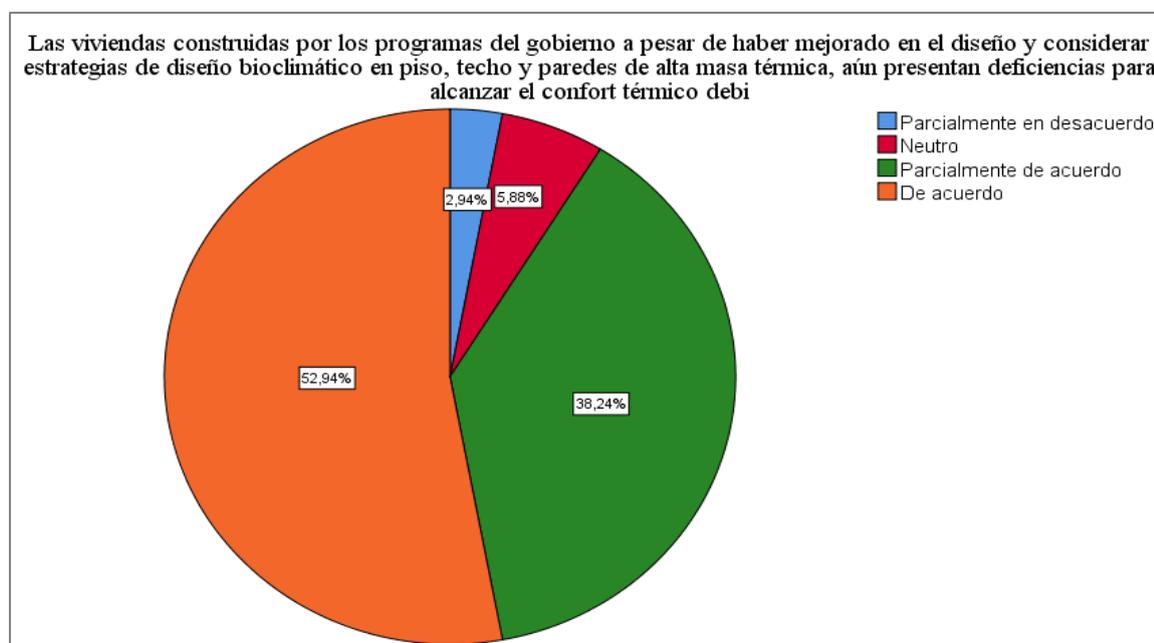
Tabla 32

Frecuencia y porcentajes de la pregunta 20

	Frecuencia	Porcentaje
Parcialmente en desacuerdo	1	2,9
Neutro	2	5,9
Parcialmente de acuerdo	13	38,2
De acuerdo	18	52,9
Total	34	100,0

Figura 42

Gráfico circular de la pregunta 20



V. DISCUSION DE RESULTADOS

- a. Molina (2016) obtiene que, en una vivienda de adobe acondicionada pasivamente con claraboyas en el dormitorio norte, con un piso aislado en la sala, un techo aislado con un invernadero adosado a las paredes de las habitaciones logró una temperatura media de $15,7^{\circ}\text{C}$ en el dormitorio norte, la cual resulta mayor en 6°C a la temperatura exterior de 9°C . Además, Giraldo y Arango (2020) consideran que todo sistema solar pasivo debe contar con un buen sistema para acumular la energía generada térmicamente, para que de esta manera el calor generado por el sol sea usado por las noches; de la misma forma Li y Zou (2022) afirman que la tecnología de calefacción solar pasiva combinado con un buen sistema de recolección de calor y pared de almacenamiento y la luz solar se adoptan para cumplir con los requisitos de confort térmico. De la encuesta realizada un 85,3% consideran que es posible contrarrestar las bajas temperaturas a partir del diseño y estrategias de calefacción pasivas a tal punto que la temperatura interior esté por encima de 10°C respecto al exterior en la zona altoandina. En la investigación se obtuvo un valor del coeficiente de Rho de Spearman de 0,611 con un valor de significancia menor a 0,005 con lo que se concluye que las estrategias usadas en la búsqueda del confort térmico influyen en las viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac.

- b. En el trabajo presentado por Wieser et al. (2021) obtienen condiciones de confort térmico en condiciones extremas climáticas a 4 200 msnm en Puno, con la captación de la radiación solar acompañado con aislamiento de la envolvente, la hermeticidad del conjunto y el uso correcto de los vanos para retener el calor ganado. Estas fueron las principales estrategias usadas en conjunto con la intensa radiación solar. Gastines et al. (2015), obtuvieron que la ganancia al norte es máxima en el mes más frío en

junio a pesar de la menor incidencia que los rayos del sol llegan con un ángulo de incidencia menor, al Este y Oeste reciben radiación solo en la mañana y en la tarde respectivamente. Sin embargo, Mamani (2022), obtuvo que el Este y Oeste son las mejores orientaciones. De la encuesta realizada un 82,4% consideran que las horas de insolación al día en zonas altoandinas es suficiente para el óptimo funcionamiento de los sistemas de calefacción pasiva para lograr el confort térmico en viviendas altoandinas. De esta forma se observa que la radiación solar es fundamental para el correcto funcionamiento de los sistemas de calefacción pasiva por lo que el lugar de estudio al presentar buenas condiciones de radiación solar en los meses más fríos y con la implementación de dichos sistemas pasivos lograría alcanzar el confort térmico. En la investigación se obtuvo un valor del coeficiente de Rho de Spearman de 0,75 con un valor de significancia menor a 0,005 considerando así que las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental influirían en el confort térmico en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac.

- c. Molina (2016) observó que debido a un inadecuado manejo del uso del adobe en viviendas en zonas rurales y al mal cierre con otras componentes de la envolvente generan pérdidas de calor por infiltraciones. Pari et al. (2021b) observaron que la primera estrategia más usada es la mejora térmica de la envolvente, con paredes de gran espesor y aislamiento en falso techo. Molina et al., (2020) mencionan que solo con técnicas arquitectónicas de aislamiento pasivo y manejo de contraventana se logra incrementos de temperatura interior de 5.3°C. De la encuesta realizada un 97,1% consideran que las pérdidas de calor a través de la envolvente de las viviendas altoandinas se deben principalmente a las infiltraciones de aire. En la investigación se obtuvo un valor del coeficiente de Rho de Spearman de 0,668 con un valor de significancia menor a 0,005 considerando así que las estrategias de calefacción pasiva

considerando el comportamiento térmico de la envolvente influirían en el confort térmico en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac.

- d. Fernandez et al. (2020) obtuvieron que el uso de balcones acristalados en dormitorios como estrategia bioclimática para climas fríos es viable. Asimismo, Pari et al. (2021b) consideran principalmente estrategias de mejora térmica de la envolvente, captación solar por sistemas directos (ventanas translucidas en el techo), indirectos (Pared Trombe) y semidirectos por pared (invernaderos adosados de vidrio y plástico con marco de madera). Para Corrales (2012) los sistemas pasivos más eficaces para calentar viviendas son el sistema solar pasivo directo, claraboyas y/o patios con techado vidriado, además de tener un buen aislamiento térmico en la envoltura de cierre. De la encuesta realizada, respecto a la calefacción pasiva, un 67,6% consideran que las estrategias óptimas para captar la radiación solar e incrementar la temperatura interior son los tragaluces cenitales e invernaderos adosados. Además, se obtuvo un valor de correlación de Spearman de 0,58 con un valor de significancia menor a 0,005 considerando así que las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva influirían en el confort térmico en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac.

VI. CONCLUSIONES

- a. Las estrategias de calefacción pasiva influyen fuertemente en el logro del confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022, según el valor obtenido de correlación de Spearman de 0,611 con un valor de significancia menor a 0,005. Asimismo, en las viviendas ya construidas pueden implementarse tragaluces cenitales, invernaderos adosados, la captación directa a través de las ventanas orientadas al N, E y O; en conjunto la incorporación de material aislante en la envolvente permite lograr incrementos de temperatura de hasta 10°C aproximadamente.
- b. Las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022, según el valor obtenido del coeficiente de Rho de Spearman de 0,75 con un valor de significancia menor a 0,005. Asimismo, los factores ambientales como la intensidad de la radiación solar es primordial para el óptimo funcionamiento de los sistemas de calefacción pasiva.
- c. Las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de la envolvente influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022, según el valor obtenido del coeficiente de Rho de Spearman de 0,668 con un valor de significancia menor a 0,005. Asimismo, las mayores pérdidas de calor a través de la envolvente se deben a las infiltraciones que se dan a través de las ventanas, puertas, cubiertas y además que no solo con aislamiento en la envolvente se pueden mitigar las bajas temperaturas en

las viviendas altoandinas.

- d. Las estrategias de calefacción pasiva teniendo en cuenta los sistemas de calefacción pasiva influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022, según el valor obtenido del coeficiente de Rho de Spearman de 0,58 con un valor de significancia menor a 0,005. Asimismo, los sistemas de calefacción pasiva más convenientes de implementar serían los tragaluces cenitales e invernaderos adosados y el Muro Trombe con mejoras en su diseño.

VII. RECOMENDACIONES

- a. Se requiere instalar una estación meteorológica para monitorear las variables climáticas que facilitaría una mejor comprensión del impacto que genera en el confort de las viviendas porque no existen datos precisos en esta zona de estudio.
- b. Realizar estudios del entorno y la topografía en la zona de estudio, que es necesario conocer como interfiere con las horas de sol al día que incidirían en aquellos sistemas pasivos que podrían aplicarse correctamente en las viviendas de la sierra en la zona para lograr el confort térmico.
- c. Las autoridades o el municipio deben establecer los mecanismos necesarios para implementar los sistemas de calefacción pasiva en las viviendas que en su mayoría requiere este acondicionamiento para mejorar el confort térmico y a su vez capacitar a los pobladores sobre el correcto funcionamiento de estos sistemas.
- d. Las recomendaciones dadas sobre las estrategias de calefacción pasiva puedan ser tomadas en cuenta en proyectos similares que busquen la implementación de dichos sistemas en estas zonas críticas de la sierra peruana, que no cuentan con confort térmico en sus viviendas y que estos sean ejecutados como proyecto social y subvencionado.

VIII. REFERENCIAS

- Arrieta, G. y Maristany A. (2018). Cambiando los paradigmas: revisión del concepto de confort higrotérmico desde los 60' hasta la actualidad. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 22(2018), 1-12. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/108091>
- Beyraghshamshir, M y Sarkardehei, E. (2023). A comparison of the cooling and heating performance of two passive systems of central courtyards and atriums at an elementary school in Yazd City, *Solar Energy*, 252, 156-162. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X23000403>
- Bucheli, J.L.y Torres, E. R. (2017). Construcción y modelación de un módulo didáctico de Muro Trombe mediante CFD para fomentar los estudios de la calefacción solar pasiva [Tesis de Maestría]. Universidad Escuela Politécnica Nacional <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17509?locale=es>
- Calderón, F. (2019). Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en Bosa, Bogotá, Colombia. *Revista Hábitat Sustentable*, 9(2), 30-41. <https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.03>
- CENEPRED (2018). Escenarios de riesgos por heladas y friajes en el marco del Plan Multisectorial Multianual 2019-2021. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/7102>
- Corrales, M. R. (2012). Sistema solar pasivo más eficaz para calentar viviendas de densidad media en Huaraz. *Puno, Perú: XIX. Simposio Peruano de Energía solar y del Ambiente (XIX SPES)*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_f5e2c8eef3189e532510aa7b6b4d9d83
- Cortés, S. E. (2016). Condiciones de confort térmico en áreas de climas templados las plazas del centro histórico de la Serena (Chile). [Tesis de Doctorado] Universidad

Politécnica de Madrid. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=119407>

Franco-Medina, R. y Bright-Samper, P. J. (2016). Acceso solar en la arquitectura y la ciudad. Aproximación histórica. Revista de Arquitectura, 18 (2), p. 95-106. <https://www.redalyc.org/journal/1251/125148006009/html/>

Fernandes, J., Malheiro, R., Castro, M., Gervasio H., Silva, S. y Mateus, R. (2020). Thermal performance and comfort condition análisis in a vernacular building with a glazed balcony. Energies, 13(624). https://www.researchgate.net/publication/338970086_Thermal_Performance_and_Comfort_Condition_Analysis_in_a_Vernacular_Building_with_a_Glazed_Balcony#fullTextFileContent

Fidaros, D., Baxevanou C., Karagiannis A. y Tsangrassoulis A. (2020). Trombe-Michel wall design and calculation methods. 1st International Conference on Environmental Design (ICED2020)24-25 October 2020, Athens, Greece https://www.researchgate.net/publication/362862713_TROMBE-MICHEL_WALL_DESIGN_CALCULATION_METHODS

Gastines, M. Correa, E y Pattini, A. (2015). Evaluación del balance energético de ventanas en mendoza. Impacto de su tecnología y orientación. ASADES (Argentina), 19(2015), 1-12. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/142740/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Giraldo, J. y Arango, J. (2020). Proceso de optimización en el diseño de sistema de calefacción solar pasivo. Revista Técnica “energía”, 16 (II), 100-110. <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/357>

Gonzales, R. M. (2019). Soluciones constructivas para proteger la vida e integridad física de la población ante las heladas y friaje en Puno- Año 2018. [Tesis de Doctorado] Universidad Nacional Federico Villarreal <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3606>

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México, Editorial Mc. Graw Hill. Ed. Sexta. ISBN: 978-607-15-0291-9. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hernandez-López , I, Hernández Perez, I, Xamán, J, Chávez,. Y. y Alvarado, R. (2016). Almacenamiento y pérdidas de energía térmica en un sistema de pared habitación-Trombe ubicado en México. *Energía*, 109, p. 512-524. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544216305424?via%3Dihub>
- Holguino, A., Olivera, L. y Escobar, K. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 289-300. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2313-29572018000300003&lng=pt&nrm=iso
- Indeci (2020). Temporada de bajas temperaturas. <https://portal.indeci.gob.pe/minisites/bajastemperaturas2020/>
- Javanroodi, K. y Nik, V.M. (2019). Impacts of Microclimate Conditions on the Energy Performance of Buildings in Urban Areas. *Buildings* 9 (189). https://www.researchgate.net/publication/335228189_Impacts_of_Microclimate_Conditions_on_the_Energy_Performance_of_Buildings_in_Urban_Areas
- Ley N° 29664, “Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres”. (19 de febrero de 2011). <http://www.minedu.gob.pe/comision-sectorial/pdf/normativa/7-conagerd.pdf>
- Li, L. y Zhou, J. (2022). Application research of solar heating technology in rural buildings in Western Sichuan Plateau. *Energy Reports*, 8 (7), 295-306. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722009192>
- Mamani, F. K. (2022). Evaluación del confort térmico de viviendas rurales sismorresistentes

construidas por el Programa Nacional de Vivienda Rural, Juliaca-Puno 2022. [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97926>

Medina N. & Escobar, J. (2019). Envoltentes eficientes: Relación entre condiciones ambientales, espacios confortables y simulaciones digitales. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 1(1), 90-109. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.1.2140>

Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento, MVCS (2014). “Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética,” Reglamento Nacional de Edificaciones. <http://www.construccion.org.pe/normas/rne2012/rne2006.htm>

Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento, MVCV (2021). Guía de tipologías de Vivienda rural [.https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2113417/Anexo%2001%20-%20Gu%C3%ADa%20de%20Tipolog%C3%ADas%20%28Parte%201%29.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2113417/Anexo%2001%20-%20Gu%C3%ADa%20de%20Tipolog%C3%ADas%20%28Parte%201%29.pdf)

Molina, J. (2016). Evaluación bioclimática de una vivienda rural alto andina de la comunidad de San Francisco de Raymina de Ayacucho. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://1library.co/document/y81e70z-evaluacion-bioclimatica-vivienda-andina-comunidad-francisco-raymina-ayacucho.html>

Molina, J., Horn M. y Gómez, M. (2020). Evaluación sistemática del desempeño térmico de un módulo experimental de vivienda altoandina para lograr el confort térmico con energía solar. *Tecnia*, 30(1), 70-79. <https://dx.doi.org/10.21754/tecnica.v30i1.841>

Müller, E. 2002. Manual de diseño para viviendas con climatización pasiva. Universidad de Kassel, Alemania. <https://docplayer.es/5005434-Manual-de-diseno-para-viviendas-con-climatizacion-pasiva.html>

Palma, E. (2017). Estrategias de eficiencia energética para la vivienda rural de la zona bioclimática mesoandina de Cusco- Perú. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia].

https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/152969/1/Palma_Quispe_%20Melissa_Katheryn_M.pdf

Pari, D., Cronemberger, J. y Frederico, C. (2021a). Confort térmico en viviendas sociales en la zona Mesoandina de Perú-soluciones para mejorar la calefacción pasiva usando materiales autóctono. *Latino-americana de Ambiente Construido y Sustentabilidad* de, 2(6),1-12.

https://www.researchgate.net/publication/356196996_Confort_termico_en_viviendas_sociales_en_la_zona_Mesoandina_de_Peru_-_soluciones_para_mejorar_la_calefaccion_pasiva_usando_materiales_autoctonos

Pari, D., Cronemberger, J. y Frederico, C. (2021b). Estrategias bioclimáticas pasivas para la zona bioclimática 4 en viviendas de interés social de Perú. *Ciudadania e habitacão*, 1(2).

https://www.researchgate.net/publication/363889444_Estrategias_bioclimaticas_pasivas_para_la_zona_bioclimatica_4_en_viviendas_de_interes_social_de_Peru

Presidencia del Consejo de Ministros (2019). Plan Multisectorial para la atención heladas y friaje 2019-2021.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/292991/Plan_Multisectorial_ante_Heladas_y_Friaje_2019_2021.pdf?v=1550756726

Ramos, E., Ocupa, F., Molina, J., Natividad, J., Espinoza, R. y Prieto, R. (2013). *Acondicionamiento Térmico para Edificaciones Rurales Altoandinas. Lima, Perú: CER-UNI.* <http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/12/Ramos-Martinez-Eduardo.pdf>

Resano, D., Rodríguez, R. y Guillen, O. (2021). Passive Comfort Strategies for Typical Peruvian Meso-Andean Houses, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 943 (2021) 012029. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/943/1/012029/pdf>

Rivasplata, X. (2018). Modelo de vivienda climatizada para el Distrito de Calana utilizando métodos solares pasivos. [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna, Perú]. Repositorio de la Universidad Privada de Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/481#:~:text=La%20tesis%20%E2>

% 80% 9C Modelo% 20de% 20vivienda, una% 20forma% 20de% 20logar% 20confort

Roldán, J.A. (2016).. Caracterización geométrica y lumínica de los atrios incorporados en los edificios de Santiago de Chile.[Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Madrid.

https://oa.upm.es/39963/1/JEANNETTE_AURISTELA_ROLDAN_ROJAS.pdf

SENAMHI (2020). Mapa Climático del Perú.

[https://idsep.senamhi.gob.pe/geonetwork/srv/api/records/9f18b911-64af-4e6b-bbef-](https://idsep.senamhi.gob.pe/geonetwork/srv/api/records/9f18b911-64af-4e6b-bbef-72bb20195e4/attachments/Resumen%20ejecutivo%20Climas%20del%20Peru%CC%81.pdf)

[72bb20195e4/attachments/Resumen%20ejecutivo%20Climas%20del%20Peru%CC%81.pdf](https://idsep.senamhi.gob.pe/geonetwork/srv/api/records/9f18b911-64af-4e6b-bbef-72bb20195e4/attachments/Resumen%20ejecutivo%20Climas%20del%20Peru%CC%81.pdf)

Umán, S. (2019). Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta-Cusco, 2017. [Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Universidad Ricardo Palma.

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2860>

UNE-EN ISO 7730:2006. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0037517>

Victorio, A. (2007). Calidad de iluminación en ambientes de trabajo de la Dirección General de Salud Ambiental. [Tesis de Maestría] Universidad Nacional Mayor de San Marcos

[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2502/Victorio_ha.pdf](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2502/Victorio_ha.pdf?f?sequence=1&isAllowed=y)
[f?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2502/Victorio_ha.pdf?f?sequence=1&isAllowed=y)

Vukadinovic, A., Radosavljevic, J., Dordevic, A., Vasovic, D. y Janackovic, G. (2018, 11 al 12 de octubre). Sunspaces as passive design elements for energy efficient and environmentally sustainable housing [Paper presentation]. VIII International Conference Engineering and Environmental Protection, Zrenjanin, Serbia.

https://www.researchgate.net/publication/328531566_SUNSPACES_AS_PASSIVE_DESIGN_ELEMENTS_FOR_ENERGY_EFFICIENT_AND_ENVIRONMENTALLY_SUSTAINABLE_HOUSING#fullTextFileContent

Wieser, M., Rodríguez-Larraín, S. y Onnis, S. (2021). Estrategias bioclimáticas para clima

frío tropical de altura. Validación de prototipo en Orduña, Puno, Perú. *Estoa*, 10(19), 10-21. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/estoa/v10n19/1390-9274-estoa-10-19-00010.pdf>

Zhao, J., Liu, D. y Lu, S. (2022). Research on the Indoor Thermal Environment of Attached Sunspace Passive Solar Heating System Based on Zero-State Response Control Strategy. *Appl. Sci.* 2022 (12), 855. <https://doi.org/10.3390/app12020855>

IX. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia.

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODO
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿En qué medida las estrategias de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022?</p> <p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>-¿De qué manera las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022?</p> <p>-¿En qué medida las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de la envolvente influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022?</p> <p>-¿En qué medida las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022 ?</p>	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>Determinar en qué medida las estrategias de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.</p> <p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>- Evaluar de que manera las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.</p> <p>- Determinar en qué medida las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de la envolvente influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.</p> <p>- Determinar en qué medida las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.</p>	<p><u>Hipótesis General</u></p> <p>Las estrategias de calefacción pasiva influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.</p> <p><u>Hipótesis Específicas</u></p> <p>- Las estrategias de calefacción pasiva considerando el factor ambiental influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.</p> <p>- Las estrategias de calefacción pasiva considerando el comportamiento térmico de la envolvente influyen significativamente en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.</p> <p>- Las estrategias de calefacción pasiva considerando los sistemas de calefacción pasiva influyen en el confort térmico de los pobladores en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac, año 2022.</p>	<p><u>Variables</u></p> <p><u>V. Independientes</u></p> <p>Estrategias de calefacción pasiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factor ambiental • Comportamiento térmico de la envolvente • Sistemas de calefacción pasiva. <p><u>V. Dependientes</u></p> <p>Confort Térmico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calidad higrotérmica • Calidad Lumínica 	<p><u>Método</u></p> <p>La presente Investigación se basa en la aplicación del método científico.</p> <p>La presente investigación es de tipo Descriptivo correlacional porque tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables.</p> <p><u>Diseño de investigación</u></p> <p>Es No Experimental porque se realiza sin la manipulación deliberada de variables.</p> <p><u>Muestra</u></p> <p>Como muestra se seleccionaron 34 especialistas del área de las Energías renovables, Ingenieros y Arquitectos de la UNFV y UNI.</p>

Anexo 2: Instrumento de medición

Instrucciones:

Estimado Profesional, se está realizando un estudio de las estrategias de calefacción pasiva en viviendas altoandinas en Sabaino-Apurímac para la mejora del confort térmico. Diversas investigaciones sobre las estrategias de calefacción pasiva han logrado aumentar la temperatura interior en las viviendas para alcanzar el confort térmico en viviendas alto andinas a través de la implementación de elementos o técnicas que permitan captar el calor proveniente de la radiación solar de manera directa e indirecta, previo un análisis del clima, orientación de la vivienda y las posibles estrategias de calefacción pasiva a considerar para verificar si es posible alcanzar el confort térmico y formular recomendaciones para las viviendas existentes y futuras.

Responder la encuesta marcando una “X” en la columna correspondiente según la puntuación indicada:

- | | |
|------------------------------|---|
| ➤ De Acuerdo | 5 |
| ➤ Parcialmente de acuerdo | 4 |
| ➤ Neutro | 3 |
| ➤ Parcialmente en desacuerdo | 2 |
| ➤ En desacuerdo | 1 |

Ítem	Estrategias de calefacción pasiva	Respuestas				
		5	4	3	2	1
1	Para zonas altoandinas con bajas temperaturas, considera usted que los factores climáticos puedan ser contrarrestados en el interior de una vivienda altoandina típica construida de adobe.					
2	Las horas de insolación al día en zonas altoandinas es suficiente para el óptimo funcionamiento de los sistemas de calefacción pasiva para lograr el confort térmico en viviendas altoandinas					
3	Por el rango de latitudes en la que se encuentra el Perú (aprox.: -3 ° a -18 °), y alturas solares elevadas, ¿Es más conveniente aprovechar la ubicación de las ventadas orientadas al este y oeste, en vez de directamente al norte?					
4	Es posible contrarrestar las bajas temperaturas a partir del diseño y estrategias de calefacción pasivas a tal punto que la temperatura interior esté por encima de 10°C respecto al exterior en la zona altoandina.					
5	Considera usted que solo con aislamiento térmico de la vivienda altoandina se pueda lograr condiciones térmicas que mitiguen las inclemencias de las bajas temperaturas					
6	Considera usted que las mayores pérdidas de calor a través de la envolvente de las viviendas altoandinas se deben principalmente a las infiltraciones de aire.					
7	Las carpinterías más idóneas para climas de bajas temperaturas son las ventanas de doble vidrio y marco de madera, y puertas de madera para los puentes térmicos.					
8	Por lo general los pisos de las viviendas son de tierra y la gran mayoría de pobladores con el objetivo de mejora recurre al concreto, este es una buena elección.					
9	Es suficiente calificar la envolvente de una vivienda solo con el cálculo de la transmitancia térmica como lo indica la Norma EM.110 "Confort térmico y lumínico con eficiencia energética".					
10	El sistema pasivo Muro Trombe a pesar de no ser muy adecuada en zonas altoandinas, ¿Considera usted que haciendo algunas variaciones en su diseño lograría aumentar su eficiencia para mejorar la temperatura interior?					
11	Respecto a la calefacción pasiva, las estrategias óptimas para captar la radiación solar e incrementar la temperatura interior son los tragaluces cenitales e invernaderos adosados.					
12	Considera usted que las estrategias de calefacción pasiva son insuficientes para alcanzar una temperatura de confort y que deba complementarse con algún sistema de calefacción convencional como apoyo para lograr el confort térmico dentro de la vivienda altoandina.					
13	Considera usted que la implementación de sistemas de calefacción pasiva (invernadero, Muro Trombe, lucernarios, galerías acristaladas, aislamiento térmico de la envolvente de la vivienda) en viviendas alto andinas nuevas y construidas es factible económicamente.					

Ítem	Confort térmico	Respuestas				
		5	4	3	2	1
1	De acuerdo con la literatura se indica por lo general que el rango de confort térmico esta entre 22°C a 27°C. ¿Dicho rango debería ser el mismo para las zonas altoandinas?					
2	Respecto al punto anterior para las zonas altoandinas, y según algunos estudios locales, ¿El rango debería ser menor y tal vez entre 15°C a 22°C para estar en confort térmico?					
3	Estudios locales consideran el análisis de la temperatura interior como única variable de medida para calificar el confort térmico de una vivienda. Considera usted que esto es suficiente.					
4	Considera usted que la calidad del aire interior en viviendas altoandinas es baja debido a la falta de ventilación natural para renovar el aire en el interior de la vivienda.					
5	Según estudios realizados, indican que los niveles de iluminación son insuficientes para realizar las diferentes actividades como estudiar, cocinar, etc. Considera que esto debe corregirse con iluminación artificial.					
6	Un aumento del tamaño de las ventanas en combinación con el uso de contraventanas logra un mayor ingreso solar y por tal mejoraría el confort térmico y lumínico. Considera usted que esto es conveniente de aplicarse en viviendas altoandinas.					
7	Las viviendas construidas por los programas del gobierno a pesar de haber mejorado en el diseño y considerar estrategias de diseño bioclimático en piso, techo y paredes de alta masa térmica, aún presentan deficiencias para alcanzar el confort térmico debido a consideraciones como el contar con marcos metálicos de ventanas y de un solo vidrio.					

Anexo 3. Datos obtenidos con equipo de medición Anemómetro Kestrel 5500, día 17/06/22 en Sabaino.

FORMATTED DATE_TIME	Altitude	Temperature	Direction - True	Wind Speed	Relative Humidity
YYYY-MM-DD HH:MM:SS	m	°C	°	m/s	%
2022-06-17 8:00:00	3,268	5.3	169	0	59.1
2022-06-17 8:10:00	3,266	5.9	89	0	61
2022-06-17 8:20:00	3,266	6.9	94	0	55.8
2022-06-17 8:30:00	3,266	7.3	100	0	52.5
2022-06-17 8:40:00	3,266	7.9	96	0	51.5
2022-06-17 8:50:00	3,264	8.9	92	0	45.8
2022-06-17 9:00:00	3,263	9.9	355	1	31.8
2022-06-17 9:10:00	3,264	10.5	357	0.8	30.5
2022-06-17 9:20:00	3,262	15	228	0	25.1
2022-06-17 9:30:00	3,262	16.9	228	0	25.6
2022-06-17 9:40:00	3,263	19.5	228	0	22
2022-06-17 9:50:00	3,264	20.5	230	0	22.4
2022-06-17 10:00:00	3,266	23.9	217	0	17
2022-06-17 10:10:00	3,266	16.6	218	0.9	23.1
2022-06-17 10:20:00	3,269	15.5	166	0.3	23.9
2022-06-17 10:30:00	3,268	17.9	207	0	19.6
2022-06-17 10:40:00	3,270	16.8	230	0.5	21.7
2022-06-17 10:50:00	3,272	14.2	161	1.1	24.2
2022-06-17 11:00:00	3,274	17.6	232	0.9	20.2
2022-06-17 11:10:00	3,276	15.8	203	0.9	21.6
2022-06-17 11:20:00	3,277	16.7	171	1	20.3
2022-06-17 11:30:00	3,279	17.1	215	1.2	20.2
2022-06-17 11:40:00	3,280	18	201	1.1	19
2022-06-17 11:50:00	3,283	16.1	48	1.5	18.4
2022-06-17 12:00:00	3,284	17.7	261	1.4	15.5
2022-06-17 12:10:00	3,286	17.4	212	2.3	16.9
2022-06-17 12:20:00	3,290	17.4	213	1.8	15.9
2022-06-17 12:30:00	3,292	18.3	37	0.6	15.3
2022-06-17 12:40:00	3,291	18.4	225	1.7	15.3
2022-06-17 12:50:00	3,294	19.3	197	1.1	15.3
2022-06-17 13:00:00	3,298	18.4	239	1	15.6
2022-06-17 13:10:00	3,300	19.7	54	2.4	15.4
2022-06-17 13:20:00	3,300	18	218	1.4	15.4
2022-06-17 13:30:00	3,302	16.4	20	3.2	16.5
2022-06-17 13:40:00	3,304	19.8	237	2.4	14.6
2022-06-17 13:50:00	3,305	19.3	250	1.5	14
2022-06-17 14:00:00	3,306	18.2	216	1.6	14.7
2022-06-17 14:10:00	3,308	19	327	0.8	13.9
2022-06-17 14:20:00	3,308	20	261	1.1	14.4
2022-06-17 14:30:00	3,311	18.4	57	0.7	14.8
2022-06-17 14:40:00	3,309	19.5	233	1.1	15.8
2022-06-17 14:50:00	3,313	20.5	355	0.8	13.8
2022-06-17 15:00:00	3,313	19.2	220	0.6	14.2

Anexo 4: Incidencia y bloqueo de la radiación solar en Sabaino

Hora	Imágenes del poblado de Sabaino con la incidencia y el bloqueo de la radiación solar-14 junio-2022	
7:40 am	 <p data-bbox="305 695 797 716">Los rayos del sol, bloqueados por la cordillera</p>	 <p data-bbox="873 667 1317 716">El poblado sin incidencia solar directa en viviendas</p>
8:30 am	 <p data-bbox="305 1062 659 1087">Los rayos del sol resplandeciente</p>	 <p data-bbox="873 1062 1317 1087">El poblado con asoleamiento en viviendas</p>
3:50 pm	 <p data-bbox="305 1402 813 1459">El poblado con disminución de asoleamiento en viviendas</p>	 <p data-bbox="873 1430 1365 1459">El poblado aún con asoleamiento en viviendas</p>
4:30 pm	 <p data-bbox="305 1858 797 1883">Los rayos del sol, bloqueados por la cordillera</p>	 <p data-bbox="873 1801 1317 1858">El poblado sin incidencia solar directa en viviendas.</p>

Anexo 5: Fotos del poblado de Sabaino



Entrada del pueblo de Sabaino- Apurímac



Viviendas del poblado de Sabaino- Apurímac



Vista del poblado de Sabaino- Apurímac



Celebración típica en el poblado de Sabaino- Apurímac



Mediciones en el exterior con mini estación Kestrel 5500



Pancarta de obras en el poblado de Sabaino- Apurímac