

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ARQUITECTURA Y
SOSTENIBILIDAD



Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Arquitectura y
Sostenibilidad

Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en
la vivienda de adobe en la zona rural de Anta - Cusco, 2017.

Autor: Bach. Umán Juárez, Steve Jason

Asesor: Dr. Méndez Landa, María Teresa

LIMA-PERÚ

2019

Contenido

Resumen	11
1 CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción del Problema	13
1.2 Formulación del problema	16
1.2.1 Problema General	16
1.2.2 Problemas Específicos	16
1.3 Delimitación del estudio	17
1.4 Importancia y justificación del estudio	19
1.4.1 Importancia del estudio.....	19
1.4.2 Justificación del estudio	21
1.5 Objetivos de la investigación.....	22
1.5.1 Generales.....	22
1.5.2 Específicos	22
1.6 Limitaciones del estudio	22
2 CAPITULO II: Marco Teórico.....	25
2.1 Marco Histórico	25
2.2 Antecedentes relacionados con el tema.....	30
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	39
2.3.1 Arquitectura y clima.....	39
2.3.2 Confort térmico	45
2.3.3 Climatización.....	51
2.3.4 Energías renovables.....	54
2.3.5 Transferencia de calor	57

2.3.6	Propiedades térmicas de los materiales.....	60
2.3.7	Transferencia de calor en la vivienda.....	62
2.4	Definición de términos básicos.....	72
2.5	Fundamentos teóricos y/o mapa conceptual	76
2.5.1	Geotermia.....	77
2.5.2	Energía geotérmica.....	78
2.5.3	Aplicaciones y tipos de energía geotérmica	79
2.5.4	Recursos geotérmicos someros o de muy baja temperatura	81
2.5.5	Sistemas de aprovechamiento de recursos geotérmicos someros o de muy baja temperatura.....	81
2.5.6	Sistema de aprovechamiento de energía por pozos canadienses o provenzales	83
2.5.7	Principios del modelo teórico	84
2.5.8	Material de los conductos	86
2.5.9	Dimensionado del sistema	86
2.5.10	Cálculos del sistema	87
2.6	Hipótesis.....	92
2.6.1	Hipótesis general	92
2.6.2	Hipótesis específicas	92
2.7	Variables	92
2.7.1	Climatización.....	92
2.7.2	Confort térmico	93
2.7.3	Relación entre variables.....	94
3	CAPITULO III: Metodología de investigación	96
3.1	Tipo, método y Diseño de investigación.....	96
3.2	Población y muestra	97

3.2.1	Población.....	97
3.2.2	Muestra.....	97
3.3	Técnicas e instrumentos	99
3.3.1	Validez Y Confiabilidad De Instrumentos.....	101
3.4	Descripción de procesamiento de datos	103
4	CAPITULO IV: Resultados y análisis de resultados.....	104
4.1	Resultados	104
4.1.1	Zona de estudio.....	104
4.1.2	Caracterización de las viviendas de adobe	106
4.1.3	Caracterización climática	113
4.1.4	Caracterización de la vivienda experimental.....	122
4.1.5	Cálculo de transferencias de energía en la vivienda experimental.....	125
4.1.6	Simulación térmica de la vivienda experimental	130
4.1.7	Estrategias de climatización aplicables para la vivienda de adobe en la zona de estudio	140
4.2	Análisis de resultados.....	142
4.2.1	Mejoramiento de la vivienda experimental	142
4.2.2	Evaluación de aportes de estrategias de climatización pasiva.....	159
5	CAPITULO V: Conclusiones y recomendaciones	161
5.1	Conclusiones.....	161
5.2	Recomendaciones	165
6	Referencias bibliográficas.....	166
7	Anexos	176
7.1	Matriz de consistencia.....	176
7.2	Registro de Encuestas.....	177

7.3	Encuesta	177
7.4	Resumen de encuestas	182
7.5	Planos de ubicación Comunidad Campesina San Martin de Porres.....	186
7.6	Planos de ubicación viviendas de adobe	187

Listado de tablas, figuras, gráficos, ecuaciones

Figuras

- Figura 00 Mapa material de construcción predominante
- Figura 01 Vivienda de adobe
- Figura 02 Distribución política del Cusco
- Figura 03 Distribución política de Anta
- Figura 04 Ubicación de centros poblados Ancahuasi-Anta
- Figura 05 Delimitación de la comunidad campesina San Martin de Porres
- Figura 06 Componentes que influyen en el confort térmico
- Figura 07 Estrategias bioclimáticas para un clima frío.
- Figura 08 Modos de transmisión de calor en los edificios
- Figura 09 Conducción de calor a través de una pared plana de espesor y área A.
- Figura 10 Distribución de la diferencia de presiones Stack Δp y posición del NPL para diferentes configuraciones de aberturas en ausencia del viento.
- Figura 11. Factor de transmisión para un vidrio simple y doble vidrio respecto al ángulo de incidencia de los rayos solares.
- Figura 12. Flujos de calor en un local para régimen estacionario.
- Figura 13. Mapa conceptual del Fundamento teórico de la investigación.
- Figura 14. Aplicaciones de la energía geotérmica
- Figura 15: Esquema conceptual del funcionamiento del pozo provenzal o canadiense, en verano
- Figura 16: Esquema conceptual del funcionamiento del pozo canadiense o provenzal) en invierno.

- Figura 18: Vista satelital comunidad San Martin de Porres
- Figura 19. Vivienda de adobe encuestada 1
- Figura 20. Esquema de ocupación de las viviendas de adobe
- Figura 21. Esquema de organización de las viviendas de adobe
- Figura 22. Vivienda de adobe encuestada 2
- Figura 23. Base de datos históricos del clima-Cusco
- Figura 24: Cuadro resumen de data climática del Cusco, procesada según el código energético de California.
- Figura 25. Diagrama de GIVONI - Cusco, simulación Anual
- Figura 26. Diagrama de GIVONI- Cusco, en los meses más fríos mayo, junio, julio y agosto.
- Figura 27. Diagrama de GIVONI – Cusco, en los meses más fríos mayo, junio, julio y agosto durante la noche.
- Figura 28. Imagen satelital de Vivienda experimental
- Figura 29. Esquema de ocupación Vivienda experimental
- Figura 30. Muro de adobe – Vivienda experimental
- Figura 31. Techo – Vivienda experimental
- Figura 32. Piso – Vivienda experimental
- Figura 33. Carpintería de puertas y ventanas – Vivienda experimental
- Figura 34. Plano de la vivienda experimental
- Figura 35. Parámetros de ocupación, ganancias térmicas e infiltración del aire en el modelo.
- Figura 36. Parámetros de sistemas de calefacción y horas de operación
- Figura 37. Modelo 3d dormitorio.
- Figura 38. Resistencias térmicas del panel de lana de roca, según espesor
- Figura 39. Tipos de aislantes térmicos
- Figura 40. Transmitancia térmica según tipo de acristalamiento.
- Figura 41. Aislamiento de piso con lana de roca
- Figura 42. Esquema de vivienda experimental con las 4 estrategias aplicadas.
- Figura 43. Esquema de funcionamiento de geotermia por pozos provenzales.

- Figura 44. Recorrido de tubería para estrategia de climatización

Tablas

- Tabla 00: Distritos expuestos a heladas
- Tabla 01: Metodología de Olgyay
- Tabla 02: Energías aprovechables en la vivienda
- Tabla 03: Propiedades térmicas para una pared de adobe de 40 cm.
- Tabla 04: Resistencias térmicas superficiales
- Tabla 05: Estructura de la superficie terrestre
- Tabla 06: Características de la energía geotérmica
- Tabla 07: Recursos geotérmicos someros
- Tabla 08: Sistemas de aprovechamiento de recursos geotérmicos someros o de muy baja temperatura
- Tabla 09: Sistema de aprovechamiento de energía por pozos canadienses o provenzales
- Tabla 10: Configuración de intercambiadores de calor para un caudal de aire de 750 m³/h³
- Tabla 11: Ecuaciones del algoritmo para cálculo y diseño de sistemas de climatización eficientes mediante tubos enterrados
- Tabla 12: Reproducción de resultados de Paepe and Janssen por Voss.
- Tabla 13: Variaciones de presión y eficiencia por longitud para tubos de 110mm de diámetro
- Tabla 14: Relación entre variables
- Tabla 15: Temperatura de Anta- estación meteorológica Ancachuro 2014
- Tabla 16: Temperatura de Anta- estación meteorológica Ancachuro 2015
- Tabla 17: Temperatura de Anta- estación meteorológica Ancachuro 2016
- Tabla 18: Parámetros normativos zona meso andina
- Tabla 19: Cuadro de áreas de la vivienda experimental
- Tabla 20: Coeficiente global de transferencia en la vivienda de análisis.

- Tabla 21: Coeficiente global de transferencia dormitorio.
- Tabla 22: Balance energético dormitorio.
- Tabla 23: cuadro comparativo de coeficiente global existente vs global recomendado
- Tabla 24: Balance energético según norma EM. 110
- Tabla 25: Resumen de balance energético según norma EM. 110
- Tabla 26: Resumen de climas del Cusco 2014, 2015,2016.
- Tabla 27: Características de los materiales del modelo
- Tabla 28: Condiciones internas de diseño del modelo
- Tabla 29: Características de ocupación, ganancias térmicas e infiltración del aire en el modelo
- Tabla 30: Características del sistema de climatización
- Tabla 31: Requerimientos de calefacción en el dormitorio
- Tabla 32: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio
- Tabla 33: Requerimientos de calefacción en el dormitorio con estrategia 1
- Tabla 34: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio con estrategia 1
- Tabla 35: Requerimientos de calefacción en el dormitorio con estrategia 2
- Tabla 36: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio con estrategia 2
- Tabla 37: Requerimientos de calefacción en el dormitorio con estrategia 3
- Tabla 38: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio con estrategia 3
- Tabla 39: Estrategias de aislamiento para pisos casos peruanos
- Tabla 40: Requerimientos de calefacción en el dormitorio con estrategia 4
- Tabla 41: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio con estrategia 4
- Tabla 42: Requerimiento de caudal de aire a renovar
- Tabla 43: Consumos de calefacción por estrategia

Ecuaciones

- (1) Ecuación de Confort
- (2) Ecuación de Conductividad por conducción
- (3) Ecuación de Conductividad por convección
- (4) Ecuación de radiación emitida máxima
- (5) Ecuación de radiación emitida
- (6) Ecuación de radiación incidente
- (7) Ecuación de resistencia térmica
- (8) Ecuación de difusividad
- (9) Ecuación de efusividad térmica
- (10) Ecuación de desfase térmico
- (11) Ecuación de amortiguamiento térmico
- (12) Ecuación ganancias térmicas
- (13) Ecuación coeficiente de transferencia
- (14) Ecuación amortiguamiento térmico
- (15) Ecuación flujo de masa de aire
- (16) Ecuación de viento y las presiones de ventilación mecánica
- (17) Ecuación de rapidez de transferencia de calor
- (18) Ecuación de Caudal de aire debido a la diferencia de temperaturas
- (19) Ecuación de coeficiente de descarga
- (20) Ecuación de Caudal de aire
- (21) Ecuación de rapidez de transferencia de calor a través del acristalamiento
- (22) Ecuación de ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie acristalada
- (23) Ecuación de declinación solar
- (24) Ecuación de ángulo horario
- (25) Ecuación de altura solar
- (26) Ecuación de acimut del sol
- (27) Ecuación de Temperatura sol-aire
- (28) Ecuación de Temperatura sol-aire pared

- (29) Ecuación de Temperatura sol-aire techo
- (30) Ecuación rapidez de transferencia de calor
- (31) Ecuación de transmitancia parcial de los conductos
- (32) Ecuación de transmitancia de todo el conjunto
- (33) Ecuación de temperatura media
- (34) Ecuación de Capacidad de enfriamiento
- (35) Ecuación de Enfriamiento del conducto
- (36) Ecuación de superficie del conducto
- (37) Ecuación de Caudal de aire que ingresa al ducto
- (38) Ecuación de longitud del ducto
- (39) Ecuaciones de algoritmo para dimensionamiento de tubos enterrados
- (40) Ecuaciones de temperatura de neutralidad

Graficas

- Grafico 01 Material predominante en paredes
- Grafico 02 Material predominante en techos
- Grafico 03 Material predominante en pisos
- Grafico 04 Percepción térmica de la vivienda
- Grafico 05 Enfermedades frecuentes
- Grafico 06 Temperatura media mensual 2014
- Grafico 07 Temperatura media mensual 2015
- Grafico 08 Temperatura media mensual 2016
- Grafico 09 Demanda de energía para calefacción
- Grafico 10 Desglose de ganancias y pérdidas
- Grafico 11 Demanda de energía para calefacción- Estrategia 1
- Grafico 12 Desglose de ganancias y pérdidas - Estrategia 1
- Grafico 13 Demanda de energía para calefacción- Estrategia 2
- Grafico 14 Desglose de ganancias y pérdidas - Estrategia 2

- Grafico 15 Demanda de energía para calefacción- Estrategia 3
- Grafico 16 Desglose de ganancias y pérdidas - Estrategia 3
- Grafico 17 Demanda de energía para calefacción- Estrategia 4
- Grafico 18 Desglose de ganancias y pérdidas – Estrategia 4

Resumen

Las temperaturas bajas en la zona sur del Perú son cada vez más intensas debido al cambio climático, las poblaciones que viven por encima de los 3000 m.s.n.m. y en zonas rurales son las más vulnerables a adquirir enfermedades respiratorias.

El presente trabajo tiene como finalidad mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad con estrategias de climatización mediante sistemas naturales en las viviendas de la zona rural de Anta- Cusco, debido a que actualmente no presentan condiciones de confort térmico y carecen de estrategias de climatización para calefacción, lo que genera problemas de salud a sus usuarios. Por lo tanto, se diagnostica la zona de mayor incidencia de transferencia de calor, se determinan estrategias de climatización aplicables activas o pasivas, se determinan las mejoras térmicas producidas por las estrategias de climatización pasiva en las viviendas de la zona de estudio.

La metodología de la investigación es explicativa-experimental, en una primera parte se identificaron las características de la zona de estudio y de la vivienda rural. En una segunda parte se aplicó una encuesta y registro de las viviendas, lo que ayudó a definir los parámetros de confort térmico en la zona de estudio. En una tercera etapa se procesó la información obtenida para determinar criterios de intervención sobre la vivienda. Planteándose cuatro estrategias de climatización pasiva las cuales fueron evaluadas para determinar los aportes térmicos hacia la vivienda.

Los resultados demostraron que las estrategias de climatización pasiva, son de fácil aceptación que se pueden aplicar en viviendas existentes y contribuyen a mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad, reduciendo hasta en un 80%, los requerimientos de calefacción dentro de la vivienda.

Palabras clave: Climatización, climatización pasiva, confort térmico, transferencia de calor.

Introducción

La tecnología en el mundo ha ido evolucionando de manera muy creciente, lo que ha traído consigo la aparición tanto de nuevos materiales constructivos y sistemas de climatización para edificaciones, los que no siempre contribuyen con el medio ambiente, olvidando y dejando de lado conocimientos tradicionales locales, que tomaban en cuenta los ámbitos geográficos, condiciones ambientales, microclima, vegetación existente, etc.

Las construcciones actuales en Perú han dejado de lado el uso de materiales tradicionales y sostenibles como el adobe, el tapial y la quincha, por el de materiales industrializados. Los materiales de construcción vernaculares, a diferencia de los procesados presentan ciertas características de comportamiento térmico lo cual le brinda confort térmico a estas edificaciones. En el Perú el 40 % de la población vive en casas de tierra, de este porcentaje el 80% vive en zona rural, donde las viviendas son construidas con materiales y técnicas tradicionales. Este material es muy utilizado en la zona rural, donde los habitantes son de bajos recursos económicos, y solo conocen este sistema constructivo.

El caso a estudiar es la vivienda de la zona rural de la provincia de Anta en Cusco, que se encuentra a una altitud por encima de los 3457 msnm, donde la construcción en tierra es de 97.5%, según el Censo Nacional de Población y vivienda 2007 INEI.

El presente trabajo realiza un estudio de la vivienda rural, identificando y analizando las características ambientales, culturales y sociales; características constructivas, y percepción térmica de los usuarios dentro de la vivienda. Actualmente, estas viviendas no responden a las condiciones térmicas de habitabilidad que requieren para sus usuarios, generando grandes déficits de calefacción. Trayendo consigo perjuicios a la salud por el incremento de las bajas temperaturas en la zona, consecuencia del cambio climático.

El aporte de esta investigación, mediante el estudio realizado a las viviendas de adobe en zona rural, es proponer una alternativa de solución para mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad dentro de las viviendas existentes en la zona de estudio, a través de un sistema de climatización pasiva acorde a las características sociales, culturales, y ambientales de estas. Para lo cual se tomarán en consideración estrategias de climatización con aprovechamiento de energías naturales, que son recursos inagotables y que no generan emisiones contaminantes.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

En el departamento del Cusco ubicado en la sierra sur del Perú, el 60 % de las construcciones son de adobe, tapial, quincha, y piedra con barro según el Centro Tierra en base al Censo Nacional de Población y Vivienda 2007 INEI. Estos materiales son muy utilizados en la periferia de la ciudad, donde los habitantes son de bajos recursos económicos, y conocen la técnica de construcción en adobe.

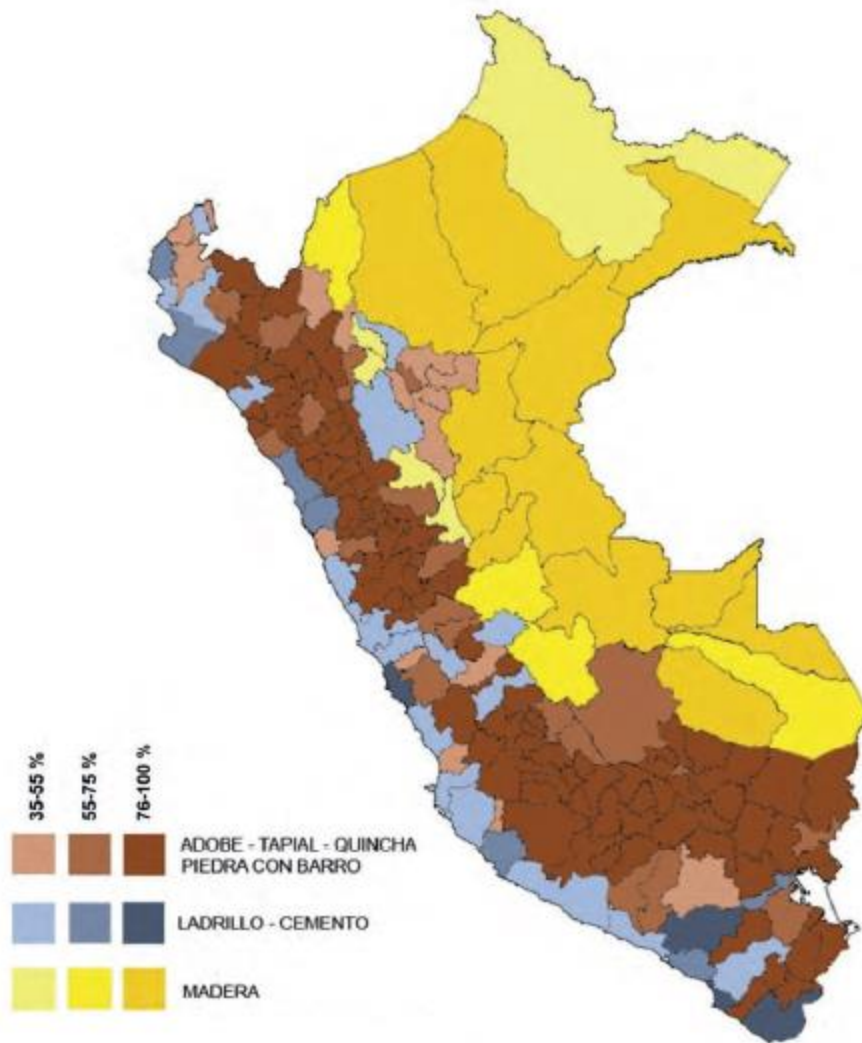


Figura 00. Mapa material de construcción predominante

(Fuente: Elaborado por Centro Tierra en base a Censo Nacional de Población y Vivienda 2007)

El clima en el zona sur del Perú se caracteriza por presentar bajas temperaturas durante todo el año, las viviendas de la zona de estudio se encuentran en la provincia de Anta en el departamento de Cusco, donde las temperaturas máximas mínimas oscilan entre 5°C hasta -8°C, las cuales son más frecuentes en temporada de heladas desde el mes de Mayo a Agosto, esta información es tomada de la estación meteorológica del SENAMHI ubicada en la provincia de Anta.

Debido a la recurrencia de fenómenos meteorológicos sobre bajas temperaturas en el Perú, el estado en coordinación con el CENEPRED, elabora un estudio de “Escenario de riesgo por bajas temperaturas”, en base a información registrada por instituciones como SENAMHI, INEI, MINSA, MINAGRI e INDECI.

En la tabla 0, se puede evidenciar el escenario probable de riesgos por heladas y friaje, para la zona de estudio, las temperaturas mostradas en el cuadro son mínimas extremas que se pueden presentar durante el año 2016.

Tabla 0: Distritos expuestos a heladas

Departamento	Provincia	Distrito	Temperatura mínima Julio °C	Frecuencia de heladas días
Cusco	Anta	Anta	-14 a -11 °C	20 a 25 días
Cusco	Anta	Ancahuasi	-14 a -11 °C	15 a 20 días
Cusco	Anta	Zurite	-11 a -8 °C	20 a 25 días
Cusco	Anta	Huarocondo	-17 a -14 °C	20 a 25 días
Cusco	Anta	Mollepata	-14 a -11 °C	5 a 10 días

(Fuente: Plan Multisectorial Ante Heladas y Friaaje, 2016)

Según el cuadro, podemos indicar que en el distrito de Ancahuasi, las temperaturas mínimas extremas podrían oscilar entre -14 y -11 °C, durante el mes de Julio por un periodo de entre 15 a 20 días.

Las viviendas de adobe durante el día almacenan energía para liberarla durante la noche. En la zona de estudio este efecto no ocurre debido a que las viviendas analizadas no son compactas, presentan pérdidas de energía por espacios libres que se encuentran entre los vanos y los cerramientos de puertas y/o ventanas. Las técnicas constructivas al ser mal aplicadas por conocimiento empírico, no contemplan características térmicas.

Actualmente estas viviendas presentan condiciones térmicas de habitabilidad mínimas casi nulas para sus usuarios. Los usuarios de las viviendas de la zona de estudio, indican que en el interior de las viviendas se siente una percepción de frío durante el año, siendo más intensa la percepción el frío en los meses con presencia de heladas.

La percepción de confort térmico de los usuarios en las viviendas de estudio deberá estar determinado por la temperatura percibida y el nivel de aislamiento térmico necesario para sentirse a gusto.

Las viviendas de estudio al presentar grandes déficits de calefacción, traen como consecuencia un incremento en la tasa de morbilidad y morbilidad a sus ocupantes por el frío, Debido a que los ocupantes son más propensos adquirir infecciones respiratorias.

Entre los años 2009-2013, el departamento del Cusco fue considerado como uno de los departamentos con mayor letalidad por neumología según la OMS.



Figura 01. Vivienda de adobe. (Fuente: Archivo propio, 2014)

1.2 Formulación del problema

Debido a lo ya mencionado en párrafos anteriores se formulan las siguientes preguntas:

1.2.1 Problema General

¿De qué manera se puede mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad en la vivienda de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la zona de mayor incidencia de transferencia de calor dentro de las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017?
- ¿Cuáles son las estrategias de climatización aplicables en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017?
- ¿En qué medida las estrategias de climatización pasiva, mejoran las condiciones térmicas de habitabilidad en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017?

1.3 Delimitación del estudio

El caso a estudiar es la zona rural de la provincia de Anta en Cusco que se encuentra a una altitud de 3457 msnm, donde la construcción de adobe, tapial, quincha y piedra con barro es de 97.5 %, según el Censo Nacional de Población y vivienda 2007 INEI.



Figura 02 y Figura 03: Distribución política del Cusco, Distribución política de Anta (Fuente: CBC, 2006)



Figura 03: Distribución política de Anta (Fuente: CBC, 2006)

El desarrollo de la investigación de manera específica se efectuará en la provincia de Anta, en el distrito de Ancahuasi en la comunidad campesina San Martín de Porres, que se caracteriza por presentar viviendas construidas con material de adobe por autoconstrucción, con técnicas tradicionales insuficientes, que carecen de sistemas de aislamiento y confort térmico.

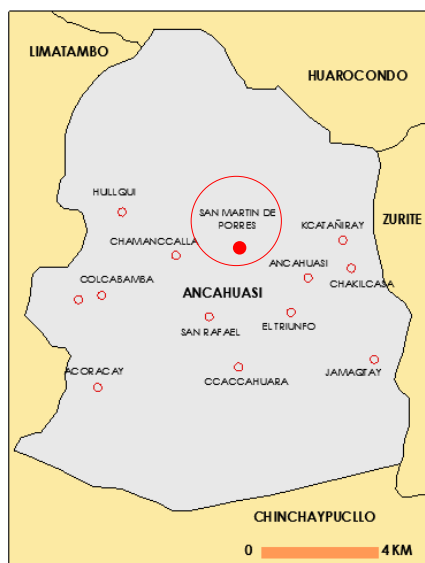


Figura 04. Ubicación de centros poblados Ancahuasi-Anta (Fuente: INEI, 2013)

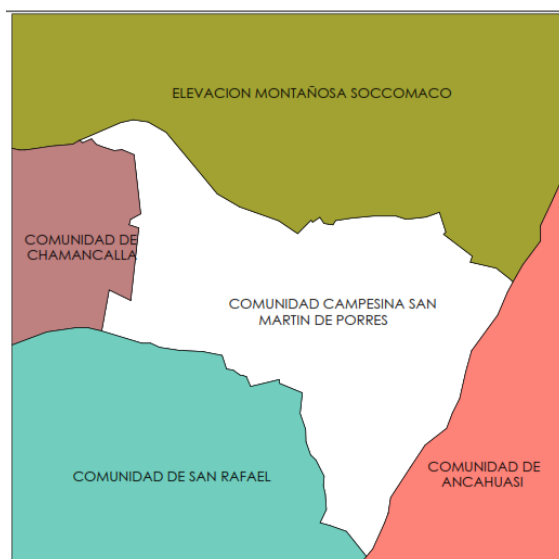


Figura 05. Delimitación de la comunidad campesina San Martín de Porres (Fuente: Municipalidad distrital de Ancahuasi 2010)

Para proponer alternativas de solución frente al problema de confort, se debe considerar un escenario probable el cual será construido en base a data climática.

Para determinar un escenario probable del clima, se debe considerar un registro de información de varios años. La data climática a ser tomada en cuenta para realizar los cálculos, tendrá como referencia las temperaturas más bajas, de los 3 últimos años, según el record histórico de las condiciones climáticas del lugar de estudio. Se priorizarán las temperaturas más bajas de la estación de Invierno y/o temporada de helada.

Los parámetros de confort térmico varían según el metabolismo de la población de acuerdo a su ubicación geográfica y características climáticas. Para el desarrollo de la tesis se tomará en consideración la normativa internacional y nacional como referencia para establecer los parámetros de confort térmico, si la percepción de confort térmico de la población local a estudiar está por debajo de los parámetros establecidos internacionales, se priorizará tomar en cuenta el parámetro de percepción de la población local.

1.4 Importancia y justificación del estudio

1.4.1 Importancia del estudio

Este trabajo de investigación permitirá que los conocimientos científicos generados de la exploración, desde un enfoque sostenible, brinden un impacto positivo ya que permitirá aportar mejoras a la calidad de vida de los habitantes en la zona de estudio.

- Importancia ambiental

La investigación permitirá la promoción del uso de energías limpias, brindadas por la naturaleza que son recursos inagotables como la energía eólica, solar, geotermia, las cuales serán el medio para innovar y proponer estrategias de climatización de bajo impacto ambiental para las viviendas en zona rural.

- Importancia económica

La investigación al hacer uso de energías limpias como materia prima, permitirá generar un ahorro económico para la población, en vista de que los recursos energéticos naturales no tienen costo.

- Importancia social

La investigación permitirá generar y difundir un conocimiento técnico en base al conocimiento empírico, con la finalidad de mejorar las condiciones de vida de la población que habitan en viviendas en zona rural.

- Importancia cultural

La investigación permitirá la promoción de la continuidad del uso de materiales naturales y sostenibles en la construcción de viviendas en zona rurales, preservando las estrategias constructivas y ambientales. Esto permitirá ayudar a la toma de conciencia del patrimonio rural construido y reducir la inserción de materiales constructivos procesados o no sostenibles que generan impactos ambientales y el agotamiento de recursos naturales.

A su vez, la investigación es un primer hito para la generación de nuevo conocimiento para futuras investigaciones relacionadas con el tema, para mejorar las condiciones de confort térmico en viviendas en zonas rurales.

1.4.2 Justificación del estudio

La investigación se justifica porque permitirá la mejora de las condiciones térmicas de habitabilidad en las viviendas de adobe, las que actualmente están en condiciones precarias y carecen de estrategias de aislamiento térmico, además de no contar con estrategias de climatización para combatir las extremas bajas temperaturas que van en aumentar su intensidad cada año, producto del cambio climático.

El desarrollo de la investigación permitirá brindar mejores condiciones de vida para la población y como consecuencia de esto la reducción del índice de morbilidad y mortalidad ocasionado por infecciones respiratorias agudas (IRAS).”Siendo la Neumonía la enfermedad que más muertes produce en el Perú, Según el informe publicado en el 2013 por el instituto Health Metrics and Evaluation (IHME), que estudia las causas de muertes prematuras en 1990 y 2010. Un problema de salud que afecta principalmente a niños menores de 5 años, y a los adultos mayores a 65 años. En el período de 2009 a 2013, los departamentos con mayor letalidad por neumonía han sido Puno, Huancavelica, Junín, Ayacucho, Cusco y Huánuco” (OPS & OMS, 2014, p.14)

La investigación permitirá la transmisión de conocimiento a la población, a través de la mejora de las condiciones térmicas aplicando sistemas naturales de climatización con aprovechamiento de recursos energéticos renovables, lo cual es de mucha necesidad en zonas rurales, alejadas de la ciudad.

Por otro lado, la investigación propiciará el desarrollo de estudios de sistemas de climatización acorde a las características y potencialidades culturales, sociales y ambientales en la zona de estudio.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Generales

Mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad con estrategias de climatización mediante sistemas naturales en la vivienda de adobe de la zona rural de Anta-Cusco, 2017.

1.5.2 Específicos

- Diagnosticar la zona de mayor incidencia de transferencia de calor dentro de las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017.
- Determinar estrategias de climatización aplicables en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017.
- Comprobar las mejoras térmicas producidas por las estrategias de climatización pasiva en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017.

1.6 Limitaciones del estudio

- Limitaciones teóricas

Se establece como limitación teórica, que debido a la falta de actualización de los registros de censo de población y vivienda, se tomará en consideración el último estudio de censo realizado el 2007 y se complementara con información censal recopilada in situ. Cabe mencionar que la información del censo de población y vivienda se actualiza cada 10 años y la información es de dominio público un año después.

Es importante mencionar que no se encuentran fuentes informativas como libros, artículos o sitios de internet que describan las características de la vivienda de adobe en la zona rural de estudio, para lo cual se hará un registro de información in situ en colaboración con la población.

- Limitaciones temporales

La disponibilidad para recopilar la información in situ, será limitada, al ser en un lugar alejado de la ciudad. Se prevé la medición de información en temporada de frío con mayor intensidad.

El investigador buscará el contacto con la población en las primeras horas de la mañana, en vista de que la población de estudio sale a realizar actividades agrarias, se considerará este aspecto para focalizar de mejor manera el tamaño muestral.

- Limitaciones metodológicas

La aceptación de la población para ser partícipe de la investigación será limitada en vista de que el investigador al ser persona ajena del lugar, no es reconocido por la población local; para lo cual se buscaran nexos estratégicos con la población para que participe en la investigación. Cabe mencionar que de la cantidad de viviendas que accedan a participar en la investigación influenciará en el desarrollo metodológico. Teniendo esto como precedente se prevé trabajar solo con un porcentaje de la población para la recopilación de datos in situ.

- Limitaciones económicas

Las limitaciones estarán dadas por la no disponibilidad de recursos económicos, materiales, softwares y equipos altamente especializados, para llevar a cabo esta investigación. Es por esta razón que el desarrollo de la investigación será demostrado teóricamente en base a simulaciones y la bibliografía pertinente. Los procesos de operalización de los datos serán hechos de manera manual, supervisada por los profesionales pertinentes.

En la investigación se quiere demostrar mejoras en las condiciones térmicas de habitabilidad mediante sistemas naturales a través de estrategias de climatización, mas no indicar valores exactos del incremento de temperatura.

- Limitaciones tecnológicas

El desarrollo de la investigación para evaluar y demostrar sus hipótesis necesita procesar información de la data climática y funcionamiento de estrategias de climatización, se prevé el uso de software especializado para procesar este tipo de información.

Para procesar la data climática se usara el software de acceso libre Climate Consultant, el cual maneja un registro histórico del clima de diferentes zonas del planeta. El formato de información de este software es compatible para la interpolación de información con programas de simulación térmica.

El uso de software para el cálculo y simulación térmica, será a través de un software de acceso libre, para este caso el ECOTECT. La limitación que presenta un software de acceso libre en comparación con uno de pago, es que la información a suministrar esta estandarizada según normativas y parámetros internacionales, lo cual para estudios de casos específicos nos brinda información referencial más no precisa.

Para los fines de la investigación, esta limitación no es relevante debido a que en la investigación se quiere demostrar el funcionamiento de estrategias de climatización pasiva por medio de simulaciones, mas no indicar valores exactos del incremento de temperatura.

La interpretación de resultados del software es a través de gráficos predefinidos no editables, lo cual se puede determinar como una limitación en vista de que en algunos casos esta información es poco amigable para su interpretación. Es necesario conocer el funcionamiento correcto del programa para una adecuada interpretación, esto se lograra a través de la correcta revisión de manuales y tutoriales acerca del uso del programa.

CAPITULO II: Marco Teórico

2.1 Marco Histórico

La problemática climática que se viene percibiendo en el planeta desde los últimos 30 años, es consecuencia de las malas decisiones que tomamos en la búsqueda de satisfacer nuestras necesidades para sentirnos en estado de confort. El estado de confort del hombre está determinado por la percepción de estímulos acústicos, térmicos, lumínicos en un grado en el que el hombre no percibe síntomas de incomodidad con el entorno.

El estado de confort, involucra diferentes campos, el acústico, el térmico, el lumínico. El confort térmico, considera las condiciones de temperatura dentro de su hogar. Actualmente, esta necesidad de confort térmico se viene satisfaciendo de manera progresiva en el planeta, con soluciones tecnológicas a las que llamamos sistemas de climatización. Los sistemas de climatización se clasifican en activos y pasivos, siendo los sistemas activos los que ocasionan la degradación ambiental del planeta y generan problemas de salud a largo plazo a la población que hace uso de estos. Las soluciones actuales para climatizar de manera artificial con sistemas activos están compuestas por sustancias altamente contaminantes, como los gases de efecto invernadero. En cambio, los sistemas de climatización pasivos hacen uso de recursos energéticos naturales.

En la antigüedad, la necesidad de confort térmico para las primeras civilizaciones también fue un problema, el cual supieron afrontar de manera diferente en comparación a la civilización actual que actúa sobre la naturaleza sin medir sus consecuencias.

Estas primeras civilizaciones se las ingenieron para satisfacer su necesidad de confort térmico, a través de la creación de estrategias bioclimáticas para aprovechar las condiciones del clima de cada zona. Estas primeras civilizaciones crearon sus propios sistemas de climatización natural a través del aprovechamiento de las energías naturales brindadas por la naturaleza, muestra de ello son las construcciones de tierra que perduran hasta hoy.

Las construcciones con tierra en el planeta surgen como necesidad de que el hombre busque un refugio para protegerse, como lo indica Olgyay(1998) “La preocupación por el clima se encontraba inherentemente unida a la mano de la obra para la solución de los

problemas de confort y protección”(p. 20). Al principio, en la época de las cavernas, fueron las cuevas, años más tarde la construcción con tierra en las nuevas civilizaciones, fue un desarrollo en las que aplicaban sus conocimientos empíricos en estas donde para su concepción se tomó siempre en consideración las características climáticas y factores ambientales, siendo la radiación solar la más importante. De ahí que se le hace mención como “arquitectura solar”, como lo menciona Sophia Behling (2002) en su libro “Sol Power”. Las construcciones en tierra brindaron las condiciones más adecuadas de sobrevivir por sus propiedades térmicas, ya sea en zonas cálidas, o zonas frías, teniendo un comportamiento diferente en ambas circunstancias para brindar condiciones de confort térmico a sus usuarios (p. 44). El aprovechamiento de las energías naturales y los recursos naturales a través de estrategias arquitectónicas para darle confort al usuario sería llamado más adelante como arquitectura con estrategias de climatización pasiva.

Las primeras civilizaciones experimentaron el intercambio calorífico entre la el hombre y sus construcciones de tierra donde habitaban, comprendieron la relación entre la radiación solar y la capacidad de almacenamiento térmico de la tierra como material, que había ya sido experimentado por ellos en las cuevas, estas experiencias serían los primeros indicios de aprovechamiento de energía geotérmica como sistema de climatización para brindar condiciones de confort térmico a los usuarios de las cuevas. Estas construcciones con el tiempo serían llamadas arquitectura vernácula, por su tradición y serian imitadas en varios lugares del mundo, siendo los más característicos por su tipología, extendiéndose este tipo de construcciones a España y Latinoamérica, que con el tiempo pasarían a ser arquitectura popular, porque estaría relacionada con las personas de menores recursos económicos. (Olgay, 1998, p. 18)

La arquitectura popular a nivel mundial es tomada como ejemplo para la edificación de nuevas construcciones en vista de que son edificaciones sostenibles, como hace referencia el Arq. Juan Pedrosa en su artículo “La arquitectura popular como modelo de edificación sostenible. Se han realizado diversos estudios acerca de este tipo de edificación que toma en consideración las características climáticas, la naturaleza del lugar para proponer sus construcciones amigables con el medio ambiente de menor impacto ambiental, integrándose

a la naturaleza y no imponiéndose, además de utilizar materiales disponibles del lugar. (Pedrosa, 2013. p. 4).

Actualmente, la continuidad de construcciones con tierra es menor en zonas urbanas, pero se mantienen en zonas rurales, zonas en las que no se implementan estrategias de climatización tecnificadas llamadas también sistemas de climatización, porque se considera que estas estrategias para su implementación son costosas, son ajenas al contexto local y en la mayoría de los casos generan impactos ambientales.

En zonas rurales han influenciado la aparición de nuevos materiales constructivos para la vivienda que no contribuyen al confort, olvidando y dejando de lado conocimientos tradicionales locales, que tomaban en cuenta los ámbitos geográficos, condiciones ambientales, microclima, vegetación existente. El uso de estos materiales en la actualidad, trae como consecuencia el efecto invernadero, despilfarro energético, destrucción de ecosistemas, reducción de la biodiversidad y la degradación del paisaje natural.

En el Perú tenemos grandes demostraciones de la construcción con tierra desde la época prehispánica hasta la actualidad, que se encuentran bien arraigadas en nuestro país el uso de este material un ejemplo es la construcción de la ciudad de Chan- Chan que perdura en el tiempo demostrando la resistencia de la construcción con tierra. El uso de este material fue evolucionando con el paso de los años, pues se usó en la época de la colonia y la republica siendo el principal sistema constructivo de palacios, solares y viviendas populares por los beneficios térmicos que brindaba a los usuarios, y que perduran hasta hoy pese a los diferentes movimientos sísmicos que se dieron el transcurso de estos años.

“Esta tradición sin embargo corre el riesgo de desaparecer por amenazas como la alteración del medio ambiente natural, la pérdida de autenticidad histórica y la pérdida progresiva de la significación cultural.” (Benavides, Pimentel, 2007. p. 139)

La mayoría de construcciones con tierra en la costa y sierra del Perú fueron abandonadas por falta de identidad, y desprestigio del material por la mala aplicación del sistema constructivo. Las construcciones de tierra fueron reemplazadas por construcciones con

materiales procesados que no brindan las condiciones de confort térmico en la vivienda. La introducción de materiales procesados en la ciudad fue vista como progreso y desarrollo, dejando de lado construcciones tradicionales que brindaban las condiciones de habitabilidad, y considerando a las construcciones con tierra como símbolo de retraso. La ideología y tradición de construcción con tierra aún se mantiene en las zonas rurales de las ciudades, las cuales se deben mejorar con asistencia técnica y brindar mejores condiciones de habitabilidad y confort a los usuarios, debido a que actualmente esto se ve afectado por los fenómenos de cambio climático y cambios bruscos de temperatura.

En el Perú el 40 % de la población vive en casas de tierra, y de este porcentaje el 80% en el mundo rural, que se encuentran ubicados en su mayoría en zonas alejadas de la ciudad, donde las viviendas son construidas con el material tradicional el adobe. En el departamento del Cusco ubicado en la sierra sur del Perú, el 60 % de las construcciones son de adobe, tapial, quincha, y piedra con barro, según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2007 INEI, este material es muy utilizado en la zona rural, donde los habitantes son de bajos recursos económicos, y conocen la técnica de construcción en adobe y quincha, pero con la aparición de nuevos materiales se ha ido modificando sus técnicas constructivas, con el remplazo de algunos materiales tradicionales por nuevos, sin supervisión técnica lo que modifica el confort en la vivienda. (Larraín, 2013. p.17)

Ejm. En la vivienda al cambiar el material y la disposición de la cubierta altera de manera significa las condiciones de la vivienda, no es lo mismo una cubierta de calamina o una cubierta de teja con torta de barro, o la aplicación de sistemas pasivos sin tomar en consideración las características climáticas de la zona

En el Perú esto se observa de manera clara, debido a que se dejó de lado el uso de materiales tradicionales y sostenibles como el adobe y la quincha por materiales procesados. Los cuales se cree que no tenían características estructurales y sismo competentes, esto se debió a la mala aplicación que le dan las nuevas civilizaciones. Los materiales tradicionales a diferencia de los procesados presentan características térmicas en la vivienda lo cual le brinda confort térmico. (Larraín, 2013. p. 13)

En el departamento del Cusco, la tierra como material de construcción aún es muy utilizada en las zonas rurales, donde se pueden apreciar muestras de estas viviendas que aplican sus conocimientos empíricos para su construcción, pero que se ven cada vez más influenciados a modificar su tipología de construcción tradicional por la necesidad de mejorar sus condiciones de confort térmico en su vivienda por los cambios bruscos de temperatura.

Se han venido implementando diferentes investigaciones para saber cómo debe comportarse el adobe según las condiciones climáticas de cada lugar en el Perú, lo que permitió desarrollar una zonificación climática, que considera los factores que influyen de manera directa a la hora de proyectar diseños arquitectónicos, desarrollado en la investigación “Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico, el caso peruano”, por el Arq. Martín Wieser en el año 2013.

Investigaciones como la antes mencionada permitieron al gobierno peruano establecer lineamientos para proponer condiciones de confort dentro de la vivienda, como está reconocido en el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) según la norma E-110, Confort térmico y lumínico con eficiencia energética. (Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, 2016. p.3).

Actualmente con la concientización ambiental, los investigadores vienen retomando conceptos ancestrales de climatización natural para tecnificarlos y aplicarlos en construcciones modernas, como los sistemas de climatización pasiva. Un ejemplo de esto son los intercambiadores tierra aire que surgen del concepto de los pozos provenzales que *“era una canalización en piedra enterrada en el flanco de una colina que servía para canalizar por convección natural un flujo de aire que transitaba desde una boca externa a través de una conducción hacia la pieza principal de las construcciones tradicionales. En invierno la tierra recalienta este aire entrante mientras que en verano lo enfría gracias a la inercia térmica del suelo.”* (Escuer, 2012. p. 2).

2.2 Antecedentes relacionados con el tema

En este capítulo se recopila información de investigaciones relacionadas al tema de estudio, los cuales son de procedencia nacional e internacional y contribuyen al desarrollo de la investigación en cada etapa, se determina la influencia de cada investigación en la tesis.

Algoritmo para cálculo y diseño de sistemas de climatización eficientes mediante tubos enterrados (Georgina E. Voos, Agustín Brondino, Marcelo Berli y José Di Paolo, 2017)

La investigación está enfocada en promover el uso de energías renovables y sostenibles independientes del clima y la estación. El investigador se centra en el uso de energía geotérmica como fuente del sistema de climatización de tubos enterrados. El objetivo de esta investigación consiste en la sistematización del cálculo de un sistema de intercambio de calor mediante tubos enterrados. La metodología consiste validar un algoritmo basado en las ecuaciones realizados por De Paepe and Janssens.

Los investigadores concluyen las eficiencias y caídas de presión para tuberías de 75,90, 110, y 125 (mm), donde indican que la eficiencia aumenta rápidamente para longitudes de 25 a 30m, la caída de presión también se incrementa para longitudes mayores.

Esta investigación demuestra la eficiencia del sistema de climatización de tubos enterrados para incrementar la °T interior de una vivienda, esta alternativa de climatización con aprovechamiento de energía renovable es replicable en cualquier parte del mundo, ya que a profundidades de 1 a 2 metros la °T de la tierra es constante 14°C.

La investigación de Georgina y compañía, contribuye con la tesis en la medida de que es un alternativa de climatización con aprovechamiento de energía pasiva por geotermia, siendo una opción para mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad en las viviendas de adobe de la zona de estudio

Evaluación bioclimática de una vivienda rural alto andina de la comunidad de San Francisco de Raymina Ayacucho (Jessica Roxana Molina Castillo, 2016)

La investigación de Molina, tiene como objetivo estudiar el comportamiento térmico de la vivienda rural alto andina de la comunidad San Francisco de Raymina.

La metodología que emplea se basa en analizar el comportamiento de 2 viviendas existentes, a las que denomina vivienda 1 y vivienda 2. La vivienda 1 es una vivienda experimental que se diseñó con estrategias bioclimáticas en el año 2009, mientras que la vivienda 2 es una vivienda típica a la cual se le realiza modificaciones en el año 2010. En ambas viviendas se instalan sensores HOBO de manera estratégica, conectados a adquirentes de datos que registran temperaturas superficiales, también se instalan micro estaciones para la medición de temperaturas interiores y humedad relativa. La data climática del lugar es obtenida a través de una estación meteorológica instalada en la zona en el año 2012.

Una vez acondicionados ambas viviendas la investigadora realiza un plan de mediciones que simula el manejo de usuarios de la vivienda 1 y los resultados experimentales que obtiene los contrasta con resultados computacionales. En la vivienda 2 se realiza un estudio de las temperaturas interiores, donde en la metodología incorpora la percepción de las personas que la habitan, con la finalidad de distinguir que efectos han tenido sobre ellos las técnicas bioclimáticas instaladas en su vivienda.

El desarrollo metodológico de esta investigación es un aporte para la tesis, en la medida que a través de un análisis experimental de dos muestras, evalúan y comparan resultados, lo cual determina la validez de las hipótesis y permite determinar conclusiones.

En la tesis se aplica la metodología de análisis experimental entre dos muestras para comparar los resultados y determinar la validez de las hipótesis.

Acondicionamiento Térmico Para Edificaciones Rurales Alto andinas (Eduardo Ramos Martínez, 2013)

El autor Eduardo Ramos desarrolló la investigación con el objetivo fundamental de proveer a los pobladores de comunidades ubicadas entre 3000 y 5000 msn distintas alternativas que solucionen arquitectónicamente, el problema térmico presente en edificaciones que sufren bajas temperaturas con el propósito de que las familias habiten sus viviendas en situación de confort.

Para esta investigación el autor propuso una metodología que consistió, en seleccionar tres viviendas existentes con las mismas características constructivas y los mismos materiales en muros, piso y techo, los cuales fueron estudiados por tres meses para determinar su desempeño e identificar los problemas térmicos. Se intervinieron dos de las tres casas con diferentes estrategias arquitectónicas para mejorar el confort térmico, la tercera casa no fue intervenida para ser tomada como patrón de comparación. También se construyó al mismo tiempo una vivienda bioconfortable. Los resultados fueron simulados bajo el software Energy plus 3.0.

Los resultados fueron comparados no solo por criterios térmicos sino también considerando aspectos de su proyección, además de aspectos relacionados a materiales, economía y contexto social. El estudio fue realizado en las comunidades San Felipe (4500 m.s.n.m.; Text [-3,16] °C) y Santa Rosa de Tambo (3200 m.s.n.m.; Text [5,20] °C) ubicadas en la provincia de Huaytara, departamento de Huancavelica. Las viviendas intervenidas logran un incremento de temperatura interior (respecto al exterior) de 6.5°C hasta 8°C entre las 5h y 6h, mientras que entre las 13h y 14h el incremento logrado alcanza los 11°C.

En la tesis se aplican los criterios de selección de muestra que se evidencian en esta investigación.

Para poder determinar la muestra en la tesis se realizó un estudio de la población a analizar, donde las características de mayor coincidencia que influyen en el tema de estudio y determinan las condicionantes de la muestra, para de esta manera determinar patrones de composición.

**Proyectar mejoras del confort térmico en la vivienda de interés social
buenaventura caso: barrio ciudadela nueva buenaventura (Alexander Iturre
Campino, 2013)**

La investigación de Alexander Iturre está enfocada en la evaluación del confort térmico interior y la implementación de mejoras térmicas al modelo de vivienda de interés social aplicado al barrio ciudadela Nueva Buenaventura en la ciudad de Buenaventura – Colombia. El autor planteo el análisis del confort térmico mediante la integración de dos principios de interpretación térmica, con diferentes bases, enfoques y prescripciones metodológicas: El “adaptativo” es el principio que incluye, la física y la fisiología, interactuando con la percepción térmica del individuo que establece que las temperaturas térmicamente confortables son dependientes de las variaciones estacionales, geográficas y culturales y El “estático” en el que se consideró la persona como receptor pasivo de estímulos térmicos condicionado a una lógica determinista basada principalmente en los modelos de balance térmico. Para el cálculo de resultados se planteó el uso de herramientas como el método FANGER, para identificar los porcentajes de disconfort en la vivienda, además de medir la capacidad de adaptación de los individuos a las condiciones actuales de disconfort térmico. A partir de la data obtenida se plantean estrategias urbanísticas y arquitectónicas de acondicionamiento pasivo.

Los resultados obtenidos de la investigación fueron beneficiosos para la población, el calor interior y la necesidad de aire para evacuar el calor redujo en un 40.54% con las estrategias planteadas. El techo que inicialmente era el mayor aportante térmico redujo de 11848,25 watt a 339,53 watt lo que equivale a una reducción del 97,13% en la producción de calor pasando de una temperatura radiante inicial de 62,17°C a 30,28°C, lo que equivale a una reducción de 31.89°C. Las paredes asoleadas redujeron el aporte térmico de 2479,01 watt a 1542,09 watt lo que equivale a una reducción del 37.79% en la producción de calor pasando

de una temperatura radiante inicial de 41,77°C a 36,19°C, lo que equivale a una reducción de 5,58°C. El calor aportado por las paredes no asoleadas, las ventanas, los ocupantes y los equipos se mantuvo igual, ya que sobre estos no se propuso ningún tipo de estrategia de mejora.

En esta tesis se evidencio el uso de dos metodologías para evaluar el confort térmico dentro de una vivienda, bajo un principio de usuario adaptativo y otro como usuario estático. Una vez evaluado el confort térmico se plantean estrategias urbanísticas y arquitectónicas de acondicionamiento pasivo. De igual manera la evaluación de resultados se mide a través de una comparativa entre temperatura proporcional a la cantidad de watt que emite cada componente de la vivienda.

En la tesis se toma como referencia la percepción de confort térmico dentro de la vivienda bajo el principio de usuario estático, en el que se considera a la persona como receptor pasivo de estímulos térmicos producidos por la vivienda.

En la tesis se considera como unidad de medida, la variación del aporte térmico de los componentes de la vivienda, proporcional al incremento o reducción de la $^{\circ}T$ dentro de la vivienda.

Eficiencia energética a través de utilización de pozos canadienses con el análisis de datos de un caso real “Casa Pomaret” (Ana María Cabezas, 2012)

La investigación de Ana Cabezas se desarrolló con el objetivo de analizar el funcionamiento de los sistemas de tubos enterrados, que permite sustituir la implementación de aire acondicionado dentro de la vivienda, generando un ahorro en el consumo de la energía eléctrica. La autora para demostrar la eficiencia energética dentro de las viviendas del sistema de tubos enterrados toma como caso de estudio una vivienda real, de nominada casa Pomaret, en Barcelona. La autora plantea como metodología la recolección de los datos de monitoreo del sistema de tubos enterrados, con los cuales se pudo obtener resultados a escala real de valores de temperatura del aire dentro de los pozos, temperatura ambiental, consumo de

calefacción, etc. La investigación hace uso del Software computacional, DesignBuilder, para simular la vivienda y para obtener valores teóricos y compararlos con los recolectados a escala real. Esto se realizó con el objetivo de lograr emitir conclusiones, y recomendaciones del uso, eficiencia del sistema y confort en la vivienda, además de determinar el grado de fiabilidad de una simulación ante el modelo real.

Los resultados obtenidos de la investigación determinan la eficiencia del sistema indicando que la variación de la temperatura interior de la vivienda es influenciada de entre 1°C y 4°C al encender el pozo, el uso del pozo tiene mayor influencia en verano, siempre y cuando sea accionado antes de alcanzar el máximo de temperatura interior y se ayude con ventilación natural. Por otro lado, el consumo de gas por medio de calefacción y agua caliente sanitaria es reducido, por ser una vivienda que contempla varios sistemas de producción de energía y esto se demuestra en el consumo anual, que de 43 - 48 kWh/m²- año, costando cada kWh entre 0.15 – 0.17€.

En esta investigación se evidencia y comprueba el funcionamiento de la estrategia de pozos canadienses o pozos enterrados para incrementar la temperatura a través del aprovechamiento de energía geotérmica por intercambio de calor tierra aire.

Esta investigación justifica sus resultados con la reducción del consumo energético, siendo una unidad de medida para saber el aporte de esta alternativa de climatización.

En la tesis se toma como referencia este análisis de resultados, en la cual para evaluar los incrementos y/o reducciones de cantidad de energía necesaria para climatizar un ambiente

Por otro lado, la simplificación de este sistema de climatización, aplicado en la tesis podría convertirse en una estrategia de climatización replicable, con los materiales disponibles en la zona de estudio de la tesis.

Evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort térmico en una vivienda alto andina del Perú (Huaylla R. Fredy, 2010)

La investigación está enfocada según el autor a obtener una propuesta técnica que logre que las temperaturas al interior de la vivienda sean más confortables. Para realizar el estudio, Fredy Huaylla seleccionó una vivienda rural típica en la comunidad de San Francisco de Raymina, Ayacucho (3 700 m.s.n.m.), a continuación realizó un diagnóstico térmico de la vivienda; para ello, desde junio del 2 008 hasta abril del 2 009, se registraron las condiciones meteorológicas de la zona (temperatura, humedad relativa – H.R., velocidad y dirección del viento y radiación solar); así también se registraron las temperaturas y H.R. del aire en los ambientes interiores de la vivienda y se registraron temperaturas superficiales en: paredes, techos, ventanas y suelos. Posteriormente, para analizar los resultados se usó el software de simulación térmica para edificios EnergyPlus 3,0.

Con los resultados obtenidos Fredy Huaylla propuso modificaciones constructivas que permitan el aprovechamiento de la energía solar para elevar la temperatura de los ambientes.

Las modificaciones constructivas fueron realizadas desde el mes de mayo hasta agosto del 2009 y se volvieron a registrar las condiciones térmicas en la vivienda. Como resultado final se observó un incremento de al menos 6°C respecto a los mínimos de temperatura de aire registrados en los mismos meses en el 2008.

Lo rescatable de esta investigación es la metodología analítica y comparativa que aplica, la cual consiste en la evaluación de una misma muestra en condiciones distintas y en tiempos distintos, validando sus resultados a través de un software de simulación térmica.

Esta investigación aporta de gran manera en la tesis, en una primera instancia nos brinda criterios de selección y análisis de nuestro universo, para luego seleccionar una muestra experimental. Por otro lado la evaluación del desempeño térmico de una misma muestra en condiciones distintas, se toma en consideración para validar las hipótesis.

Comportamiento térmico de invierno de una vivienda convencional en condiciones reales de uso. (Filippín C. 2005)

El desarrollo de la investigación según Filipin C. tiene el objetivo de analizar el comportamiento térmico y energético de una vivienda convencional, en condiciones reales de uso, localizada en la ciudad de Santa Rosa, en un entorno abierto de baja densidad de edificación (latitud: $36^{\circ}57'$; longitud: $64^{\circ}27'$ y altura sobre el nivel del mar: 189 m). El autor planteó un monitoreo térmico durante el invierno del 2003 (4 de junio al 3 de julio), para luego evidenciar la medición en una simulación térmica en condiciones reales de uso realizada con el software SIMEDIF para Windows, con un ajuste entre datos medidos y simulados del orden de 0.5°C . A partir del ajuste realizado por el autor se simula, para el mismo periodo invernal, el comportamiento térmico de la misma vivienda sin ganancias internas, con una envolvente mejorada térmicamente y con mayor superficie de ganancia directa.

Los resultados obtenidos por Filipin C. fueron el incremento de la resistencia térmica y del área de ganancia directa permitiría aumentar en 4.6°C la temperatura media interior de la vivienda (temperatura media exterior: 10.1°C), lo cual se reflejaría en un ahorro del 66% del consumo de gas para calefacción.

Esta investigación es un aporte a la tesis en la medida, de que en la metodología se evidencia una manera de evaluar y medir condiciones reales de uso de una vivienda por medio de un software, en el cual se ingresan datos paramétricos para realizar cálculos térmicos por este medio y así de esta manera obtener resultados reales.

En la tesis se hace uso de un software para simular el desempeño térmico de la vivienda, en el cual se usan datos paramétricos y validados para cálculos térmicos.

Estudios paramétricos con simulaciones térmicas para viviendas con climatización pasiva en la zona central de Chile. (Muller Ernest, 2000)

La presente investigación fue realizada según el autor con la finalidad de aprovechar las estrategias de climatización pasiva para mejorar las condiciones de confort térmico en la vivienda. Muller indica que la climatización pasiva y el uso pasivo de la energía solar exigen una optimización compleja de todos los elementos constructivos de una vivienda en su interacción con las condiciones de clima y de uso, que herramientas tradicionales de cálculo y diseño no pueden ofrecer. Para realizar los cálculos de la investigación el autor utilizó un programa computacional de simulación térmica para analizar comportamiento térmico de una vivienda modelo a nivel horario durante un año típico completo. Los datos climáticos necesarios fueron preparados con una metodología del autor. En la investigación se realizaron estudios paramétricos detallados de la influencia de los principales parámetros constructivos con la introducción de índices propios de desconfort térmico. Muller indica que las propuestas planteadas para una arquitectura pasiva demuestran que con un diseño adecuado se puede mejorar de forma significativa el confort térmico de viviendas, en la Zona Central de Chile, con materiales locales y económicamente accesibles.

Los resultados obtenidos de esta investigación analizando las temperaturas exteriores e interiores de los muros, permiten determinar que el desfase de T° de un muro Trombe de tapial pesado de 25cm es de aproximadamente 6- 7 horas, mientras que en uno de 40cm es más largo con aproximadamente 9 horas. Gracias a este desfase, el calor captado por un muro Trombe alrededor del mediodía llega a la superficie interior y la vivienda en las horas de inicio de la noche cuando es más necesario su aporte a la calefacción por la disminución de la temperatura.

En esta investigación se puede analizar que el autor, para demostrar la validez de sus hipótesis en la fase experimental, hace el uso de un software computacional. Para validar la información a suministrar al software el investigador realizó un análisis detallado de las características de la muestra.

En tesis al considerarse trabajar con un software de simulación térmica, se considera analizar detalladamente las características de la muestra para suministrar de información real al software y obtener resultados reales.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

Para poder desarrollar la investigación, debemos tomar en consideración algunos estudios que hacen referencia teórica a la definición de confort térmico dentro de la vivienda, además de la relación entre arquitectura y clima. Y así de esta manera poder entender la relación entre arquitectura, clima, confort, y usuario, y así poder encontrar el enfoque de la investigación.

2.3.1 Arquitectura y clima

2.3.1.1 *Hombre y clima*

La problemática de crisis energética en el mundo no es un hecho que surgió en estos últimos años, sino un problema que se evidenció mucho antes, al cual no se le dio la debida importancia hasta no sufrir las consecuencias por el abuso de su explotación, como el cambio climático y el calentamiento global, como lo menciona Victor Olgyay (1998) en su libro *Arquitectura y clima*.

“desde la década de los años setenta, la sociedad occidental en general, y una parte importante del mundillo de la arquitectura en particular descubrieron con sorpresa que las energías artificiales que soportaban esta sociedad no eran un bien ilimitado que podía ser explotado sin ninguna prevención”. (Olgyay, V. 1998. p. 14)

Habiendo mencionado lo anterior se le dio importancia al tema energético, por algunos investigadores de la época, para entender la relación arquitectura y clima, saliendo a la luz investigaciones anteriores relacionadas al tema, donde ya se habían estudiado de manera profunda.

“en la interacción que existe entre un edificio y el medio natural que lo envuelve, postulando en sus escritos como es y debe ser la relación entre arquitectura y lugar, entre forma y clima, o entre urbanismo y regionalismo, contradiciendo drásticamente las leyes implícitas y aparentes de la arquitectura distinta a la convencional.”(Olgyay, V. 1998. p. 20).

Victor Olgyay, es el referente más importante para las siguientes investigaciones relacionadas entre clima y arquitectura como: arquitectura solar, arquitectura pasiva, y arquitectura bioclimática

Olgyay brindó una visión distinta del clima y arquitectura, además de su relación y cómo esto afecta al hombre. En sus escritos se evidencia cómo el hombre y otros seres vivos

reaccionan a diferentes condiciones climáticas de manera distinta para asentarse, siendo los seres vivos diferentes al hombre quienes tiene una adaptación más rápida y mejor, por su fisiología a través de la selección natural o la mutación en comparación con el hombre.

Según los estudios de Ellworsth Huntintong, quien ha sentado la hipótesis de que el tipo de clima junto con la herencia racial y el desarrollo cultural, constituyen uno de los tres principales factores que determinan las condiciones de la civilización. De acuerdo con su teoría el hombre, que aparentemente es capaz de vivir en cualquier lugar donde pueda obtener alimento, solamente puede alcanzar el mayor desarrollo de su energía física y mental (e incluso su carácter moral) en condiciones estrictamente limitadas. Las condiciones óptimas para el desarrollo del progreso humano son:

- La temperatura media entre 4, 4°C y 21,1°C
- Tormentas o vientos frecuentes para mantener la humedad relativa un poco elevada
- Sucesión constante de tormentas ciclónicas no demasiado severas, para producir cambios moderados en la t°.

El hombre, para satisfacer sus necesidades de confort y alimento, apeló a su ingenio aplicando diferentes estrategias como el fuego, las pieles e imitar recrear los refugios de otros seres vivos.

Los refugios del hombre fueron los primeros indicios de interacción entre arquitectura y clima en vista de que aprovecharon los recursos disponibles del entorno para obtener condiciones de confort. La humanidad en sus inicios busco refugio en cuevas, he aquí las primeras aproximaciones de transferencia de energía geotérmica con el hombre.

En el clima de la tierra intervienen fundamentalmente 2 factores:

- La energía calorífica que viene del sol y es absorbida por la tierra
- La energía calorífica que emite la tierra como consecuencia de su calentamiento.

(León, J. M. P. 2001. p. s.n)

Olgay (1998) indica que los factores que influyen en la expresión arquitectónica son: los factores culturales (morales, históricos, sociales), factores fisiológicos (geológicos, climáticos, geográficos) así también influyen los límites económicos, necesidades físicas, necesidades emocionales. La importancia que adquiere el aislamiento en situaciones extremas, resueltas con destreza e ingenio, muestra como los conceptos emergen bajo grandes tensiones de la naturaleza similar. Hábitats muy alejados unos de otros, pero con

denominador común: poca humedad, sol y calor intensos, encuentran una solución obvia y racional en las cavernas

Las expresiones arquitectónicas descubiertas hechas por antiguas civilizaciones reflejan los factores culturales, fisiológicos y estrategias hechas en la arquitectura para obtener condiciones óptimas de confort térmico, como lo menciona:

Jean Dollfus con su muestreo de viviendas características de todo el mundo, afirma que *“el principal objetivo de los constructores ha sido siempre la búsqueda de condiciones óptimas de confort térmico. La tipología constructiva se encuentra definida por las zonas climáticas que, por las fronteras territoriales, aun existiendo variaciones, producto de la tradición, o del gusto local, puede afirmarse que la forma general de la vivienda autóctona nace de su relación con el entorno.”*

Clasificación climática de Jean Dollfus

Zona fría del norte y sur.- Las viviendas realizadas tienen estructura pesada de leños. Las cubiertas en este caso, pueden ser también de madera, pero con poca inclinación para que la nieve acumulada actúe como aislante. Las paredes constituyen el principal elemento de la casa y están construidas de ladrillo o piedra las cubiertas ligeramente inclinadas se cubren con tejas semicirculares, se cubren con tejas semicilíndricas (regiones mediterráneas, latinoamericanas y chinas). Al norte de la línea divisoria pueden encontrarse viviendas con muros de piedra y una gran cantidad de construcciones de madera con paneles rellenos de barro, ladrillos, piedras o incluso papel.

Zona templada del norte y sur.- las paredes suelen estar hechas de adobe y las cubiertas de paja África occidental y andes. En esta región también existen tribus nómadas que viven en tiendas viviendas (Mauritania, Gobi, México) en las cuales las paredes tienen un papel protector más importante que la cubierta. En estas regiones, de áridas estepas y desiertos, los muros se construyen de piedra o arcilla cocida, soportando una cubierta plana de arena.

Zona cálida.- las cubiertas son más esenciales que las paredes, las cuales incluso pueden llegar a omitirse. En toda esta zona se encuentran estructuras y construcciones de madera, ramas entramados de paja y hojas de árboles.

Las diferentes expresiones arquitectónicas alrededor del mundo han identificado diferentes maneras de enfrentar las condiciones climáticas, las cuales están dispersas por todo el mundo y que mantienen los mismos principios arquitectónicos, con la finalidad de lograr

el confort térmico con los recursos disponibles en su respectivo entorno natural, las cuales representan un carácter regional de cada expresión arquitectónica.

Un ejemplo de las expresiones arquitectónicas con aprovechamiento de las condiciones climáticas son los ejemplos que hace mención Olgyay en su libro *Arquitectura y clima*.

Los trogloditas tunecinos de Matmata organizan sus recamaras subterráneas alrededor de un hueco central abierto, lo cual aparece en la superficie conformando un complejo patrón orgánico comunitario. La comunidad china de Honan, de mentalidad más geométrica, hunde sus viviendas entre 9 y 13,7 metros a partir del nivel del suelo y acceden a ellas a través de escaleras en forma de anzuelo. Ambas soluciones, aunque extremas tienen su razonamiento lógico. Una capa de tierra bajo la superficie mantiene la temperatura en un nivel medio anual, proporcionando calor durante el invierno y frescor durante el verano. Este principio tiene numerosos seguidores que abogan por la vivienda en la litosfera. En regiones áridas y calurosas existen versiones contemporáneas que buscan el equilibrio térmico con esta idea, demostrando como los principios verificados a través del tiempo pueden integrarse y adaptarse a la tecnología actual.

Las expresiones arquitectónicas presentan un carácter regional, el cual con el paso de los años ha venido perdiendo identidad por la industrialización de materiales constructivos y modas de la época. Las características regionales de las construcciones, con ayuda de la tecnología han desplazado las construcciones tradicionales, debido a que son de fácil acceso y en algunos casos con mejores características sísmicas competentes. Las nuevas construcciones son insertadas en ambientes urbanos, rurales sin tomar en consideración las condiciones climáticas y geográficas del lugar, obviándose el confort para sus usuarios además del comportamiento de los materiales. Como lo menciona Olgyay y Gropius cuando mencionan la importancia del carácter regional:

“La dispersión de la población y el desarrollo de las comunicaciones modernas han acelerado el proceso de intercambio de ideas y tecnología. Debemos comprender que la implantación generalizada de las tipologías occidentales debe realizarse con mayor precaución. Estas respuestas tienen su origen en la respuesta a climas fríos, y pueden causar graves problemas cuando se adoptan como símbolos incorrectos de progreso cultural. La valiosa intuición en el uso de materiales autóctonos y de los elementos constructivos

originales puede perderse al quedar descartadas las tradiciones propias.” Todos estos aspectos deben por supuesto analizarse minuciosamente a partir de las creencias y costumbres de cada región. Existen supersticiones relacionadas con la edificación”. (Olgyay, 1998. p. 30).

“El carácter regional no puede conseguirse a través de una interpretación sentimental o limitativa incorporando antiguo emblemas o nuevas modas locales que desaparecen tan rápidamente como aparecen. Pero si uno adopta el diferencial básico impuesto al diseño arquitectónico por las condiciones climáticas...puede obtener como resultado una diversidad de expresión.... Si el arquitecto utiliza la relación de contraste entre el interior y el exterior.... Walter Gropius lo menciona como idea para su concepción del diseño.” (Olgyay, 1998. p. 24).

Para el aprovechamiento de las condiciones climáticas en la arquitectura, Victor Olgyay creó un manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, en el cual da las pautas y estrategias para el mayor aprovechamiento del clima y sus componentes. Los cuales a lo largo de los años han ido perdiendo protagonismo y recién con la problemática del calentamiento global, el cambio climático y la crisis energética se han retomado los estudios en este campo.

Olgyay plantea mediante su manual, el trabajar la arquitectura con las fuerzas de la naturaleza y no en su contra, aprovechando sus potencialidades para crear unas condiciones de vida adecuadas. . Aquellas estructuras que, en un entorno determinado, reducen tensiones innecesarias aprovechando todos los recursos naturales que favorecen el confort humano, puede catalogarse como climáticamente equilibradas.

Richard Neutra (1969) menciona que el papel de los arquitectos tiene un rol protagónico, en la búsqueda del confort para el hombre en un hecho arquitectónico. La arquitectura es una ciencia transdisciplinar que debe abarcar diferentes ciencias e interrelacionarlas para encontrar las mejores soluciones arquitectónicas para el confort del hombre, así menciona que:

“ en la planificación futura serán necesarias otras artes y ciencias, y no solamente una o dos, sin muchas más ... la tarea de construir elementos que contribuyan a la composición del entorno humano No puede complementarse correctamente sin la intervención del conocimiento científico actual disponible... la investigación biológica sistemática,

interrelacionada adecuadamente con sistemas organizados de diseño, actuara en beneficio de un más amplio espectro de consumidores humanos”. (Olgyay, 1998. p. 36).

Para obtener una vivienda climáticamente equilibrada, Olgyay plantea una metodología con 4 etapas.

Tabla 01: Metodología De Olgyay

1° Etapa	2° Etapa	3° Etapa	4° Etapa
Consiste en un análisis de los elementos climáticos del lugar escogido, debemos resaltar que cada elemento produce un impacto diferente y presenta una problemática distinta.	Realizar una evaluación de las incidencias del clima en términos fisiológicos	Se analizara la solución tecnológica adecuada para cada problema de confort climático	Soluciones deberán combinarse de acuerdo con su importancia en una unidad arquitectónica.

Fuente: (Olgyay, 1998. p. 36)

Esta metodología se aplica desde la concepción de la idea del proyecto hasta su ejecución tomando en consideración todos los parámetros ambientales, tecnológicos y arquitectónicos.

La arquitectura bioclimática se concibe a través de la bioconstrucción, tomando en consideración criterios ambientales, económicos y técnicos, que conciban un proyecto de baja inversión, que no genere impactos ambientales, con aprovechamiento de los recursos naturales disponibles.

La bioconstrucción concibe la edificación de manera que se aprovechen al máximo los recursos naturales y se reduzca su impacto ambiental en la naturaleza y en las personas. Una de sus principales metas es la eficiencia energética, utilizando técnicas de construcción que minimizan o prescinden de la utilización de energías no renovables, fósiles. En el proyecto de construcción se deben tener en cuenta el emplazamiento y la orientación de la edificación para aprovechar al máximo los recursos naturales de luz y calor; el uso de materiales adecuados seleccionados a partir del análisis de su ciclo de vida y la minimización y gestión de los residuos. (Larraín, 2013)

Clima y hombre

Ellwhorst Huntington estudio la influencia del clima en la salud, basado en los cambios estacionales, *“demostrando la importancia que las correctas condiciones de confort para el hombre generan un mejor desempeño para realizar actividades físicas y mentales mediante el siguiente enunciado: ... tanto la fuerza física como su actividad mental se desarrollan mejor si las condiciones climáticas del entorno oscilan dentro de unagama determinada, pero si se encuentra fuera de esta decrece y las tensiones y la posibilidad de contraer enfermedades aumentan”* (Olgay,1998. p. 35).

El medio ambiente está compuesto por componentes que afectan al hombre. El hombre desarrolla reacciones físicas y psicológicas en busca del punto de equilibrio biológico con el entorno.

2.3.2 Confort térmico

Para obtener las condiciones de confort térmico debemos de conocer las normas y estándares internacionales que rigen este término, como el estándar de ASHRAE 55-74, que menciona: *“el confort térmico es definido como la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico”* (Gallo, Sala y Sayigh, 1988, p. 3). Es decir, el bienestar térmico del hombre es la situación bajo la cual éste expresa satisfacción con el medio ambiente higrotérmico que le rodea, tomando en cuenta no solamente la temperatura y la humedad propiamente dichas, sino también el movimiento del aire y la temperatura radiante.

El cuerpo humano tiene internamente una temperatura que varía entre 36.5° y 37°C. El equilibrio térmico del cuerpo consiste en mantener la temperatura dentro de esos rangos: si la temperatura aumenta o disminuye puede provocar lesiones graves, de tal modo que entre 40 y 45 grados se producen complicaciones de circulación y por encima de 41-42 puede llegar al estado de coma o colapso total.

El cuerpo para mantener este balance realiza una serie de procesos por los cuales gana o pierde calor, según la siguiente ecuación:

$$O = M \pm R \pm \text{Conv} \pm \text{Cond} \pm E \quad (1)$$

Siendo:

M, el calor producido por procesos metabólicos;

R, el intercambio de calor por radiación;

Conv, el intercambio de calor por convección;

Cond, el intercambio de calor por conducción y

E, pérdidas de calor por evaporación.

Cuando el sumatorio es cero el cuerpo está en equilibrio y, si esto no ocurre, actúan un conjunto de mecanismos autorreguladores como el aumento en el flujo sanguíneo y dilatación de los vasos capilares, cuando las ganancias son superiores a las pérdidas, o disminuye el flujo sanguíneo, mediante la contracción de los vasos capilares, cuando el ambiente es más frío que el cuerpo; si esto es insuficiente, se producen contracciones o escalofríos que aumentan la producción de calor metabólico. (Climático, i. e. c., & Definición, m. y. p. 1994)

- Parámetros de confort térmico

La satisfacción con el ambiente térmico es un proceso complejo, y cuya respuesta depende de la interacción de muchas variables. La percepción de la comodidad está influenciada por estas variables, que incluyen no solo parámetros personales sino también parámetros físicos ambientales. Son 6 los factores determinantes del confort térmico: 2 son variables subjetivas (que dependen solo de las personas) y 4 son variables ambientales. (Molina 2016)

Parámetros personales:

- Nivel de actividad
- Nivel de aislación térmica

Parámetros ambientales

- La temperatura del aire
- La humedad relativa del aire
- La temperatura de radiante media
- La velocidad del aire

- Parámetros personales:

Nivel de actividad.- el desarrollo de actividades cotidianas genera producción de energía radiante, en la que el cuerpo en diferentes actividades. Esto también se le conoce como tasa metabólica, la INSHT-NTP74 indica que es el *“gasto energético muscular que experimenta el trabajador cuando desarrolla una tarea. Gran parte de dicha energía es transformada directamente en calor. Aproximadamente sólo el 25% de la energía es aprovechada en realizar el trabajo, el resto se convierte en calor”*

La normativa ISO 8996 menciona que la unidad de medida de la tasa metabólica es trabajo por metro cuadrado (W/m²), donde 1 w = 0,861 kcal/h. La determinación del metabolismo energético en esta norma se clasifica según la actividad desarrollada de la siguiente manera:

- Para actividades de descanso.- Descansando, sentado cómodamente, una tasa metabólica de 65 W/m².
- Para actividades de Tasa metabólica baja.- Escribir, teclear, dibujar, coser, anotar contabilidad, manejo de herramientas pequeñas, caminar sin prisa (velocidad hasta 2,5 Km/h). Una tasa metabólica de 100 W/m².
- Para actividades de Tasa metabólica moderada.- Clavar clavos, limar, conducción de camiones, tractores o máquinas de obras, caminar a una velocidad de entre 2,5 Km/h a 5,5 Km./h. Una tasa metabólica de 165 W/m².
- Para actividades de Tasa metabólica alta.- Trabajo intenso con brazos y tronco, transporte de materiales pesados, pedalear, empleo de sierra, caminar a una velocidad de 5,5 Km/h hasta 7 Km./h. Una tasa metabólica de 230 W/m².
- Para actividades de Tasa metabólica muy alta.- Actividad muy intensa, trabajo con hacha, cavado o pelado intenso, subir escaleras, caminar a una velocidad superior a 7 Km/h. Una tasa metabólica de 260 W/m²

Niveles de aislación térmica.- Este parámetro mide la cantidad de aislamiento térmico en base a vestimenta que se utiliza. La INSHT-NTP74 de la normativa española menciona *“Las características térmicas del vestido se miden en la unidad denominada "clo" (del inglés clothing, vestido), equivalente a una resistencia térmica de 0,18 m² hr °C/Kcal”*

Se establecen algunos valores estándares en esta normativa para realizar cálculos operacionales.

- Desnudo: 0 clo.
 - Ligero: 0,5 clo (similar a un atuendo típico de vera no comprendiendo ropa interior de algodón, pantalón y camisa abierta).
 - Medio: 1,0 clo (traje completo).
 - Pesado: 1,5 clo (uniforme militar de invierno)
-
- Parámetros ambientales:

La temperatura del aire.- es un elemento climático característico de cada zona geográfica, según su origen pueden ser propiedades físicas de la atmósfera (Velasco, 2015). Su unidad de medida puede ser en grados Celsius °C, Kelvin °K o Farengeih °F.

La humedad relativa del aire.- es un elemento climático característico de cada zona geográfica, según su origen pueden ser propiedades físicas de la atmósfera (Velasco, 2015). Es denominada también como temperatura de bulbo seco. Su unidad de medida puede ser en grados Celsius °C, Kelvin °K o Farengeih °F.

La temperatura de radiante media.- Es la temperatura medida en un ambiente, es la temperatura medida en los cerramientos, donde ocurren efectos de transferencia de calor desde o hacia un usuario que se encuentra dentro del ambiente. Su unidad de medida puede ser en grados Celsius °C, Kelvin °K o Farengeih °F.

La velocidad del aire.- Es un elemento climático característico de cada zona geográfica, según su origen pueden ser propiedades físicas de la atmósfera (Velasco, 2015). Su unidad de medida puede ser en m/s, km/h.

Los parámetros climáticos, son medidos constantemente a través de entidades y organismos especializados, con equipos calibrados según normativas internacionales. En el caso de Perú la organización encargada de medir estos elementos del clima es el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

2.3.2.1 Hombre, clima, arquitectura y confort

En la actualidad uno de los especialistas en arquitectura bioclimática más reconocidos del mundo es Olgay, quien principalmente a partir de la publicación en 1969 del libro "*Man, Climate and Architecture*" (Hombre, clima y arquitectura), en el que plantea la relación entre el confort humano, el clima y la arquitectura, entendiendo la arquitectura como el edificio que contiene y protege al hombre y sus actividades. Para esto su trabajo llega a la síntesis en un climograma realizado sobre un diagrama psicrométrico donde traza una zona de confort higrotérmico para invierno y verano. Luego propone otras zonas donde es posible alcanzar el confort mediante la incorporación y/o aplicación de Estrategias de diseño pasivo. Avanza en los trabajos realizados por Olgay.

El estudio Givonni (1969) diseñó un modelo que mediante la inserción en el climograma de valores de temperatura y humedad medios mensuales, se pueden trazar las características bioclimáticas de un sitio. Pero más importante es, que de su interpretación, sugiere estrategias de diseño para resolver un proyecto de edificación a fin de mantenerlo en confort sin uso de energía adicional a la del sol, el viento, las temperaturas día - noche y la humedad ambiente. (Olgay,1998. p. 30).

El concepto de confort, por tanto, admite varias definiciones, pero en todas se halla presente el concepto de equilibrio energético entre el cuerpo humano y su entorno, como se indica en el libro *Zona variable y confort térmico*, que menciona:

La existencia de un equilibrio térmico, sin embargo, no necesariamente indica confortabilidad, puesto que puede alcanzarse bajo condiciones de malestar por efecto de los mecanismos autorreguladores. En efecto, el hombre, para garantizar su salud física, debe mantener la temperatura interna de su cuerpo dentro de unos límites bastante estrechos, independientemente de las variaciones de la temperatura del aire.

2.3.2.2 Eficiencia energética y confort

La influencia de la energía y medio ambiente en la arquitectura, determinan las condiciones de confort, es por esta razón que durante el diseño de un proyecto arquitectónico se debe tomar en consideración los recursos energéticos disponibles, y las características climáticas del medio ambiente para aprovecharlas en el diseño del proyecto.

Las condiciones de confort en un espacio determinado están determinadas por componentes como el confort acústico, térmico, lumínico, los cuales para dotar de condiciones de confort a los espacios necesitan de recursos energéticos. Por esta razón el consumo de recursos energéticos debe ser un componente de las condiciones de confort como lo menciona Backer.

El uso adecuado de estrategias en el diseño arquitectónico contribuye a mejorar un rendimiento energético adecuado, a través del uso de soluciones pasivas como iluminación natural y ventilación natural, como lo indica Baker en su libro energía y medio ambiente en la arquitectura. (Baker, N., & Steemers, K. 2003, p.03)

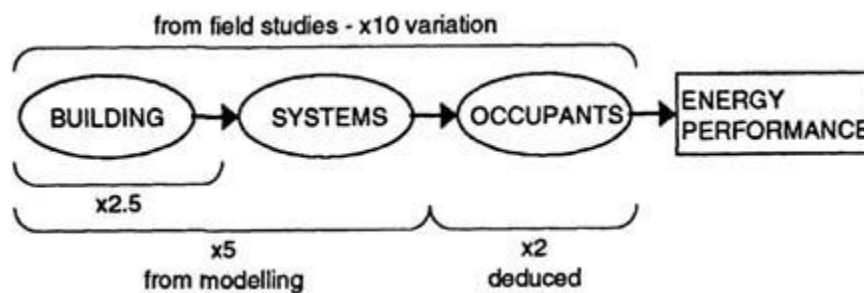


Fig. 06 Componentes que influyen en el confort térmico.
(Fuente: Baker, N., & Steemers, K.) 2003, p.03)

- 1 diseño de edificios
- 2 diseño y desempeño de servicios (sistemas)
- 3 comportamientos del ocupante

Considerando un cuarto factor por la actividad que se realiza en el interior del edificio. (Baker, N., & Steemers, K. 2003, p.03)

Al tener un mejor rendimiento energético en el proyecto estaremos haciendo un uso eficiente de la energía, lo que actualmente se conoce como eficiencia energética.

En zonas urbanas se suele hacer uso de sistemas de aire acondicionado para obtener condiciones de confort, pero demandan grandes consumos energéticos, esta solución no puede ser aplicada para zonas rurales donde la población tiene un consumo energético limitado por los costos que le genera. De lo antes mencionado, se deduce que no se aplica el concepto de eficiencia energética.

Se pueden mencionar algunas estrategias pasivas que contribuyen a dotar las condiciones de confort térmico a un espacio según Baker. (Baker, N., & Steemers, K. 2003, p.18-p.23)

- Ganancias solares útiles y masa térmica
- Balanza térmica del acristalamiento
- Orientación y sombra
- Aislamiento y puentes fríos

2.3.3 Climatización

La normativa española RITE, la define como “dar a un espacio cerrado las condiciones de °T, humedad relativa, calidad del aire y a veces también presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas”

La climatización se puede lograr a través de 2 sistemas, sistemas pasivos y sistemas activos.

2.3.3.1 Sistemas pasivos

Este sistema se fundamenta en el control de las variables climáticas en el interior de los edificios mediante el uso racional de las formas y de los materiales utilizados en arquitectura, repercutiendo fundamentalmente en la radiación solar, facilitando o limitando su incidencia y utilizando los aislamientos y la inercia térmica de los materiales como sistemas de control y amortiguamiento térmico. (Celis, 2000).

Los sistemas pasivos son conocidos también conocidos como sistemas solares pasivos, climatización pasiva, arquitectura solar pasiva.

- Sistemas solares pasivos.- Los sistemas solares pasivos son parte integrante del diseño del edificio y tratan de captar y acumular el calor proveniente de la energía del sol. En la arquitectura bioclimática se utilizan para amortiguar la variación de temperatura interior respecto de la exterior, sistemas simples que acumulen calor y luego lo cedan al ambiente interior, cuando en el exterior la temperatura baja. (Perlín J., 2005)
- Climatización pasiva.- La llamada "climatización pasiva" consiste en gestionar la temperatura interior de nuestra casa sin gastar un ápice de energía externa. Se trata simplemente de actuar sobre la "piel" de nuestra casa, especialmente sus puertas y ventanas. (Construmatica, 2015)

- La Arquitectura Solar Pasiva.- 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. Como resultado, se minimiza el uso de la tecnología solar activa, las energías renovables y sobre todo, las tecnologías basadas en combustibles fósiles. (Wikipedia, 2016)

La arquitectura bioclimática es parte de este sistema, esta terminología se le refiere aquellas soluciones arquitectónicas que aplican estrategias y técnicas bioclimáticas.

1. Estrategias bioclimáticas

Se las denomina de esta manera a: “Las estrategias que tengan en cuenta las condiciones climáticas del lugar y su interacción con el medio ambiente, proporcionando la adecuación de la vivienda para el clima, por lo general se designarán como Estrategias Bioclimáticas. Ellas son, básicamente, las normas generales que tienen por objeto orientar el diseño de la vivienda que se aprovechan de las condiciones meteorológicas de cada lugar. Estas estrategias pueden acercar a la vivienda al confort y reducir así su consumo energético”. (Molina, 2016)

“Las estrategias bioclimáticas son un conjunto de normas o medidas de carácter general para influir en la forma de la construcción, así como sus procesos, sistemas y componentes de construcción. Estrategias para la adopción de un determinado edificio o proyecto deben ser seleccionados; teniendo en cuenta el clima, la función de construcción local específico y por lo tanto el modo de ocupación y funcionamiento de la misma, con el fin de promover un buen rendimiento en términos de adaptación al cambio climático” (Gonçalves & Mariz Graça, 2004).

Gonçalves & Mariz Graça recomiendan las siguientes estrategias para climas fríos:



Figura. 07 Estrategias bioclimáticas para un clima frío.
(Fuente: Gonçalves & Mariz Graça, 2004) 2003, p.03)

II. Técnicas bioclimáticas

Espinoza (2014) sostiene que un indicador bioclimático nos dice “qué hacer”, no nos dice “cómo hacerlo”. El “cómo hacer” es la técnica o componente bioclimática que se aplicará para que se cumpla la estrategia. El resultado de la estrategia es calentar el ambiente; la técnica o componente bioclimático será el medio a través del cual se logra ese calentamiento.

El aprovechamiento de indicadores bioclimáticos para el ambiente interior y para el ambiente exterior, determinan las estrategias bioclimáticas adecuadas para alcanzar el confort térmico. A través de la interpretación de las estrategias bioclimáticas se crearán las respectivas técnicas o componentes bioclimáticos que se instalarán en la edificación con la finalidad de proveer comodidad térmica a sus ocupantes.

Existen varias técnicas bioclimáticas de calentamiento, pero las más destacadas son el uso de claraboyas, invernaderos adosados y muros trombe, las cuales utilizan el calentamiento solar pasivo. Otras técnicas son el aislamiento de techos y pisos, utilización del vidrio doble en ventanas, el uso de la madera en puertas, contraventanas y marcos de las ventanas, materiales con alta inercia térmica en muros como el adobe y la implementación de esclusas delante de las puertas exteriores. (Molina, 2016)

En el Perú se tiene estudios de algunas técnicas bioclimáticas para zonas alto andinas, las cuales se citan en el libro *Abrigando hogares*. (GIZ, 2015)

Las técnicas bioclimáticas que se recomiendan utilizar en el libro son:

- El cielo raso aislante ubicada por debajo del techo que crea una cámara de aire que aísla del frío, utilizando triplay o arpillera, con la colocación de paja o ichu en la cámara de aire. Una variación consiste en una estructura y tejido de carrizo con acabado en enlucido de yeso.
- Aislamiento térmico de techos se realizaron con diferentes materiales: (1) calamina metálica, colchonetas de lana de oveja y planchas de fibrocemento; (2) plancha de fibrocemento, plástico polietileno, paja, tela gruesa y aire estanco; (3) calamina metálica, aire estanco y calamina metálica, (4) plancha de fibrocemento, barro con paja, plástico polietileno y caña bambú; (5) calamina metálica y colchón de totora; (6) calamina metálica, plancha de técnopor y planchas de triplay.

- Aislamiento térmico de muros: (1) muros de adobe; (2) doble muro de adobe - muro de adobe más capa de aire más muro de adobe; (3) muros de piedra aislados con barro, paja y colchón de totora.
- Aislamiento de pisos: (1) capa de piedra 10cm, aire de 5cm y madera; (2) capa de piedras, mortero de barro, durmientes de madera, tablas de madera, (3) plástico, durmientes de madera, planchas de tecnopor, tablas de madera; (4) capa de concreto de 10 cm y capa de cemento pulido de 2,5cm.
- Captación de calor: (1) claraboya en el techo con protección de triplay para las noches materiales usuales son el policarbonato alveolar y policarbonato ondulado; (2) fitotoldos o invernaderos adosados, con muro de adobe o plástico y cubierta en el techo de plástico polietileno con protección UV o policarbonato.

2.3.3.2 Sistemas activos

Se les denomina así, a los sistemas que aplican directamente las nuevas tecnologías de aprovechamiento de las energías renovables, como la solar, la energía eólica, geotérmica o la biomasa. Donde se aplican las más rentables en cuanto a costo beneficio. También se consideran sistemas activos aquellos sistemas de ahorro energético de equipos tradicionales y aquellos sistemas de control ambiental que necesitan de un gasto inicial de energía para su correcto funcionamiento. (Celis, 2000).

Son artefactos mecánicos que complementan la construcción bioclimática y permiten captar las energías del entorno con un mayor aprovechamiento y un mínimo consumo energético. Se les considera una mejora de los sistemas pasivos de radiación solar. (García L. 2012).

2.3.4 Energías renovables

Las energías renovables son fuentes de energía limpia, inagotable y crecientemente competitiva. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta, pero sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero –causantes del cambio climático- ni emisiones contaminantes. Además, sus costes evolucionan a la baja de forma sostenida, mientras que la tendencia general de costes de los combustibles fósiles es la opuesta, al margen de su volatilidad coyuntural. (ACCIONA, 2018)

2.3.4.1 Eólica

La Energía eólica es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire al desplazarse de áreas de alta presión hacia áreas de baja presión y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

En la actualidad, este tipo de energía es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante dispositivos llamados aerogeneradores que transforman la energía cinética del viento en energía eléctrica. (FUNDACION ENERGIZER, 2017)

Según el Atlas Eólico del Perú, publicado en el marco del proyecto gubernamental de electrificación rural Foner, el Perú tiene un potencial de generación eólica aprovechable de 22GW, donde de las 25 regiones del país, 9 fueron identificadas por tener potencial eólico: Ica (9,14GW), Piura (7,55GW), Cajamarca (3,45GW), Arequipa (1,16GW), Lambayeque (564MW), La Libertad (282MW), Lima (156MW), Ancash (138MW) y Amazonas (6MW).

2.3.4.2 Solar

La energía solar es la energía obtenida del sol a partir de la captación de sus radiaciones, como son la luz y el calor. Cada año el sol arroja 4 mil veces más energía que la que consumimos, por lo que su potencial es prácticamente ilimitado.

La intensidad de energía disponible en un punto determinado de la tierra depende del día del año, de la hora, de la latitud y de las condiciones atmosféricas. (FUNDACION ENERGIZER, 2017)

En el Perú, según los estudios del ministerio de energía y minas, el potencial de la energía solar es uniforme durante todo el año, manteniendo un margen de +/- 20 % del promedio anual, lo cual es suficientemente alta y uniforme en comparación con otros países. (Ministerio de energía y minas, 2011)

2.3.4.3 Geotérmica

El ministerio de energía y minas del Perú menciona que el calor es una forma de energía y la energía geotérmica es el calor contenido en el interior de la Tierra que puede o podría ser recuperado y explotado por el hombre.

En el Perú el Ingemet ha identificado 6 áreas geotérmicas, Cajamarca - La Libertad, Huaraz, Churín, Central, Eje Volcánico Sur, Cuzco – Puno y afirma que la mayoría de los

campos de mejores características geotérmicas se encuentran dentro de la región volcánica en la parte sur del Perú. (Ministerio de energía y minas, 2011)

2.3.4.4 Aprovechamiento de energías renovables.

El aprovechamiento de las energías limpias a nivel mundial, es una situación altamente beneficiosa para el planeta y por ende la humanidad. Para un uso adecuado y aplicable de un tipo de energía renovable en un sector específico, debemos considerar las ventajas, desventajas, demanda de energía y desarrollo tecnológico.

A continuación, mostramos un cuadro comparativo en el que se mencionan las energías renovables más aplicadas para climatizar viviendas.

Tabla 02: Energías aprovechables en la vivienda

	GEOTÉRMICA	SOLAR
CARACTERÍSTICA	La intensidad de energía a pocos metros de profundidad, permanece con una temperatura relativamente estable entre 7 y 13°C. (Llopis G. & Rodrigo V. 2008)	La intensidad de energía depende del día del año, de la hora, de la latitud y de las condiciones atmosféricas. (FUNDACION ENERGIZER, 2017)
VENTAJAS	Energías de bajo impacto ambiental Energías inagotables Energía de bajo costo con retorno de inversión	
DESVENTAJAS	No se tiene mucho conocimiento del uso de este tipo de energías.	La orientación de la vivienda juega un papel fundamental para el aprovechamiento de esta energía
DEMANDA DE ENERGIA PARA SU EXTRACCION	Mínima Se necesita: captadores de energía térmica a través de tuberías conductoras y una bomba de calor.	Mínima Se necesita: captadores de radiación y tuberías conductoras de calor.
DESARROLLO TECNOLÓGICO	En el Perú actualmente no se tienen proyectos con aprovechamiento de este tipo de energía para mejorar las condiciones de confort térmico en la vivienda.	En el Perú se han desarrollado varios proyectos con aprovechamiento de este tipo de energía para mejorar las condiciones de confort térmico en la vivienda.
POTENCIAL ENERGETICO EN PERÚ	Cajamarca - La Libertad, Huaraz, Churín, Central, Eje Volcánico Sur, Cuzco – Puno y afirma que la mayoría de los campos de mejores características geotérmicas se encuentran dentro de la región volcánica en la parte sur del Perú. (Ministerio de energía y minas, 2011)	El potencial de la energía solar es uniforme durante todo el año, manteniendo un margen de +/- 20 % del promedio anual, lo cual es suficientemente alta y uniforme en comparación con otros países. Ministerio de energía y minas, 2011)

Baker refiere que el uso adecuado de estrategias en el diseño arquitectónico contribuye a mejorar un rendimiento energético adecuado, a través del uso de soluciones pasivas como iluminación natural y ventilación natural.

Con base en lo mencionado, la gestión adecuada y organizada de las estrategias en el diseño arquitectónico con las estrategias de aprovechamiento de energías renovables para

climatizar contribuirá a mejorar las condiciones de confort y rendimiento energético dentro de la vivienda.

Como se observa en el análisis y recolección de información, existen varias fuentes de energías renovables, para esta investigación se consideran el aprovechamiento de energía solar pasiva y geotérmica para estrategias de climatización activas.

2.3.5 Transferencia de calor

El calor tiene 3 formas de transmitirse principalmente: conducción, convección, y radiación. La transferencia de calor ocurre por la interacción entre una edificación, un ocupante, factores ambientales externos como se evidencia en la siguiente imagen.

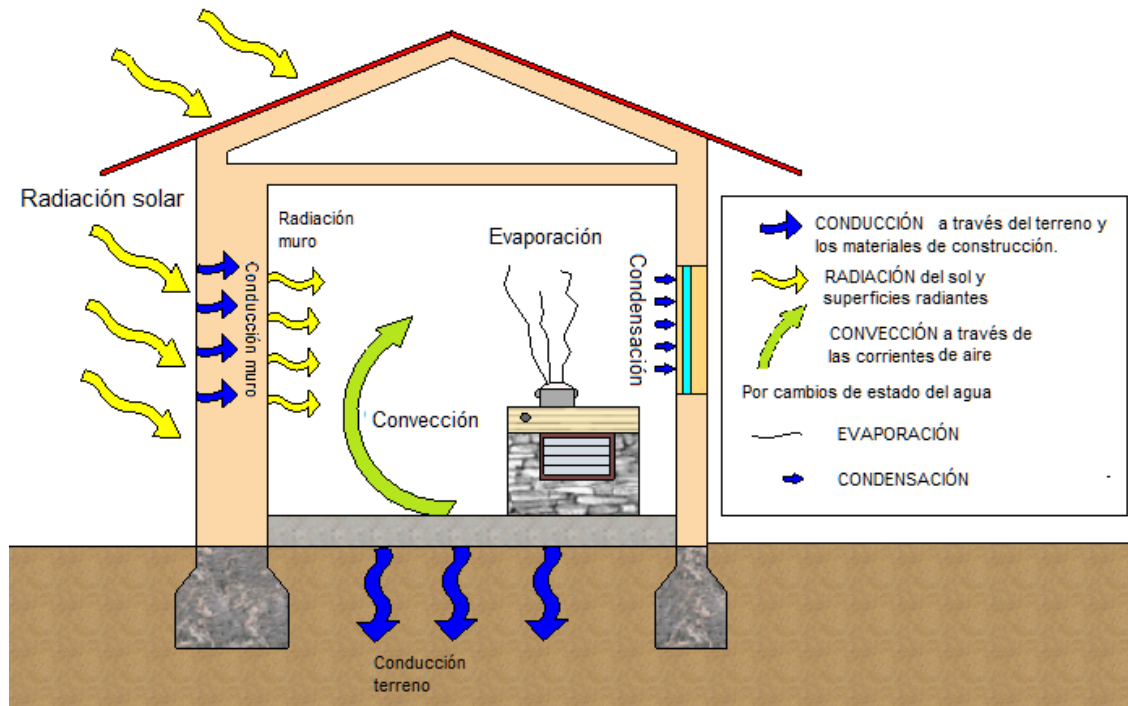


Figura 08. Modos de transmisión de calor en los edificios.

(Fuente: García, 2008)

2.3.5.1 Transferencia de calor por conducción

La conducción se considera como la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas (Incropera, 1999).

La rapidez o razón de la conducción \dot{Q}_{cond} [W], de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material de que esté hecho, así como de la diferencia de temperatura a través de él. Considere una conducción de estado estacionario de calor a través de una pared plana grande de espesor e [m] y área A [m²], como se muestra en la figura 7.

La diferencia de temperatura de uno a otro lado de la pared es $\Delta T = T_2 - T_1$, la rapidez de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de ésta y al área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa, como se expresa en la ecuación 2. La constante de proporcionalidad, k [W/m·°C], es una propiedad de transporte conocida como conductividad térmica y es una característica del material de la pared. El signo menos es una consecuencia del hecho de que el calor se transfiere en la dirección de la temperatura decreciente (Cengel, 2007).

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{T_2 - T_1}{e} \quad (2)$$

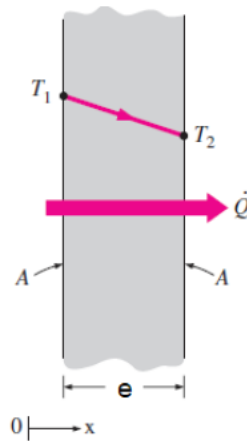


Figura 09. Conducción de calor a través de una pared plana de espesor y área A .
(Fuente: Cengel, 2007)

2.3.5.2 *Transferencia de calor por convección*

Es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección (Cengel, 2007).

La rapidez de la transferencia de calor por convección \dot{Q}_{conv} [W] es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la ley de Newton del enfriamiento como se indica en la ecuación 3, donde h_c [W/m²°C], es una constante de proporcionalidad denominada coeficiente de transferencia de calor por convección, A_s [m²] es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección, T_s [°C] es la temperatura de la superficie y T_∞ [°C] es la temperatura del fluido suficientemente alejado de esta superficie. El coeficiente de transferencia de calor por convección h_c no es una propiedad del fluido. Es un parámetro que se determina en forma experimental y cuyo valor depende de todas las variables que influyen sobre la convección como la configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido, las propiedades de éste y la velocidad masiva del mismo

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = h_c A_s (T_s - T_\infty) \quad (3)$$

2.3.5.3 *Transferencia de calor por radiación*

La radiación térmica es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita. Sin importar la forma de la materia, la radiación se puede atribuir a cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constitutivos. La energía del campo de radiación es transportada por ondas electromagnéticas (o alternativamente, fotones). Mientras la transferencia de energía por conducción o por convección requiere la presencia de un medio material, la radiación no lo precisa. (Incropera, 1999).

La razón máxima de la radiación $\dot{Q}_{\text{emitida.máx}}$ que se puede emitir desde una superficie a una temperatura T_s (en K) es expresada por la ley de Stefan- Boltzmann como se indica en la ecuación 4, donde $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ es la constante de Stefan Boltzmann, T_s es la temperatura absoluta [K] de la superficie y A_s [m²] es el área de la superficie.

$$\dot{Q}_{\text{emitida.máx}} = \sigma A_s T_s^4 \quad (4)$$

La superficie idealizada que emite radiación a esta razón máxima se llama cuerpo negro y la radiación emitida por éste es la radiación del cuerpo negro La radiación emitida por todas las superficies reales es menor que la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura y

se determina con la ecuación 5, donde ε es la emisividad de la superficie ($0 \leq \varepsilon \leq 1$), medida de cuán próxima está una superficie de ser un cuerpo negro, para el cual $\varepsilon=1$.

$$\dot{Q}_{emitida} = \varepsilon \sigma A_S T^4_S \quad (5)$$

Otra importante propiedad relativa a la radiación de una superficie es su absorptividad α , la cual es la fracción de la energía de radiación incidente sobre una superficie que es absorbida por ésta. Su valor está en el intervalo $0 \leq \alpha \leq 1$. Un cuerpo negro absorbe toda la radiación incidente sobre él ($\alpha=1$).

En general, tanto ε como α de una superficie dependen de la temperatura y de la longitud de onda de la radiación. La ley de Kirchhoff de la radiación afirma que la emisividad y la absorptividad de una superficie a una temperatura y longitud de onda dadas son iguales. En muchas aplicaciones prácticas, las temperaturas de la superficie y de la fuente de radiación incidente son del mismo orden de magnitud, y la absorptividad promedio de una superficie se considera igual a su emisividad promedio. La razón a la cual una superficie absorbe la radiación se determina a partir de la ecuación 6, donde $\dot{Q}_{incidente}$ es la razón a la cual la radiación incide sobre la superficie y α es la absorptividad de la superficie.

$$\dot{Q}_{emitida} = \alpha \dot{Q}_{incidente} \quad (6)$$

2.3.6 Propiedades térmicas de los materiales

Conductividad térmica k [W/m·°C], cantidad de energía que atraviesa una superficie de 1m² y espesor de 1m, cuando las temperaturas a ambos lados difieren en 1°C (Turegano, *et al.*, 2003).

Resistencia térmica R [m² · °C/W] es la dificultad que encuentra en un material el calor a la hora de transmitirse por el interior del material. A través de un medio homogéneo la resistencia térmica se relaciona directamente con el grosor del material, ecuación 7, donde e [m] es el grosor del material y k [W/m·°C] la conductividad térmica.

$$R = \frac{e}{k} \quad (7)$$

Difusividad térmica a [m^2/s] expresa la capacidad de un material para transmitir una variación de temperatura. Si sobre una pared muy absorbente, hay gran incidencia de radiación solar, la temperatura de la cara externa de esta pared aumenta significativamente. Si la pared tuviera difusividad térmica grande, rápidamente habrá un aumento de la temperatura en la cara interna (lo que aumentará la temperatura del aire interior). Un bajo valor de a consigue retardar en muchas horas el aumento de la temperatura de la cara interna de la pared. La ecuación 8 permite determinar el valor de a, donde k [$W/m \cdot ^\circ C$] es la conductividad térmica, ρ [kg/m^3] es la densidad y C_e [$J \cdot kg/^\circ C$] es la calor específico del material (Incropera, 1999)

$$a = \frac{k}{\rho \cdot C_e} \quad (8)$$

Efusividad térmica b [$W \cdot s^{0.5} / (m^2 \cdot K)$], expresa la capacidad de un material para absorber o restituir un flujo de calor o potencia térmica. La efusividad térmica de un material homogéneo se define como la raíz cuadrada del producto de la conductividad térmica k, la densidad ρ y el calor específico C_e . Se calcula con la ecuación 9.

$$b = \sqrt{k \cdot \rho \cdot C_e} \quad (9)$$

Tiempo de desfase de la onda térmica Δt [s], es el tiempo que tarda la onda de calor en atravesar una superficie.

Amortiguamiento térmico γ , es la relación entre el valor de la amplitud máxima en la superficie interior respecto a la amplitud máxima en la superficie exterior. Durante el lento proceso de conducción del calor a través del muro, las condiciones exteriores cambian, esto provoca que parte del calor que se había acumulado dentro del muro encuentre una salida térmicamente razonable hacia el exterior, produciéndose un rebote de la onda de calor. A esto se le denomina amortiguación de la onda térmica.

Una relación para la estimación del desfase y amortiguamiento de la onda de calor a través de paredes, se analiza con la ecuación de transferencia de calor unidimensional por conducción en estado no estacionario. Así, las ecuaciones 10 y 11 permiten determinar el

tiempo de desfase térmico Δt [s] y amortiguamiento térmico a través de una pared, respectivamente. Donde e es el espesor de la pared, a es la difusividad térmica, P es el periodo ($P = 24h$) y ω es la frecuencia ($\omega = 2\pi/P$). Los desfases mayores se obtienen para los materiales más densos y con mayor espesor, con el calor específico alto y una baja conductividad térmica (Monroy, 1995).

$$\Delta t = \sqrt{\frac{1}{2\omega a}} e = 0.28L \sqrt{\frac{P}{a}} = 82,918 e \sqrt{\frac{1}{a}} \quad (10)$$

$$\gamma = \exp\left[-e \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right] = \exp\left[-e \sqrt{\frac{\pi}{P \cdot a}}\right] \quad (11)$$

Tabla 03. Propiedades térmicas para una pared de adobe de 40 cm.

Propiedad	Pared de adobe de 0,40m
Difusividad térmica	$6,45 \times 10^{-7} m^2/s$
Desfase térmico	11,46h
Amortiguamiento térmico	0,05=5%

(Molina, 2016)

Aplicando las ecuaciones 8, 10 y 11, se calcula la difusividad, desfase y amortiguamiento de una pared de adobe de 40cm (valores mostrados en la tabla 3), como resultado después de 11,46h se siente los efectos de la temperatura exterior en el interior. Para una pared de similar espesor, sólo el 5% de calor logra a travesar la pared, el resto es devuelto al exterior. (Molina, 2016)

2.3.7 Transferencia de calor en la vivienda

Pérdidas y ganancias de calor en una vivienda

En términos generales, las condiciones térmicas de un edificio dependen de la magnitud de las pérdidas y ganancias de calor que está teniendo en un momento dado. La vivienda tenderá a calentarse cuando las ganancias de calor sean mayores que las pérdidas, y a enfriarse en la situación contraria (Sol-arq, s.f.).

Las principales fuentes de ganancias y/o pérdidas de calor de un edificio son internas, solares, conducción y ventilación. En los siguientes párrafos se establece los procedimientos generales para calcular esos valores.

Las principales fuentes de ganancias y/o pérdidas de calor de un edificio son internas, solares, conducción y ventilación. En los siguientes párrafos se establece los procedimientos generales para calcular esos valores.

2.3.7.1 Ganancias internas

Se denominan ganancias internas a la cantidad de calor que se produce al interior de un local emitido por los ocupantes, la iluminación, aparatos diversos, motores, entre otros.

□ Ganancia de calor por los ocupantes. Los ocupantes del local disipan calor a través de la epidermis. Cuya intensidad es variable según el individuo y la actividad que desarrolla (Díaz, 2005).

□ Ganancias de calor por iluminación. La iluminación constituye una fuente de calor (Díaz, 2005).

□ Ganancias de calor por otras fuentes. Es necesario conocer sus características y tiempo de funcionamiento de los aparatos eléctricos emiten calor.

2.3.7.2 Ganancias o pérdidas de energía en la vivienda

a. Por conducción y convección





Cuando existen flujos de calor a través de la envolvente de la vivienda (muros, cubiertas y suelos) dependiendo del sentido de dichos flujos, se tiene pérdidas o ganancias de calor. La ecuación 12 permite cuantificar la rapidez de transferencia de calor a través de una superficie plana como muros, piso, techo, entre otros. Donde $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$ es el coeficiente global de transferencia de calor, $A [m^2]$ es el área de la superficie y $\Delta T [^\circ C]$ es la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior. El coeficiente U se calcula con la ecuación 13, e_i y k_i representan el espesor y conductividad térmica de los materiales que componen la superficie, respectivamente, $1/h_e$ es la resistencia superficial exterior y $1/h_i$ es la resistencia superficial interior. La tabla 3 muestra los valores característicos de los materiales de la pared.

$$\dot{Q}_C = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (12)$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_i} \quad (13)$$

Tabla 04. Resistencias térmicas superficiales $1/h_i+1/h_e$ [$m^2 \cdot ^\circ C/W$].

(Fuente: EM110, 2014)

Posición del cerramiento		Resistencia superficial		
		$R_{si}=1/h_i$	$R_{se}=1/h_e$	$1/h_i+1/h_e$
Cerramiento vertical o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,11	0,06	0,17
Cerramiento horizontales o con pendiente sobre la horizontal $<60^\circ$		0,17* 0,09**	0,05	0,22* 0,14**
Para pisos sin cámara de aire		0,17* 0,09**	0,17* 0,09**	0,34* 0,18**

R_{si} y R_{se} es la resistencia superficial interior y exterior, respectivamente.

(*) Para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

(**) Para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.

b. Por renovación de aire

El calor perdido por unidad de tiempo por renovación de aire puede ser estimada por las ecuaciones 14 y 15, donde $\dot{m}_{\text{renovación}}$ es el flujo de masa de aire (ecuación 14), N representa el número de cambios de aire por hora ($N=1$), V_{aire} es el volumen de la habitación, $C_{e_{\text{aire}}} = 1006,5 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ es el calor específico del aire, y ρ_{aire} es la densidad del aire, para condiciones de altura (3700msnm) $\rho_{\text{aire}} = 0,798 \text{ kg/m}^3$, T_{interior} y T_{exterior} son las temperaturas al interior de la vivienda y el ambiente exterior, respectivamente (CER-UNI, 2009).

$$\dot{Q}_{\text{renovación}} = \dot{m}_{\text{renovación}} \cdot C_{e_{\text{aire}}} \cdot (T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}}) \quad (14)$$

$$\dot{m}_{\text{renovación}} = \frac{N \cdot V_{\text{aire}} \cdot \rho_{\text{aire}}}{1 \text{ hora}} \quad (15)$$

$$\dot{Q}_{\text{renovación}} = 0,223N \cdot V_{\text{aire}} \cdot (T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}}) \quad (14)$$

2.3.7.3 Calor a través de las fuerzas que originan la ventilación natural

La relación que describe el flujo de aire a través de una grande abertura intencional se basa en la ecuación de Bernoulli, con flujo incompresible estable. La forma general que incluye Stack, el viento y las presiones de ventilación mecánica a través de la apertura (ASHRAE, 2013) está dada por ecuación 16.

$$\dot{V} = A \cdot C_D \cdot \sqrt{2 \Delta p / \rho_{aire}} \quad (16)$$

Donde \dot{V} [m³/s] es el caudal del flujo de aire, A [m²] es el área de la abertura, ρ_{aire} [kg/m³] es la densidad del aire, Δp [Pa] diferencia de presión a través de la abertura. C_D es el coeficiente de descarga de la apertura, un número adimensional que depende de la geometría de la abertura y el número de Reynolds (ASHRAE, 2013).

La rapidez de transferencia de calor que ingresa o sale de una habitación a través de las aberturas se calcula utilizando ecuación 17. Donde \dot{V} [m³/s] es el caudal de aire que ingresa o sale, $C_{e,aire}$ [J/kg·°C] es el calor específico del aire, ρ_{aire} es la densidad del aire, $T_{interior}$ es la temperatura de la habitación y $T_{exterior}$ la temperatura del ambiente exterior (ASHRAE, 2013).

$$\dot{Q}_V = \dot{V} \cdot C_{e,aire} \cdot \rho_{aire} \cdot (T_{exterior} - T_{interior}) \quad (17)$$

a. Flujo causado solo por la diferencia de temperatura

El movimiento de aire por efecto Stack ocurre cuando las diferencias de temperaturas causan diferencias de densidad en el aire y provocan diferencias de presión entre el interior y el exterior. Cuando la temperatura interior del edificio es mayor que la externa, la distribución de presiones sobre el edificio puede tomar las formas mostradas en la figura 8 (Yarke, 2005).

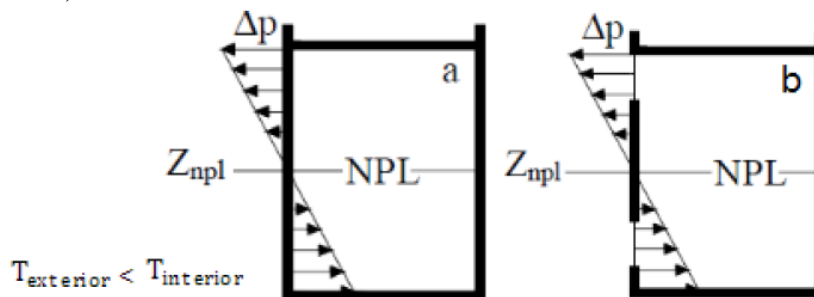


Figura 10. Distribución de la diferencia de presiones Stack Δp y posición del NPL para diferentes configuraciones de aberturas en ausencia del viento. (Fuente: Yarke, 2005).

En estos casos el aire fluye hacia dentro a través de las aberturas por debajo del nivel neutral de presión (NPL=neutral pressure level) y hacia fuera por encima de él. El nivel neutral de presión es la altura en la que las presiones interiores y exteriores se igualan. Z_{npl} es la distancia del NPL al nivel de referencia. En un edificio uniforme, con ausencia de viento el NPL se encuentra cerca de la mitad de la altura del edificio figura 8a. El tamaño y la posición de las aberturas determinan la ubicación del NPL figura 8b (Yarke, 2005).

El caudal de aire debido a la diferencia de temperaturas puede ser calculado por la ecuación 18. Donde \dot{V} [m³/s] es el caudal de aire, A [m²] es el área de la abertura, C_D es el coeficiente de descarga, $g = 9,8$ m/s² es la gravedad, ΔH_{NPL} [m] altura del punto medio de abertura inferior a NPL, $T_{interior}$ y $T_{exterior}$ temperatura interior y exterior [en kelvin]. La ecuación 18 es válida cuando $T_{exterior} > T_{interior}$. Sí $T_{exterior} < T_{interior}$, reemplazar $T_{interior}$ en el denominador con $T_{exterior}$ y reemplazar $T_{exterior} - T_{interior}$ en el numerador (ASHRAE, 2013).

$$\dot{V} = A \cdot C_D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H_{NPL} \cdot (T_{interior} - T_{exterior}) / T_{interior}} \quad (18)$$

Estimación de ΔH_{NPL} es difícil para los edificios con ventilación natural. Si una ventana o puerta representa una fracción grande (aproximadamente 90%) del área de abertura total en el sobre, entonces la NPL está en la mitad de la altura de dicha abertura, y ΔH_{NPL} es igual a la mitad de la altura de la abertura. Para esta condición, el flujo a través de la abertura es bidireccional (es decir, aire desde el lado más caliente fluye a través de la parte superior de la abertura, y aire desde el lado más frío fluye a través de la parte inferior). Según ASHRAE (2013), Kiel y Wilson en 1986 sugieren que el coeficiente de descarga del orificio se puede calcular según la ecuación 19 (temperatura en kelvin).

$$C_D = 0.40 + 0.0045 \times |T_{exterior} - T_{interior}| \quad (19)$$

Uno de los experimentos más serios realizados para el cálculo de C_D fue el de F.Flourentzou, J. Van der Maas y C.A.Roulet, quienes calcularon aproximado a 0,6 (Yarke, 2005).

b. Flujo causado solo por el viento

Aspectos de viento que afectan la tasa de ventilación incluyen la velocidad media, dirección predominante, la variación estacional y diaria de la velocidad y dirección, y

obstrucciones locales como los edificios cercanos, colinas, árboles y arbustos (ASHRAE, 2013).

La ecuación 20 muestra el caudal de aire $\dot{V} = [m^3/s]$ que debe ser forzada a ingresar través de aberturas de entrada por el viento o para determinar el tamaño adecuado de las aberturas para producir caudales de aire. Donde $A [m^2]$ es el área de la abertura, y $[m/s]$ es la velocidad del viento y C_v [adimensional] es la efectividad de aberturas. Se recomienda que C_v sea 0,25 para vientos diagonales (ASHRAE, 2013).

$$\dot{V} = A \cdot C_v \cdot v \quad (20)$$

Ganancias solares (\dot{Q}_s)

La radiación solar que incide sobre el edificio puede generar importantes ganancias de calor. Cuando éstas se dan a través de superficies opacas (muros y cubiertas, por ejemplo) se denominan indirectas, y cuando ocurren a través de superficies transparentes, como el vidrio, se llaman directas. En el método del balance térmico se recomienda calcular las ganancias indirectas por medio del parámetro temperatura sol-aire. Sin embargo en ocasiones puede resultar útil conocer las ganancias solares indirectas independientemente de la temperatura del aire exterior (Sol-arq, s.f.).

Transmisión de calor a través del acristalamiento

Cuando la radiación solar incide sobre un acristalamiento suceden varios fenómenos característicos. Una parte de la radiación solar es reflejada. Otra parte de la radiación solar penetra el vidrio y es absorbida, propiciando su calentamiento. Finalmente, la parte de la radiación que no es reflejada ni absorbida atraviesa el vidrio y es transmitida directamente al espacio interior (Sol-arq, s.f.).

En la mayoría de los ámbitos de análisis relacionados con los vidrios, la única propiedad térmica considerada es la conductividad () junto con el espesor del vidrio (), este parámetro se emplea para calcular el coeficiente global de transferencia de calor U de los sistemas de acristalamiento.

La transmitancia τ es un valor entre 0 a 1, es una propiedad óptica y expresa la cantidad de radiación solar que puede atravesar un vidrio, comparada con la radiación solar que incide sobre él.

El valor de la radiación solar unitaria a través del vidrio común depende de la latitud, de la hora del día, día del año y de la orientación del mismo. La componente de radiación directa origina ganancia de calor en el espacio acondicionado sólo cuando la ventana es atravesada por los rayos solares, mientras que la componente de radiación difusa origina ganancia de calor cualquiera que sea la posición de la ventana en relación con el sol (Díaz, 2005).

La magnitud de calor reflejada y transmitida depende del ángulo de incidencia (ángulo formado por la normal al cristal con la dirección de los rayos del sol). Cuando aumenta el ángulo de incidencia aumenta también el calor reflejado y disminuye el transmitido (Mazrai, 1983). La figura 9 muestra el factor de transferencia de un cristal según el ángulo de incidencia de los rayos solares.

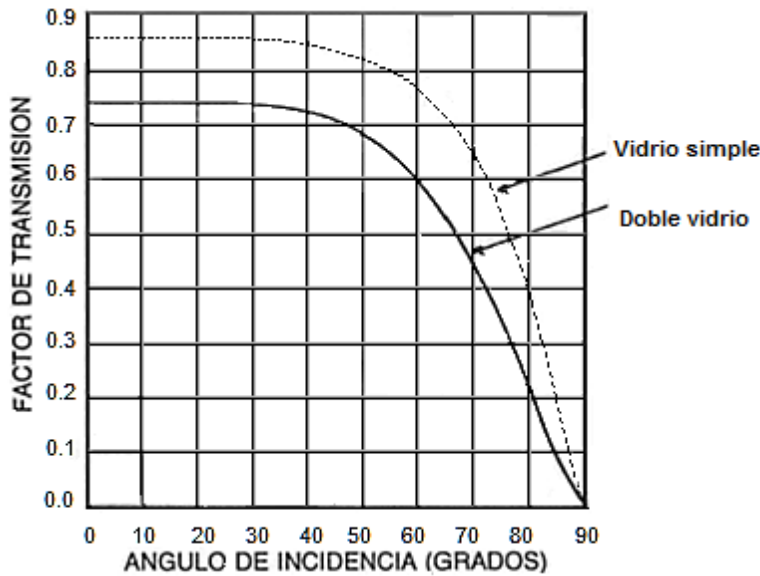


Figura 11. Factor de transmisión para un vidrio simple y doble vidrio respecto al ángulo de incidencia de los rayos solares. (Fuente: Mazrai, 1983)

La rapidez de transferencia de calor a través del acristalamiento (Q_{CT}) [W] se determina con la ecuación 21. Donde U_{CT} [W/m²·°C] es el coeficiente de transmisión de calor del acristalamiento, A_{CT} [m²] es la superficie del acristalamiento, ΔT [°C] es la diferencia de temperatura de los ambientes exterior e interior, G_D [W/m²] y G_d [W/m²] son el promedio diario de irradiación directa y difusa medias mensuales sobre la superficie acristalada, A_{cr-D} [m²] [m²] y , A_{cr-d} [m²] es la superficie de acristalamiento afectada por

la radiación solar directa y difusa, respectivamente, τ_1 y τ_2 son las transmitancias del acristalamiento para la radiación solar directa y difusa, respectivamente (Corrales, 2012b).

$$Q_{cr} = A_{cr} \cdot U_{cr} \cdot \Delta T + G_D \cdot A_{cr-D} \cdot \tau_1 + G_d \cdot A_{cr-d} \cdot \tau_2 \quad (21)$$

La transmitancia del acristalamiento para radiación solar directa (τ_1) depende del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie acristalada y del número de vidrios que conforman dicho acristalamiento. El ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre el acristalamiento (θ) se calcula mediante la ecuación 22, donde α [°] es el acimut del Sol, ψ [°] es el acimut de la pared, h [°] es la altura solar y β [°] es el ángulo de inclinación del muro respecto al plano horizontal para paredes verticales ($\beta = 90^\circ$). La declinación solar δ [°] se calcula con la ecuación 23, donde n es el número del día del año. De la ecuación 25, w [°] es el ángulo horario y HS es la hora solar. De la ecuación 26. ϕ [°] es la latitud del lugar (Duffie, 2006).

$$\cos \theta = \cos h \cdot \sin \beta \cdot \cos(\alpha - \psi) + \sin h \cdot \cos \beta \quad (22)$$

$$\theta = \arccos[\cos h \cdot \cos(\alpha - \psi)] \quad (22)$$

$$\delta = 23,45^\circ \times \sin\left(2\pi \frac{n-81}{365}\right) \quad (23)$$

$$w = 15^\circ (12 - HS) \quad (24)$$

$$h = \arcsen(\sin \phi \cdot \sin(\delta) + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos w) \quad (25)$$

$$\alpha = \arcsen\left(\frac{\cos \delta \cdot \sin w}{\cos h}\right) \quad (26)$$

La transmitancia de dicho acristalamiento para la radiación solar difusa (τ_2), depende exclusivamente del número de vidrios que conforman el acristalamiento y que generalmente se considera coincidente con el valor obtenido para τ_1 correspondiente al ángulo de incidencia de 58° . Entonces τ_2 es aproximadamente igual a 0,78 y 0,62 para vidrios simples y vidrios dobles, respectivamente (Corrales, 2012b).

2.3.5.2. *Temperatura sol-aire*

La temperatura sol-aire T_{sa} [°C] es aquella equivalente que combina los efectos de la temperatura caliente del aire y la radiación solar incidente. Tiene un valor más elevado que la temperatura del aire, y puede utilizarse para los cálculos de la rapidez de transferencia de calor cuando se trate de superficies que reciben la radiación solar (ASHRAE, 2013).

Con la ecuación 27 se calcula la temperatura sol-aire, donde α es la absorptancia de la superficie, G [W/m²] es la radiación solar incidente sobre la superficie, h_{r-c} [W/m²·°C] coeficiente de transferencia de calor por radiación de onda larga y de convección a la superficie exterior, T_{exterior} [°C] es la temperatura exterior, ε emitancia de la superficie y ΔR [W/m²] es la diferencia entre la radiación incidente de onda larga en la superficie del cielo y sus alrededores la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior.

$$T_{sa} = T_{\text{exterior}} + \frac{\alpha \cdot G}{h_{r-c}} - \frac{\varepsilon \cdot \Delta R}{h_{r-c}} \quad (27)$$

ASHRAE (2013, p. 18.22) cita a Bliss (1961), para superficies horizontales la radiación de onda larga recibida tienen un valor apropiado de $\Delta R = 63.05 \text{ W/m}^2$.

Debido a que las superficies verticales reciben la radiación de onda larga de la tierra y los edificios circundantes, así como desde el cielo, los valores ΔR son difíciles de determinar. Cuando la intensidad de radiación solar es elevada, superficies de objetos terrestres tienen generalmente una temperatura más alta que el aire exterior; por lo tanto, su radiación de onda larga compensa en cierta medida para baja emitancia del cielo. Por lo tanto, es una práctica común suponer $\Delta R = 0$ para superficies verticales (ASHRAE, 2013).

La temperatura sol-aire T_{sa} hora a hora para cualquier día del año para el techo es determinada por la ecuación 29 y para las paredes con la ecuación 30.

$$T_{sa}(\text{techo}) = \frac{1}{h_{r-c}} (\alpha \cdot G + 63.05 \cdot \varepsilon) + T_{\text{exterior}} \quad (28)$$

$$T_{sa}(\text{pared}) = \frac{\alpha \cdot G}{h_{r-c}} + T_{\text{exterior}} \quad (29)$$

ASHRAE sugiere ciertos valores para el término (0,15 para colores claros y 0,30 para los colores oscuros).

Balance de energía

La rapidez de transferencia de calor resultante de las pérdidas o las ganancias de calor se calcula con la ecuación 30. Reemplazando la rapidez de transferencia de calor por conducción, transmisión, ganancias interiores y ventilación resulta la ecuación 32, donde U_i [W/m²·°C] es el coeficiente global de transferencia del calor, A_i [m²] representa el área perpendicular al flujo de calor, T_{sai} [°C] es la temperatura sol-aire de cada componente de la vivienda, τ_i es la transmitancia térmica del acristalamiento, G_i [W/m²] es radiación solar incidente sobre el acristalamiento, P_i [W/m²] es el flujo ganado debido a ocupación o dispositivos eléctricos al interior de la vivienda, \dot{m} es el flujo de masa de aire, C_e [J/kg·°C] es el calor específico del aire, $T_{interior}$ es la temperatura al interior de la vivienda y $T_{exterior}$ es la temperatura exterior.

$$\dot{Q} = \dot{Q}_c + \dot{Q}_{cr} + \dot{Q}_{internas} + \dot{Q}_{renovación} \quad (30)$$

$$\dot{Q} = \sum U_i A_i (T_{sai} + T_{interior}) + \sum \tau_i A_i G_i + \sum P_i + \dot{m} C_e (T_{exterior} - T_{interior}) \quad (30)$$

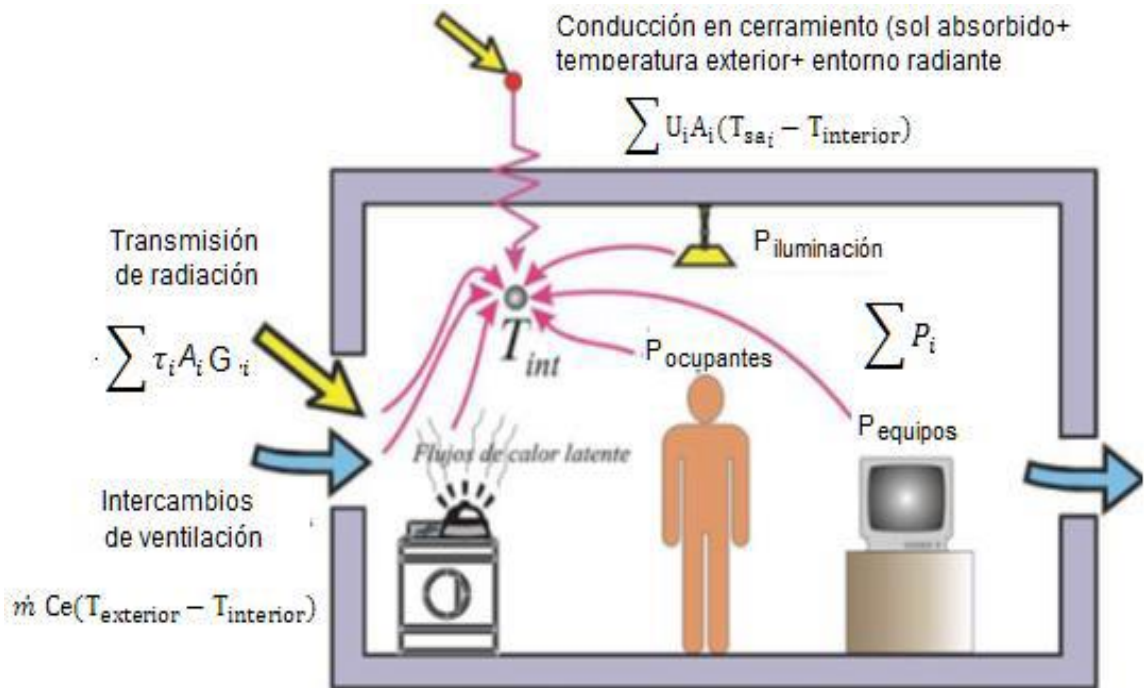


Figura 12. Flujos de calor en un local para régimen estacionario.

(Fuente: Corrales, 2012b).

2.4 Definición de términos básicos

Amortiguamiento térmico

Es la relación entre el valor de la amplitud máxima en la superficie interior respecto a la amplitud máxima en la superficie exterior, en esta interacción ocurre el efecto de un rebote de la onda de calor (Monroy, 1995).

Arquitectura Bioclimática

La arquitectura bioclimática es una arquitectura saludable, adecuada al entorno y al clima.

Entendida en términos conceptuales, se basa en la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, mantenidas durante el proceso del proyecto y ejecución de la obra. Parte del estudio de las condiciones climáticas y ambientales, y de la adecuación del diseño arquitectónico para protegerse y/o utilizar los distintos procesos naturales. (Celis, 2000).

Arquitectura Pasiva

Diseño arquitectónico de edificios teniendo en cuenta el aprovechamiento de la energía solar lo que permite prescindir de la energía auxiliar, como por ejemplo el aire acondicionado. Dentro de estos sistemas se pueden enumerar los siguientes:

- Sistema de ganancia directa
- Muro colector acumulador
- Invernadero adosado
- Cubierta estanque

Estos sistemas además, pueden dividirse en directos o indirectos según la incidencia de los rayos solares en el local a acondicionar, de esta manera la ganancia directa es un sistema de aprovechamiento solar pasivo-directo ya que la energía proveniente del sol incide directamente en el ambiente. Así mismo, el muro colector-acumulador o la cubierta estanque son sistemas de aprovechamiento solar pasivo-indirectos debido a que la energía solar primero se acumula en un elemento captador antes de distribuirse en el ambiente. (Construmatica, 2015)

Arquitectura Popular

El adjetivo “popular”, que se le añade, significa “perteneciente o relativo al pueblo” o “que es peculiar del pueblo o procede de él” según las dos primeras acepciones del diccionario de la "Real Academia de la Lengua". Esto coincide con la definición de Carlos Flores, que sostiene que la arquitectura popular es “el arte y la técnica de proyectar, construir y transformar el entorno vital de este grupo social que hemos llamado el pueblo, realizándose todo ello, por individuos salidos del propio grupo”. Si hubiera que explicar el concepto de forma coloquial se podría decir que se trata de la arquitectura del pueblo, para el pueblo y por el pueblo (Oliver, P., 1978), siendo especialmente significativo el último de estos aspectos, referido a la autoría no profesional de la misma.

Bioclimática

Bio: significa respeto por la vida, hacia las personas que habitan en su interior (protege su salud) y hacia el medio ambiente (no contaminante).

Climática: se adapta a las condiciones ambientales de cada lugar, respeta los recursos naturales y se aprovecha de ellos. (Asociación peruana de energía solar, 2012)

Características sociales

Cualidades que permiten identificar algo o alguien de sus semejantes, desde un concepto sociológico referido a las relaciones que se establecen en una comunidad. (Real Academia Española, 2017 & Émile Durkheim, 1900)

Características culturales

Cualidades que permiten identificar algo o alguien de sus semejantes, referido a la información transmitida por aprendizaje social entre animales de la misma especie. (Real Academia Española, 2017 & Jesús Mosterín 1993,2009)

Características ambientales

Cualidades que permiten identificar algo o alguien de sus semejantes, referido a conjunto de condiciones o circunstancias físicas, sociales, económicas, etc. Que rodea algo o a alguien como elemento de su entorno (Real Academia Española, 2017)

Climatización Sostenible

La climatización sostenible sería aquella que utiliza los más estrictos parámetros de eficiencia energética; lo ideal sería incluso, utilizar únicamente energías renovables, y la panacea absoluta, es el aprovechamiento de la energía solar para producir aire acondicionado. (La casa sostenible, 2015)

Climatización pasiva

Sistema que se caracteriza por gestionar y controlar la temperatura interior sin gastar un ápice de energía externa, donde se actúa sobre la piel y diseño del edificio. (Celis, 2000)

Climatización activa

Sistema que se caracteriza por captar y aprovechar energías renovables a través de artefactos o nuevas tecnologías. Estos sistemas son una mejora de los sistemas pasivos. (García 2012 & Celis, 2000)

Confort

Condiciones materiales que proporcionan bienestar o comodidad. (Diccionario Oxford, 2016)

Conductividad térmica.

Es la propiedad física de los materiales que mide su capacidad de conducción de calor, esta propiedad permite comparar el comportamiento térmico de los materiales. (IVE, 2015)

Confort Térmico

Es una sensación térmica neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. (Ley de confort térmico y lumínico Perú, 2014)

Es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico. (UNE-EN.2007)

Desfase térmico

Es el tiempo que tarda la onda de calor en atravesar una superficie. (Incropera, 1999)

Difusividad térmica

Expresa la capacidad de un material para transmitir una variación de temperatura. (Incropera, 1999)

Estrategia de climatización

El término estrategias se refiere a la definición de las acciones óptimas para la consecución de un fin, basadas en ciertas reglas, principios o directrices que ayuden a tomar las decisiones correctas. En el caso del diseño bioclimático, las estrategias están enfocadas a cumplir los objetivos fundamentales de la arquitectura:

1. Crear espacios habitables que cumplan con una finalidad funcional y expresiva, que propicien el desarrollo integral del hombre. Evidentemente para cumplir este objetivo, los espacios deben ser saludables y confortables.
2. Hacer un uso eficiente de la energía y los recursos; Tendiendo hacia la autosuficiencia de las edificaciones en la medida de lo posible.
3. Preservar y mejorar el medio ambiente. (Fuentes V. 2004. p. 75)

Energía Geotérmica

Es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la tierra.

Geotermia

Geotermia es una palabra de origen griego, deriva de geos que quiere decir tierra y de thermos que significa calor: el calor de la tierra. Es la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta. (Cabezas, 2013).

Radiación solar

La **radiación solar** es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. (Méndez, 2010)

Resistencia térmica

Es la propiedad física de los materiales que mide la capacidad de oponerse a un flujo de calor. Se aplica para determinar la capacidad de aislamiento térmico de los materiales. (IVE, 2015)

Temperatura atmosférica

Se llama temperatura atmosférica a uno de los elementos constitutivos del clima que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas. (Glosario de terminología normalizada utilizada en Climatología. 2016)

Transmitancia térmica

Es la propiedad física de los materiales que mide la cantidad de energía que atraviesa un elemento por unidad de tiempo. Se aplica para el cálculo de pérdidas o ganancias de energía. (IVE, 2015)

2.5 Fundamentos teóricos y/o mapa conceptual

Una vez analizada la información teórica científica se puede afirmar que la climatización de un espacio no está determinado por una estrategia sino por varias. Dentro de las cuales se pueden considerar estrategias con sistemas pasivos y/o activos con aprovechamiento de energías renovables según el potencial energético de cada lugar.

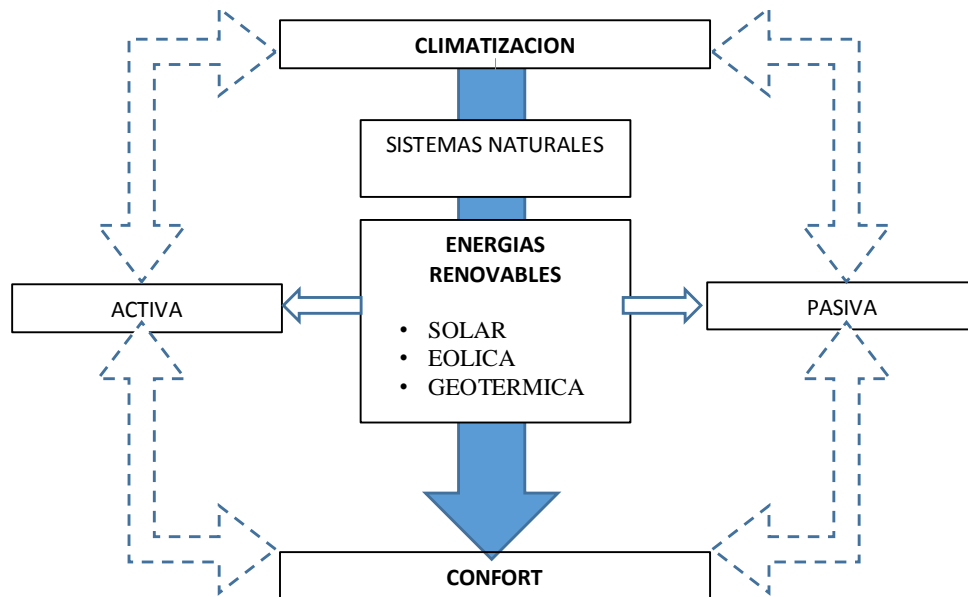


Figura 13. Mapa conceptual del Fundamento teórico de la investigación

2.5.1 Geotermia

Geotermia es una palabra de origen griego, deriva de geos que quiere decir tierra y de thermos que significa calor: el calor de la tierra es la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta. (Llopis G. & Rodrigo V. 2008).

El planeta Tierra está constituido por tres capas sucesivas de temperatura decreciente, desde el centro hasta la superficie. (Llopis G. & Rodrigo V. 2008).

Tabla 05: Estructura de la superficie terrestre

	<i>Definición</i>	<i>Temperatura</i>
El núcleo	Solido en su parte interna y liquido en su parte exterior	4200 °C
El manto	Superficie que envuelve el núcleo.	Desde 3000°C a 1000°C
La corteza	Que corresponde a la envoltura superficial.	1000°C

La guía de la energía geotérmica Española manifiesta que el continuo flujo de calor hacia la superficie genera grandes diferencias de temperatura entre la superficie de la tierra y las existentes en su interior. Señalando que la energía que llega cada segundo a la superficie terrestre en forma de calor, por conducción, convección o y radiación es de $42 \times 10^{12} J$. Esta cantidad de energía que llega a la superficie de la tierra proviene desde el núcleo, manto y corteza terrestre.

Por esta razón cabe mencionar que el calor de la tierra es inmenso, del cual solo una pequeña fracción del mismo puede ser utilizado por la humanidad. Lo cual se ha venido haciendo épocas glaciares en regiones volcánicas, cuando los seres humanos describieron la utilidad de los manantiales termales para cocinar alimentos y con fines medicinales hasta la época actual que se aprovecha para extraerlo y generar energía eléctrica, para calefacción humana o animal y para procesos industriales y agrícolas. (Llopis G. & Rodrigo V. 2008).

“Además del calor, la superficie de la tierra recibe del sol cada segundo, en forma de calor 2×10^{17} J. Que es cuatro órdenes de magnitud superior al calor geotérmico” (Llopis G. & Rodrigo V. 2008).

Llopis G. & Rodrigo V. Sostiene que la energía que recibe la superficie de la tierra del sol penetra a escasa profundidad en el subsuelo contribuyendo a mantener la superficie del planeta a una temperatura promedio de 15 °C, y es irradiada de nuevo al espacio, no interviniendo en los procesos energéticos que afectan al interior de la tierra.

Desde el punto de vista de la guía de la energía geotérmica Española, el calor a baja temperatura, almacenada a poca profundidad en suelos rocas y aguas subterráneas, en bibliografía especializada recibe diferentes denominaciones: energía geotérmica somera o a poca profundidad, energía geotérmica de baja intensidad o de baja entalpía, e incluso geotermia solar, geointercambio, bomba de calor conectada al terreno o de fuentes subterráneas, etc.

2.5.2 Energía geotérmica

La energía geotérmica se define como la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la tierra según el consejo europeo de Energía Geotérmica.

Este concepto engloba el calor almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas, cualquiera que sea su temperatura, profundidad y procedencia. No incluye el calor contenido en masas de agua superficiales, continentales o marinas, cuyo aprovechamiento también es posible mediante intercambiadores y bombas de calor. (Llopis G. & Rodrigo V. 2008).

Llopis G. & Rodrigo V. manifiestan que el calor terrestre es una fuente de energía duradera para la producción de calor y electricidad que no depende de las condiciones climatológicas. El uso de estas energías es un gran aporte al desarrollo sostenible caracterizándose por ser una energía renovable, limpia, eficiente, económica, continua, local y para todo el mundo.

Tabla 06: Características de la energía geotérmica

	CARACTERISTICAS
Energía renovable	<ul style="list-style-type: none"> • La energía geotérmica es el recurso más grande que existe. • El calor de la tierra es ilimitado a la escala humana y estará disponible muchos años en sus yacimientos para las generaciones futuras.
Energía limpia	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna instalación que emplee energía geotérmica precisa quemar combustibles por consiguiente no contribuye a la emisión de gases del efecto invernadero.
Energía económica	<ul style="list-style-type: none"> • El coste de explotación son mucho más bajos que de otros equipos • Costo de mantenimiento reducido.
Energía eficiente	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden instalar bombas de calor de menor capacidad gracias a la energía geotérmica.
Energía continua	<ul style="list-style-type: none"> • No depende del clima ,solo depende de las características del subsuelo (gradiente geotérmico ,permeabilidad de las rocas)
Energía para todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> • El calor del subsuelo está presente en todos los continentes, solo que será de mayor o menor temperatura dependiendo de la composición de las rocas y del gradiente geotérmico.
Energía local	<ul style="list-style-type: none"> • Por su naturaleza la energía geotérmica es una energía local que consume sobre su propio terreno.

Fuente: Elaboración Propia Con Base En Llopis G. & Rodrigo V. 2008

2.5.3 Aplicaciones y tipos de energía geotérmica

La guía de la energía geotérmica Española, señala que las aplicaciones que se pueden dar a un fluido geotermal dependen de su contenido en calor, o lo que es lo mismo, de su entalpia.

Llopis G. & Rodrigo V. afirma que no existen aparatos que determinen directamente la entalpia de un fluido en el subsuelo, pero si existen sondas térmicas que miden la temperatura y como la entalpia y la temperatura pueden considerarse más o menos, proporcionales. La práctica habitual ha generalizado el empleo de las temperaturas de los fluidos geotermiales en lugar de sus contenidos en calor, pues al fin y al cabo, son las temperaturas las que determinan su futura aplicación industrial.

En la figura 14 se muestran Las principales aplicaciones de la energía en función a los rangos de temperatura de uso. (GEOTHERMIE –PERSPECTIVES , 2017)

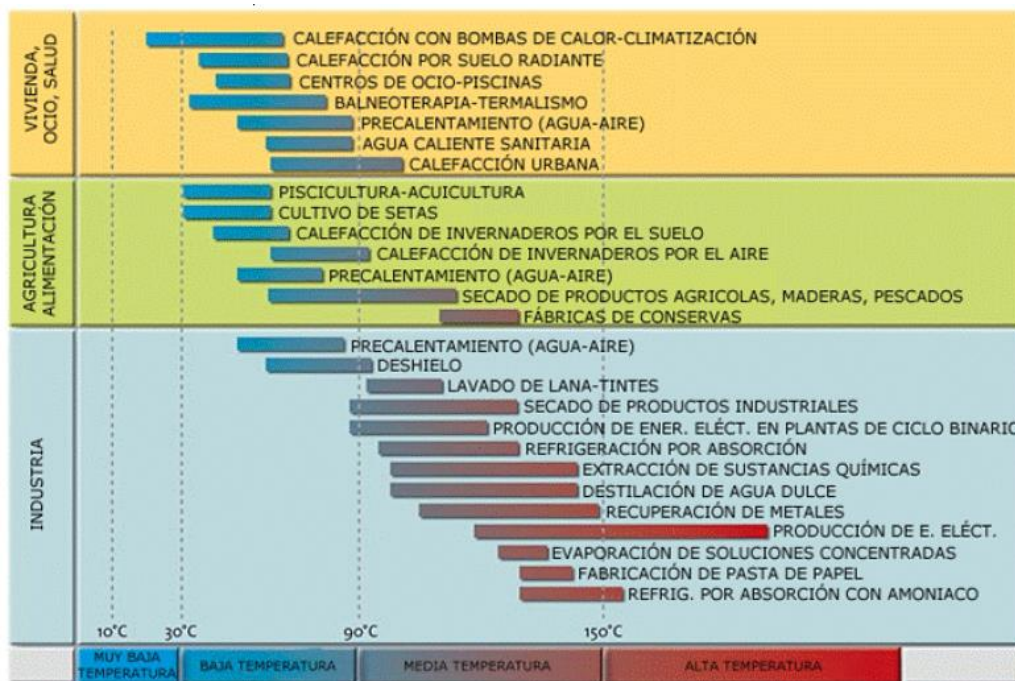


Figura 14. Aplicaciones de la energía geotérmica (Fuente: GEOTHERMIE –PERSPECTIVES)

Con base a lo mencionado, la guía de la energía geotérmica española establece 4 categorías para la energía geotérmica.

- **Alta temperatura:** más de 150 °C: Una temperatura superior a 150 °C permite transformar directamente el vapor de agua en energía eléctrica.
- **Media temperatura:** entre 90 y 150 °C: Permite producir energía eléctrica utilizando un fluido de intercambio, que es el que alimenta a las centrales.
- **Baja temperatura:** entre 30 y 90 °C: Su contenido en calor es insuficiente para producir energía eléctrica, pero es adecuado para calefacción de edificios y en determinados procesos industriales y agrícolas.
- **Muy baja temperatura:** menos de 30 °C: Puede ser utilizada para calefacción y climatización, necesitando emplear bombas de calor.

La energía de muy baja temperatura como se señala en la figura 14, es aprovechada en los sectores de vivienda, ocio y salud para calefacción con bombas de calor y climatización.

2.5.4 Recursos geotérmicos someros o de muy baja temperatura

La plataforma tecnológica española de geotermia define que los recursos geotérmicos someros están almacenados en el terreno o en las aguas subterráneas a temperaturas inferiores a 30°C.

Tabla 07: Recursos geotérmicos someros

Recurso	Definición /características
Recurso geotérmico somero o de muy baja temperatura	<p>Las temperaturas de estos recursos suelen acercarse a la media anual del lugar donde se captan.</p> <p>Aprovechan energía térmica almacenada en :</p> <ul style="list-style-type: none">• El subsuelo poco profundo (normalmente menos de 250 metros, incluyendo aquellas captaciones que van asociadas a elementos constructivos de la edificación)• Las aguas subterráneas incluidas las procedentes de labores mineras y drenajes de obras civiles, siempre para uso exclusivamente energético y consuntivo del agua. <p>Usos térmicos. Aporte energético a los sistemas de ventilación, calefacción y refrigeración de los locales y/o procesos con o sin utilización de una bomba de calor.</p> <p>La energía renovable se puede captar de manera muy eficiente dada la estabilidad del subsuelo frente a la oscilación estacional del ambiente.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en La guía de la energía geotérmica española.

2.5.5 Sistemas de aprovechamiento de recursos geotérmicos someros o de muy baja temperatura

La guía de energía geotérmica española señala que existen diversos sistemas de aprovechamiento de energía geotérmica de muy baja temperatura, las cuales detallamos en el siguiente cuadro.

Tabla 08: Sistemas de aprovechamiento de recursos geotérmicos someros o de muy baja temperatura

SISTEMA	Características
CAPTADORES HORIZONTALES ENTERRADOS	Se caracteriza por proporcionar el foco frío para bombas de calor geotérmicas para climatizar viviendas o locales con afluencia de público
SONDAS GEOTERMICAS	Sistema que aprovecha la escasa o nula superficie que ocupa un sondeo, los tubos captadores pueden ser introducidos en uno de ellos, convirtiéndose en sistemas de captación vertical o sondas geotérmicas.
CAMPOS DE SONDAS GEOTERMICAS	Sistemas de captación vertical a gran escala, compuesto por más de una sonda térmica, para satisfacer necesidades energéticas de alta demanda.
CIMENTACIONES GEOTERMICAS PANTALLAS DE SOSTENIMIENTO	Sistema que consiste en convertir la estructura resistente de cimentación a base de pilotes de un edificio, en un campo de sondas geotérmicas, en las cuales el propio pilote de la cimentación actúa como una sonda.
APROVECHAMIENTO DE AGUA EN TUNELES	Sistema basado en el aprovechamiento de Grandes obras de tunelacion, que atraviesan grandes macizos rocosos que drenan las aguas subterráneas que encuentran a su paso, al objetivo de estabilizar la estructura de las paredes del túnel y mantener saneado el interior de la obra. Estas aguas son canalizadas y vertidas al exterior. En función del espesor del macizo rocoso que recubre el túnel y del gradiente geotérmico de los terrenos atravesados, esas aguas subterráneas pueden constituir un potencial geotérmico importante, alcanzando en grandes túneles de Suiza 30 °C.
POZOS CANADIENSES O PROVENZALES	Este sistema se caracteriza porque el aire llega al interior a mayor temperatura que la del ambiente exterior, calentado al circular por tuberías enterradas en el terreno.
SONDEOS GEOTERMICOS	Es la exploración de un terreno a través de perforaciones. Se indica que dado el gradiente geotérmico medio del subsuelo de 3°C/100m, a 500 metros de profundidad se tendría una temperatura muy próxima a los 30 °C.
SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DEL CALOR GEOTERMICO	De todos los sistemas mencionados anteriormente el sistema de campos de sondas geotérmicas se podría decir que es el más adecuado para almacenamiento de calor geotérmico.

Fuente: Elaboración propia con base en La guía de la energía geotérmica española.

La investigación se centrará en el sistema de pozos provenzales el cual consideramos es uno de los sistemas de aprovechamiento de energía geotérmica más sencillo para ser explotada dentro de la geotermia.

Los intercambiadores de calor tierra - aire, como lo son los tubos enterrados, son óptimos porque permiten utilizar las inercias térmicas diarias y estacionales existentes en el subsuelo. Es decir, se aprovecha la característica del suelo de mantener la temperatura interior frente a los cambios exteriores, por la cual se consigue una temperatura constante de 15° C de día o de noche, en invierno o en verano (Hollmuller & Lachal,2005).

2.5.6 Sistema de aprovechamiento de energía por pozos canadienses o provenzales

El aprovechamiento de energía geotérmica a través de este sistema proviene de la Estrategia se emplea en Las Casas Solariegas de Provenza para refrigerar y Canadá para calefacción. De ahí el origen de la denominación pozos provenzales o canadienses. Llopis G. & Rodrigo V. 2008

Tabla 09: Sistema de aprovechamiento de energía por pozos canadienses o provenzales

Las Casas Solariegas De Provenza	Viviendas en Canadá
Refrigeración	Calefacción
En la que se hacía circular el aire ambiente de la época estival por unos tubos subterráneos (pozos provenzales) que discurrían enterrados bajo la edificación. El aire exterior rebajaba su temperatura al circular por un medio más frío que el exterior y llegaba al interior de la vivienda a una temperatura menor que la del exterior	En este caso el aire llega al interior de la vivienda a mayor temperatura que la del ambiente exterior, calentado al circular por tuberías en el terreno.

Fuente: Elaboración propia en base a Llopis G. & Rodrigo V. 2008

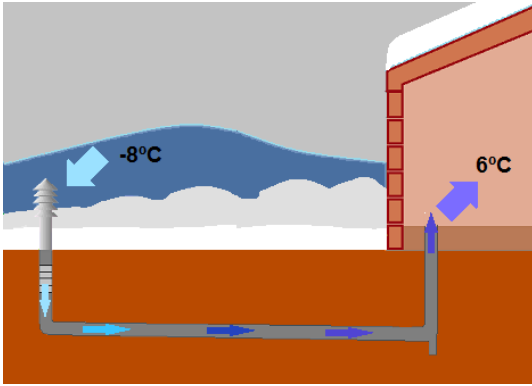


Figura 15: Esquema conceptual del funcionamiento del pozo provenzal o canadiense, en verano

Fuente: Llopis G. & Rodrigo V. 2008

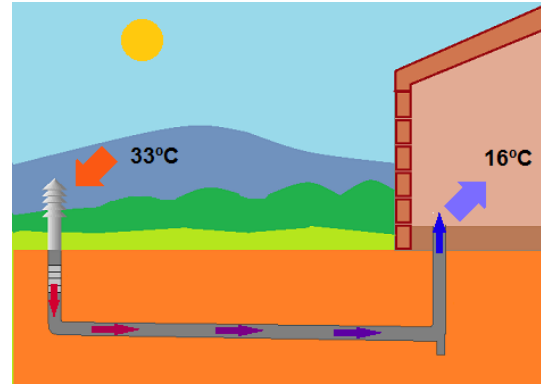


Figura 16: Esquema conceptual del funcionamiento del pozo canadiense o provenzal) en invierno.

Fuente: Llopis G. & Rodrigo V. 2008

Los pozos provenzales y/o canadienses son intercambiadores tierra-aire que se utilizan con la finalidad de enfriar y calentar una corriente de aire por medio de tubos que se entierran con este fin. El uso de este sistema para acondicionar construcciones se ha extendido en los últimos años debido a que genera grandes ahorros energéticos. (Brunat&Scuer, 2010)

Estos sistemas son utilizados para el acondicionamiento directo de la temperatura interior de las construcciones, los conductos enterrados funcionan en un sistema cerrado con el espacio a climatizar, y su principio se basa en utilizar el suelo como fuente calorífica (Brunat&Scuer, 2010)

2.5.7 Principios del modelo teórico

La climatización de viviendas bajo el sistema de pozos canadienses o provenzales utiliza los tubos enterrados como intercambiadores tierra-aire, para brindar calefacción, refrigeración o ventilación, aprovechando las características térmicas del suelo. Las características térmicas del suelo están influenciadas por la fracción de volumen de aire, el contenido volumétrico del agua y la fracción de volumen de sólidos en el suelo, siendo determinante también la profundidad. (Escuer, 2012)

Llopis G. & Rodrigo V . Afirma que para todo el planeta la temperatura varía 3.3°C cada 100 m. además sostiene que la energía que recibe la superficie de la tierra del sol penetra a escasa profundidad en el subsuelo contribuyendo a mantener la superficie del

planeta a una temperatura promedio de 15 °C, y es irradiada de nuevo al espacio, no interviniendo en los procesos energéticos que afectan al interior de la tierra.

Estudios demuestran que a temperaturas mayores a 2 m la temperatura se mantiene constante a 15°C durante todo el año (CABEZAS,2013). Datos que se pueden verificar en la investigación de Escuer, quien afirma que la temperatura de subsuelo inmediato en latitudes españolas es relativamente constante alrededor de los 15°C a 2 m de profundidad.

Este sistema aprovecha básicamente la inercia térmica del suelo mediante relleno de los conductos, o soluciones alternativas, un acumulador térmico mediante el uso de materiales que poseen una buena capacidad calorífica capaz de retardar la oscilación térmica en vez de simplemente templarla. El rendimiento de este sistema será mejor a mayor profundidad, como valores típicos pueden considerarse profundidades comprendidas entre 1.5 y 3 m.

Escuer plantea algunas recomendaciones y condicionantes para el sistema de pozos provenzales.

Recomendaciones:

- Para la implementación de un edificio moderno con este sistema, el edificio debería considerar solucionar problemas de condensación.
- Controlar la regulación térmica de los ambientes que se quiere climatizar.

Condicionantes:

- Las funciones de precalentamiento en invierno y refrigeración en verano están afectadas por un desfase diario y otros estacionales dados por la inercia térmica del subsuelo.
- El almacenamiento de calor debido a las oscilaciones estacionales se propaga a unos 3m alrededor de los conductos mientras que en la oscilación diaria se propaga unos 20 cm de tal manera que las oscilaciones diarias primaran sobre las oscilaciones estacionales que requieran una masa de almacenamiento más importante y demás se encuentra limitadas por una difusión en profundidad.

- Estos desfases se caracterizan por presentar una caída exponencial a lo largo de la longitud del tubo.
- Estos sistemas basados en pozos canadienses funcionan en bucle abierto. El sistema de ventilación sirve a la vez de bucle de recarga térmica y de distribución.

Los Criterios para diseñar un sistema de tubos enterrados. (CABEZAS, 2013)

- Diseñar el uso que queremos dar al sistema en función del espacio a ventilar o climatizar
- Definir el caudal del aire necesario
- Analizar la temperatura media del lugar
- Definir el material del tubo
- Calcular la extensión en metros de los tubos (conductos). Método de simulación dinámica, este valor es dado por un cálculo simulado por el fabricante.

En general las posibilidades de utilizar tubos enterrados dependen del tamaño y el tipo del terreno que incidirá directamente en la facilidad de incorporar tubos a diferentes profundidades.

Expertos aseguran que la velocidad del aire debe situarse entre 1 y 4 m/s (Vidal, 2011)

2.5.8 Material de los conductos

El material debe resistir a la corrosión y no deformarse por la presión ejercida sobre los tubos cuando estén enterrados. En la actualidad desde un punto de vista térmico este parámetro no tiene una importancia realmente significativa debido a que el factor limitante alrededor de los conductos es la conductividad del suelo. (Escuer, 2012)

2.5.9 Dimensionado del sistema

“A mayor longitud de los tubos existe una mayor transferencia térmica y aumenta el rendimiento del sistema. El diámetro de los tubos influye indirectamente con la potencia con que se debe inyectar el aire al sistema desde el exterior y también influye en la velocidad con que el aire circula a través de los tubos. Dentro del análisis se debe considerar un

diámetro de los tubos, de tal manera que exista un balance entre transferencia de calor y flujo de aire que circula por los tubos.” (Escuer, 2012)

2.5.10 Cálculos del sistema

Ruiz Muñoz afirma que para el cálculo de sistema de tubos enterrados se fundamenta en determinar la superficie total de transferencia necesaria para intercambio de calor, jugando con los valores de sección y diámetro de la tubería, velocidad del aire y el caudal de circulación. Todos estos parámetros están ligados al volumen del espacio a ventilar.

Calculo de transmitancia térmica de la tubería de la tubería, que depende del diámetro y de la conductividad térmica del material.

$$\Lambda = \frac{1}{R_i} = \frac{\lambda}{\frac{D_e \ln \frac{D_e}{D_i}}{2}} = \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \quad (31)$$

Ecuación: transmitancia parcial de los conductos.

Fuente: Ruiz Muñoz, 2009

Donde:

D_e = diámetro exterior

D_i = diámetro interior

λ = Coeficiente de conductividad térmica

R_i = Resistencia térmica interior

Calculo de la transmitancia térmica del conjunto del suelo-ducto, tomando en cuenta la resistencia térmica interior.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_i} = \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \quad (32)$$

Ecuación: transmitancia de todo el conjunto (suelo-ducto)

Fuente: Ruiz Muñoz, 2009

Donde:

h_i = Transmitancia interna de la tubería

R_i = Resistencia térmica del ducto

Calculo de la temperatura media de la variación de temperatura dentro del intercambiador de calor:

$$T_m = \frac{T_{entrada} + T_{salida}}{2} = \text{°C} \quad (33)$$

Ecuación: Temperatura media
Fuente: Ruiz Muñoz, 2009

Calculo de capacidad de enfriamiento del conducto:

$$C_e = \frac{\phi}{A} = U(t_m + t_t) = \frac{w}{m^2} \quad (34)$$

Ecuación: Capacidad de enfriamiento
Fuente: Ruiz Muñoz, 2009

Donde:

C_e = Capacidad enfriamiento (w/m^2)

ϕ = Flujo de calor

A = Área del tubo

T_m = Temperatura media del aire

T_t = Temperatura de la tierra

U = transmitancia de todo el conjunto

Calculo de la capacidad de enfriamiento del conducto

$$E_e = \left(\frac{i}{V_e}\right)_{entrada} - \left(\frac{i}{V_e}\right)_{salida} = \frac{W.s}{m^3} \quad (35)$$

Ecuación: Enfriamiento del conducto
Fuente: Ruiz Muñoz, 2009

Donde:

E_e = Energía a eliminar

i = Entalpia del aire seco KJ/kg

V_e = Volumen especifico del aire (m^3/kg)

Calculo de la superficie del conducto

$$S = \frac{E_e Q}{C_e} = m^2 \quad (36)$$

Ecuación: Superficie del ducto

Fuente: Ruiz Muñoz, 2009

$$Q = V\pi r^2 = \frac{m^3}{s} \quad (37)$$

Ecuación: Caudal de aire que ingresa al ducto

Fuente: Ruiz Muñoz, 2009

Donde:

C_e = Capacidad de enfriamiento (w/m^2)

E_e = Energía a eliminar

V = Velocidad de ingreso del aire (m^3/s)

Al tener el perímetro de la tubería ya definida solo queda obtener longitud.

$$L = \frac{s}{2\pi r} = m \quad (38)$$

Fuente: Ruiz Muñoz, 2009

Dimensionamiento de tubos enterrados De Paepe and Janssen

Para el dimensionamiento de tubos enterrados se consideran los estudios y teorías propuestas por De Paepe and Janssens, quienes concluyen la relaciones entre el diámetro de la tubería y la longitud de esta para determinar un caudal de 750 m³ /h, una eficiencia de 80 % y una presión menor a 100 Pa.

Tabla 10: Configuraciones de intercambiadores de calor para caudal de aire de 750 m³ /h

D (mm)	Number of tubes	L per tube (m)	v (m/s)	Δp (Pa)	Lay-out
100	4	14	6.6	77	Parallel
150	2	22	5.9	61	Parallel
200	3	25	2.2	8	Parallel
250	1	38	4.2	32	Serpentine

Fuente: De Paepe and Janssen, 2002

A partir de las apreciaciones de De Paepe and Janssen, E. Voos desarrollo una investigación para determinar un algoritmo para cálculo y diseño de sistemas de climatización eficientes mediante tubos enterrados. Para determinar el algoritmo se consideraron las siguientes ecuaciones.

Tabla 11: Ecuaciones del algoritmo para cálculo y diseño de sistemas de climatización eficientes mediante tubos enterrados.

$\dot{Q} = \dot{m}_a C p_a (T_{a,s} - T_{a,e})$	(1) Calor cedido por el aire entre la entrada y la salida [W]
$\dot{Q} = h_a A \Delta T_{lm}$	(2) Calor intercambiado por convección [W] (es el mismo que el dado por (1))
$\Delta T_{lm} = \frac{T_{a,e} - T_{a,s}}{\ln((T_{a,e} - T_{su}) / (T_{a,s} - T_{su}))}$	(3) Temperatura media logarítmica [K]
$T_{a,s} = T_{su} + (T_{a,e} - T_{su}) e^{-\frac{hA}{\dot{m}_a C p_a}}$	(4) Temperatura de salida del aire [K]
$\epsilon = \frac{T_{a,s} - T_{a,e}}{T_{a,e} - T_{su}}$	(5) Eficiencia [%]
$\epsilon = 1 - e^{-NTU}$	(6) Eficiencia [%] (teniendo en cuenta (4))
$NTU = \frac{hA}{\dot{m}_a C p_a}$	(7) Número de transferencia de unidades.
$h = \frac{Nu \lambda}{D}$	(8) Coeficiente de transferencia de calor por convección. [W/ m ² K]
$Nu = 3,66$	(9) Número de Nusselt. Si $Re < 2300$.
$Nu = \frac{\xi}{8} (Re - 1000) Pr$ $1 + 12,7 \sqrt{\frac{\xi}{8}} (Pr^{\frac{2}{3}} - 1)$	(10) Número de Nusselt. Si $2300 \leq Re < 5 \times 10^6$ y $0,5 < Pr < 10^6$. Para flujo turbulento en tubos con superficie interna lisa.
$\xi = (1,82 \log Re - 1,64)^{-2}$	(11) Factor de fricción
$Re = \frac{v_a D}{\nu_a}$	(12) Número de Reynolds
$Pr = \frac{\nu_a}{\alpha_a}$	(13) Número de Prandtl
$\dot{m}_a = \rho_a \frac{\pi D^2}{4} v_a$	(14) Caudal másico de aire [kg/s]
$\Delta p = \xi \frac{L}{D} \rho_a \frac{v_a^2}{2}$	(15) Caída de presión en un tubo liso [Pa]
$J = \frac{\Delta p}{NTU}$	(16) Caída de presión específica $\left[\frac{Pa}{\text{unidad de NTU}} \right]$

Fuente: Voos, 2017

La síntesis de los resultados se puede observar en el siguiente cuadro:

Tabla 12: Reproducción de resultados de Paepe and Janssen por Voss.

Ejemplos del trabajo de De Paepe and Janssens							Resultados del algoritmo en Planilla de Cálculo	
D [mm]	Número de tubos	Longitud por tubo [m]	Velocidad [m/s]	Caída de presión [Pa]	Config.	Caudal por tubo [m ³ /h]	Eficiencia [%]	Caída de presión [Pa]
100	4	14	6,6	77	Paralelo	186,6	83,2	78,1
150	2	22	5,9	61	Paralelo	375,3	82,6	61,1
200	3	25	2,2	8	Paralelo	248,8	82,5	8,5
250	1	38	4,2	32	Serpentina	742,2	82,5	30,9

Fuente: Voos, 2017

De Paepe and Janssen, afirman que la eficiencia de esa estrategia, en una longitud de 20 a 30m tienen una eficiencias mayores al 80%, con caídas de presión hasta 100 Pa, Límite máximo para este tipo de sistemas.

Para tuberías con diámetros de 110mm se recomienda lo siguiente.

Tabla 13: Variaciones de presión y eficiencia por longitud para tubos de 110mm de

Longitud [m]	Caída de presión [Pa]	Eficiencia [%]
10	37,65	69,0
15	56,48	82,8
20	75,30	90,4
25	94,13	94,7
30	112,95	97,0
35	131,78	98,3
40	150,60	99,1
45	169,43	99,5
50	188,26	99,7
55	207,08	99,8
60	225,91	99,9
65	244,73	100,0
70	263,56	100,0

diámetro

Fuente: Voos, 2017

2.6 Hipótesis

2.6.1 Hipótesis general

- Las estrategias más adecuadas para mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad mediante sistemas naturales en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta-Cusco 2017, son las estrategias de climatización pasiva de calefacción.

2.6.2 Hipótesis específicas

- La zona de mayor incidencia de transferencia de calor dentro de las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco 2017, es el piso.
- Las estrategias de climatización activa y pasiva con aprovechamiento de energía geotérmica y solar son la solución más apropiada para las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017.
- La aplicación de estrategias de climatización pasiva permiten reducir significativamente los requerimientos de calefacción de las viviendas de adobe de la zona rural de Anta-Cusco, 2017.

2.7 Variables

2.7.1 Climatización

La normativa española RITE, la define como “dar a un espacio cerrado las condiciones de °T, humedad relativa, calidad del aire y a veces también presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas”

La climatización se puede lograr a través de 2 sistemas, climatización pasiva y climatización activa.

Climatización pasiva.- sistema que se caracteriza por gestionar y controlar la temperatura interior sin gastar un ápice de energía externa, donde se actúa sobre la piel y diseño del edificio. (Celis, 2000)

Climatización activa.- sistema que se caracteriza por captar y aprovechar energías renovables a través de artefactos o nuevas tecnologías. Estos sistemas son una mejora de los sistemas pasivos. (García 2012 & Celis, 2000)

Ambos sistemas de climatización tienen como finalidad mejorar las condiciones de confort, con la adecuada gestión de los elementos climáticos, cargas térmicas y consumo energético.

Elementos climáticos.- Son la resultante climatológica de los factores climáticos. Considerados de forma conjunta sirven para definir y clasificar el clima de un lugar. Según su origen pueden ser propiedades físicas de la atmósfera (temperatura del aire, humedad, presión atmosférica, radiación solar y viento) (Velasco, 2015)

Cargas térmicas.- Es la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo (potencia térmica) que un recinto cerrado intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones higrotérmicas del interior y del exterior, considerando las exteriores como las más desfavorables posible. (Norma IRAM 11604,2001)

Consumo energético.- Es la cantidad de energía necesaria para que se active un sistema de climatización.

El consumo energético está estrechamente ligado a la eficiencia energética que es el uso eficiente de la energía. El rendimiento de un aparato, proceso o instalación es energéticamente eficiente cuando consume una cantidad inferior a la media de energía para realizar una actividad. (Factor energía, 2018)

2.7.2 Confort térmico

Se le define como “la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico”, esta definición fue adjudicada por Gallo, Sala y Sayigh en 1988, la cual es referenciada en las normas y estándares internacionales ASHRAE55-74.

La precepción de satisfacción con el ambiente o confort térmico es un proceso complejo el cual depende de la interacción de muchas variables como los parámetros personales y parámetros físico ambientales. (Molina, 2016)

- ❖ Parámetros personales
 - Nivel de actividad
 - Nivel de aislación térmica
- ❖ Parámetros ambientales
 - La temperatura del aire
 - La humedad relativa del aire
 - La temperatura de radiante media
 - La velocidad del aire

La interacción de los parámetros antes mencionados se da dentro de un espacio, que tiene una envolvente en la que se desarrollan procesos físicos de transferencia de calor, que determinan las condiciones de confort. Los procesos que se dan en la envolvente están determinados por la transmitancia térmica, resistencia térmica y conductividad térmica.

Transmitancia térmica.- Es la propiedad física de los materiales que mide la cantidad de energía que atraviesa un elemento por unidad de tiempo. Se aplica para el cálculo de pérdidas o ganancias de energía. (IVE, 2015)

Resistencia térmica.- Es la propiedad física de los materiales que mide la capacidad de oponerse a un flujo de calor. Se aplica para determinar la capacidad de aislamiento térmico de los materiales. (IVE, 2015)

Conductividad térmica.- Es la propiedad física de los materiales que mide su capacidad de conducción de calor, esta propiedad permite comparar el comportamiento térmico de los materiales. (IVE, 2015)

2.7.3 Relación entre variables

La investigación se plantea en base a una relación correlacional, en la cual la variable independiente “climatización” tendrá una implicancia directa en la variable dependiente “confort térmico”.

Las variables correlacionales, están compuestas por indicadores los cuales permiten la medición de la variable, de la siguiente manera.

Tabla 14: Relación entre variables

VARIABLES	
Variable Independiente X	Variable Dependiente Y
Climatización Pasiva	Confort Térmico
DIMENSIONES E INDICADORES	
X1: Elementos climáticos	Y1: Conductividad térmica
X2: Cargas térmicas	Y2: Transmitancia térmica
X3: Consumo energético	Y3: Resistencia térmica

Relación entre variables

Relación X1-Y1

A mayor área expuesta de la vivienda a un elemento climático, la conductividad térmica de los materiales que lo componen, puede ser mayor o menor, esto quiere decir que la capacidad de conducción de calor puede incrementar o disminuir la temperatura de los materiales de la vivienda dependiendo de las características del clima. Unidad de medida ($W/M^{\circ}C$)

Relación X2-Y2

El tiempo y área de exposición de la vivienda a cargas térmicas determinadas por las características climáticas, influye en el incremento o reducción de energía que atraviesa a la vivienda. A mayor captación de energía la temperatura interior incrementa, caso contrario se reduce. Unidad de medida ($U= W/M^2 \text{ }^{\circ}C$)

Relación X3-Y3

Los requerimientos de consumo energético para climatizar un ambiente son dependientes de la ganancia o pérdida de energía, la resistencia térmica de los materiales es determinante para incrementar o reducir el consumo energético. La resistencia térmica de los materiales en una vivienda contribuye a mantener una temperatura estable en el interior, obtenida por los procesos de intercambio de calor entre el interior y el exterior. Unidad de medida ($M^2. \text{ }^{\circ}C/W$)

CAPITULO III: Metodología de investigación

3.1 Tipo, método y Diseño de investigación

La metodología de la investigación es explicativa-experimental porque en una primera parte se identificaran cuáles son los factores que intervienen en la vivienda rural, para determinar los parámetros de confort térmico en la vivienda. En una segunda parte se realizara una medición de data a la población local, que ayudará a definir los parámetros de confort térmico en el lugar de estudio. En una tercera etapa se procesará la información medida para determinar criterios de intervención sobre la vivienda, se harán mediciones in situ, para finalmente en la última etapa desarrollar conclusiones y recomendaciones.

La investigación se realizará en campo y gabinete debido a que es necesaria la medición de data cuantitativa y cualitativa in situ, la medición de los datos climáticos, las temperaturas interior y exterior de la vivienda, con y sin estrategia de climatización. El desarrollo de la investigación se dividió en cuatro partes de la siguiente manera.

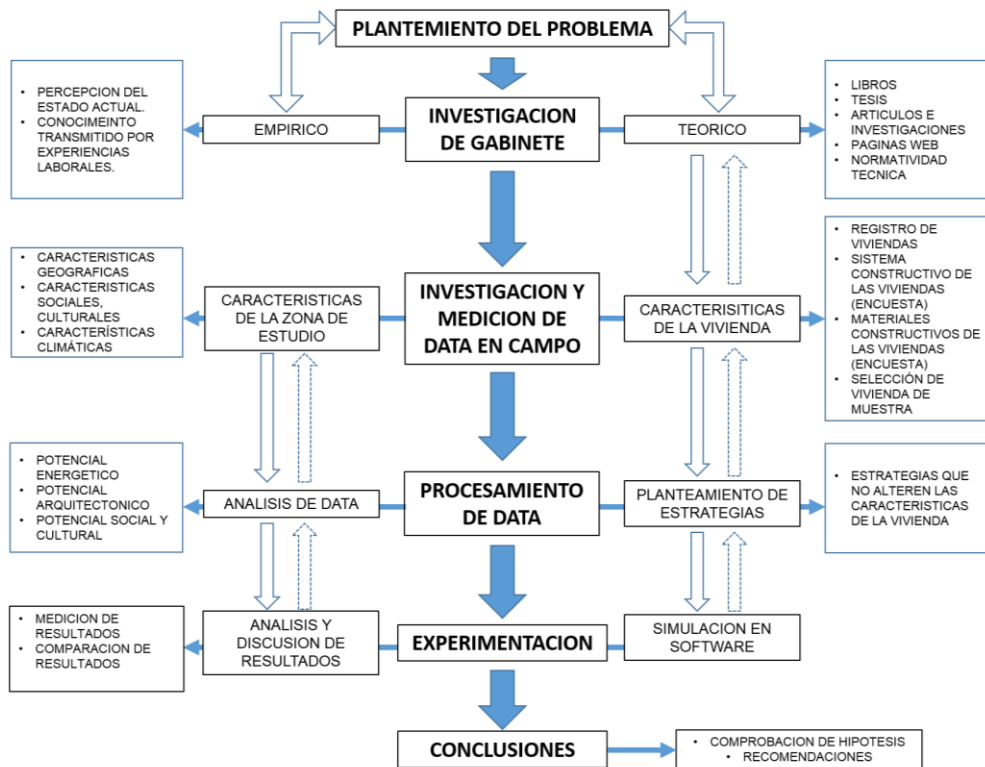


Figura 17: Esquema metodológico.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La investigación se desarrolla en las viviendas ubicadas en la zona rural de la provincia de Anta, que pertenece al departamento del Cusco.

La provincia de Anta tiene una población rural por área de residencia de 35442 habitantes, equivalente al 64.6 % de la población total, según censo de población y vivienda INEI 2007, los cuales están distribuidos en 7 distritos. La población rural habita en 8460 viviendas construidas con muros de adobe o tapia según censo de población y vivienda, INEI 2007. De manera específica la población de estudio serán las viviendas de adobe de una comunidad campesina del distrito de Ancahuasi- Anta.

El distrito de Ancahuasi tiene una población rural de 5162 habitantes, equivalente al 76.1 % de la población total. El cual está distribuido en 13 comunidades campesinas, esta cantidad de población habita en 1277 viviendas con muros de adobe según censo de población y vivienda, INEI 2007.

La construcción con adobe, es una técnica tradicional y predominante en la zona de estudio, por lo que esta data es nuestro universo.

La comunidad campesina San Martín de Porres tiene una población de 489 habitantes quienes viven en 97 viviendas de adobe, según censo de población y vivienda, INEI 2007.

Para la fecha 2017, actualmente se encontraron 174 viviendas de adobe, las cuales son nuestro universo.

3.2.2 Muestra

Se considera tomar dos tipos de muestra para el desarrollo de la tesis, una primera muestra para análisis y caracterización de las viviendas y una segunda muestra para experimentación, la cual deberá tomar como universo las viviendas analizadas en la primera muestra.

En un principio se tomó como diseño muestral la cantidad de viviendas de adobe en la comunidad campesina San Martín de Porres, Ancahuasi – Anta, para la recopilación de data sobre las características y materiales constructivos para luego, en la fase de experimentación,

se seleccionó una vivienda para realizar simulaciones y demostrar si las hipótesis planteadas son correctas.

La estrategia de selección de las edificaciones se basa en el criterio probabilístico aleatorio que consiste en tomar una cantidad de viviendas al azar, donde los aspectos como la disponibilidad de participación de la población, son un gran determinante.



Figura 18: Vista satelital comunidad San Martín de Porres (Fuente: Google Earth, 2015)

De la cantidad total de viviendas para fines de aplicación de la encuesta se tomó una muestra representativa del 20%, basado en la ejecución de una encuesta piloto aplicada anteriormente in situ en toda la población por el investigador.

En la encuesta piloto solo participo el 25% de la población, tomando este dato como referencia, se está considerando un rango de rechazo similar al considerado en las encuestas del INEI, para esta investigación se asume el 5%. El rango de rechazo podría deberse a diferentes factores como ausencia o no participación de la población.

Todas las viviendas de la comunidad de San Martín de Porres tienen la probabilidad de ser elegidas para la muestra experimental por presentar como característica el sistema constructivo de adobe.

Para la fase experimental se consideró una de las viviendas encuestadas que nos brinda facilidades necesarias para realizar mediciones dentro y fuera de la vivienda, lo cual es determinante para efectuar los cálculos y simulación.

Es importante mencionar que de todas las familias encuestadas solo una, nos permitió tomar medidas de su vivienda. La desconfianza de la población es latente en zonas alejadas.

3.3 Técnicas e instrumentos

Técnicas de gabinete

○ Análisis documental

- Recopilación de información de construcción con adobe
 - Características del sistema constructivo
 - Materiales constructivos
 - Características formales
- Recopilación de información de estrategias de climatización pasiva.
 - Climatización activa
 - Climatización pasiva
- Recopilación de información de cálculo de confort térmico.
 - Cálculo de norma peruana EM 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética.
- Recopilación de información de mediciones Temperaturas Máximas y mínimas según SENAMHI.
- Recopilación de información de mediciones de Humedad relativa según SENAMHI.
- Recopilación de información de mediciones de Velocidad del aire según SENAMHI.
- Recopilación de información de Radiación Solar según SENAMHI.
- Elaboración de fichas técnicas para identificación de construcciones con adobe.
- Elaboración de encuestas para la población.

Instrumentos de gabinete

○ **Fuentes documentales**

- Bibliográficas de referencia (Libros)
- Bibliografía de estudio (Investigaciones)
- Publicaciones periódicas (artículos, informes)
- Normativa Nacional e internacional

Técnicas de Campo

○ **Observaciones**

- Identificación de materiales constructivos en la vivienda
- Identificación de alteraciones en materiales constructivos en la vivienda

○ **Mediciones**

- Registro de características de la vivienda
- Registro de características constructivas de la vivienda
- Temperaturas Máximas según SENAMHI.
- Temperaturas Máximas según SENAMHI.
- Humedad relativa según SENAMHI.
- Velocidad del aire según SENAMHI.
- Radiación Solar según SENAMHI.

Instrumentos de campo

- Encuesta
- Termómetro SENAMHI.
- Anemómetro SENAMHI.
- Higrómetro SENAMHI.
- Piranómetro SENAMHI.
- Anemómetros de hélice SENAMHI.
- Medidor de radiación de energía solar SENAMHI.

3.3.1 Validez Y Confiabilidad De Instrumentos

Encuesta.-La estructuración y desarrollo de la encuesta fue diseñada, planteada y elaborada en base a encuestas hechas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), principal entidad en monitorear información de población y Vivienda. La estructura de la encuesta está diseñada tomando en consideración preguntas pertinentes que sean de beneficio para la investigación. Se tomaron en consideración las encuestas de: Censo de Población y vivienda, Encuesta Nacional de Hogares, Empadronamiento de población y vivienda en el área de influencia de los tambos y Encuesta demográfica y de salud familiar, con la finalidad de obtener información pertinente que contribuya a la investigación.

Los procesos desarrollados para dar validez a la información fueron:

- Comparar información obtenida con registros de encuestas elaboradas por el INEI de años anteriores.
- Analizar, detectar e informar inconsistencias registradas durante encuestas piloto para corregir información antes de aplicar la encuesta a toda la muestra.

Software.- Para desarrollar la parte experimental se aplicaron 2 software Ecotect 2011 y Climate Consultant.

A. Ecotect 2011

Es el instrumento para realizar las simulaciones térmicas, el cual es de acceso abierto.

El software fue gestionado la República Federal de Alemania, con licencia para uso académico hasta el año 2030 (Jacobo G., FAU – UNNE).

Es un software desarrollado en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Australia Occidental, que ofrece una interfaz de modelización de dos y tres dimensiones, integrada con una amplia gama de funciones para análisis solar, térmico y lumínico, entre otras. Utiliza un método de cálculo simplificado basado en el Método de Admitancias del Chartered Institute of Building Services Engineers (CIBSE Admittance Method), para determinar temperaturas internas y cargas térmicas, aplicando un algoritmo térmico flexible, sin restricciones en cuanto a la geometría del edificio o el número de zonas térmicas que pueden ser analizadas simultáneamente. Aplica las características conocidas de los

materiales como la admitancia de un elemento constructivo y los factores de retraso térmico y atenuación térmica para definir la respuesta dinámica, es decir, en régimen transitorio. (M.L. Boutet,2012)

El simulaciones térmicas se fundamentan a través del método admittance, que se basa en 'ISO 13791:2004 rendimiento térmico de edificios' y 'ISO 13792:2005 rendimiento térmico de edificios', así como piezas de 'ISO 13789:1999 transmisión de coeficiente de pérdida de calor - método de cálculo'.(Autodesk, 2018)

B. Climate Consultant

Es un software de procesamiento de datos climáticos, permite organizar y representar la data climática, de una manera fácil de entender que muestre los atributos sutiles del clima y su impacto en la forma construida. El objetivo es ayudar a los usuarios a crear edificios más sostenibles y más eficientes desde el punto de vista energético. (Energy design,2015)

El software usa el formato EPW de 8760 horas. La data que se simula en el software esta validada por el Proyecto de Investigación 1015 de ASHRAE realizado por Lógica Numérica y Bodycote Materials Testing Canada para el Comité Técnico de ASHRAE 4.2 Información del clima. Los archivos de datos IWEC son archivos meteorológicos "típicos" adecuados para su uso con programas de simulación de energía de edificios. (Energy Plus, 2015)

Datos matemáticos y ecuaciones de correlación.- Los instrumentos de medición son datos matemáticos y las ecuaciones de correlación se obtienen de bibliografía existente, la cual tiene un alto grado de validez y confiabilidad, como resultado de la revisión teórica.

Observación.- Las observaciones son confiables siempre y cuando se hayan realizado en el lugar de los hechos.

Datos obtenidos por Instrumentos SENAMHI.- Toda la información obtenida y procesada por los instrumentos del SENAMHI, son confiables, debido a que el SENAMHI, controla y gestiona la calidad de la información en base a las normas técnicas de la organización meteorológica mundial (OMM).

3.4 Descripción de procesamiento de datos

Procesamiento de caracterización de la Vivienda

En una primera etapa, se caracteriza la tipología de las construcciones, en base a la información bibliográfica, donde se identifica el sistema constructivo, materiales constructivos, características formales, características bioclimáticas.

En una segunda etapa, una vez aplicada la encuesta, se registra toda la información acerca del sistema constructivo, materiales constructivos, características formales, características cualitativas térmicas los cuales se procesan gráficamente para tener un mejor entendimiento. En esta etapa se puede determinar las características reales de las viviendas de la zona de estudio.

Procesamiento del clima

En una primera etapa, una vez recopilada la información climática de la zona de estudio se organiza y ordena, para poder identificar las condiciones climáticas más extremas a través de cuadros y gráficos. Una vez procesada esta información se pueden realizar cálculos operacionales relacionados a las variables.

En una segunda etapa se realizará una simulación, donde se procesan los datos del clima mediante el software CLIMATE CONSULTANT para generar la gráfica de GIVONI. Gráfica que contribuye al planteamiento de estrategias de climatización.

Análisis térmico de la vivienda

En una primera etapa, se realizan cálculos manuales de las transferencias térmicas dentro de la vivienda experimental en base a las ecuaciones establecidas por la norma peruana EM. 110.

En una segunda etapa realizamos una simulación térmica de la vivienda, a través del software ECOTECH, con la finalidad de determinar las transferencias de calor y requerimientos de climatización. Los resultados de la simulación se representaran mediante gráficos y tablas. Una vez obtenidos los resultados de la simulación, se plantean estrategias de climatización para alcanzar las condiciones de confort.

Las estrategias que se plantean son simuladas mediante el software ECOTECT para determinar las nuevas transferencias de calor y requerimientos de climatización, estos resultados se representaran mediante gráficos y tablas.

CAPITULO IV: Resultados y análisis de resultados

4.1 Resultados

4.1.1 Zona de estudio

Ubicación comunidad S.M.P.

El caso a estudiar son las viviendas de la comunidad campesina de San Martin de Porres (S.M.P.) que se ubica en el distrito de Ancahuasi, provincia Anta, departamento del Cusco.

El distrito de Ancahuasi se encuentra a una altitud de 3435 m.s.n.m. con las coordenadas, 10°27'30" longitud sur y 72 °17'25" longitud Oeste. (PDC, 2015)

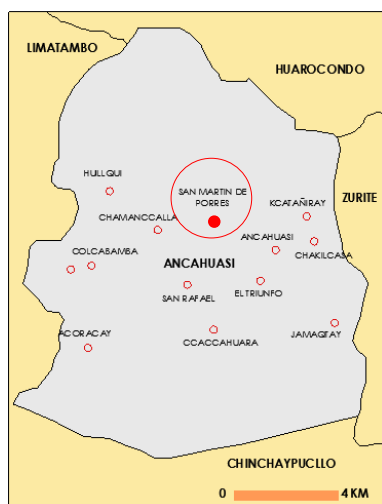


Figura 04. Ubicación de centros poblados Ancahuasi-Anta. (Fuente: INEI, 2013)

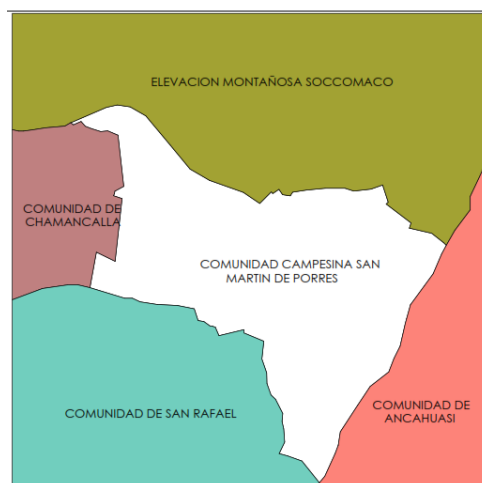


Figura 05. Delimitación de la comunidad campesina San Martín de Porres (Fuente: Municipalidad distrital de Ancahuasi, 2010)

El acceso a la comunidad S.M.P es por vía terrestre. El viaje por tierra desde Lima tiene una duración de 16 horas aproximadamente. El acceso a la comunidad es a través de una trocha carrozable desde la carretera principal Lima- Cusco.

Descripción general de la comunidad S.M.P.

La comunidad campesina San Martín de Porres tiene una población de 489 habitantes quienes viven en 97 viviendas de adobe, según censo de población y vivienda, INEI 2007.

Para el año 2017 se contabilizaron, un total de 174 viviendas de adobe, esta información fue corroborada in situ por el investigador. (Véase anexo 7.4)

Todas las familias de la comunidad practican la agricultura y pastoreo de ganado como trabajo principal, ya sea para auto consumo o venta. Además de realizar actividades grupales en beneficio de la comunidad a través de faenas, esta actividad es conocida bajo el nombre de ayni, palabra tradicional en zonas rurales para realizar trabajos comunitarios mediante faenas.

Clima

El distrito de Ancahuasi tiene un clima seco y templado, con una temperatura máxima promedio de 23 a 24 °C en los meses de agosto a diciembre y una temperatura mínima promedio de 1.6 a 1.8 °C entre los meses de junio y julio, presentándose en estos meses heladas y escarchas. (PDC, 2015)

Geomorfología

El INGEMET la clasifica como altiplanicie por estar ubicada en una zona con relieves entre 4200 y 4300 m.s.n.m. denominándola como la geoforma depresión de Anta, Es una llanura de valle aluvial caracterizada por tener un relieve plano, con suelos de reciente formación.

Potencial Energético

Energía solar

La comunidad S.M.P. pertenece a la provincia de Anta, y según estudios correlacionales de datos trabajados por Zanabria en su libro, radiación solar en el Cusco. La comunidad de estudio pertenece a la zona 1, compuesta por la Provincia del Cusco, Anta, Canchis con una media diaria anual de 5,2 kWh/m² día.

A su vez el SENAMHI establece una radiación entre 4.5 y 6.5 kWh/m² día durante el año.

Energía geotérmica

La comunidad S.M.P. al pertenecer al departamento del Cusco es parte del Eje Volcánico Sur, Cuzco – Puno que tiene la mayoría de los campos de mejores características, siendo su potencial de recurso de 41 a 60 (MW) (Ministerio de energía y minas, 2011)

Energía eólica

La comunidad S.M.P. pertenece a la provincia de Anta, que tiene una velocidad del viento entre 0-4 m/s a una altura de 80 m. No es recomendable este recurso en la zona de estudio por sus limitadas características (Ministerio de energía y minas, 2011)

4.1.2 Caracterización de las viviendas de adobe

Las viviendas de la zona de estudio se caracterizan, por ser autoconstruidas, de manera tradicional, en base al sistema de trabajo Ayni.



Figura 19. Vivienda de adobe encuestada

Características Sociales

Los pobladores de la comunidad de SMP, se caracterizan por construir sus viviendas bajo el sistema de trabajo Ayni, sistema de trabajo comunitario que establece relaciones sociales en la comunidad, mediante la interacción e intercambio de conocimiento de los pobladores sobre las técnicas de construcción, conocimiento adquirido empíricamente.

Características ambientales

Las viviendas de la comunidad SMP, se integran de manera correcta con el entorno paisajístico, existe una simbiosis entre el hombre y el entorno a través de la arquitectura. No se altera el ecosistema natural.

Las viviendas son de bajo impacto ambiental debido a que los materiales usados para la construcción, se elaboran con materia prima disponible. Los procesos constructivos no producen emisiones.

Características culturales

Las viviendas de la comunidad SMP, presentan una identidad arquitectónica (formal, funcional, espacial, materialidad), que se adquirió a lo largo del tiempo por conocimiento empírico, donde fueron desarrollando técnicas constructivas y aplicando diferentes materiales disponibles del lugar.

Las dimensiones de los terrenos son extensiones por encima de los 100 m², dichos terrenos se caracterizan por ser divididos en 2 partes de acuerdo al uso, una área destinada para vivienda y la otra para actividades diversas como estancia para animales, áreas de cultivo, áreas de secado de adobes, o áreas de corte de leña.

El área destinada para vivienda ocupa un área de entre el 20 y 30% del total del terreno, esta afirmación se realiza en base a la y recolección de información observación in situ según la encuesta aplicada.

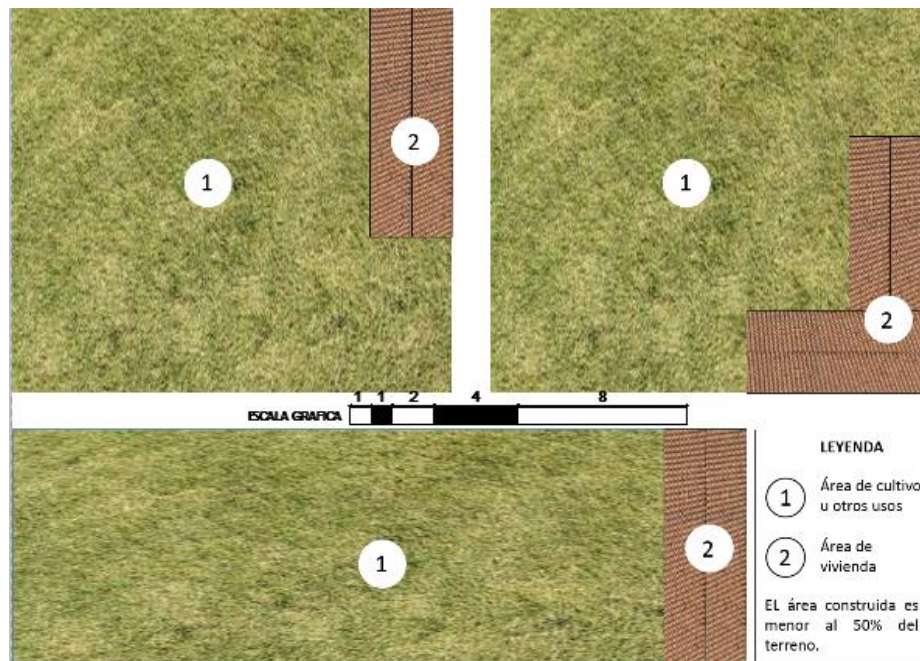


Figura 20. Esquema de ocupación de las viviendas de adobe

El área destinada a vivienda está compuesta por 3 a 4 cuartos en torno a un patio de manera dispersa. Las viviendas son de uno o dos pisos.

Cada cuarto cumple una función específica, los usos más comunes son básicamente para dormitorio, cocina y almacén.



Figura 21. Esquema de organización de las viviendas de adobe

Es importante mencionar que la población durante el día no permanece en sus viviendas debido a que se dedican a realizar actividades de ganadería y sembrío de productos, por esta razón el espacio de mayor permanencia para los usuarios son los dormitorios donde pasan entre 8 a 10 horas diarias para descansar.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA VIVIENDA

En base a las técnicas e instrumentos de recopilación de datos se puede afirmar:

Las viviendas son autoconstruidas con criterios aprendidos por la experiencia, asumiendo que el mayor espesor de los muros mantendrá mejor resguardado a las personas que habitan dentro de las viviendas.



Figura 22. Vivienda de adobe encuestada 2

En la imagen se puede observar una de las viviendas encuestadas que se registró, la vivienda está construida en material de adobe en base a conocimientos adquiridos por la experiencia de generaciones anteriores.

Muros: Los ambientes que conforman la vivienda tienen paredes de adobe, fabricado de manera artesanal con dimensiones entre 45x30x25 y 50x30x25 cm. El acabado no es el mismo en todas las viviendas, algunas tienen barro como revestimiento, otras enlucido de yeso y otros no presentan ningún tipo de acabado.

Nota: los muros al no presentar ningún tipo de acabado, tienen un bajo índice de inercia térmica.

El gráfico 01 evidencia que el uso de adobe en los muros es predominante, pese a la aparición de nuevos materiales constructivos. La población indica que aún continúan con el uso del material por las características térmicas que brinda.

Carpintería: las puertas y marcos de las ventanas son de madera, los cuales no calzan bien en los vanos en la mayoría de los casos. Los cerramientos de las ventanas son de vidrio simple en algunos casos, en otros son cubiertos con plástico o tela.

Nota: Las puertas y ventanas al no estar debidamente encajados en los vanos, generan pérdidas de energía además de perderla por puentes térmicos.

En la figura 22, se observa que en la vivienda encuestada, la carpintería de puertas no es del tamaño del vano, presentando aberturas que permiten el paso de temperaturas bajas. El cerramiento de la ventana en la imagen es de plástico, material ajeno al sistema constructivo, que permite el fácil acceso de las bajas temperaturas.

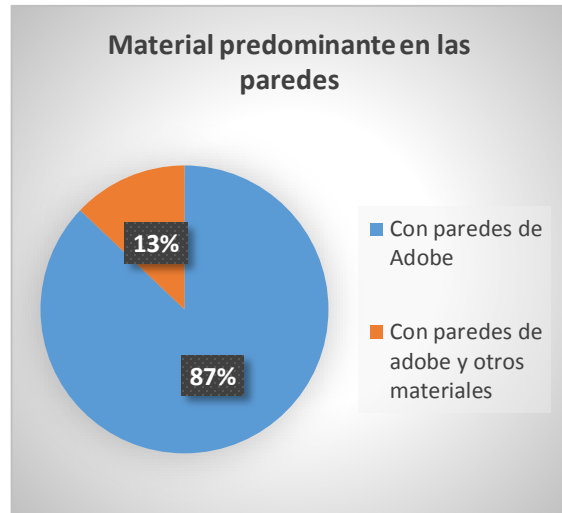


Gráfico 01. Material predominante en paredes



Figura 22. Vivienda de adobe encuestada 2

El techo: las viviendas tienen un techo con estructura de madera, conformado por vigas y correas, sobre la cual se asienta una cama de barro entre 10 a 8 cm. de espesor, y sobre ella se colocan las tejas de arcilla.

Nota: El techo no presenta ningún tipo de acabado, tienen un bajo índice de inercia térmica.

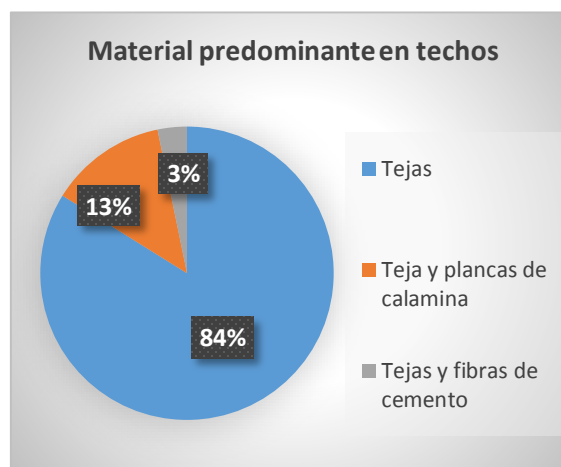


Grafico 02. Material predominante en techos

La predominancia del techo con tejas de arcilla en la zona de estudio es alta, el uso de otros materiales procesados es limitado, debido a que son de costos no accesibles a la población. La población mantiene el uso de la teja de arcilla, porque indican que este material contribuye a mantener el calor dentro de la vivienda.

El piso: Se caracteriza por ser una superficie de tierra apisonada sin ningún tipo de acabado ni revestimiento. En viviendas de dos niveles, el primer nivel es generalmente de tierra y el segundo nivel tiene piso de madera.

Nota: El piso no presenta ningún tipo de acabado, tienen un bajo índice de inercia térmica.

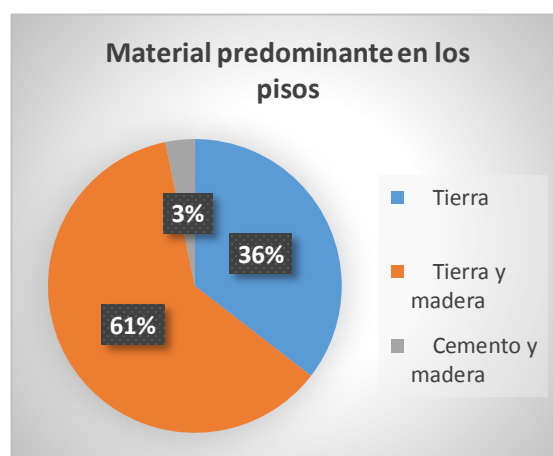


Grafico 03. Material predominante en pisos

El material predominante en los pisos es madera y tierra, en las viviendas de estudio esto se evidencia de la siguiente manera, en viviendas de dos niveles el primer nivel tiene piso de tierra y el segundo nivel tiene piso de madera. La población encuestada indica que el uso de estos materiales permite mantener el calor dentro de la vivienda.

PERCEPCIÓN DEL CONFORT TÉRMICO DENTRO DE LAS VIVIENDAS

Las familias encuestadas indican que, en la temporada de helada, junio y julio, el frío es intenso, y las temperaturas son muy bajas, percibiendo más intensas las molestias por las noches y de madrugada.

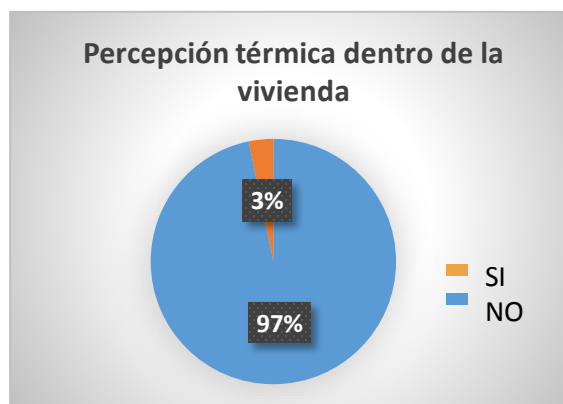


Gráfico 04. Percepción térmica dentro de la vivienda

La grafica nos indica que la percepción de confort térmico dentro de la vivienda es mínima, casi nula. Esto conlleva a plantear estrategias o soluciones para brindar confort a los usuarios con la finalidad de evitar las infecciones respiratorias.

La población indica que, las enfermedades respiratorias en la zona son muy frecuentes debido a las bajas temperaturas. Consideran que es necesario buscar alguna estrategia que ayude a mantenerlos en condiciones habitables dentro de la vivienda.

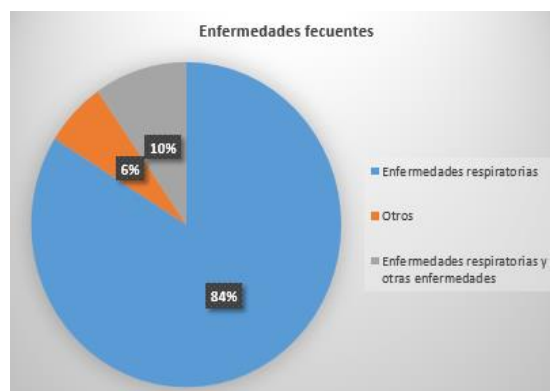


Gráfico 05. Enfermedades frecuentes.

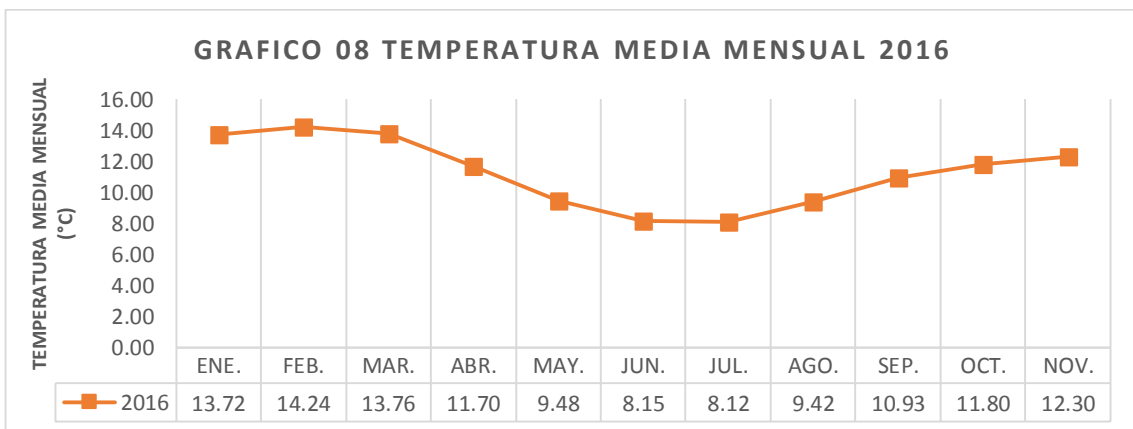
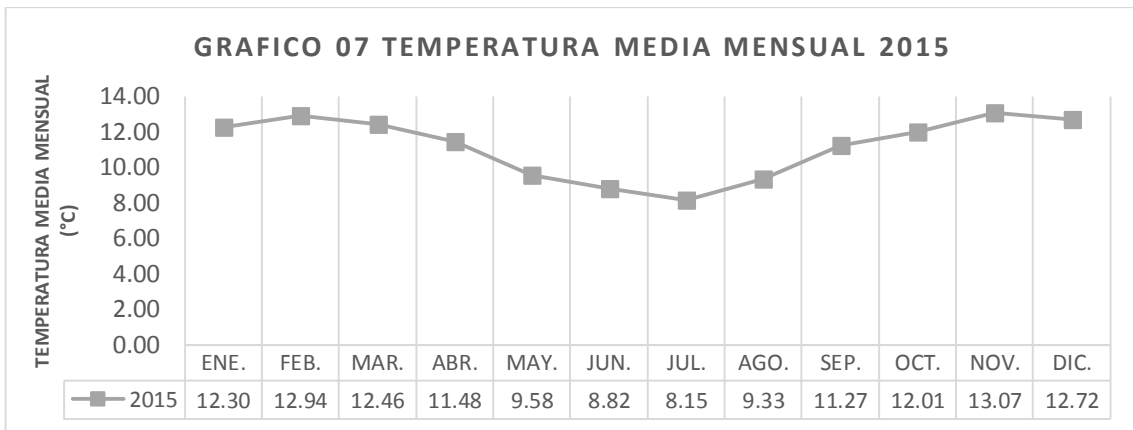
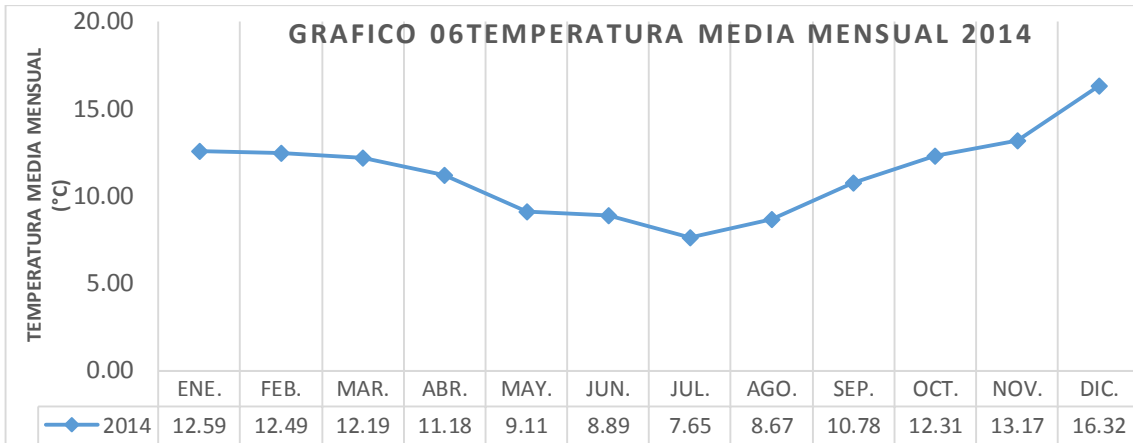
Nota: Para soportar las bajas temperaturas, la población encuestada menciona que la única estrategia que conocen y aplican es el de abrigarse más (usar más ropa y/o dormir con más frazadas) lo cual no es una solución permanente, es solo una solución momentánea.

La población más joven encuestada tiene conocimiento de algunas estrategias o sistemas de calefacción que podrían ayudar a mejorar sus condiciones, pero se les hace complicado hacer uso de esto, debido a que genera un alto consumo de electricidad y gastos económicos extras. Mientras no se considere algún tipo de intervención en las viviendas está latente el incremento progresivo de la tasa de enfermedades respiratorias,

4.1.3 Caracterización climática

Para un análisis e interpretación climática confiable se recomienda que los datos climáticos por un periodo de 10 años sean revisados, sin embargo el estudio se realizó con los datos de los 3 últimos años hasta noviembre 2016.

El parámetro analizar es la temperatura del ambiente, en los gráficos siguientes se muestra las temperaturas medias mensuales de los años 2014, 2015,2016.



A continuación mostramos las tablas que indican el promedio de temperaturas máximas, promedio de temperaturas mínimas, promedio de temperaturas medias, y el registro de las temperaturas extremas mensuales obtenidas en los años, 2014,2015 y 2016.

Tabla 15: Temperatura de Anta- estación meteorológica Ancachuro 2014

TEMPERATURA ANTA - ESTACION ANCACHURO						
2014						
MESES	TEMP. MAX.(°C)	TEMP. MIN.(°C)	TEMP. MEDIA (°C)	TEMP. MAX EXTREMA (°C)	TEMP. MIN EXTREMA (°C)	OSCILACION TERMICA (°C)
ENE.	18.85	6.34	12.59	22.10	2.90	12.52
FEB.	19.21	5.77	12.49	22.00	4.10	13.44
MAR.	19.47	4.90	12.19	23.60	-0.10	14.57
ABR.	19.33	3.04	11.18	20.80	-0.80	16.29
MAY.	18.68	-0.47	9.11	22.50	-5.40	18.21
JUN.	20.20	-2.42	8.89	22.50	-6.10	17.78
JUL.	19.01	-3.71	7.65	21.50	-5.50	15.30
AGO.	20.08	-2.73	8.67	22.80	-7.90	17.35
SEP.	19.80	1.76	10.78	23.50	-3.60	18.04
OCT.	20.63	3.99	12.31	23.00	-3.00	16.64
NOV.	21.86	4.48	13.17	24.50	0.60	17.38
DIC.	20.22	6.17	13.2	23.80	2.30	14.05
Promedio						
TEMP. ANUAL (°C)	19.78	2.26	11.02			15.96

De la tabla de temperaturas del año 2014, el mes menos frío es diciembre con una temperatura media de 13.2 °C y con temperaturas máximas, extrema de 20.22 °C y mínima de 6.17°C. El mes más frío es julio, con una temperatura media de 7.65°C y con temperaturas máximas extrema de 21.50 °C y mínima de -5.50°C. La oscilación térmica anual promedio es de 15.96°C.

Tabla 16: Temperatura de Anta- estación meteorológica Ancachuro 2015

TEMPERARURA ANTA - ESTACION ANCACHURO						
2015						
MESES	TEMP. MAX.(°C)	TEMP. MIN.(°C)	TEMP. MEDIA (°C)	TEMP. MAX EXTREMA (°C)	TEMP. MIN EXTREMA (°C)	OSCILACION TERMICA (°C)
ENE.	19.67	5.99	12.30	20.80	4.60	13.68
FEB.	20.28	6.32	12.94	22.50	4.00	13.96
MAR.	20.62	5.59	12.46	22.50	2.20	15.03
ABR.	21.16	4.84	11.48	21.30	1.20	16.32
MAY.	18.61	0.54	9.58	21.20	-2.50	18.07
JUN.	19.49	-1.85	8.82	21.60	0.50	17.64
JUL.	19.67	-3.36	8.15	22.60	-6.60	16.31
AGO.	20.28	-1.63	9.33	23.30	-4.80	18.65
SEP.	20.62	1.92	11.27	22.60	-1.80	18.70
OCT.	21.16	2.86	12.01	24.30	-2.50	18.30
NOV.	21.02	5.12	13.07	25.20	-0.40	15.91
DIC.	19.61	5.82	12.72	23.20	2.50	13.79
Promedio						
TEMP. ANUAL (°C)	20.18	2.68	11.18			16.36

De la tabla de temperaturas del año 2015, el mes menos frío es noviembre con una temperatura media de 13.07 °C y con temperaturas máximas, extrema de 21.02 °C y mínima 5.12 °C. El mes más frío es julio, con una temperatura media de 8.15 °C y con temperaturas máximas, extrema de 22.60 °C y mínima -6.60°C. La oscilación térmica anual promedio es de 16.36°C.

Tabla 17: Temperatura de Anta- estación meteorológica Ancachuro 2016

TEMPERARURA ANTA - ESTACION ANCACHURO						
2016						
MESES	TEMP. MAX.(°C)	TEMP. MIN.(°C)	TEMP. MEDIA (°C)	TEMP. MAX EXTREMA (°C)	TEMP. MIN EXTREMA (°C)	OSCILACION TERMICA (°C)
ENE.	21.00	6.45	13.72	23.50	3.00	14.55
FEB.	20.31	8.17	14.24	23.30	5.00	12.14
MAR.	21.34	6.18	13.76	24.60	1.80	15.16
ABR.	20.30	3.09	11.70	23.60	-2.50	17.20
MAY.	20.57	-1.61	9.48	23.10	-6.00	18.96
JUN.	19.70	-3.41	8.15	22.30	-6.00	16.29
JUL.	20.34	-4.10	8.12	22.50	-7.50	16.24
AGO.	20.35	-1.52	9.42	23.30	-8.00	18.83
SEP.	20.85	1.00	10.93	22.80	-2.00	19.85
OCT.	20.02	4.22	11.80	22.30	-0.20	15.80
NOV.	21.12	3.47	12.30	23.10	-0.20	17.65
DIC.						
TEMP. ANUAL (°C)	Promedio					
	20.54	1.99	11.24			16.61

De la tabla de temperaturas del año 2016, el mes menos frío es febrero con una temperatura media de 14.24 °C y con temperaturas extremas, máxima de 20.31 °C y mínima de 8.17 °C. El mes más frío es agosto, con una temperatura media de 8.12 °C y con temperaturas extremas, máxima de 22.50 °C y mínima de -8°C. La oscilación térmica anual promedio es de 16.61°C.

De la información analizada de temperaturas por record histórico, se concluye que el mes más frío es Julio. Oscilando las temperaturas máximas extremas entre 21.5 °C y 22.6 °C. y las temperaturas mínimas extremas entre -5.5°C y -8°C

La investigación tomara en consideración la temperatura mínima más extrema de las analizadas para realizar el cálculo térmico. Por esta razón se trabajaran con las temperaturas del año 2016.

A partir de la temperatura media anual ($\bar{T}_a=11.94$ °C), se calculó la temperatura de neutralidad T_n o temperatura de confort en base a la ecuación de modelo adaptativo de temperatura de confort propuesta por Humphreys, con la que se determina las temperaturas máximas y mínimas de confort.

$$T_n=0.534 \times \bar{T}_a + 11.9 \quad (40)$$

$$T_n= 0.534 \times 11.94 + 11.9$$

$$T_n=18.28^\circ\text{C}$$

Según la clasificación bioclimática Norma EM. 110, la comunidad de San Martin de Porres, pertenece a la zona Mesoandina. En la siguiente tabla se puede evidenciar, a través de los parámetros climáticos, las razones por la que la comunidad de estudio pertenece a esta zona.

Tabla 18: Parámetros normativos zona meso andina

	ZONA MESOANDINA	COMUNIDAD SAN MARTIN DE PORRES
TEMPERATURA		
MEDIA ANUAL	12°C	12.3°C
HUMEDAD RELATIVA		
MEDIA	30 A 50 %	30 A 50 %
VELOCIDAD DEL VIENTO		
	NORTE : 10 M/S	
	CENTRO: 7,5 M/S	
	SUR: 4 M/S	Entre 0-4 m/s a una altura de 80 m.
	SUR ESTE: 7 M/S	
ENERGIA		
SOLAR DIARIA	2 A 7,5 KWH/M2	5,2 kwh/m2
ALTITUD	3000 A 4000 MSNM.	3435 MSNM.

Procesamiento de data climática para Simulación

Los parámetros de clima analizados y procesados según información del SENAMHI, son los datos más precisos de la zona de estudio, los cuales son el punto de referencia para validar la información que tiene el software.

El software CLIMATE CONSULTANT, maneja una base de datos conforme los estándares de archivos meteorológicos "típicos" adecuados para su uso con programas de simulación de energía de edificios.

WEATHER DATA SUMMARY												LOCATION: CUZCO, -, PER	
												Latitude/Longitude: 13.55° South, 71.98° West, Time Zone from Greenwich -5	
												Data Source: IWEC Data 846860 WMO Station Number, Elevation 3249 m	
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	414	425	402	406	429	427	442	451	429	446	429	423	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	146	159	141	193	366	408	433	358	214	203	161	155	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	316	313	301	274	193	171	163	205	275	299	311	315	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	1165	968	787	950	928	883	920	998	1066	985	949	922	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	1057	751	794	964	969	985	987	997	1021	983	600	800	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	773	777	748	719	480	441	446	666	671	752	751	775	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	5264	5297	4851	4752	4873	4789	4992	5217	5121	5505	5421	5419	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	1861	1995	1701	2265	4161	4581	4896	4135	2552	2502	2037	1993	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	4017	3904	3634	3214	2205	1926	1844	2382	3290	3690	3933	4030	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	46757	48024	45464	45768	47405	47098	48555	49934	48294	50339	48471	47819	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	13850	15089	13497	18721	35923	40251	42910	35512	21067	19902	15624	14946	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	12	12	12	12	11	10	9	10	12	13	13	13	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	6	6	6	6	3	0	1	2	4	4	5	5	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	67	68	69	67	62	55	57	60	61	59	62	62	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	0	300	0	270	330	320	0	0	0	0	270	270	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	12	12	12	12	11	11	10	10	10	11	11	12	degrees C

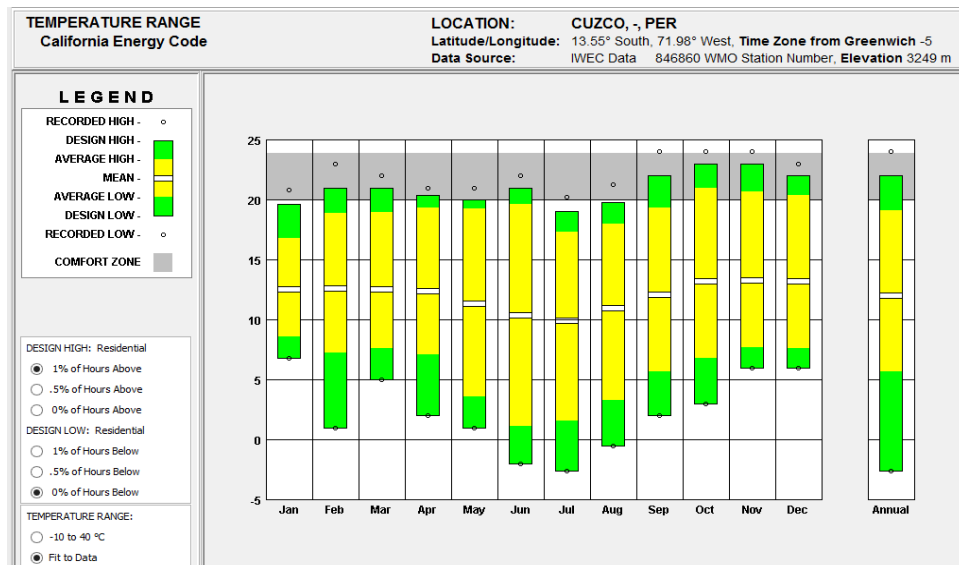


Figura 23. Base de datos históricos del clima y grafico de rango de temperaturas - Cusco (Fuente: CLIMATE CONSULTANT)

De la figura 23 se corrobora, que la simulación climática en el software, determina también que los meses más fríos son mayo, junio, julio y agosto.

Para determinar los parámetros de calidad de aire y confort térmico se realizará el diagrama de Givoni. En la norma EM. 110 no se establecen valores de confort, por lo tanto para el estudio se utilizara las condiciones de confort estipuladas por el California Energy Code Confort Model, 2013 del software Climate Consultant y el valor de temperatura de neutralidad obtenido por el método de Humpdrey.

California Energy Code Comfort Model, 2013 (select Help for definitions)	
1. COMFORT: (using California Energy Code Model)	
18.3	Comfort Low - Min. Comfort Dry Bulb Temp (°C)
23.9	Comfort High - Max. Comfort Dry Bulb Temp, up to 50% RH (°C)
80.0	Max. Relative Humidity (measured at Min. Comfort Temp) (%)
18.9	Max. Wet Bulb Temperature (°C)
-2.8	Min. Dew Point Temperature (°C)
2. SUN SHADING ZONE: (Defaults to Comfort Low)	
18.3	Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C)
315.5	Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m)
3. HIGH THERMAL MASS ZONE:	
8.3	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)
1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)
4. HIGH THERMAL MASS WITH NIGHT FLUSHING ZONE:	
16.7	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)
1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)
5. DIRECT EVAPORATIVE COOLING ZONE: (Defined by Comfort Zone)	
63.8	Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C)
48.8	Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C)
6. TWO-STAGE EVAPORATIVE COOLING ZONE:	
50.0	% Efficiency of Indirect Stage
7. NATURAL VENTILATION COOLING ZONE:	
2.0	Terrain Category to modify Wind Speed (Z=suburban)
0.2	Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s)
1.5	Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s)
3.6	Max. Perceived Temperature Reduction (°C)
90.0	Max. Relative Humidity (%)
22.8	Max. Wet Bulb Temperature (°C)
8. FAN-FORCED VENTILATION COOLING ZONE:	
0.8	Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s)
3.0	Max. Perceived Temperature Reduction (°C) (Min Vel, Max RH, Max WB match Natural Ventilation)
9. INTERNAL HEAT GAIN ZONE (lights, people, equipment):	
12.8	Balance Point Temperature below which Heating is Needed (°C)
10. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN LOW MASS ZONE:	
157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)
3.0	Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours)
11. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN HIGH MASS ZONE:	
157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)
12.0	Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours)
12. WIND PROTECTION OF OUTDOOR SPACES:	
8.5	Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s)
11.1	Dry Bulb Temperature Above or Below Comfort Zone (°C)
13. HUMIDIFICATION ZONE: (defined by and below Comfort Zone)	
14. DEHUMIDIFICATION ZONE: (defined by and above Comfort Zone)	

Figura 24. Cuadro resumen de data climática del Cusco, procesada según el código energético de California (Fuente: CLIMATE CONSULTANT)

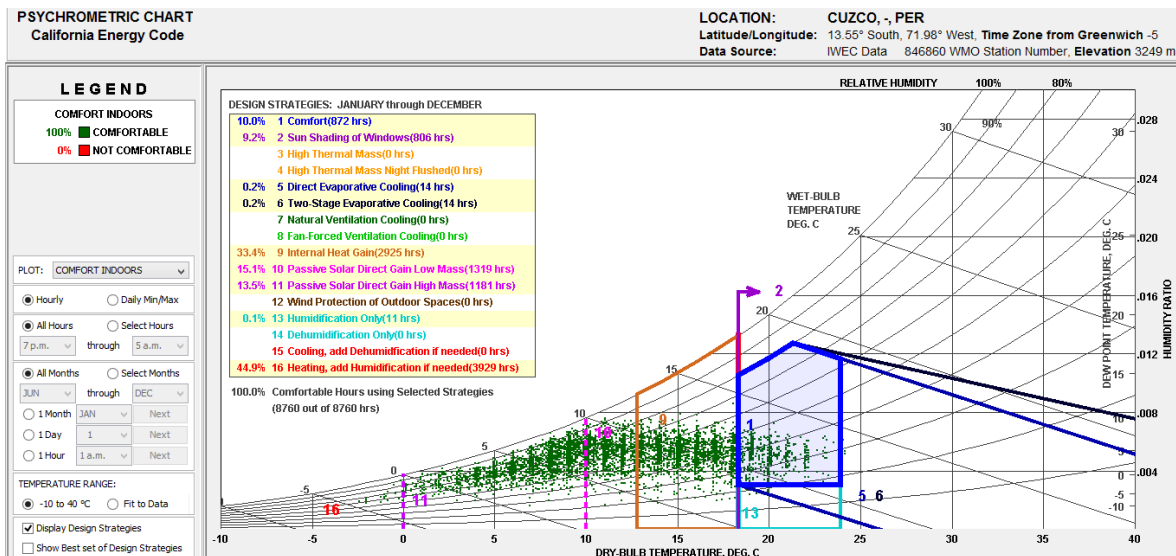


Figura 25. Diagrama de GIVONI – Cusco, simulación Anual (Fuente: CLIMATE CONSULTANT)

En este diagrama se puede evidenciar que solo el 10% del año se alcanza la zona de confort, el resto del año se está por debajo de los 18°C.

En el diagrama de Givoni se determina cualidades que deben tener las construcciones, con la finalidad de obtener en su interior una sensación térmica agradable, dicho de otra manera confort.

Una vez procesado el diagrama de Givoni, se obtienen recomendaciones para mejorar las condiciones térmicas y alcanzar el confort durante el año.

1. La percepción de confort durante el año es solo del 10%, solo se percibe confort durante unas 872 horas al año. Surge la necesidad de intervenir en las construcciones para incrementar la temperatura interior durante el resto del año.
2. Se deben considerar estrategias arquitectónicas en las ventanas para controlar el ingreso de la radiación solar a las construcciones en un 9.2% anual, 800 horas durante el año.
3. Se deben considerar una cantidad de 0.2% anual, 14 horas durante el año para los procesos de evaporación del agua, la percepción del aire frío es mayor y más húmedo, como consecuencia de esta estrategia.
4. Se necesitan ganancias internas en las construcciones de 33.4% anual, 2925 horas durante el año. La aplicación de materiales constructivos térmicos, contribuyen a obtener un mayor aprovechamiento de energía por ganancias internas.
5. Se deben considerar estrategias de captación de energía solar pasiva por baja masa, en un 15.1% anual, 1319 horas durante el año. La exposición de las construcciones a energía solar está determinado por los criterios de ubicación y orientación, si estos criterios se aplican correctamente, se tiene mayor captación de energía solar.
6. Se necesitan estrategias de captación de energía solar pasiva por alta masa, en un 13.5% anual, 1181 horas durante el año. La exposición de las construcciones a energía solar está determinado por los criterios de ubicación y orientación, si estos criterios se aplicaron correctamente, se tiene mayor captación de energía solar.
7. El requerimiento de humidificación es mínimo de 0.1% anual, 11 horas durante el año.
8. Se necesitan estrategias de climatización artificial en un 44.9% anual, durante 3929 horas para alcanzar los parámetros de confort.

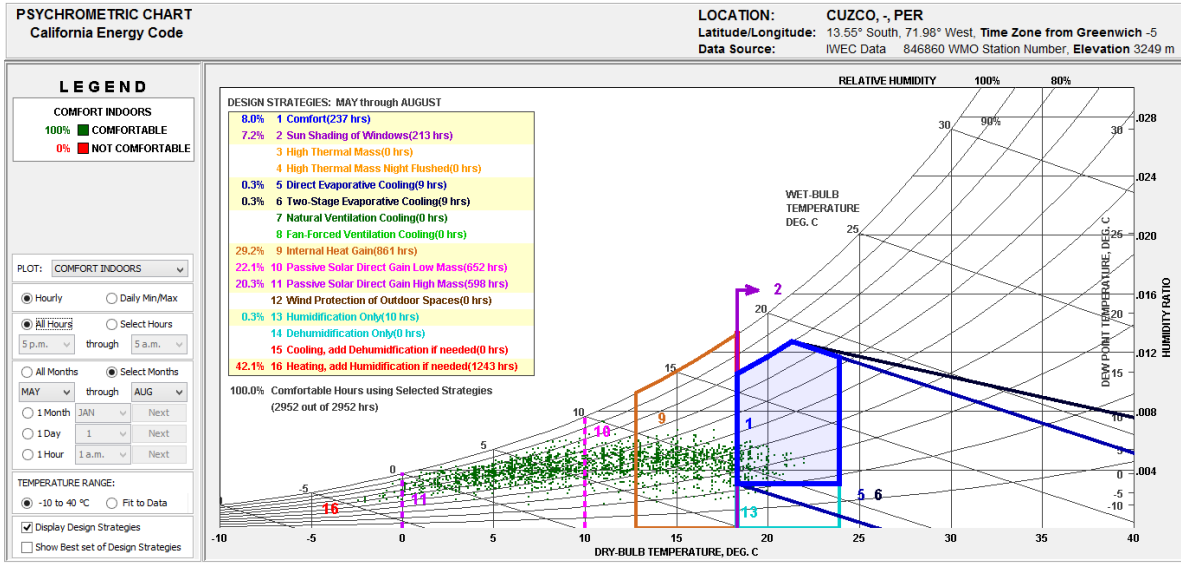


Figura 26. Diagrama de GIVONI- Cusco, en los meses más fríos mayo, junio, julio y agosto. (Fuente: CLIMATE CONSULTANT)

En este diagrama se puede evidenciar que, solo el 8 % de los meses más fríos, las temperaturas alcanzan la zona de confort, el resto del año se está por debajo de los 20°C.

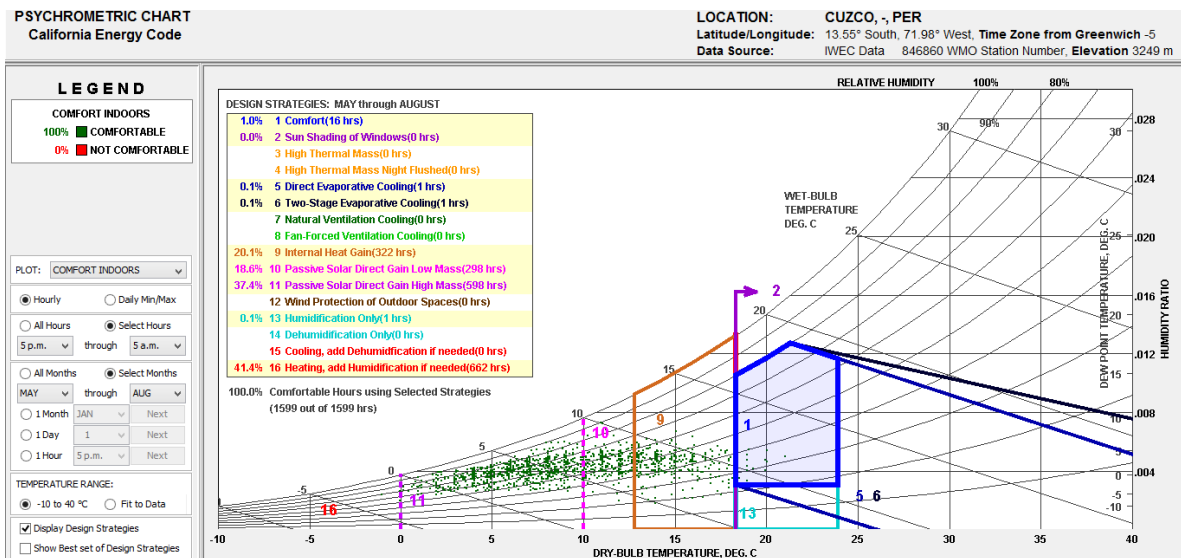


Figura 27. Diagrama de GIVONI en los meses más fríos mayo, junio, julio y agosto durante la noche (Fuente: CLIMATE CONSULTANT)

En este diagrama se puede evidenciar que, durante los meses más fríos por las noches las temperaturas están por debajo de los 12°C, se sugiere que el 41.4 % de estos meses se manejen sistemas de calefacción.

Nota: Las condiciones de temperatura en la zona de estudio son muy desfavorables. A través del gráfico psicrométrico se determina la necesidad de sistemas de climatización activa y pasiva, para alcanzar el confort.

4.1.4 Caracterización de la vivienda experimental

Vivienda Experimental

La vivienda a analizar pertenece al Sr. Gabriel Huari Ccua, quien permitió recopilar información de su vivienda.

La vivienda se ubica en un terreno de 1375 m², rodeada por un cerco vegetal natural, tiene un área construida de 121.79 m², compuesto por un almacén, una cocina, un dormitorio, un establo y un patio.



Figura 28. Imagen satelital de Vivienda experimental (Fuente: Google Earth, 2015)

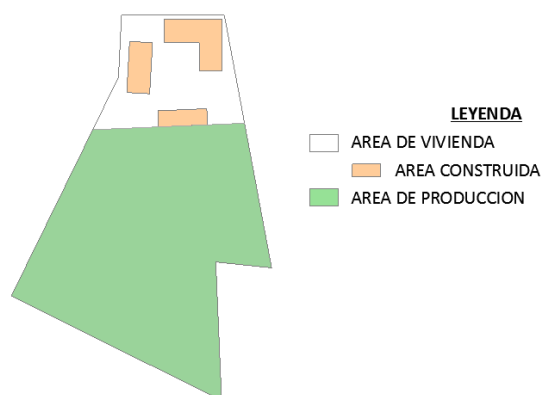


Figura 29. Esquema de ocupación Vivienda experimental

Materiales constructivos en la vivienda

Muros: Los muros de la vivienda son de adobe de 50x40x25 cm. No presentan ningún tipo de acabado exterior ni interior.

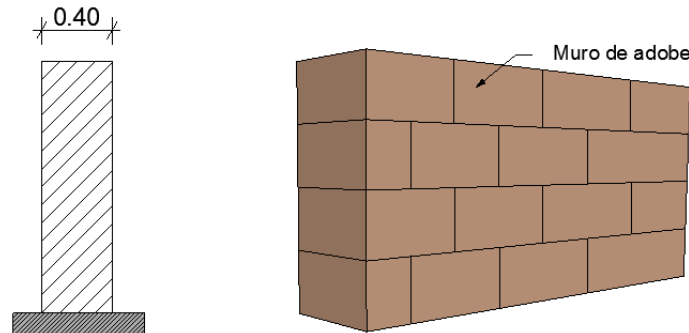


Figura 30. Muro de adobe – Vivienda experimental

Techo: El techo del dormitorio y almacén está compuesto por una estructura de madera, sobre el cual se extiende una torta de barro más una superficie de plástico y sobre esta, tejas de arcilla. La cocina y el establo presentan un techo de calamina.

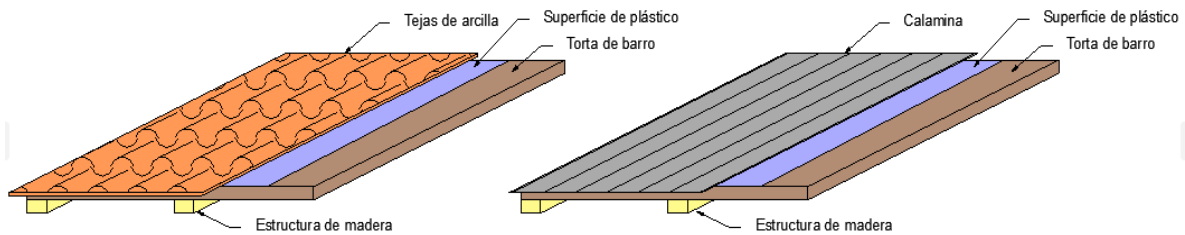


Figura 31. Techos – Vivienda experimental

Pisos: los pisos son de tierra apisonada, sin ningún tipo de acabado

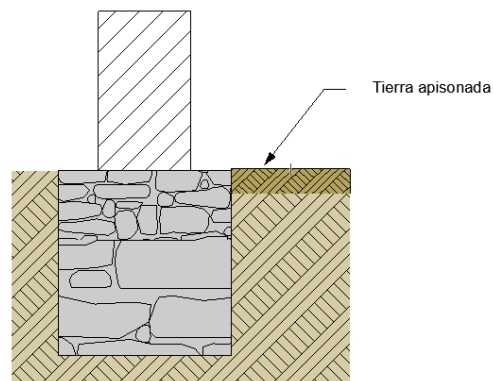


Figura 32. Piso – Vivienda experimental

Carpintería: los marcos de las puertas y ventanas son de madera, las puertas son de madera y las ventanas tienen cerramientos de vidrio simple. Las puertas y ventanas no están bien encajadas en los vanos, por causa de esto hay filtración de aire.

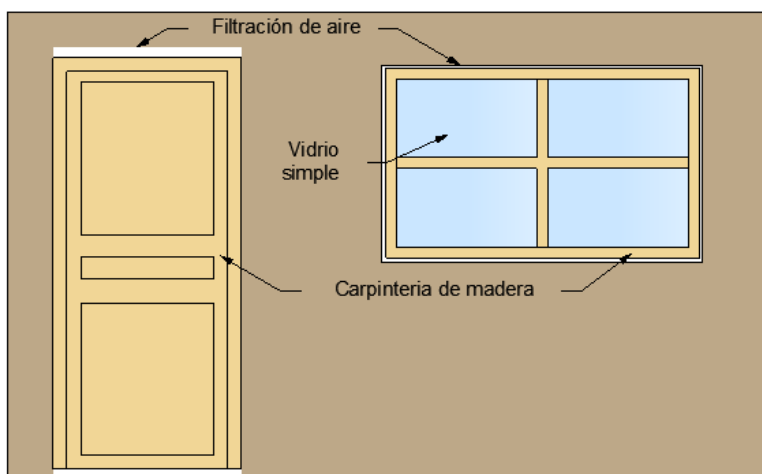


Figura 33. Carpintería de puertas y ventanas – Vivienda experimental

Vanos cerrados: la vivienda presenta vanos tapados con barro, estos vanos estaban destinados para ventanas, pero en vista de las bajas temperaturas los usuarios prefirieron cerrarlos

Dimensiones de la vivienda.

Tabla 19: Cuadro de áreas de la vivienda experimental

ESPACIO	M2	N° Ventanas	N° Puertas	N° Vanos cerrados
DORMITORIO	35.12	2	1	0
COCINA	35.34	0	1	2
ALMACEN	24.52	2	1	0
ESTABLO	23.8	0	0	0
SSHH	2.5	0	1	0

Distribución de la vivienda.

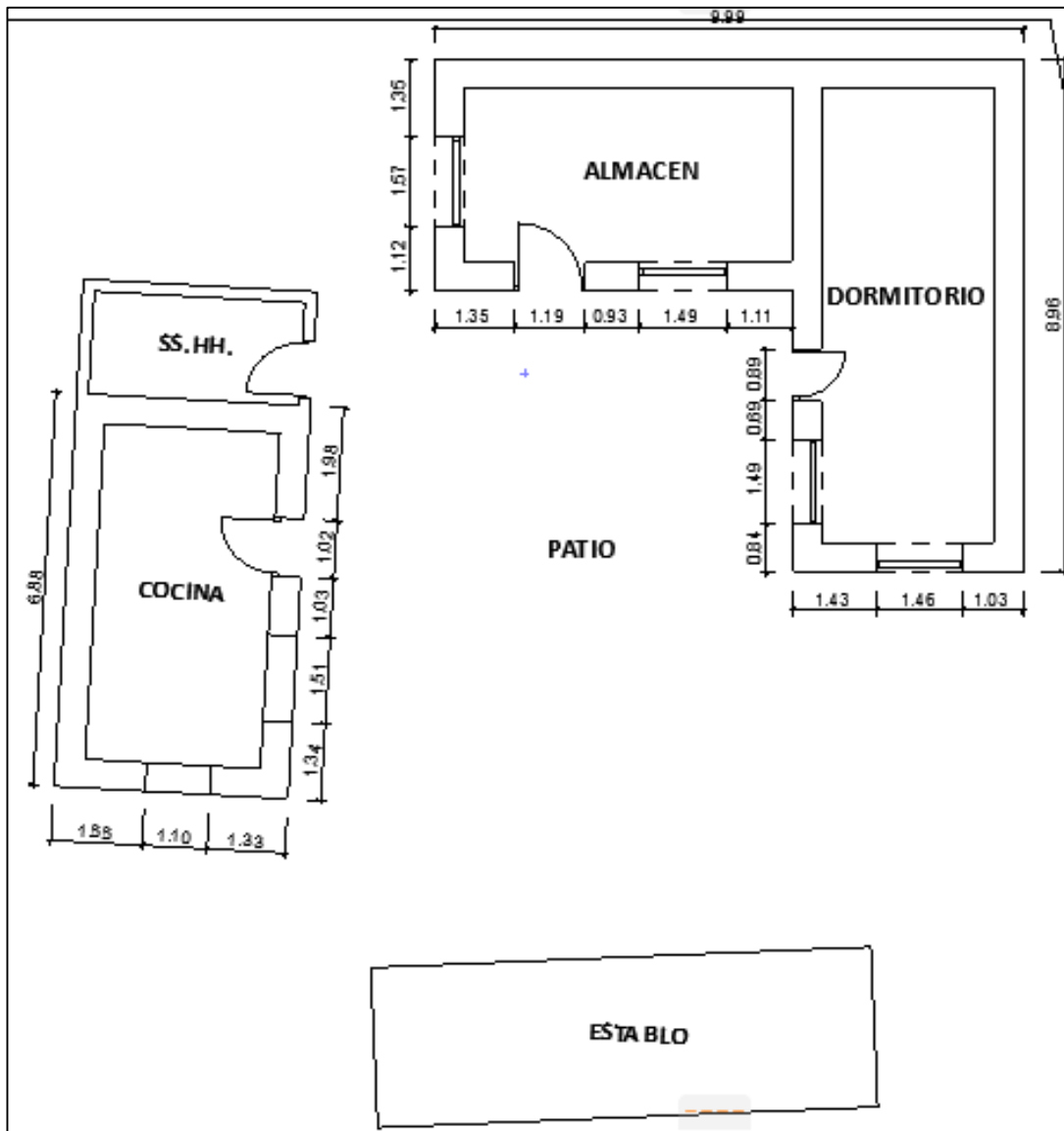


Figura 34. Plano de la vivienda experimental

4.1.5 Cálculo de transferencias de energía en la vivienda experimental

Para el cálculo de energía que se transmite en la vivienda tenemos que determinar el calor que atraviesa por las superficies, para este caso es necesario determinar el coeficiente global de transferencia de calor U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] de muros, puertas, techos y pisos.

Tabla 20: Coeficiente global de transferencia en la vivienda de análisis.

COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA - VIVIENDA DE ANALISIS					
	CAPAS	K [W/M°C]	e [m]	R [m2. °C/W]	U [W/M2.°C]
MURO EXTERIOR	Rse			0.11	1.18
	Adobe	0.90	0.40	0.42	
	Rsi			0.06	
VENTANA	Rse			0.11	0.35
	Vidrio	0.80	0.00	0.01	
	Rsi			0.06	
MARCO VENTANAS	Rse			0.11	0.55
	Madera	0.13	0.05	0.46	
	Rsi			0.06	
PUERTAS	Rse			0.11	1.58
	Madera	0.13	0.08	0.62	
	Rsi			0.06	
TECHO	Rse			0.05	1.69
	Teja	1	0.04	0.04	
	Cámara de aire			0.16	
	Teja	1	0.04	0.04	
	Plástico	0.33	0.0003	0.01	
	Tierra	0.52	0.1	0.38	
	Listones	0.13	0.05	0.01	
	Rsi	-	-	0.17	
PISO	Rse			0.09	0.93
	Tierra	0.52	0.1	0.38	
	Rsi	-	-	0.09	

Para la investigación el área de la vivienda analizar es el dormitorio, lugar donde las personas pasan mayor tiempo en la vivienda. Los ocupantes se encuentran en la vivienda en un periodo de 12 a 14 horas.

Tabla 21: Coeficiente global de transferencia dormitorio.

COMPONENTE		A M2	U [W/M2.° C]	ESQUEMA
MUROS	m1	9.31	1.18	
	m2	21.27		
	m3	10		
	m4	20.23		
VENTANA	Vidrio	1.84	0.35	
	Marco	0.58	0.55	
PUERTA		1.74	1.58	
TECHO	Teja	40.44	1.69	
PISO	tierra	23.06	0.93	

Se realiza un balance de energía en el dormitorio para ver las ganancias y pérdidas de calor.

$$\Delta \dot{Q}_{DORM.} = \dot{Q}_{elementos\ constructivos} + \dot{Q}_{renovación} + \dot{Q}_{agujeros} + \dot{Q}_{ganancia\ solar} + \dot{Q}_{ocupantes} + \dot{Q}_{iluminación} \quad (30)$$

$$\Delta \dot{Q}_{DORM.} = (\dot{Q}_{muros} + \dot{Q}_{techo} + \dot{Q}_{piso} + \dot{Q}_{ventanas} + \dot{Q}_{puerta}) + \dot{Q}_{renovación} + \dot{Q}_{agujeros} + \dot{Q}_{ganancia\ solar} + \dot{Q}_{ocupantes} + \dot{Q}_{iluminación}$$

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (12)$$

$$\dot{Q}_{muros.} = \dot{Q}_{m1} + \dot{Q}_{m2} + \dot{Q}_{m3} + \dot{Q}_{m4}$$

$$\dot{Q}_{muros.} = U_{m1} \cdot A_{m1} \cdot (T_{sa} - T_{dorm}) + U_{m2} \cdot A_{m2} \cdot (T_{sa} - T_{dorm}) + U_{m3} \cdot A_{m3} \cdot (T_{sa} - T_{dorm}) + U_{m4} \cdot A_{m4} \cdot (T_{sa} - T_{dorm})$$

$$\dot{Q}_{techo} = U_{techo} \cdot A_{techo} \cdot (T_{sa} - T_{dorm})$$

$$\dot{Q}_{piso} = U_{piso} \cdot A_{piso} \cdot (T_{suelo} - T_{dorm})$$

$$\dot{Q}_{ventanas} = (U_{ventanas} \cdot A_{ventanas} + U_{m.ventanas} \cdot A_{m.ventanas}) (T_{sa} - T_{dorm})$$

$$\dot{Q}_{puerta} = U_{puerta} \cdot A_{puerta} \cdot (T_{sa} - T_{dorm})$$

$$\dot{Q}_{renovación} = 0.223N \cdot V_{aire} \cdot (T_{ext} - T_{dorm})$$

$$\dot{Q}_{ganancia\ solar} = \sum t_i \cdot G \cdot A_i$$

$$\dot{Q}_{agujeros} = \dot{V} \cdot C_{e\ aire} \cdot \rho_{aire}$$

Nota: Para el cálculo del balance energético de la investigación no se considera las ganancias y pérdidas de calor por iluminación y ocupantes, debido a que son parámetros que cambian aleatoriamente según el tipo de iluminación artificial y la actividad que realizan los ocupantes.

Donde:

- $\dot{Q}_{M1}, \dot{Q}_{M2}, \dot{Q}_{M3}, \dot{Q}_{M4}$ son la rapidez de transferencia de calor que atraviesan los muros del dormitorio.
- $U_{m1}, U_{m2}, U_{m3}, U_{m4}$ son los coeficientes globales de transferencia de calor de muros respectivamente [W/m²°C].
- $U_{techo}, U_{piso}, U_{ventana}, U_{m.ventana}, U_{puerta}$, representan el coeficiente global de transferencia de calor del techo, piso, ventana y puerta [W/m²°C].
- A Representa el área del componente por donde el calor fluye [m²].
- T_{sa}, T_{dorm} son la temperatura sol aire y temperatura del dormitorio. Se considera $^{\circ}T_{suelo} = ^{\circ}T_{ext.}$ para $\Delta^{\circ}T$ de piso.
- N es el número de renovaciones de aire contenido en el dormitorio.
- V_{aire} volumen de aire contenido en el dormitorio. [m³]
- $\sum t_i \cdot G \cdot A_i$ es la cantidad de irradiancia solar que ingresa por las superficies traslúcidas (vidrios).
- \dot{V} es el caudal de aire que ingresa. [m³/s]

- $C_{e\text{aire}} = 1006,5 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ es el calor específico del aire
- ρ_{aire} es la densidad del aire a 3435 m.s.n.m. $\rho_{\text{aire}} = 0.74 \text{ kg/m}^3$

Las ganancias térmicas obtenidas en el dormitorio por los materiales constructivos esta descrita en la siguiente tabla.

Tabla 22: Balance energético dormitorio.

COMPONENTE		U [W/M2.°C]	A	ΔT	$\dot{Q} = A.U. \Delta T$
MUROS	m1	1.18	60.61	22.87	1386.15
	m2				
	m3				
	m4				
VENTANA	Vidrio	0.35	1.84	22.87	14.73
	Marco	0.55	0.58	22.87	7.30
PUERTA		1.58	1.74	22.87	62.87
TECHO	Teja	1.69	40.44	22.72	1552.77
PISO	tierra	0.93	23.06	23.65	507.19
TOTAL					3531.01

La temperatura es proporcional a la cantidad de transferencia de energía (ganancias de energía), a mayor transferencia de energía mayor temperatura.

Calculo de transferencias de energía en la vivienda experimental según norma EM110

La norma EM. 110 establece criterios bioclimáticos para la zona Mesoandina, con la finalidad de estipular lineamientos o parámetros técnicos de diseño para el confort térmico y lumínico con eficiencia energética, considerando coeficientes globales de transferencia máximos por zona.

Tabla 23: cuadro comparativo de coeficiente global existente vs coeficiente global recomendado según norma EM. 110

COMPONENTE	COEF. GLOBAL VIVIENDA DE ANALISIS SMP.	COEF. GLOBAL RECOMENDADO NORMA EM 110
	U [W/M2.°C]	U [W/M2.°C]
MURO	1.18	2.36
VENTANA	0.35	0.59
MARCO VENTANAS	0.55	2.2
PUERTAS	1.58	4
TECHO	1.69	2.21
PISO	0.93	2.63
TOTAL	6.28	13.99

En el cuadro se evidencia la diferencia de coeficientes globales de transferencia por cada componente.

Teniendo el coeficiente global recomendado por la norma EM. 110, se realiza el cálculo de transferencia de energías por componentes constructivos. El cual podrá definir cuáles deberían ser las transferencias de energía necesarias para alcanzar el confort térmico.

Tabla 24: Balance energético según norma EM. 110

COMPONENTE		U [W/M2.°C]	A	ΔT	$\dot{Q} = A.U. \Delta T$
MUROS	m1	2.36	60.61	22.87	3271.32
	m2				
	m3				
	m4				
VENTANA	Vidrio	0.59	1.84	22.87	24.83
	Marco	2.20	0.58	22.87	29.18
PUERTA		4.00	1.74	22.87	159.18
TECHO	Teja	2.21	40.44	22.72	2030.54
PISO	tierra	2.63	23.65	15.65	973.42
TOTAL					6488.46

La diferencia de transferencias de energía de la vivienda analizado en estado actual y según la norma EM110, es de 2957.46 W/M2.°C.

Tabla 25: Resumen de balance energético según norma EM. 110

	U [W/M2.°C]	ΔU
VIVIENDA ACTUAL	6488.46	2957.46
NORMA EM110	3531.01	

4.1.6 Simulación térmica de la vivienda experimental

El software a utilizar para la simulación térmica es Autodesk Ecotect 2011, herramienta de análisis ambiental.

Para simular las condiciones de la vivienda, se debe procesar toda la información analizada. A continuación se describirá toda la información introducida al programa para tener los resultados más acertados.

Clima:

- De la data climática del SENAMHI, se determinó que los meses más fríos son Mayo, Junio, Julio y Agosto.

Tabla 26: Resumen de climas del Cusco 2014, 2015, 2016.

	TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	6.34	5.77	4.90	3.04	-0.47	-2.42	-3.71	-2.73	1.76	3.99	4.48	6.17
2015	5.99	6.32	5.59	4.84	0.54	-1.85	-3.36	-1.63	1.92	2.86	5.12	5.82
2016	6.45	8.17	6.18	3.09	-1.61	-3.41	-4.10	-1.52	1.00	4.22	3.47	

- Los datos simulados en el software CLIMATE CONSULTANT, determinan el mes más frío por el record histórico climático que maneja.

- La información climática del software se introducirá en el software Ecotect para cálculo térmico de la vivienda de estudio

Materiales del modelo:

La información se ingresa de manera tal que se logre la mayor similitud a las condiciones reales del dormitorio.

Tabla 27: Características de los materiales del modelo.

COMPONENTE	CARACTERISTICAS TERMICAS			
	ESPESOR mm	DENSIDAD kg/m3	CALOR ESP. J/kg.K°	CONDUCT. W/mk°
TECHO				
TEJA DE ARCILLA	50	2760	836.8	18.828
CAMARA DE AIRE	80	1.3	1004	5.56
PLASTICO	5	1250	1088	4.31
TORTA DE BARRO	100	1400	1004	0.25
MATERIAL	Teja de arcilla con cama de barro			

COMPONENTE	CARACTERISTICAS TERMICAS			
	ESPESOR mm	DENSIDAD kg/m3	CALOR ESP. J/kg.K°	CONDUCT. W/mk°
MURO	400	1400	1842.192	0.250
MATERIAL	Adobe			

COMPONENTE	CARACTERISTICAS TERMICAS			
	ESPESOR mm	DENSIDAD kg/m ³	CALOR ESP. J/kg.K°	CONDUCT. W/mk°
VENTANA	6	2500	800	0.800
MATERIAL	Panel de ventana vidrio de 6mm, con carpintería de Madera			

COMPONENTE	CARACTERISTICAS TERMICAS			
	ESPESOR mm	DENSIDAD kg/m ³	CALOR ESP. J/kg.K°	CONDUCT. W/mk°
PUERTA	80	825	2385	0.209
MATERIAL	Madera solida			

COMPONENTE	CARACTERISTICAS TERMICAS			
	ESPESOR mm	DENSIDAD kg/m ³	CALOR ESP. J/kg.K°	CONDUCT. W/mk°
PISO	100	1500	1842.192	1.51
MATERIAL	Tierra compactada			

Condiciones internas del dormitorio

Tabla 28: Condiciones internas de diseño del modelo.

	Vestimenta	Humedad	Velocidad del aire	Nivel de iluminación
CONDICIONES INTERDNAS DE DISEÑO	1 clo	60%	0.5 m/s	300 LUX

Donde:

- Se considera 1 CLO para el grado de vestimenta, valor dado para atuendo invernal.
- Se establece 60% de humedad porque es un valor recomendado por varios estudios para alcanzar el confort.
- Velocidad del aire, se considera una cantidad mínima de 0.5 m/s para tener una briza refrescante.
- Se considera una luminaria básica con potencia para producir 300 lux.

Factor de ocupación, ganancias internas e infiltración de aire en el dormitorio

Tabla 29: Características de ocupación, ganancias térmicas e infiltración del aire en el modelo

	N° de personas	Actividad
OCUPACION	0	Sedentaria 70 w
GANANCIAS INTERNAS	Carga Sensible	Carga latente
	5	2
TASA DE INFILTRACION	Tasa de cambio de aire	Sensibilidad de aire
	0.50 a.c.h.	0.25 a.c.h.

Donde:

- El cálculo se realiza sin ocupantes.
- La carga sensible es el calor ganado por la iluminación y equipamiento.
- La carga latente es el calor ganado por evaporación y/o humedad
- La tasa de infiltración, es un valor que se determina por el intercambio de aire entre el dormitorio y el exterior. Se considera una renovación de aire de 0.5 por hora con una sensibilidad de 0.25 por hora.

Sistemas de climatización

Tabla 30: Características del sistema de climatización

	N° de personas	Eficiencia %
SISTEMA ACTIVO	Sistema mixto	95%
RANGO DE TEMPERATURA	Banda Inferior	Banda superior
	18 °C	26°C
HORAS OPERATIVAS	Días de semana	Fines de semana
	18:00-5:00	18:00-5:00

Donde:

- Para realizar la simulación térmica es necesario considerar un sistema de climatización, para obtener datos de calefacción y refrigeración. Se considera un

sistema activo mixto, el cual considera la ventilación natural cuando las condiciones exteriores son favorables.

- El rango de temperatura se considera, de 18°C a 26°C, según los parámetros de California Energy Code Comfort modeL, 2013.
- El rango operativo a considerar, son las 24 horas durante toda la semana

Figura 35. Parámetros de ocupación, ganancias térmicas e infiltración del aire en el modelo (Fuente: Ecotect software)

Figura 36. Parámetros de sistemas de calefacción y horas de operación (Fuente: Ecotect software)

Demanda energética de calefacción y refrigeración en la vivienda

Una vez ingresado la información al software, este permite determinar la demanda de calefacción en la vivienda experimental en condiciones reales.

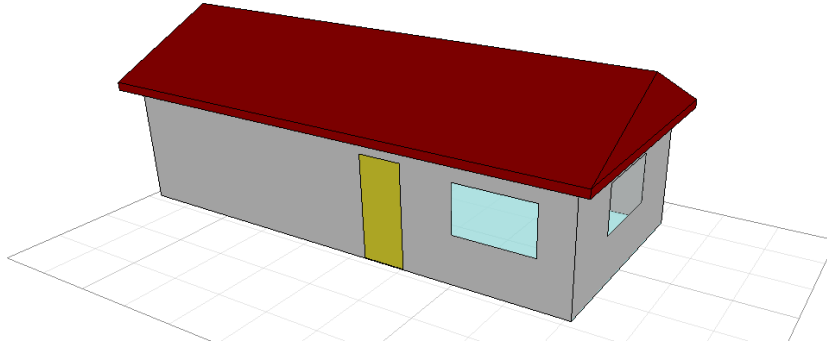


Figura 37. Modelo 3d de dormitorio –vivienda experimental (Fuente: ECOTECT)

De la información simulada se determina, que solo se requiere calefacción durante el año. Esta información véase en el grafico 09.

Tabla 31: Requerimientos de calefacción en el dormitorio

VIVIENDA	CALEFACCION (KWh)	REFRIGERACION (KWh)	TOTAL (KWh)	TOTAL KWh/m2
ACTUAL	7951.272	0	7951.272	227.40

Los meses de mayo, junio, julio y agosto hay una mayor demanda de calefacción por las bajas temperaturas.

A su vez simulamos el desglose de ganancias y pérdidas pasivas en la vivienda experimental. Esta información véase en el grafico 10.

Tabla 32: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio

CATEGORIA	PERDIDAS	GANANCIAS
CONDUCCION Y CONVECCION	48.40%	0.00%
TEMPERATURA SOL AIRE	0.00%	70.30%
RADIACION SOLAR	0.00%	8.60%
VENTILACION	11.30%	0.00%
CARGAS INTERNAS	0.00%	21.10%
FLUJO DE ENERGIAS ENTRE ZONAS	40.20%	0.00%

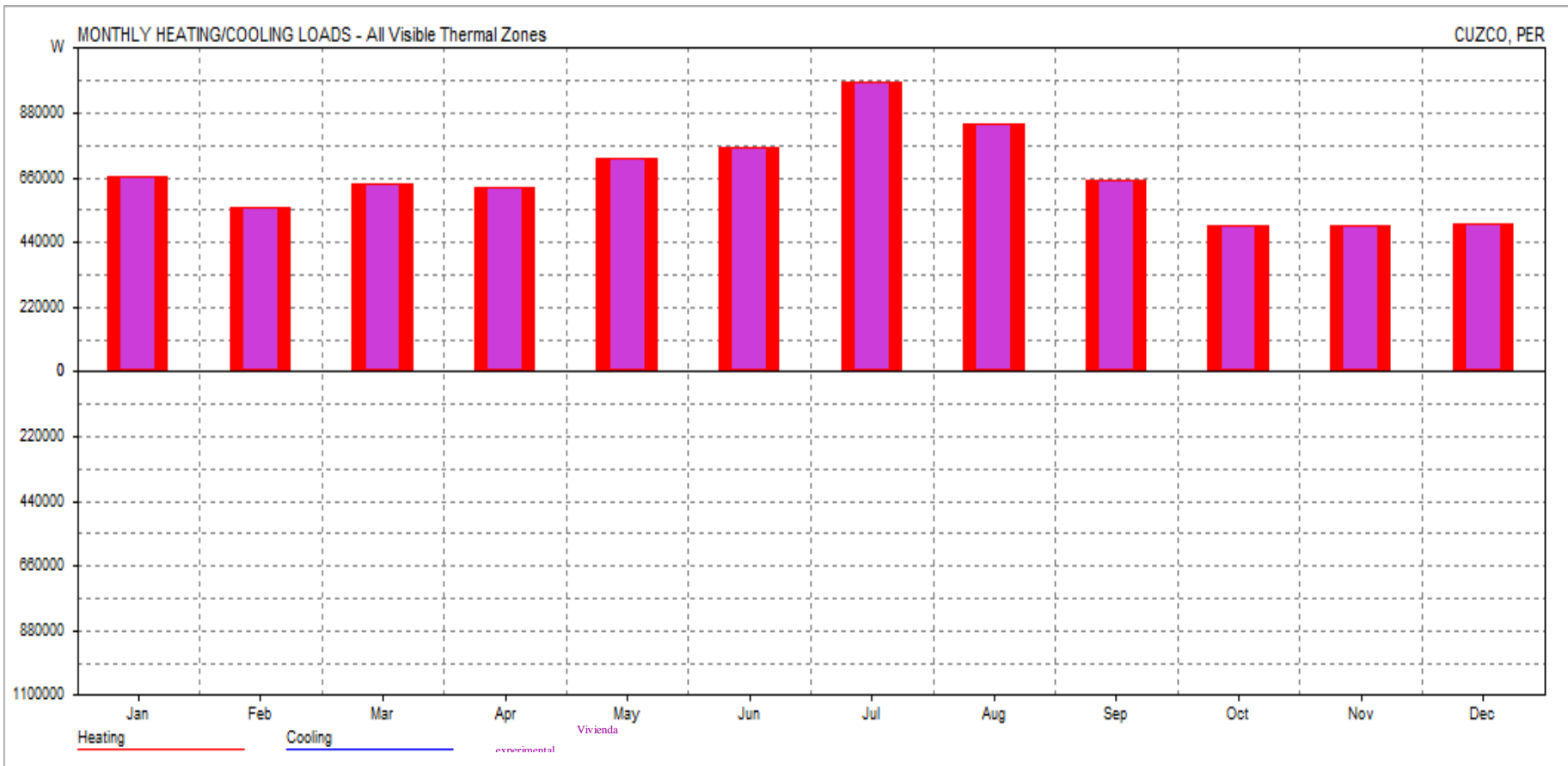


Gráfico 09 Demanda de energía para calefacción
(Fuente: Ecotect software)

En el grafico la simbología de los ítems se entienden de la siguiente manera:

- HEATING (Requerimientos de calefacción)
- COOLING (Requerimientos de enfriamiento)
- Vivienda de análisis

El grafico 09, es la interpretación del análisis de requerimientos de cargas de calefacción y refrigeración dentro de la vivienda. Este tipo de evoluciones nos ayudan a determinar cuáles son los requerimientos térmicos, dentro de la vivienda.

- Si los requerimientos son de calefacción, es un indicador que la vivienda tiene una temperatura interior por debajo de la zona de confort
- Si los requerimientos de son de refrigeración, es un indicador que la vivienda tiene temperaturas altas por encima de la temperatura de confort

En el grafico 09, se puede evidenciar que la vivienda a lo largo del año, tiene distintos requerimientos de calefacción para cada mes, para entenderlo de mejor manera se expone en el siguiente cuadro.

Tabla 31.1: Requerimientos de calefacción en el dormitorio mensual

MES	CALEFACCION (Wh)	REFRIGERACION (Wh)	TOTAL (Wh)	TOTAL (KWh/m2)
ENE	662435	0	662435	18.945
FEB	557614	0	557614	15.947
MAR	637347	0	637347	18.228
ABR	628725	0	628725	17.981
MAY	727672	0	727672	20.811
JUN	762997	0	762997	21.821
JUL	986427	0	986427	28.211
AGO	843468	0	843468	24.123
SEP	650571	0	650571	18.606
OCT	497216	0	497216	14.220
NOV	495721	0	495721	14.177
DIC	501078	0	501078	14.330
ANUAL			7951272	227.400

De la información analizada se puede concluir que los requerimientos de climatización están orientados directamente a calefacción más no a refrigeración

Según lo analizado, se puede evidenciar que la vivienda tiene solo requerimientos de calefacción durante el año, los cuales son más predominantes en los meses de mayo a setiembre, a esta temporada se le denomina temporada de helada. La percepción de frío en esta temporada es más intensa en las madrugadas.

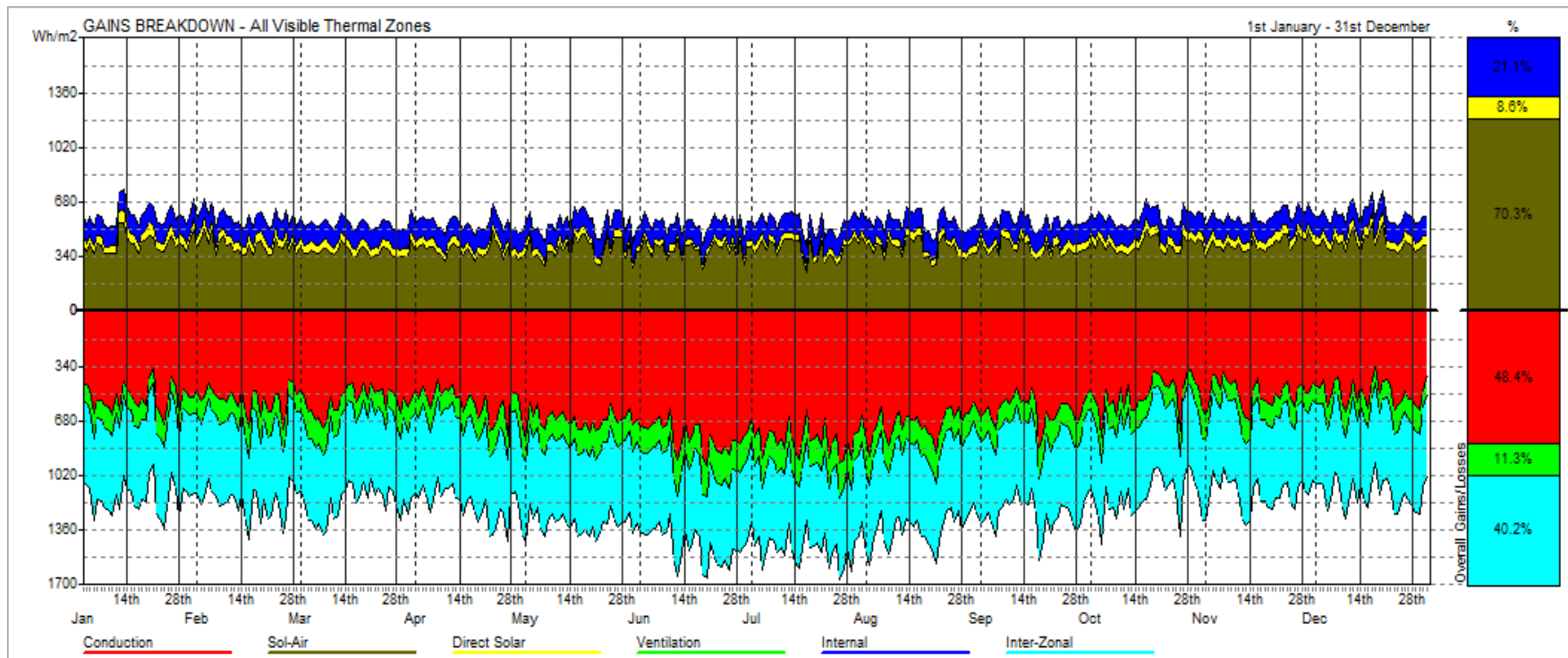


Gráfico 10 Desglose de ganancias y pérdidas
(Fuente: Ecotect software)

En el gráfico la simbología de los ítems se entienden de la siguiente manera:

- Sol – air (Ganancias por Temperatura sol aire)
- Direct solar (Ganancias por Radiación solar directa)
- Internal (Ganancias por Transferencias internas)
- Conduction (Pérdidas por conducción)
- Ventilation (Pérdidas Ventilación)
- Inter-Zonal (Pérdidas Flujo de energía entre zonas)

En el grafico 10, se puede evidenciar de manera representativa, las cargas térmicas que se transmiten en la vivienda durante todo el año, las cargas térmicas pueden ser positivas a las que se les denomina ganancias o pueden ser cargas negativas que se les denomina pérdidas.

El grafico está dividido en dos partes una superior referida a las ganancias, conformada por las transferencias internas, transferencias por la temperatura sol aire obtenidas por radiación solar en superficies opacas, y las transferencias por captación o radiación solar directa. La zona inferior referida a las pérdidas comprende, transferencias por ventilación, transferencias por flujos de energías entre zonas, transferencias por conducción o convección a través de los elementos constructivos.

De los valores obtenidos, podemos concluir que las pérdidas de cargas pasivas en la vivienda se generan por las siguientes razones:

- Por ventilación.- se deben a la presencia de aberturas en las viviendas entre los vanos y los cerramientos
- Por conducción se deben por la poca capacidad de los materiales constructivos para retardar los procesos de transferencia de cargas.
- Entre zonas se debe a la facilidad de transferencia de cargas del interior con el exterior.

De los valores obtenidos, podemos concluir que las ganancias de cargas pasivas en la vivienda se generan por las siguientes razones:

- Por radiación solar directa debido a la ubicación geográfica de la vivienda y la capacidad de los materiales constructivos para captar la radiación.
- Por captación aire sol se tienen ganancias en vista de que los materiales constructivos son superficies opacas que facilita la captación de cargas del entorno.
- Por ganancias internas, esto está determinado por las actividades humanas que se realicen dentro de la vivienda además del uso de algún equipo que genere alguna carga.

4.1.7 Estrategias de climatización aplicables para la vivienda de adobe en la zona de estudio

Una vez analizado las condiciones de temperatura en la zona de estudio a través del diagrama de Givoni, se determinó que para alcanzar el confort se deben aplicar estrategias de climatización activa y pasiva solar.

Las estrategias de climatización que se proponen, aprovechan el potencial energético solar y geotérmico, con la finalidad de alcanzar las condiciones de confort sin recurrir a un alto consumo de energía convencional.

Climatización pasiva solar

Se trabaja en el mejoramiento de los componentes constructivos, muros, pisos y ventanas a través de las siguientes estrategias.

- Evitar las filtraciones directas
- Aislamiento térmico de los muros
- Aislamiento térmico de las ventanas
- Aislamiento térmico del piso

Climatización activa

Se propone el uso de energía geotérmica para promover el uso de energías renovables distintas a las ya conocidas. En la investigación aplicaremos el sistema de climatización por pozos provenzales, para alcanzar las condiciones de confort en las viviendas de la zona rural de Anta.

Ventajas del sistema

- La inversión inicial es mucho menor que la de un sistema de climatización convencional. Debido a que los materiales a utilizar para este tipo de sistemas no son muy sofisticados, pueden trabajar con tuberías simples que resistan a la corrosión y no se deformen a la presión que se ejerza al estar enterrados, el factor más determinante para que pueda funcionar el sistema es la conductividad del suelo, donde se vayan a enterrar los tubos. (Escuer, 2012)

La inversión en un sistema de climatización convencional es alta, debido a que sus componentes son altamente procesados, a diferencia de este sistema que necesita de un conducto de alta resistencia a la corrosión y presión para su funcionamiento, una buena capacidad calorífica de los conductos retarda la oscilación térmica, permitiendo optimizar el sistema.

- Los requerimientos energéticos son completamente marginales, implicando el uso del sistema y el mantenimiento. (Ruiz Muñoz, 2009)

Esto se debe a que el funcionamiento no está limitado al uso de una bomba de calor, la bomba de calor influye en la medida de optimizar el funcionamiento de este sistema. (Fenercom,2008)

En conclusión los requerimientos energéticos para el funcionamiento del sistema serán marginales siempre y cuando se proponga el uso de una bomba de calor para optimizarlo. Al hacer uso del sistema sin bomba de calor se obtiene los mismos beneficios pero en menor intensidad. El funcionamiento del sistema es solo dependiente de la conductividad del suelo donde se aplique.

- Se destaca que el sistema es especialmente duradero, y completamente sostenible y ecológico (Ruiz Muñoz, 2009)

El aprovechamiento de la energía geotérmica para este sistema, hace que el sistema sea duradero, en vista de que la energía geotérmica se puede captar de manera eficiente, a causa de la estabilidad del subsuelo frente a la oscilación estacional del ambiente exterior que es variable.

4.2 Análisis de resultados

4.2.1 Mejoramiento de la vivienda experimental

4.2.1.1 Estrategias de climatización pasiva

Estrategia 1 Evitar filtraciones directas.

La envolvente de la vivienda presenta filtraciones directas por las ventanas y puertas, debido a que estos elementos no encajan de manera adecuada con los vanos. Se presentan aberturas de 1 a 2 cm alrededor de las ventanas, las puertas tienen aberturas entre 7 y 8 centímetros por la parte superior e inferior.

Teniendo estas consideraciones se planteó cerrar esas aberturas con el mismo material de los muros, material accesible y disponible en la zona.

Una vez simulada esta acción obtuvimos los siguientes resultados con respecto a la demanda de calefacción. Esta información véase en el gráfico 11.

Tabla 33: Requerimientos de calefacción en el dormitorio con estrategia 1

VIVIENDA	CALEFACCION (KWh)	REFRIGERACION (KWh)	TOTAL (KWh)	TOTAL KWh/m2
ACTUAL	7951.272	0	7951.272	227.40
ESTRAT. 1	7934.076	0	7934.076	226.91

La demanda anual de calefacción disminuyó en 0.49 KWh/M2

Las ganancias y pérdidas pasivas aplicando esta estrategia también fueron simuladas. Esta información véase en el gráfico 12.

Tabla 34: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio con estrategia 1

CATEGORIA	PERDIDAS	GANANCIAS
CONDUCCION Y CONVECCION	47.80%	0.00%
TEMPERATURA SOL AIRE	0.00%	71.90%
RADIACION SOLAR	0.00%	6.30%
VENTILACION	11.50%	0.00%
CARGAS INTERNAS	0.00%	21.80%
FLUJO DE ENERGIAS ENTRE ZONAS	40.70%	0.00%

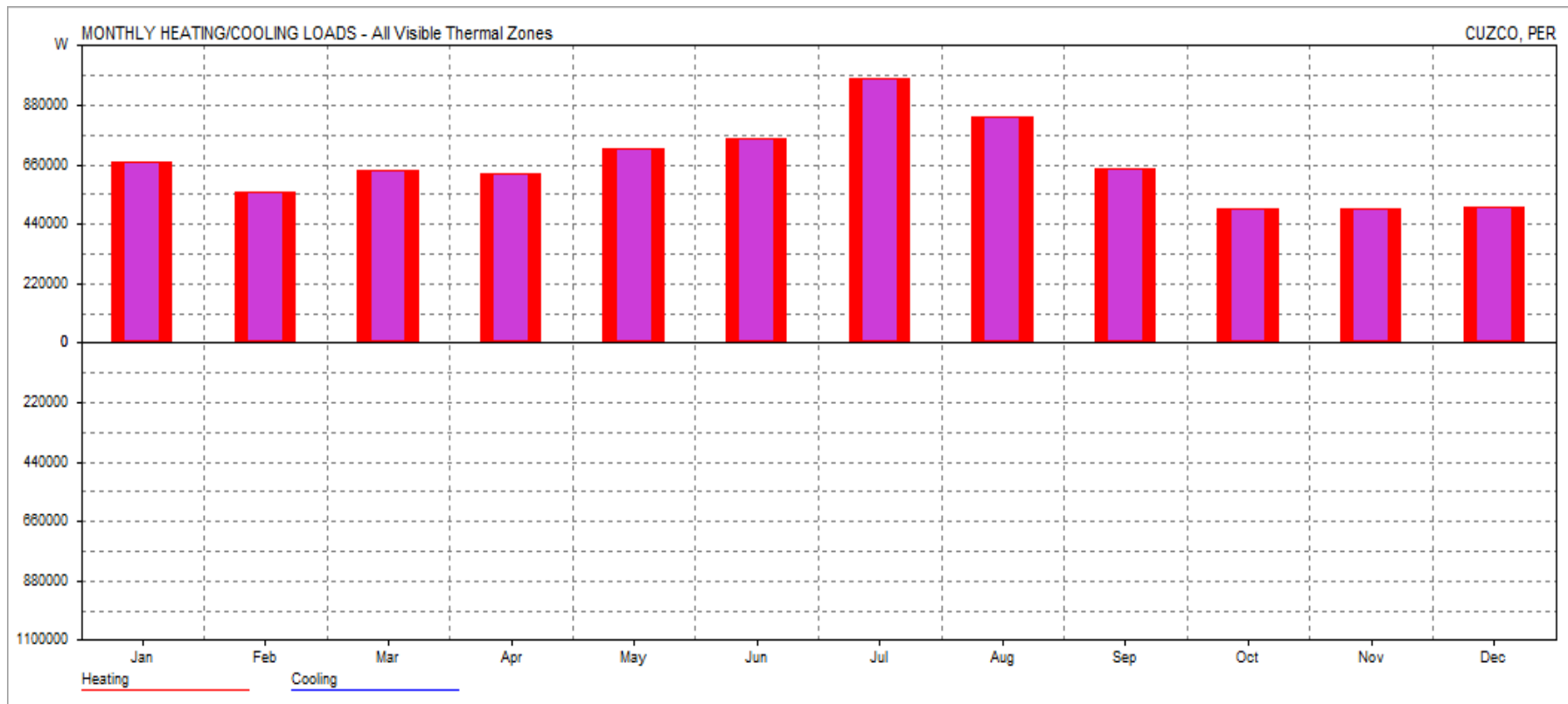


Gráfico 11 Demanda de energía para calefacción- Estrategia 1
(Fuente: Ecotect software)

En este gráfico se puede evidenciar que en la vivienda, varía sus requerimientos de calefacción al aplicársele la estrategia 1, que consiste en evitar filtraciones de aire. Lo cual permite reducir la demanda anual de calefacción en 0.49 KWh/M2

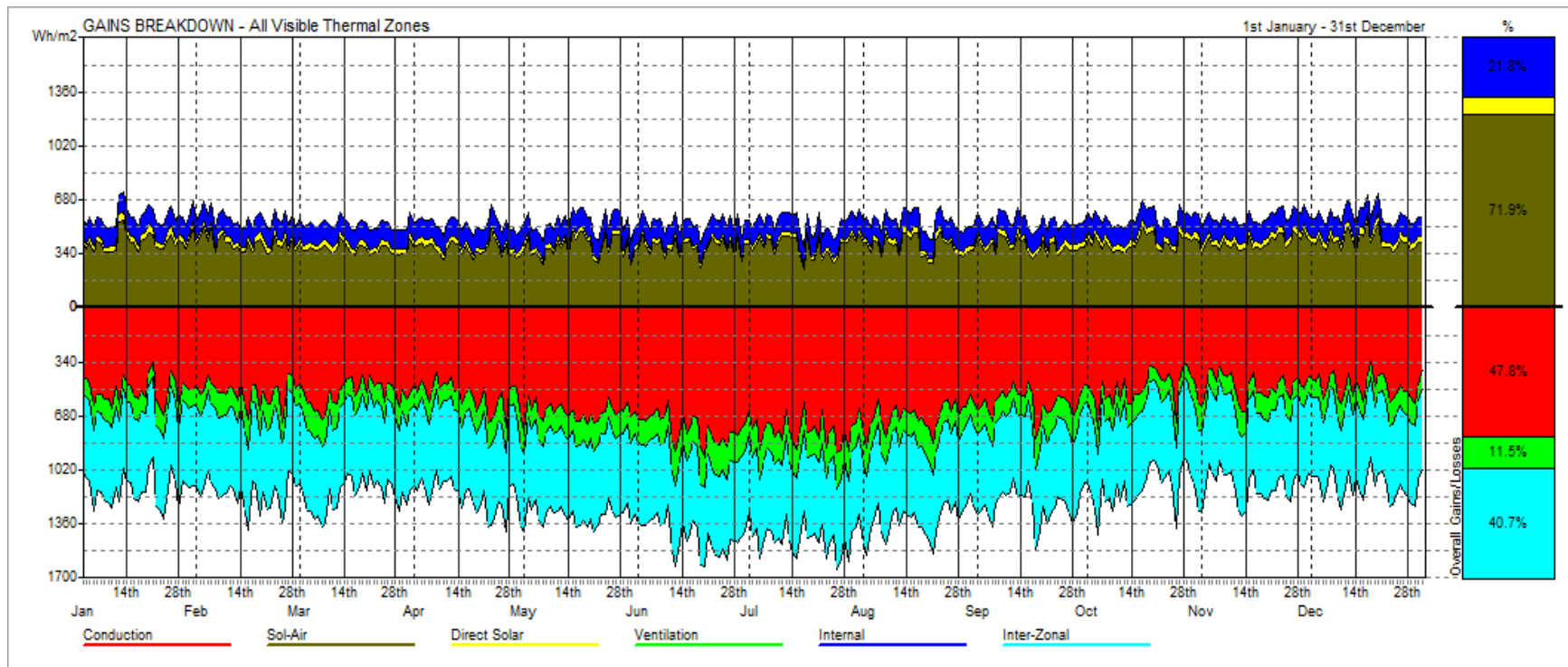


Gráfico 12 Desglose de ganancias y pérdidas - Estrategia 1
(Fuente: Ecotect software)

En este gráfico se puede evidenciar que en la vivienda, la transmisión de cargas se realizara de manera optimizada, lo cual influye directamente en la reducción de requerimiento de calefacción.

La reducción de pérdidas por conducción, entre zonas y ventilación se debe a que el cerramiento propuesto en las aberturas, impide el desplazamiento de cargas interior exterior, además de poseer un coeficiente de inercia térmica que contribuye a retardar el desplazamiento.

Estrategia 2 Aislamiento térmico de los muros

Los muros de la vivienda son de adobe, los cuales tienen grandes características térmicas, pero debido a las temperaturas extremas que se presentan en la zona de estudio, deben de tratarse con algún aislante térmico para evitar la pérdida de calor

El material del aislante térmico puede ser orgánico, inorgánico o sintético. Se descarta el uso de materiales sintéticos, debido a que su producción genera mayores impactos ambientales que los orgánicos e inorgánicos.

		AISLANTE		TÉCNICAS						B.M.
		Conductividad térmica λ (W/m.K)	Densidad ρ (kg/m ³)	Cap. higroscópica	Resistencia al vapor de agua μ	Resistencia fuego	Inflamable	Resistencia acústica	Resistencia a compresión	Energía incorporada (w/kg)
SINTÉTICOS	EPS	0,029 0,053	10 25	ALTA	20 40	B	SI	NO	SI	≤22616 MUY ALTA
	XPS	0,025 0,04	30	BAJA	100 220	E	SI	NO	SI	28431 22616
	PUR	0,019 0,04	30 60	ALTA	60 150	C-E	SI	SI	SI	187386 33600
INORGÁNICOS	ARLITA	0,080 0,160	300 600	MEDIA	1 5	C	NO	SI	SI	1292
	PERLITA	0,040 0,060	50 180	ALTA	2 5	A	NO	SI	SI	2585 MEDIA
	VERMICULITA	0,065 0,075	60 200	ALTA	-	A	NO	SI	SI	≤1292
	LANA DE VIDRIO	0,03 0,05	25 80	ALTA	1	E	NO	SI	NO	9692
	LANA DE ROCA	0,03 0,05	25 80	ALTA	1 1,3	A-B	NO	SI	NO	3877 ALTA
ORGÁNICOS	CORCHO	0,034 0,100	95 130	BAJA	5 30	E	NO	SI	SI	4071
	CAÑAMO	0,037 0,070	70 130	MEDIA	1 2	E	SI	SI	SI	1228 BAJA
	LINO	0,037 0,047	25	MEDIA	1 2	C-D	SI	SI	SI	1228
	FIBRA DEMADERA	0,040 0,01	150 190	BAJA	1 2	E	NO	SI	SI	2391
	CELULOSA	0,034 0,069	30 60	MEDIA	1 2	B-E	NO	SI	SI	840 1422
	ALGODÓN	0,040 0,069	20 60	MEDIA	1 2	A	SI	SI	NO	≥1000
	LANA DE OVEJA	0,035 0,050	25 80	ALTA	1 2	C	SI	SI	SI	2197

Figura 38. Tipos de aislantes térmicos (Fuente: Velásquez, 2015)

Los aislantes orgánicos, se descartan porque carecen de propiedades higrotérmicas, las cuales son importantes para evitar su deterioro, dentro de las viviendas de adobe.

En la investigación por temas prácticos se considera la selección de un aislante térmico inorgánico con propiedades higrotérmicas. Pero queda abierta la posibilidad, que en un futuro este material se pueda reemplazar por un aislante orgánico sostenible, que tenga características y propiedades similares.

Se considera para la investigación, lana mineral de roca como aislamiento por su baja conductividad térmica y su alta capacidad higroscópica, que actúa como barrera contra la humedad. No generan impactos ambientales altos en su producción con respecto a los otros.

Para la selección del espesor del aislante se tomó, en consideración los valores de resistencia térmica más altos. Se consideró 100 mm de espesor por su alta resistencia térmica.

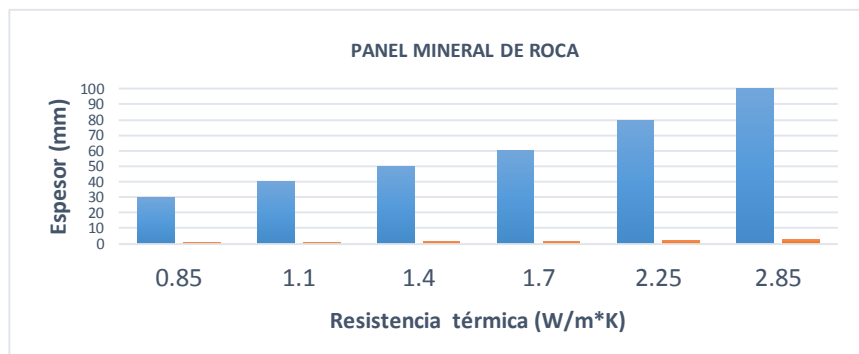


Figura 39. Resistencias térmicas del panel de lana de roca, según espesor. (Fuente: Rockwool, 2016)

Una vez simulada esta acción obtuvimos los siguientes resultados con respecto a la demanda de calefacción. La demanda anual de calefacción disminuyó en 46.83 KWh/M2. Esta información véase en el gráfico 13.

Tabla 35: Requerimientos de calefacción en el dormitorio con estrategia 2

VIVIENDA	CALEFACCION (KWh)	REFRIGERACION (KWh)	TOTAL (KWh)	TOTAL KWh/m2
ACTUAL	7951.272	0	7951.272	227.40
ESTRATEGIA 1 Y 2	6313.968	0	6313.968	180.57

Las ganancias y pérdidas pasivas aplicando esta estrategia también fueron simuladas. Esta información véase en el gráfico 14.

Tabla 36: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio con estrategia 2

CATEGORIA	PERDIDAS	GANANCIAS
CONDUCCION Y CONVECCION	6.40%	0.00%
TEMPERATURA SOL AIRE	0.00%	4.20%
RADIACION SOLAR	0.00%	16.80%
VENTILACION	20.60%	0.00%
CARGAS INTERNAS	0.00%	79.00%
FLUJO DE ENERGIAS ENTRE ZONAS	73.00%	0.00%

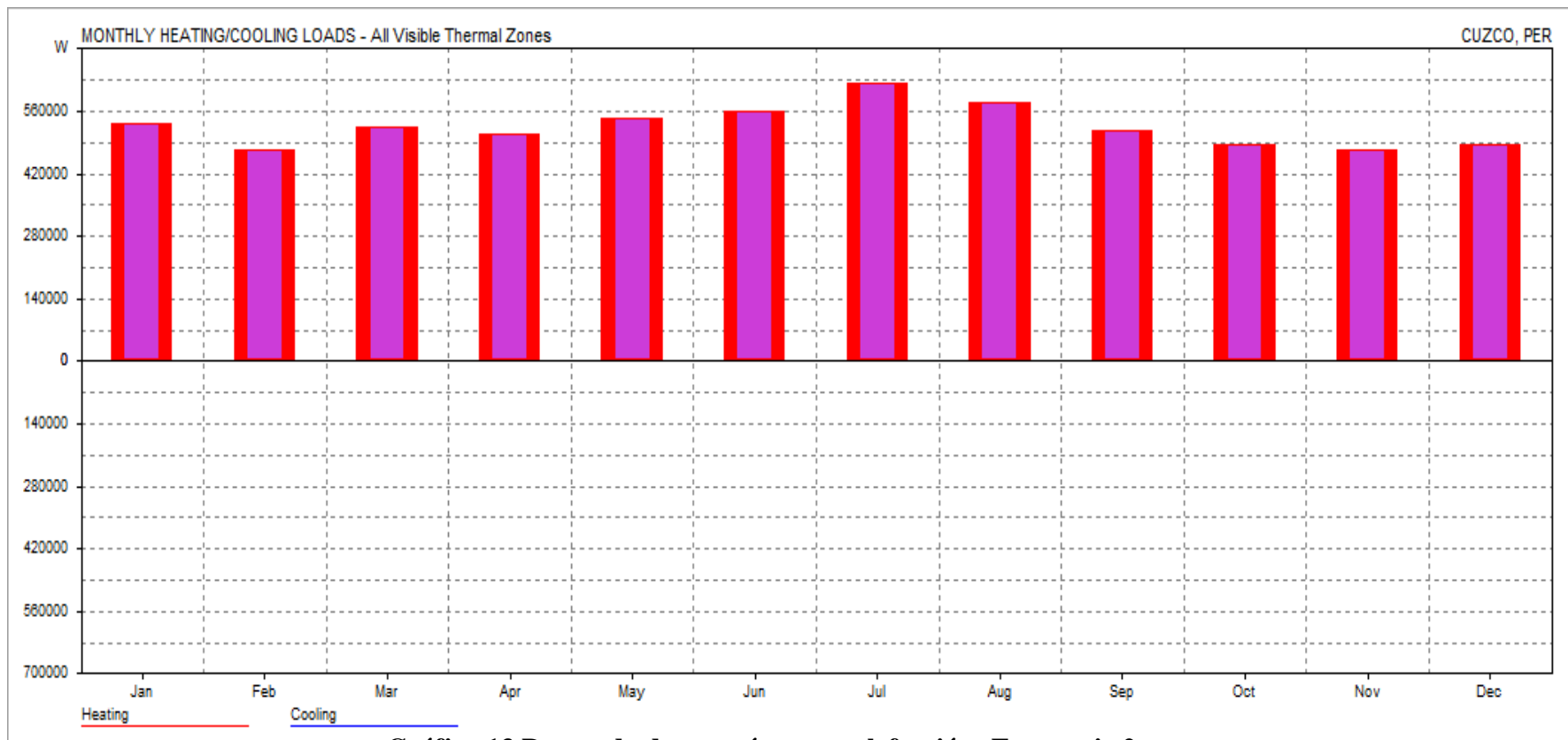


Gráfico 13 Demanda de energía para calefacción- Estrategia 2
(Fuente: Ecotect software)

En este gráfico se puede evidenciar que en la vivienda, varía sus requerimientos de calefacción al aplicársele la estrategia 1 y estrategia 2, que consiste en evitar filtraciones de aire y aislamiento térmico de muros. Lo cual permite reducir la demanda anual de calefacción en 46.83 KWh/M2.

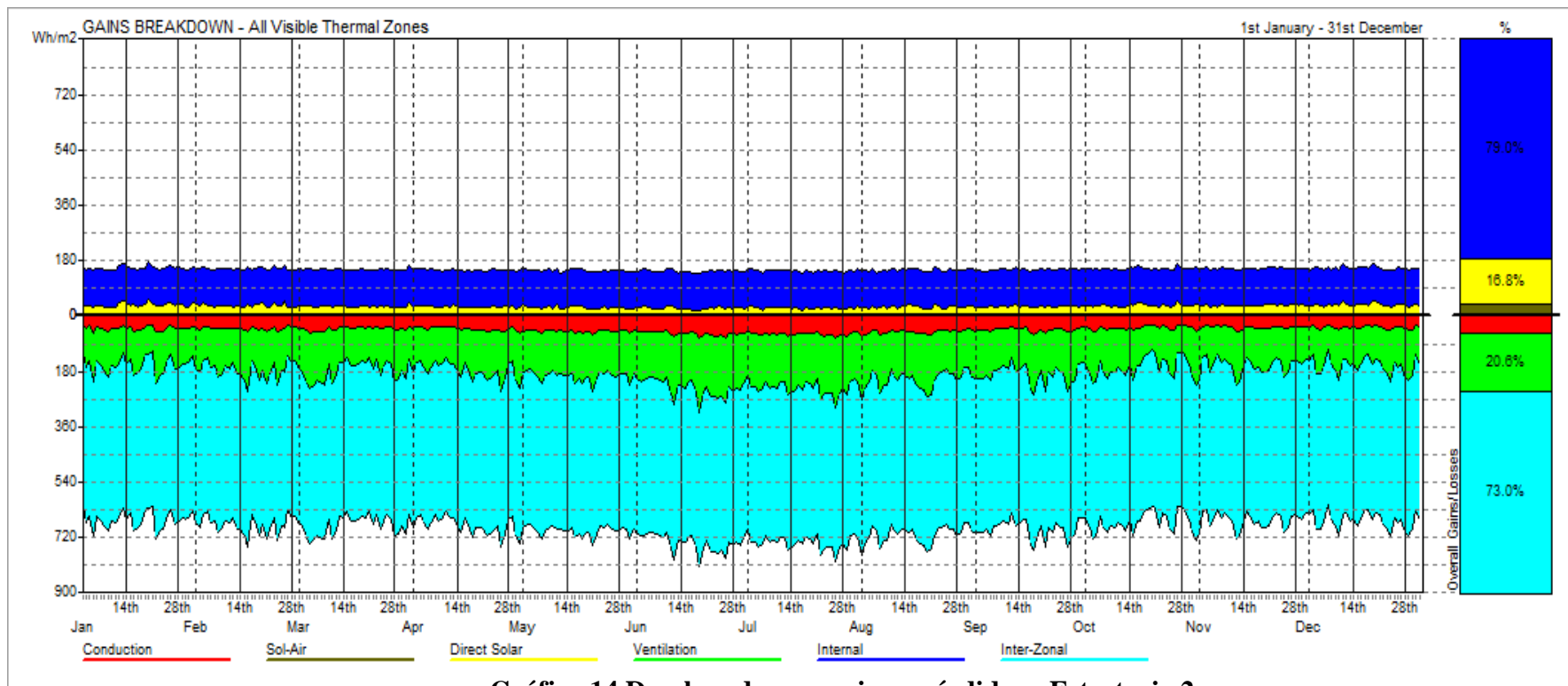


Gráfico 14 Desglose de ganancias y pérdidas - Estrategia 2
(Fuente: Ecotect software)

En este gráfico se puede evidenciar que en la vivienda, la transmisión de cargas se realizara de manera optimizada.

Se incrementan las transferencias de energía entre zonas porque se evitan las filtraciones y se aíslan los muros, lo cual influye directamente en la reducción de requerimiento de calefacción. Debido a lo mencionado se tiene un incremento de ganancias internas, la inercia térmica de los cerramientos se incrementa reduciendo de manera significativa el desplazamiento de las cargas.

Estrategia 3 Aislamiento térmico de ventanas

Las ventanas son uno de los principales lugares donde se da la pérdida de calor que se acumula por la envolvente y cargas internas. Un buen aislamiento ayuda a reducir los gastos anuales en calefacción. Se propone un doble acristalamiento en las ventanas, el cual reducirá la pérdida de calor interna y aislara las temperaturas frías del exterior. Este tipo de ventanas son accesibles y la transmitancia que tiene es aceptable en comparación a otras más sofisticadas.

El marco de la ventana representa el 20 a 25% de la superficie de la ventana, la conductividad térmica de este deberá ser baja para evitar los puentes térmicos. Se considera el marco de madera idóneo por criterios de sostenibilidad y porque no altera las características de la materialidad de la carpintería en las viviendas de la zona rural de Anta.

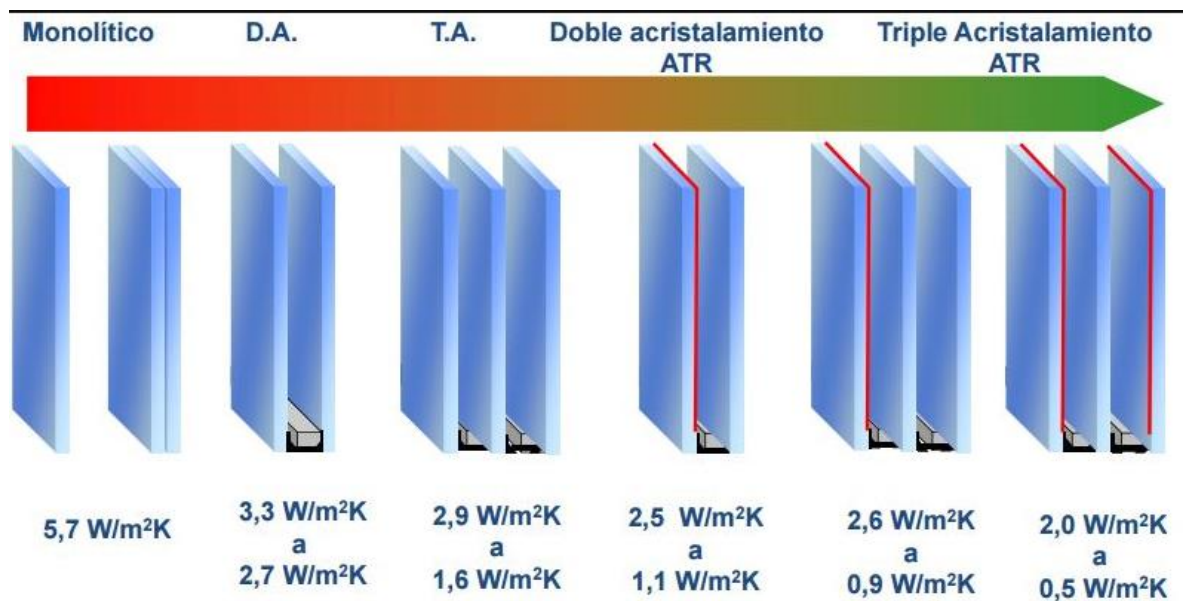


Figura 40. Transmitancia térmica según tipo de acristalamiento.
(Fuente: Ovacen, 2016)

Una vez simulada esta acción obtuvimos los siguientes resultados con respecto a la demanda de calefacción. La demanda anual de calefacción disminuyó en 52.48 KWh/M. Esta información véase en el gráfico 15.

Tabla 37: Requerimientos de calefacción en el dormitorio con estrategia 3

VIVIENDA	CALEFACCION (KWh)	REFRIGERACION (KWh)	TOTAL (KWh)	TOTAL KWh/m2
ACTUAL	7951.272	0	7951.272	227.40
ESTRATEGIA 1,2,3	6116.267	0	6116.27	174.92

Las ganancias y pérdidas pasivas aplicando esta estrategia también fueron simuladas. Esta información véase en el gráfico 16.

Tabla 38: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio con estrategia 3

CATEGORIA	PERDIDAS	GANANCIAS
CONDUCCION Y CONVECCION	4.30%	0.00%
TEMPERATURA SOL AIRE	0.00%	4.20%
RADIACION SOLAR	0.00%	16.80%
VENTILACION	21.00%	0.00%
CARGAS INTERNAS	0.00%	79.00%
FLUJO DE ENERGIAS ENTRE ZONAS	74.70%	0.00%

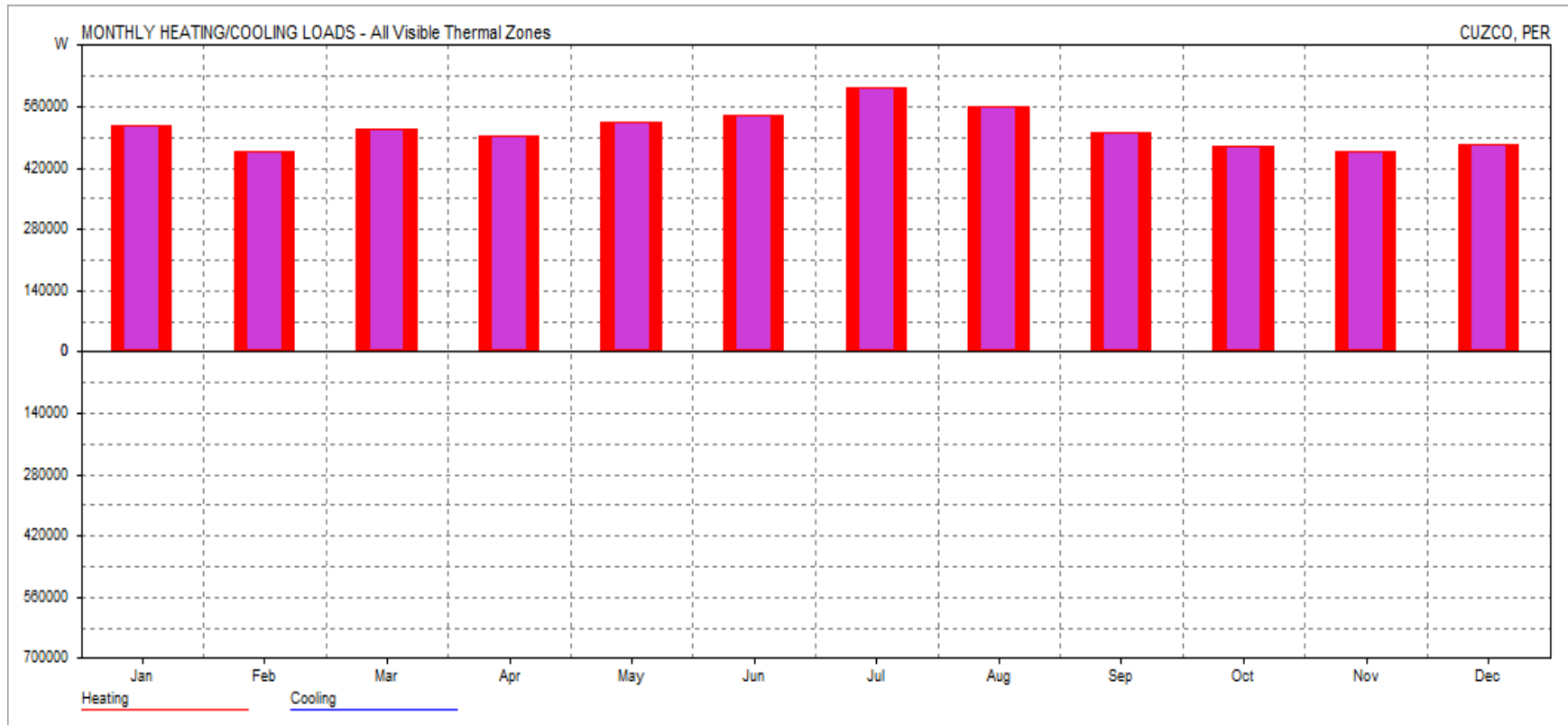


Gráfico 15 Demanda de energía para calefacción- Estrategia 3
(Fuente: Ecotect software)

En este gráfico se puede evidenciar que en la vivienda, varía sus requerimientos de calefacción al aplicársele la estrategia 1,2 y 3, que consiste en evitar filtraciones de aire, aislamiento térmico de muros y aislamiento térmico de ventanas. Lo cual permite reducir la demanda anual de calefacción en 52.48 KWh/M

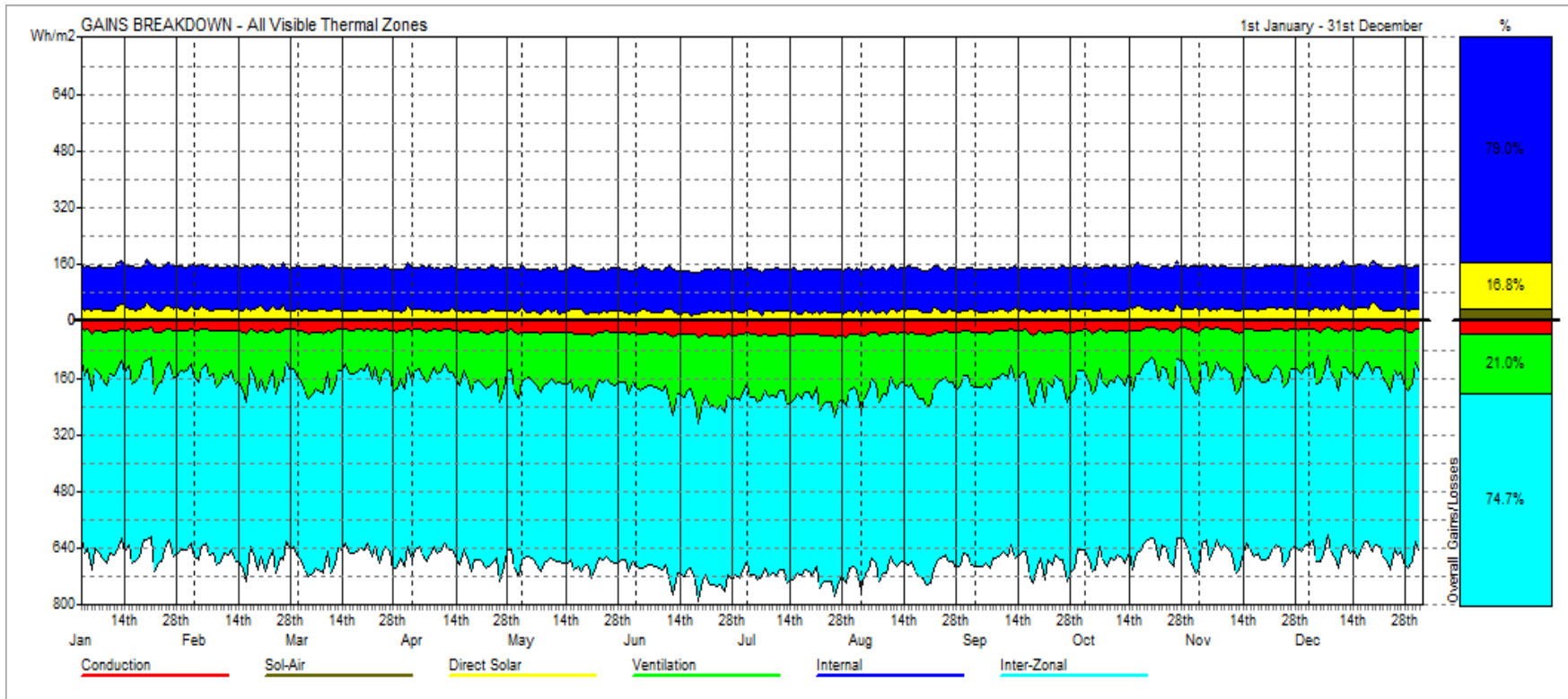


Gráfico 16 Desglose de ganancias y pérdidas - Estrategia 3
(Fuente: Ecotect software)

Se incrementan las transferencias de energía interna y entre zonas porque se evitan las filtraciones y se aíslan los muros, lo cual influye directamente en la reducción de requerimiento de calefacción. La inercia térmica de los materiales se incrementa y se evita la conductividad para no tener pérdidas. Las pérdidas por flujo de energías entre zonas es proporcional a las ganancias internas, a mayor ganancia de energía interna, hay mayor pérdidas entre flujo de zonas.

Estrategia 4 Aislamiento térmico del piso

El piso de las viviendas de la zona rural de Anta al no presentar ningún tipo de acabado es una superficie con un alto coeficiente de transferencia. Es necesario aislar el piso para evitar pérdidas de calor. Investigaciones afirman que el 15 a 20 % de la pérdida total de calor del edificio se da por el piso.

La selección de la estrategia de aislamiento se planteó en base a estrategias ya investigadas en el Perú, para zonas alto andinas.

Tabla 39: Estrategias de aislamiento para pisos casos peruanos

Estrategias para aislamiento térmico en pisos		
	Estrategia	Investigación
Tipo 1	Aislamiento higratérmico con una cama de piedra y una cama de entablado de madera	CER-UNI
Tipo 2	Piso antihumedad con acabado de madera o barro pulido	CTIERRA-PUCP
Tipo 3	Aislamiento de piso con plástico, plancha de técnopor y entablado de madera	PNVR-MCVS
Tipo 4	Piso de cemento pulido	DGPRC-MVCS

Se aplica la estrategia tipo 3, con la modificación, que en vez de usar plancha de técnopor se usará lana de roca de 60 mm. que posee propiedades higratérmicas haciendo innecesario el aislamiento del piso con plástico.

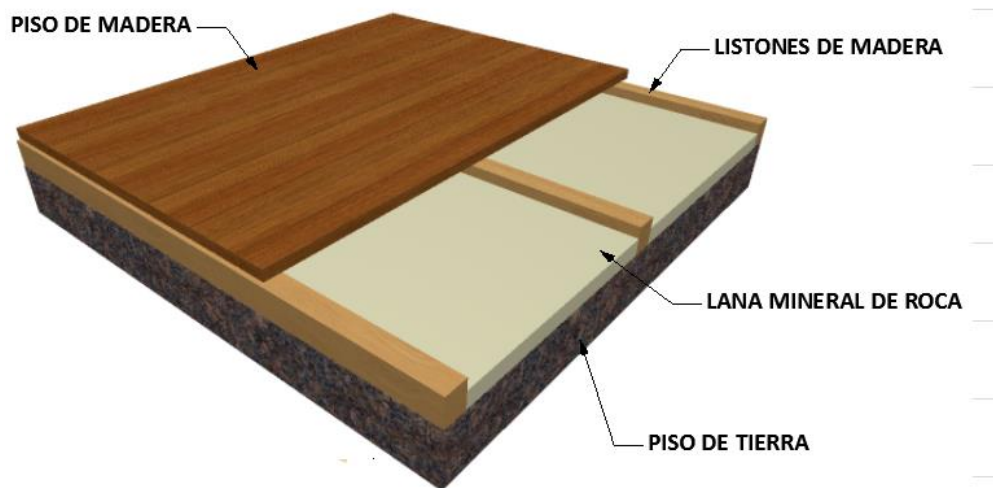


Figura 41. Aislamiento de piso con lana de roca

Una vez simulada esta acción obtuvimos los siguientes resultados con respecto a la demanda de calefacción. La demanda anual de calefacción disminuyó en 428.77 KWh/M2. Esta información véase en el grafico 17.

Tabla 40: Requerimientos de calefacción en el dormitorio con estrategia 4

VIVIENDA	CALEFACCION (KWh)	REFRIGERACION (KWh)	TOTAL (KWh)	TOTAL KWh/m2
ACTUAL	7951.272	0	7951.272	227.40
ESTRAT. 1,2,3 Y 4	896.147	0	896.147	25.63

Las ganancias y pérdidas pasivas aplicando esta estrategia también fueron simuladas. Esta información véase en el grafico 18.

Tabla 41: Ganancias y pérdidas pasivas del dormitorio con estrategia 4

CATEGORIA	PERDIDAS	GANANCIAS
CONDUCCION Y CONVECCION	16.60%	0.00%
TEMPERATURA SOL AIRE	0.00%	4.20%
RADIACION SOLAR	0.00%	16.80%
VENTILACION	81.50%	0.00%
CARGAS INTERNAS	0.00%	79.00%
FLUJO DE ENERGIAS ENTRE ZONAS	1.90%	0.00%

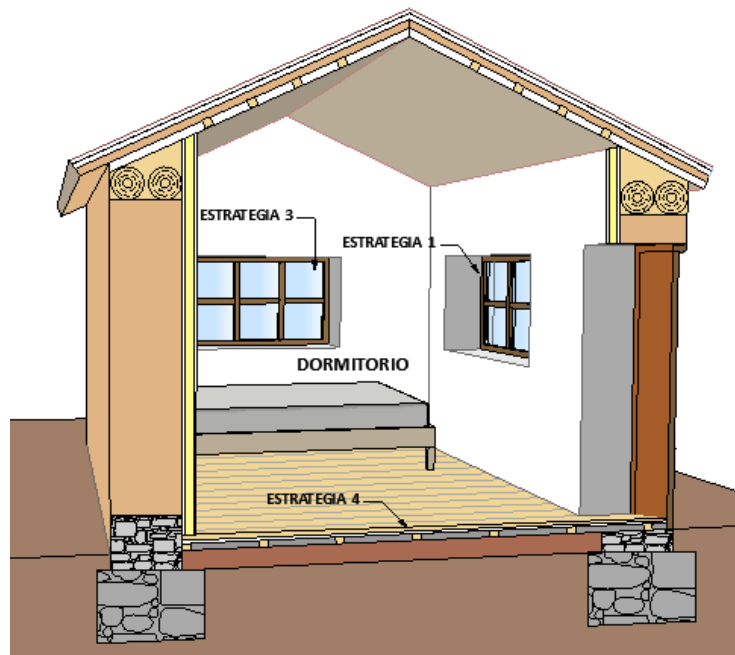


Figura 42. Esquema de vivienda experimental con las 4 estrategias aplicadas.

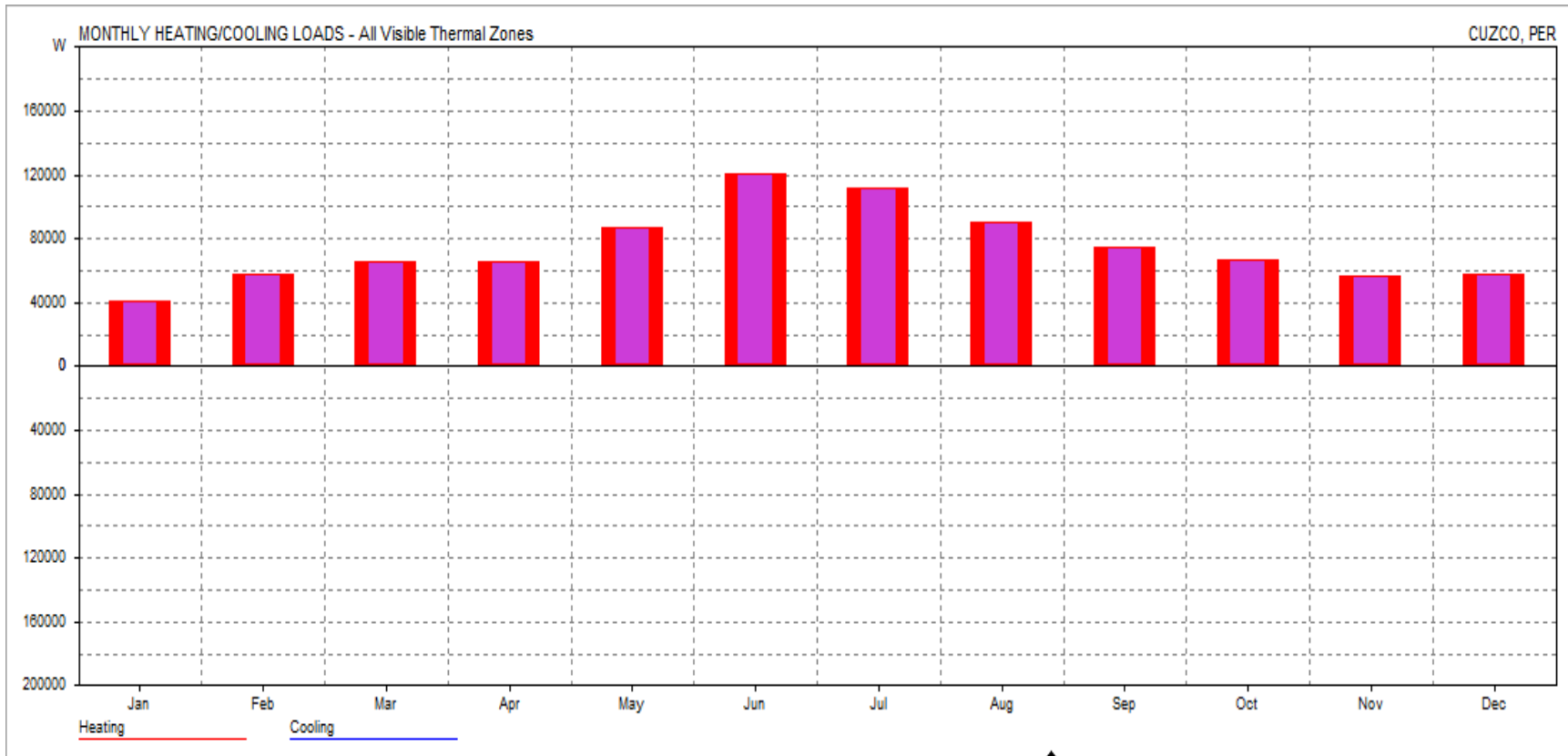


Gráfico 17 Demanda de energía para calefacción- Estrategia 4
(Fuente: Ecotect software)

En este gráfico se puede evidenciar que en la vivienda, varía sus requerimientos de calefacción al aplicársele la estrategia 1, 2, 3 y 4 que consiste en evitar filtraciones de aire, aislamiento térmico de muros, aislamiento térmico de ventanas y aislamiento térmico del piso. Lo cual permite reducir la demanda anual de calefacción en 428.77 KWh/M2

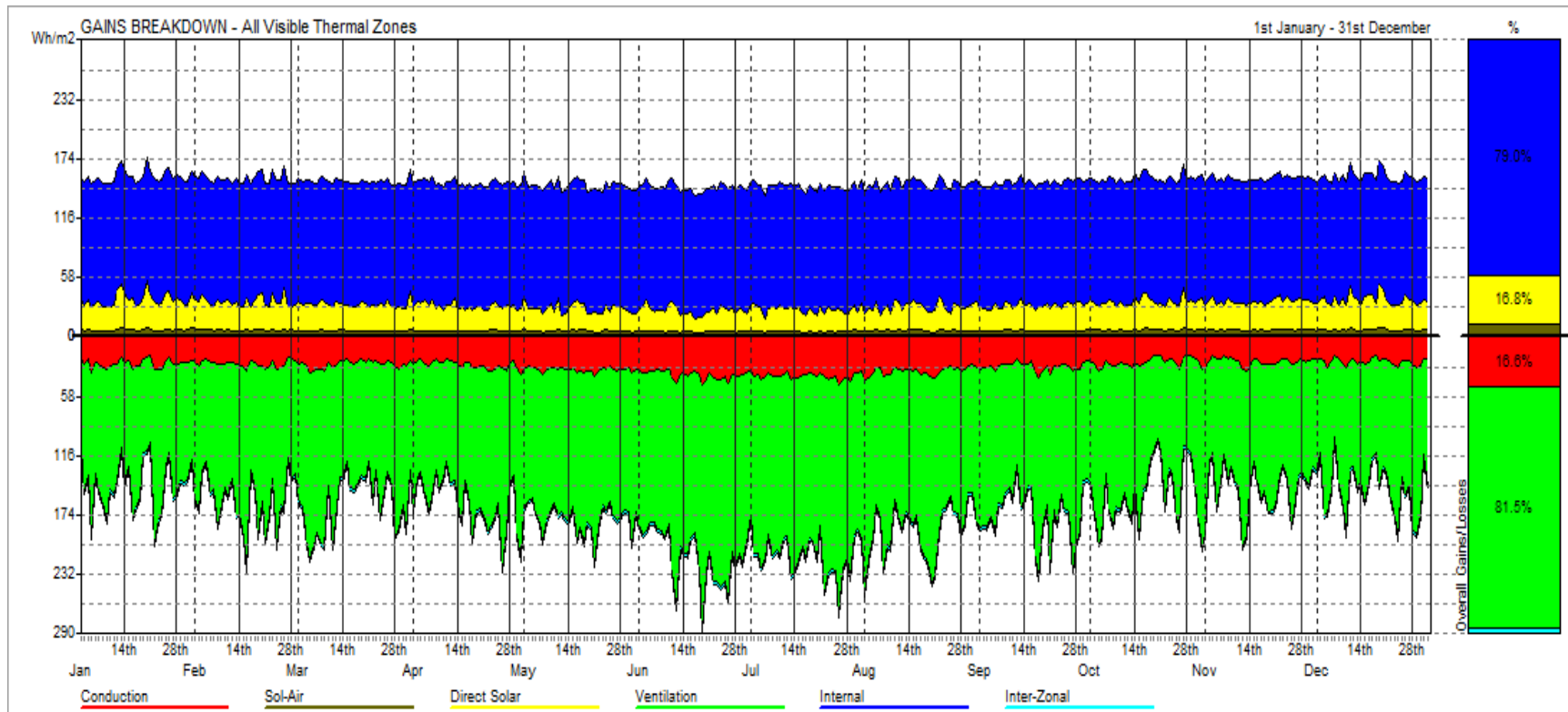


Gráfico 18 Desglose de ganancias y pérdidas - Estrategia 3

Se incrementan las transferencias de energía interna lo cual influye directamente en la reducción de requerimiento de calefacción. Las pérdidas por flujo entre zonas se reduce de manera significativa, debido a que el ambiente ahora se encuentra completamente aislado térmicamente, evitando perdidas de este tipo.

4.2.1.2 Estrategia de climatización activa por pozos provenzales

De todas las estrategias de climatización con energía geotérmica la que consideramos más adecuada es la estrategia por pozos provenzales. Porque a comparación con otros sistemas de climatización, este no genera impactos ambientales porque no altera los ecosistemas existentes ni el entorno natural.

El sistema de pozos provenzales en la vivienda de estudio se adapta de manera amigable con la edificación, sin alterar las características constructivas, en vista de que el tratamiento del sistema se extiende en el área libre por debajo del suelo sin alterar el paisaje natural del entorno ni las características arquitectónicas de la vivienda.

Este sistema consiste en intercambiar la energía tierra aire, a través de tubos enterrados.

Dimensionamiento de tubos enterrados De Paepe and Janssen

Aplicando el algoritmo de Voss, basado en las teorías De Paepe and Janssen, la longitud recomendable para trabajar es de 20 a 30m, con una eficiencia mayor al 80% y una presión máxima de hasta 100 Pa.

Ejemplos del trabajo de De Paepe and Janssens							Resultados del algoritmo en Planilla de Cálculo	
D [mm]	Número de tubos	Longitud por tubo [m]	Velocidad [m/s]	Caída de presión [Pa]	Config.	Caudal por tubo [m ³ /h]	Eficiencia [%]	Caída de presión [Pa]
100	4	14	6,6	77	Paralelo	186,6	83,2	78,1
150	2	22	5,9	61	Paralelo	375,3	82,6	61,1
200	3	25	2,2	8	Paralelo	248,8	82,5	8,5
250	1	38	4,2	32	Serpentina	742,2	82,5	30,9

Para determinar el cálculo de las dimensiones del tubo para nuestra vivienda experimental se define el caudal requerido.

Tabla 42: Requerimiento de caudal de aire a renovar

VIVIENDA EXPERIMENTAL		
VOLUMEN	115.81	m ³
RENOVACIONES	1.50	ach
CAUDAL	173.72	m ³ /h

Considerando los resultados obtenidos por De Paepe and Janssen, se considera el uso de tuberías de 20 metros con un diámetro de 100mm, el cual tiene una eficiencia de 83.2% y una caída de presión de 78.1Pa. Para compensar la caída de presión se necesita un inyector de aire, el cual para no generar gastos, puede estar alimentado de energía solar.

Esquema de implantación en la vivienda experimental

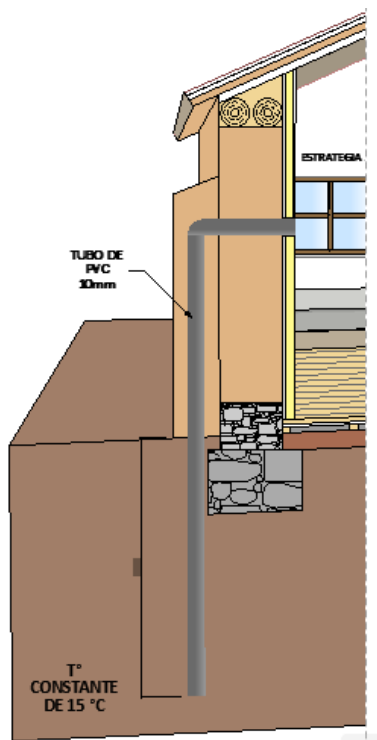


Figura 43. Esquema de funcionamiento de geotermia por pozos provenzales.

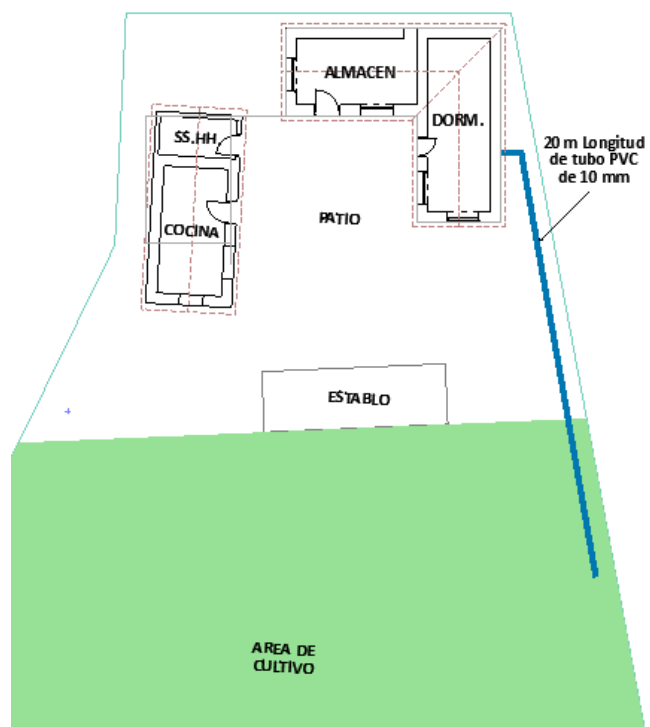


Figura 44. Recorrido de tubería para estrategia de climatización

- Los tubos estarán enterrados a 2 m, donde la temperatura es constante a 15°C.
- Se utilizara una tubería de PVC con 10mm de diámetro por una longitud de 20 m.
- La tubería es de tipo serpentín, el aire ingresa a una velocidad de 4 m/s.
- Para cubrir la caída de presión se inyector que tenga como requisito un caudal mínimo de 200 m³/h, una presión mayor a 80 Pa. El cual requerirá de reguladores electrónicos para tener una mayor eficiencia.
- El ingreso de la ventilación por este sistema, es a través del muro lateral por la tubería que se encuentra aislada térmicamente. Figura 39.

Esta estrategia de climatización se adapta de manera amigable con la edificación, sin alterar las características constructivas, en vista de que el tratamiento del sistema se extiende en el área libre por debajo del suelo sin alterar el paisaje natural ni arquitectónico de la zona de estudio.

4.2.2 Evaluación de aportes de estrategias de climatización pasiva.

Para el mejoramiento de las condiciones de confort en la vivienda se han aplicado estrategias pasivas y activas, las estrategias pasivas han influenciado de manera muy importante en la reducción de los requerimientos de calefacción, lo que trae como consecuencia ahorro energético y económico para la población que vive en la zona rural de Anta.

En el siguiente cuadro se observa, el porcentaje de reducción que se logra al aplicar cada estrategia pasiva.

Tabla 43: Consumos de calefacción por estrategia

VIVIENDA	CALEFACCION (KWh)	REFRIGERACION (KWh)	TOTAL (KWh)	TOTAL KWh/m2	% DE VARIACION
ACTUAL	7951.272	0	7951.272	227.40	
ESTRAT. 1	7934.08	0	7934.08	226.91	0.22
ACTUAL	7951.272	0	7951.272	227.40	
ESTRAT. 1,2	6313.97	0	6313.97	180.57	20.59
ACTUAL	7951.272	0	7951.272	227.40	
ESTRAT. 1,2,3	6116.27	0	6116.27	174.92	23.08
ACTUAL	7951.272	0	7951.272	227.40	
ESTRAT. 1,2,3 Y 4	948.51	0	948.51	27.13	88.07

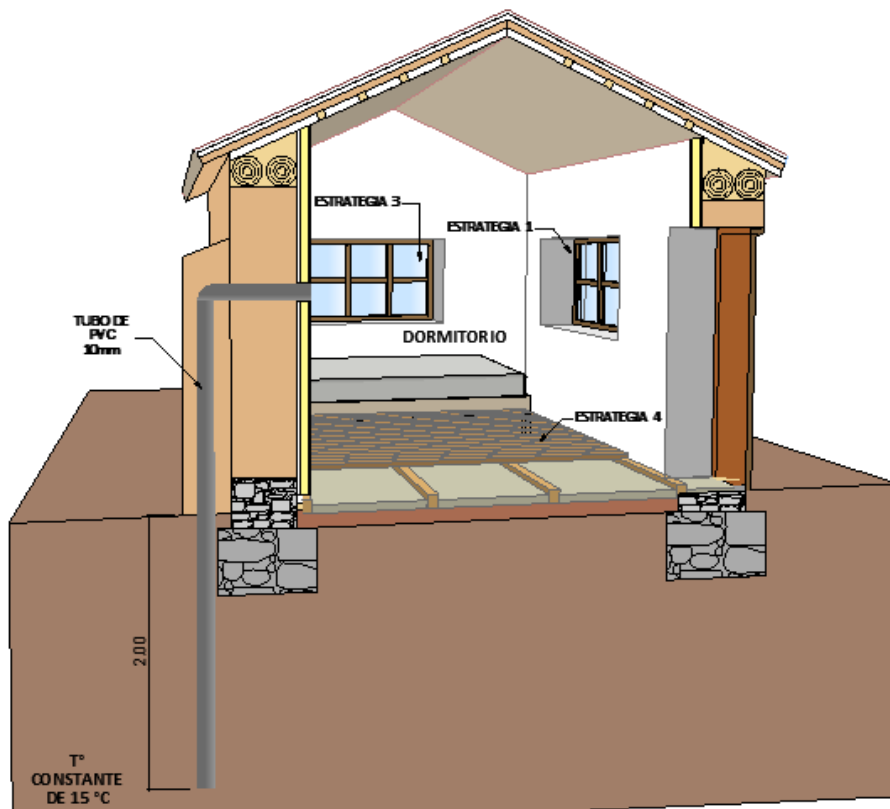


Figura 44. Esquema general de vivienda con todas las estrategias de climatización

CAPITULO V: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El objetivo fundamental de esta tesis era mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad con estrategias de climatización mediante sistemas naturales en viviendas de adobe de la zona rural de Anta-Cusco.

El aporte de esta investigación, es proponer una alternativa de solución para mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad dentro de las viviendas existentes en la zona de estudio, a través de un sistema de climatización pasiva acorde a las características sociales, culturales, y ambientales de estas. Para lo cual se tomarán en consideración estrategias de climatización con aprovechamiento de energías naturales, que son recursos inagotables y que no generan emisiones contaminantes.

En conclusión, una vez desarrollada la investigación se puede afirmar que, las estrategias de climatización pasiva mediante sistemas naturales, son la opción más adecuada para mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta-Cusco 2017. Esto debido a que son soluciones de fácil aceptación que se pueden implementar tanto en viviendas nuevas como en existentes, sin alterar las características tradicionales de la vivienda. Se adaptan con facilidad a las características sociales, culturales y ambientales de la zona de estudio.

Las viviendas de adobe en la zona de estudio, se caracterizan por ser autoconstruidas de manera tradicional, en base a conocimientos empíricos. Las nuevas generaciones aplican el sistema tradicional de manera errónea, generando problemas térmicos en la vivienda. En el análisis realizado a las viviendas de los usuarios encuestados se identificó que las viviendas no presentan ningún tipo de acabado interior o exterior sobre los muros, los pisos en su mayoría

no presentan acabados o revestimiento alguno, los cerramientos de puertas y ventanas no son a medida de los vanos. Las viviendas al presentar estas características, traen como consecuencia la pérdida de calor y reducción de la temperatura interior lo que es perjudicial en los usuarios.

La población encuestada afirma que la percepción de confort térmico en las viviendas es casi nula. Los espacios al no tener las condiciones térmicas adecuadas ocasionan infecciones respiratorias, incrementando los índices de morbilidad y mortalidad.

El análisis del clima en la zona de estudio se realizó a través del diagrama de Givoni, del cual obtuvimos recomendaciones para alcanzar la zona de confort, durante el año sugiere el uso de climatización artificial en un 44.9% anual, durante 3929 horas; estrategias de captación de energía solar pasiva por alta masa, en un 13.5% anual, 1181 horas; estrategias de captación de energía solar pasiva por baja masa, en un 15.1% anual, 1319 horas; producir ganancias internas en las construcciones de 33.4% anual, 2925 horas.

Las transferencias térmicas de los componentes constructivos de la vivienda tienen un factor de transmitancia U, menor al recomendado por la norma EM. 110. Las transferencias térmicas dependen proporcionalmente de la superficie del componente y su factor de transmitancia, mencionado lo anterior se determina en base a los cálculos realizados, que la mayor transferencia térmica es a través de los muros. De esta manera se puede afirmar que la primera hipótesis específica no se cumple.

En el proceso de experimentación, en la vivienda de estudio, se calcularon los requerimientos de climatización para obtener el confort de los usuarios. Se concluye que requerimientos de calefacción de 227.40 KWh/m² durante el año, siendo los meses con mayor demanda de calefacción de mayo a setiembre, en temporada de helada.

Del mismo modo en la vivienda de estudio, se calculó las ganancias y pérdidas de cargas pasivas, donde se concluye ganancias por radiación solar directa 8.60%, debido a la ubicación geográfica de la vivienda y la capacidad de los materiales constructivos para captar la radiación. Ganancias por cargas internas 21.1%, por las actividades humanas que se realicen dentro de la vivienda además del uso de algún equipo que genere alguna carga. Ganancias por temperatura sol aire 70.3%, por la captación de la temperatura exterior en las superficies opacas de los materiales.

Se concluye que las pérdidas de cargas pasivas se generan por ventilación en un 11.30%, debido a la presencia de aberturas en las viviendas entre los vanos y los cerramientos. Pérdidas por conducción y convección en un 48.40% debido a la poca capacidad de los materiales constructivos para retardar los procesos de transferencia de cargas. Pérdidas por flujo entre zonas en 40.20%, debido a la facilidad de transferencia de cargas del interior con el exterior.

Las estrategias de climatización, que se pueden aplicar en la vivienda experimental dependen directamente del potencial energético que tiene cada lugar, el cual es determinado por los factores y elementos del clima. Las energías que se pueden trabajar en la zona de estudio es la solar, porque se tiene una radiación de 5,2 kw/h y la geotermia que tiene una temperatura constante de 15°C a partir de los 2m, toda esta información está basada en el análisis y procesamiento de la bibliografía respectiva.

De esta forma se puede afirmar que las estrategias de climatización, tanto activa como pasiva, pueden ser aplicables con aprovechamiento de energía geotérmica o solar. Se prioriza el uso de estrategias de climatización pasiva, porque son más fáciles de adaptar a viviendas existentes sin alterar las características formales y funcionales de la vivienda. En cuanto a lo abordado, se puede afirmar que la segunda hipótesis específica se cumple.

Las estrategias de climatización pasivas al ser evaluadas simultáneamente de manera progresiva, proporcionan resultados de reducción ascendente de los requerimientos de calefacción. La reducción de calefacción aplicando la primera estrategia es de un 0.22%, aplicando la segunda estrategia sobre la anterior la reducción es de 20.59%, aplicando la tercera estrategia sobre las anteriores la reducción es de 23.08% y finalmente aplicando la cuarta estrategia sobre las anteriores, la reducción total de calefacción es de 88.07%. En relación a lo antes expuesto, se puede afirmar que se reducen los requerimientos de calefacción de manera significativa, dicho esto se puede afirmar la tercera hipótesis específica.

La metodología de la investigación para evaluar el comportamiento térmico de la vivienda, está basada en investigaciones mundiales relacionadas. Los resultados que se derivan son próximos a la realidad.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda que futuras investigaciones, realicen estudios de mejoramiento térmico de viviendas en zonas rurales con aprovechamiento de energías renovables distintas a la energía solar, con la finalidad de dotar una gama de opciones para climatizar la vivienda.

El gobierno u otras instituciones deben establecer lineamientos que determinen los parámetros de confort por zona climática, para poder determinar con mayor precisión estrategias de climatización adecuadas. Actualmente las investigaciones nacionales se basan en estándares internacionales y/o normativas de otras latitudes, porque son las únicas referencias.

El reglamento nacional de edificaciones debe complementar la norma EM110, mediante la creación de herramientas sistematizadas para obtener cálculos de transferencias térmicas más precisos.

El gobierno debe crear prototipos de viviendas con estrategias climatización mediante el aprovechamiento de energías naturales en las diferentes zonas climáticas, las cuales deben de adaptarse a las características culturales, ambientales y sociales de cada lugar. De esta manera se crean lineamientos generales para aplicar en las viviendas según zona climática.

Las universidades e instituciones en general deben de promover campañas para que las investigaciones de este tipo, se implementen de manera progresiva y real para que la gente pueda evidenciar que es posible mejorar las condiciones de habitabilidad en la vivienda sin alterar características tradicionales de las viviendas existentes.

Esta investigación ha cumplido con los objetivos propuestos, con empleo de algunos materiales procesados, por temas prácticos. En este punto, el trabajo se puede mejorar con futuras investigaciones que desarrollen nuevos materiales sostenibles, con aprovechamiento de recursos orgánicos y/o inorgánicos propios del lugar, los cuales deberán tener características similares o mejores a los materiales propuestos en el trabajo.

Referencias bibliográficas

Libros

ASHRAE. (2013). ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition. Atlanta, pp. 16.1 – 16.29, 18.1-18.25.

Auliciems, A. y Szokolay, S. (2007). *Thermal comfort. Notes, passive and low energy Architecture International (Second revised edition)*. Queensland, pp. 45-48.

[Consultado el 14 de abril de 2015]. Disponible en:

<http://me.emu.edu.tr/hacisevki/MENG443%20PPT1B.pdf>

Baker, N., & Steemers, K. (2003). *Energy and environment in architecture: a technical design guide*. Londres Taylor & Francis.

Behling, S., & Behling, S. (2002). *Sol Power.: La evolución de la arquitectura sostenible*. Barcelona, España Gustavo Gili.

Cengel Y. (2007). *Transferencia de calor y masa. Un enfoque práctico (3ª Ed.)*. México: McGraw-Hill Interamericana, pp 18-30

Fuentes Freixanet, V. A., & Rodríguez Viqueira, M. (2004). *Ventilación natural: cálculos básicos para arquitectura*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Rectoría de Unidad, Coordinación de Extensión Universitaria.

Larraín, S. R., Montoya, T., Gil, S., Onnis, S., & Neumann, J. V. (2013). *Aportes de la enseñanza de la arquitectura en tierra a la mitigación de riesgos*. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento Académico de Arquitectura.

Méndez, J., Cuervo, R., & SAU, E. (2008). *Energía solar térmica*. Madrid.Ed. Fundacion Confemetal.

Müller, E. (2002). *Manual de diseño para viviendas con climatización pasiva.*, Alemania: Forschungslabor für Experimentelles Bauen FEB.

Neutra, R. J. (1969). *Survival through design*. ISBN-10: 0195007905. Reino unido. Oxford Univ Pr (T).

Olgay, V. (1998). *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili.

Oliver, P., Oliver, P., Didillon, H. D., Donnadiou, J. M., Catherine Donnadiou, P., Domenak, L. & Takamatsu, S. (1978). *Cobijo y sociedad (No. 728.1)*. Madrid. España. H. Blume,

Sala, M., Gallo, C., & Sayigh, A. A. M. (Eds.). (1999). *Architecture-Comfort and Energy*. United kingdom. Elsevier.

Wieser Rey, M. (2011). *Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: el caso peruano*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Departamento Académico de Arquitectura.

Émile Durkheim (1900), « *La sociologie et son domaine scientifique* », pág. 9 de *édition électronique*. Paris

Jesús Mosterín (1993), capítulo 5, y Jesús Mosterín (2009), capítulo 9. *La cultura humana*. 404 pp. ISBN 978-84-670-3085-3. Madrid: Espasa-Calpe

De Dear, R., Brager, G., Cooper, D. (1998). *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. ASHARAE Transactions, Vol 104(1a), pp. 145-167.

Díaz, V. y Barreneche, R. (2005). *Acondicionamiento térmico de edificios*. Buenos Aires: Nobuko.

Duffie, J., Beckman, W. (2006). *Solar engineering of thermal processes* (3th ed.). Canada: Jhon Wiley and Sons.

Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Gonçalves, H., & Mariz Graça, J. (2004). *Conceitos bioclimáticos para os edificios em Portugal*. Lisboa, Portugal: DGGE/IP-3E.

Incropera, F. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor* (4a. Ed). México D.F.: Prentice Hall, pp. 21-26.

Kvisgaard, B. (1997). *Thermal comfort*. Denamark. Traducido por Martín Monroy (2000).

Mazria, E. (1983). *Energía solar pasiva-tecnología y arquitectura*. México D.F.: G. Gili, pp. 39-40.

Monroy, M. (1995). Capítulo 3. *Conducción en régimen transitorio. Comportamiento térmico de cerramientos asoleados*. Tesis doctoral. Departamento de Construcción Arquitectónica. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria.

Tesis

Cabezas, A. M. (2013). *Eficiencia energética a través de la utilización de pozos canadienses con el análisis de datos de un caso real" Casa Pomaret"* [Recurso electrónico] (Master's thesis) Universitat Politècnica de Catalunya. Catalunya, España. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21068>

Espinoza, R., & Huaylla, F. (2009). *Evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort térmico en una vivienda Altoandina del Perú. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 13, 5-203.* [Recurso electrónico] (Grado thesis). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú

Iturre Campiño, A. (2014). *Proyectar mejoras de confort térmico en la vivienda de interés social Buenaventura.* [Recurso electrónico] (Doctoral dissertation). Universidad del valle. Cali, Colombia. Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/7238>

Müller, E. (2000). *Estudios Paramétricos con Simulaciones Térmicas para Viviendas con Climatización Pasiva en la Zona Central de Chile.* [Recurso electrónico] (Grado thesis). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

Seisdedos Saez, M. A. (2012). *Climatización de edificios por medio del intercambio de calor con el subsuelo y agua subterránea, aspectos a considerar en el contexto local.* [Recurso electrónico] (Grado thesis). Universidad de Chile, Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/111538>

Yarke E., et (2005). *Ventilación natural de edificios: Fundamentos y Métodos de Cálculo para aplicación de Ingenieros y Arquitectos.* Argentina, Buenos Aires: Nobuko, pp. 70-79.

Molina Castillo J.R.. (2016). "Evaluación bioclimática de una vivienda rural alto andina de la comunidad de San Francisco de Raymina de Ayacucho". Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe>

Georgina E. Voos & Agustín Brondino & Marcelo Berli & José Di Paolo, (2017). *Algoritmo para cálculo y diseño de sistemas de climatización eficientes mediante tubos*

enterrados. GIMEF Departamento de Ingeniería Industrial Facultad Regional Santa Fe – Universidad Tecnológica Nacional. Lavaisse 610 – 3000 Santa Fe, Argentina

Artículos científicos e investigaciones

Aguilera, C. M. C., & Lomelí, A. A. (2007). Adecuación bioclimática de la vivienda tradicional de Ensenada, Baja California, México, 1882-1930. Un caso de estudio. *Palapa*, 2(1), 25-34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/948/94820105.pdf>

Benavides, A., & Pimentel, V. (2007). *Documentación de arquitectura vernacular. El caso de la arquitectura de tierra en el norte del Perú. Inarquitectura vernácula en el mundo ibérico: actas del congreso internacional sobre arquitectura vernácula* (pp. 139-143). Universidad de Montreal. Montreal Canada. Recuperado de http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/3160751/Antonio_Benavides_y_Victor_Pimentel_Documentacion_de_la_arquitectura_vernacular._El_caso_de_la_arquitectura_de_tierra_en_el_norte_del_Pe.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1491321268&Signature=RNy%2BPuIlZ92SW92%2BoJEAY44fKgQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDOCuMentAciOn_De_ArquitecturA_VernAcular.pdf

Biblioteca CF+S. España. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/b/n42/ac-rvar.html>

Celis, F. (2000). Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual. *Escuela técnica superior de arquitectura de Madrid*. Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2270>

CLIMÁTICO, I. E. C., & DEFINICIÓN, M. Y. P. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. *Serie geográfica*, Madrid. España. Recuperado de 4, 109-125.

http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38684699/Articulo.Clima_y_Confortabilidad.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1491331003&Signature=Kofqlaf0dr007WERye%2FyCtSXeF4%3D&response-content-

disposition=inline%3B%20filename%3DClima_y_Confortabilidad_Humana._Aspectos.pdf

Eduardo, R. M., Florlán, D. O., Fuertes, J. M., Alvarado, J. N., Paredes, R. E., & Sánchez, R. P. (2013). Acondicionamiento térmico para edificaciones rurales altoandinas. *Dirección Nacional de Construcción del Viceministerio de Construcción del Ministerio de Vivienda* Recuperado de <http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/12/Ramos-Martinez-Eduardo.pdf>

Filippín, C., & Flores Larsen, S. (2005). Comportamiento térmico de invierno de una vivienda convencional en condiciones reales de uso. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 05.67-05.72.

García L. Dolores (2012), Arquitectura bioclimática Viviendas bioclimáticas en Galicia, España. Recuperado de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

García Gómez, C., Bojórquez Morales, G., & Ruiz Torres, P. (2011). Sensación térmica percibida en vivienda económica y auto-producida, en periodo cálido, para clima cálido húmedo. [Perceived thermal sensation in low cost and self-produced dwellings, in warm periods, in a warm humid climate]. *Ambiente Construido*, 11(4), 099-111. doi: 10.1590/s1678-86212011000400008

Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines, 18(1), 11-23. *Energy and Buildings, Volume 18, Issue 1, 1992, Pages 11-23, Elsevier*. ISSN 0378-7788. Recuperado de [http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788\(92\)90047-K](http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K).

Gonzales Blanco Zeltia.(2011), Construir con Tierra: Eficiencia Energética. *Low tech magazine*. España. Recuperado de <http://www.es.lowtechmagazine.com/2011/08/construir-con-tierra2-eficiencia-energetica.html>

Harman, L. (2010). Confort Térmico en Viviendas Altoandinas. *e Balcari Editores SAC* Recuperado de <http://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/CONFORT-TERMICO-EN-VIVIENDAS-ALTOANDINAS-UN-ENFOQUE-INTEGRAL1.pdf>

Joan Escuer. (2012) Intercambiadores tierra-aire en la climatización de construcciones. Pozos provenzales y técnicas emparentadas. *Geoconsultores*. Recuperado de <http://www.geoconsultores.org/ficheros/10351934d072e37e99e71a43de3ad64a.pdf>

Madrid, R. V. (2010). Eficiencia energética, tradiciones versus nuevas soluciones.

Méndez Muñiz, Javier María; Cuervo García, Rafael; Bureau Veritas Formación (2010). «1». Energía Solar Térmica. *Fundación Confemetal*. p. 37 |página= y |páginas= redundantes (ayuda). ISBN 978-84-92735-46-4.

Olesen, B. W., & Parsons, K. C. (2002). Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730. *Energy and buildings*, 34(6), 537-548. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877880200004X>

Pedrosa, J. C. (2013). La arquitectura popular como modelo de edificación sostenible. El ejemplo de Tierra de Campos. *Observatorio Medioambiental*, 16, 185-206. Recuperado de <http://search.proquest.com/openview/f524db6b2e02674087a606460bf3de19/1?pq-origsite=gscholar&cbl=54846>

PCM (2016). Plan Multisectorial Ante Heladas y Friaaje, Recuperado de: <http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/TEXTO-FINAL-DEL-PLAN-MULTISECTORIAL-ANTE-HELADAS-Y-FRIAJE-2016-LEVANTAMI...pdf>

Ramos Martínez Eduardo, Ocupa Florián, Molina Fuertes Juan, Natividad Alvarado Juan, Espinoza Paredes Rafael & Roberto Prieto Sánchez. (2013). *Acondicionamiento Térmico para Edificaciones Rurales Altoandinas*. Lima, Perú: CER-UNI. Recuperado de <http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/12/Ramos-Martinez-Eduardo.pdf>

GIZ, (2015). Abrigando Hogares: Experiencia en la mejora del confort térmico de las viviendas rurales alto andinas. Lima: C. Kruse, pp. 17-62.

Boutet M.L.& Hernandez A.L.& Jacobo G.J.(2012) *validación de simulaciones interactivas con SIMEDIF y ECOTECT, a partir de auditorías energéticas de un edificio escolar de la ciudad de resistencia*

INFORMES

CER-UNI (2009). Curso Arquitectura bioclimática con énfasis en áreas rurales alto andinas. Capítulo 3. Cálculos y simulaciones para el diseño de viviendas rurales. XVI Simposio Peruano de Energía Solar. Arequipa. [Consultado 10 de enero de 2014] Disponible en: http://perusolar.org/16-spes-cursosytalleres/AB_CAP3_CALCULOS_Y_SIMULACIONES_PARA_EL_DISENO_DE_VIVIENDAS_RURALES.pdf

CER-UNI (2012a). Centro de Energías Renovables y Uso Racional de la Energía. Perú. [Consultado el 16 de abril de 2016]. Disponible en: <http://cer.uni.edu.pe/>

CER-UNI (2012b). Curso de confort térmico andino: Capítulo 5-Aplicaciones de Arquitectura Bioclimática del Perú, XIX Simposio de Energía Solar. Puno.

Dirección nacional de construcción. (2013). Soluciones constructivas para elevar la temperatura interior en viviendas rurales ubicadas en zonas altoandinas. *Ministerio de Vivienda construcción y saneamiento*. Lima. Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Estudios_tecnicos/Investigacion_Estudios/ficha-tecnica-soluciones-constructivas.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2007). *Censo Nacional de Población, y Viviendas 2007 INEI*. Perú. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

Llopis G. & Rodrigo V. (2008). *Guía de la energía geotérmica*. Madrid. España. Recuperado de: <https://www.fenercom.com/pages/publicaciones/publicacion>.

Ministerio de energía y minas (2011), *Potencial de las Energías Renovables en el Perú* recuperado de <http://www.osinerg.gob.pe>

Ministerio de energía y minas (2016), *Atlas eólico del Perú*. Lima. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00367.pdf>

Municipalidad distrital de Ancahuasi, 2010, *Plan de desarrollo concertado. Municipalidad distrital de Ancahuasi*. Anta 2(3), 10-30

Norma IRAM 11604. (2001).Acondicionamiento térmico de edificios. Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas G. Carga térmica de calefacción. Argentina

PCM & OMS (2016). *Plan multisectorial ante heladas y friaje 2016. Anexo 1 Identificación de Nivel de Riesgo – Base Total CENEPRED*. Perú. Lima

RNE 2016, NORMA EM.110: Confort térmico y lumínico con eficiencia energética. *Ministerio de Vivienda construcción y saneamiento*. Lima, Perú. Recuperado de <http://busquedas.elperuano.com.pe/download/url/modifican-titulo-iii-del-reglamento-nacional-de-edificacione-ds-n-006-2014-vivienda-1082132-1>

UNE-EN. (2007),ISO 7730: Ergonomía Del Ambiente Térmico. *Asociación Española de normalización y certificación*. España. Recuperado de <http://busquedas.elperuano.com.pe/download/url/modifican-titulo-iii-del-reglamento-nacional-de-edificacione-ds-n-006-2014-vivienda-1082132-1>

UNESCO (1997). Educación para un futuro sostenible. Una visión transdisciplinaria para una acción concertada. *UNESCO. París*. Recuperado de <http://es.unesco.org/themes/educacion-desarrollo-sostenible>.

Velasco García R. (2015). Elementos del clima. Perú. Lima

PÁGINAS WEB

Arquitectura sostenible 2016. Sistemas pasivos, eficiencia y ahorro energético. (Consultado el Julio 23 del 2016) Disponible en <http://www.arquitectura-sostenible.com/pages/energia01.html>

Asociación peruana de energía solar y del ambiente. Simposio de energía solar. Cosechando energía solar del desierto. (Consultado el 12 de Abril del 2015) Disponible en <http://www.perusolar.org/presentacion/>

Autodesk, Resultados de validación de Ecotect Analysis,(Consultado enero 2018). Disponible en <https://knowledge.autodesk.com/es/support/ecotect-analysis/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/ESP/Validation-of-Ecotect-Analysis-results.html>

Construmática (Consultado el 30 de Mayo del 2015) Disponible en <http://www.construmatica.com/>

Energizar. Desarrollo tecnológico. (Consultado el 20 de Agosto del 2017).
Disponible en <http://www.energizar.org.ar>

Energy design tools, CLIMATE CONSULTANT, (Consultado enero 2016).
Disponible en <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/>

Factor energía: Eficiencia Energetica, (Consultado enero 2018). Disponible en <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/>

Fenercom: Guía de La Energía Geotérmica Española (Consultado marzo 2015).
Disponible en <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005842.pdf>

Glosario de terminología normalizada utilizada en Climatología». Club de La Mar. (Consultado el 14 de Mayo del 2016). Disponible en <http://www.clubdelamar.org/terminologia.htm>

https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_solar

https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_074.pdf

La casa sostenible, Climatización sostenible. (Consultado el 30 de Mayo del 2015)
Disponible en <http://www.lacasasostenible.com/climatizacion.html>

Maquinaria pro. ¿Qué es un sistema de climatización? (Consultado el 15 de Agosto del 2015) Disponible en <http://www.maquinariapro.com/sistemas/sistema-de-climatizacion.html>

Ministerio de trabajo y asuntos sociales, España NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación, (Consultado enero 2017). Disponible en:

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento Perú. (Consultado el 16 de abril de 2016) Disponible en: <http://www.vivienda.gob.pe/>

Ovacen, Análisis: acristalamiento, ventanas y cortinas de cristal en cerramientos, (Consultado enero 2018). Disponible en <https://ovacen.com/acristalamiento-ventanas-cerramientos/>

Oxford Dictionary». Club de La Mar. (Consultado el 14 de Mayo del 2016) Disponible en <http://www.clubdelamar.org/terminologia.htm>

Perlin, J. Passive Solar History (Consultado el 30 de mayo del 2015) Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_solar

Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española. «Característica» «ambiental» Diccionario de lengua española. Madrid: España.(Consultado el 29 de junio de 2017). Disponible en <http://www.dle.rae.es>

Rock wools, Panel 233 CLIMATE CONSULTANT, (Consultado enero 2018). Disponible en <http://www.rockwool.es/productos-soluciones/panel-233>

SENAMHI, (Consultado Abril 2018) Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe>

Sol-arq: Soluciones arquitectónicas sustentables, (Consultado enero 2018). Método del balance térmico. (Consultado el 16 de abril de 2016). Disponible en: <http://www.sol-arq.com/index.php/edificios/balance-termico>.

Wikipedia. Arquitectura solar. (Consultado el 30 de Mayo del 2015) Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_solar

Anexos

7.1 Matriz de consistencia

ESTRATEGIAS DE CLIMATIZACIÓN PASIVA Y CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA DE ADOBE EN LA ZONA RURAL DE ANTA - CUSCO, 2017.					
AUTOR: Arq. Steve Jason Umán Juárez					
ASESOR: Dra. María Teresa Méndez Landa					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones e indicadores	Conclusiones
<p>Problema General:</p> <p>¿De qué manera se puede mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad en la vivienda de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad con estrategias de climatización mediante sistemas naturales en viviendas de adobe de la zona rural de Anta-Cusco, 2017.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>• Las estrategias más adecuadas para mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad mediante sistemas naturales en las viviendas de la zona rural de Anta-Cusco 2017, son las estrategias de climatización pasiva de calefacción.</p>	<p>Climatización Pasiva</p>	<p>Elementos climáticos</p>	<p>Conclusión</p> <p>Una vez desarrollada la investigación se puede afirmar que, las estrategias de climatización pasiva mediante sistemas naturales, son la opción más adecuada para mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta-Cusco 2017.</p>
				<p>Cargas térmicas</p>	
				<p>Consumo energético</p>	
<p>Problemas Específicos:</p> <p>• ¿Cuál es la zona de mayor incidencia de transferencia de calor dentro de las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017?</p>	<p>Objetivos Específicos:</p> <p>• Diagnosticar la zona de mayor incidencia de transferencia de calor dentro de las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017.</p>	<p>Hipótesis Específicas:</p> <p>• La zona de mayor incidencia de transferencia de calor dentro de las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco 2017, es el piso.</p>	<p>Confort Térmico</p>	<p>Conductividad térmica</p>	<p>Conclusión 1</p> <p>Se puede afirmar que la primera hipótesis específica no se cumple, la mayor transferencia térmica en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta-Cusco 2017, es a través de los muros</p>
<p>• ¿Cuáles son las estrategias de climatización aplicables en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017?</p>	<p>• Determinar estrategias de climatización aplicables en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017.</p>	<p>• Las estrategias de climatización activa y pasiva con aprovechamiento de energía geotérmica y solar son la solución más apropiada para las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017.</p>		<p>Transmitancia térmica</p>	<p>Conclusión 2</p> <p>Se puede afirmar que la segunda hipótesis específica se cumple, Las energías que se pueden trabajar en la zona de estudio es la solar, porque se tiene una radiación de 5,2 kw/h y la geotermia que tiene una temperatura constante de 15°C a partir de los 2m.</p>
<p>• ¿En qué medida las estrategias de climatización pasiva, mejoran las condiciones térmicas de habitabilidad en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017?</p>	<p>• Comprobar las mejoras térmicas producidas por las estrategias de climatización pasiva en las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017.</p>	<p>• La aplicación de estrategias de climatización pasiva permiten reducir significativamente los requerimientos de calefacción de las viviendas de adobe de la zona rural de Anta- Cusco, 2017.</p>		<p>Resistencia térmica</p>	<p>Conclusión 3</p> <p>Las estrategias de climatización pasivas al ser evaluadas simultáneamente de manera progresiva, proporcionan resultados de reducción ascendente de los requerimientos de calefacción. Dicho esto se puede afirmar la tercera hipótesis.</p>

7.2 Registro de Encuestas

PERSONAS ENCUESTADAS			
Encuesta	Nombres y apellidos	Edad	Sexo
1	LUISA HUAMAN JARO	46	FEMENINO
2	VICENTE CJUMO HUARI	45	MASCULINO
3	CIPRIANO PACCOHUANCA HUALLPA	38	MASCULINO
4	SERAPIO PACCOHUANCA CCOA	64	MASCULINO
5	ANASTASIO HUAMAN SOLIS	39	MASCULINO
6	JOSE HUAMAN SOLIS	43	MASCULINO
7	MELCHOR PACHOADA QUILLAHUAMAN	50	MASCULINO
8	EUGENIO SUTTA HUAMAN	80	MASCULINO
9	AVELINO CARBAJAL RIVAS	78	MASCULINO
10	JACINTO CJUMO HUARI	40	MASCULINO
11	YANET CJUMO HUARI	29	FEMENINO
12	CIRILA SURCO HUARI	60	FEMENINO
13	ISIDRO PACCOHUANCA HUARI	44	MASCULINO
14	JESUS MANUEL HUARI SURCO	29	MASCULINO
15	RECHAZO		
16	GABRIEL HUARI CCUA	77	MASCULINO
17	BARTOLA PACCOHUANCA HUALLPARIMA	56	FEMENINO
18	VICTOR PACHECO QUISPE	42	MASCULINO
19	RAFAEL CJUMO PORROA	55	MASCULINO
20	WENSESLAU CCORAHUA HUARI	50	MASCULINO
21	JESUS FLORENCIO HUARI CUSHUAYPA	55	MASCULINO
22	MARIO QUISPE	40	MASCULINO
23	MARIA JACINTA HUARI /AGRIPIONO CCORAHUA		MASCULINO
24	EDGAR TUMPAY QUISPE	33	MASCULINO
25	GABRIEL CCORAHUA AUCCA	50	MASCULINO
26	GABRIEL CCORAHUA AUCCA	50	MASCULINO
27	JULIA CCORAHUA AUCCA	59	FEMENINO
28	SABINO SURCO HUARI	25	MASCULINO
29	WILBERT CCOA UMAN		MASCULINO
30	MARIO QUISPE HUAMAN	43	MASCULINO
31	MARIO QUISPE HUAMAN	43	MASCULINO
32	RECHAZO		
33	RECHAZO		
34	RECHAZO		
35	RECHAZO		

7.3 Encuesta



Fecha		Cuestionario N°	
Hora			

Datos Generales	
Nombre del jefe o jefa de hogar	
Sexo	Masculino Femenino
Edad	
Ubicación Geográfica	
Departamento	Cusco
Provincia	Anta
Distrito	Ancahuasi
Centro Poblado	San Martín de Porres

Vivienda N°	
Dirección de la vivienda	
Tipo de vía	Nombre
Avenida	
Calle	
Jirón	
Pasaje	
Otro	
Puerta	

Características de la vivienda						
Cantidad de personas que residen	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Cantidad de habitaciones, incluyendo la cocina tiene su vivienda	1	2	3	4	5	6 o más
Cantidad de habitaciones que se usan						
¿Solo para dormir?						
¿Solo para cocinar?						
¿Solo como almacén?						
¿Solo como almacén?						
¿Cómo dormitorio-cocina?						
¿Cómo cocina-almacén?						
¿Cómo dormitorio-almacén?						



¿Otro tipo de uso?

Esquema de distribución de la vivienda

Observaciones:

Tipo de vivienda	
Casa Independiente	
Choza	
Otro	
Tipo de construcción	
Autoconstrucción	
Asesoramiento técnico	



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
ESCUELA DE POSGRADO - MAESTRÍA EN ARQUITECTURA Y
SOSTENIBILIDAD



INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PARA FINES ACADÉMICOS DE LA TESIS TITULADA
ESTRATEGIAS DE CLIMATIZACIÓN PASIVA Y CONFORT TÉRMICO EN LA
VIVIENDA DE ADOBE EN LA ZONA RURAL DE ANTA-CUSCO, 2017.

Materialidad de la vivienda		
Material predominante de las paredes	Si	No
Con paredes de Ladrillo o Bloque de cemento		
Con paredes de tapia		
Con paredes de Adobe		
Con paredes de Madera		
Con paredes de Quincha		
Con paredes de Estera		
Con paredes de Piedra con barro		
Con paredes de Piedra o Sillar con cal o cemento		
Otro		
Espesor de muros (cm)		
Material predominante de los pisos		
Tierra		
Cemento		
Madera (entablado)		
Otro		
Material predominante en los techos		
Paja		
Madera		
Tejas		
Planchas de calamina		
Fibra de cemento o similares		
Otro		
Con Torta de cemento		
Con Torta de barro		
Espesor de torta de barro (cm)		
Material predominante de las ventanas		
Carpintería		
Carpintería de madera		
Carpintería metálica		
Cerramientos		
Madera		
Vidrio		
Plástico		
Otro		
Espesor de cerramiento (cm)		
Cantidad de vanos		
Cantidad de vanos para ventanas		
Cantidad de vanos para puertas		
Cantidad de vanos cerrados		



¿Porque se cerraron los vanos?

Salud		
Enfermedades frecuentes	SI	NO
Enfermedades respiratorias?		
Otros?		

Percepción térmica dentro de la vivienda por las noches					
	Muy frio	Frio	Confort	Cálido	Muy cálido
Percepción de calor dentro de la vivienda	1	2	3	4	5
Percepción de confort térmico dentro de la vivienda	SI			NO	
Causas de disconfort térmico					
Clima					
Tipo de construcción					
Otro:					
Estrategias para calentar los ambientes					
Fogón o cocina tradicional					
Cocina mejorada					
Otros:					
La energía o combustible que utiliza en su hogar para calentar los ambientes de su casa					
Electricidad					
Kerosene					
Carbón					
Leña					
Energía Solar					
Energía Eólica					
Bosta o estiércol					
Otro					
No utilizan					

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Nacional de Empadronamiento de Población y Vivienda en el Ámbito de Influencia de los Tambos - 2015

7.4 Resumen de encuestas

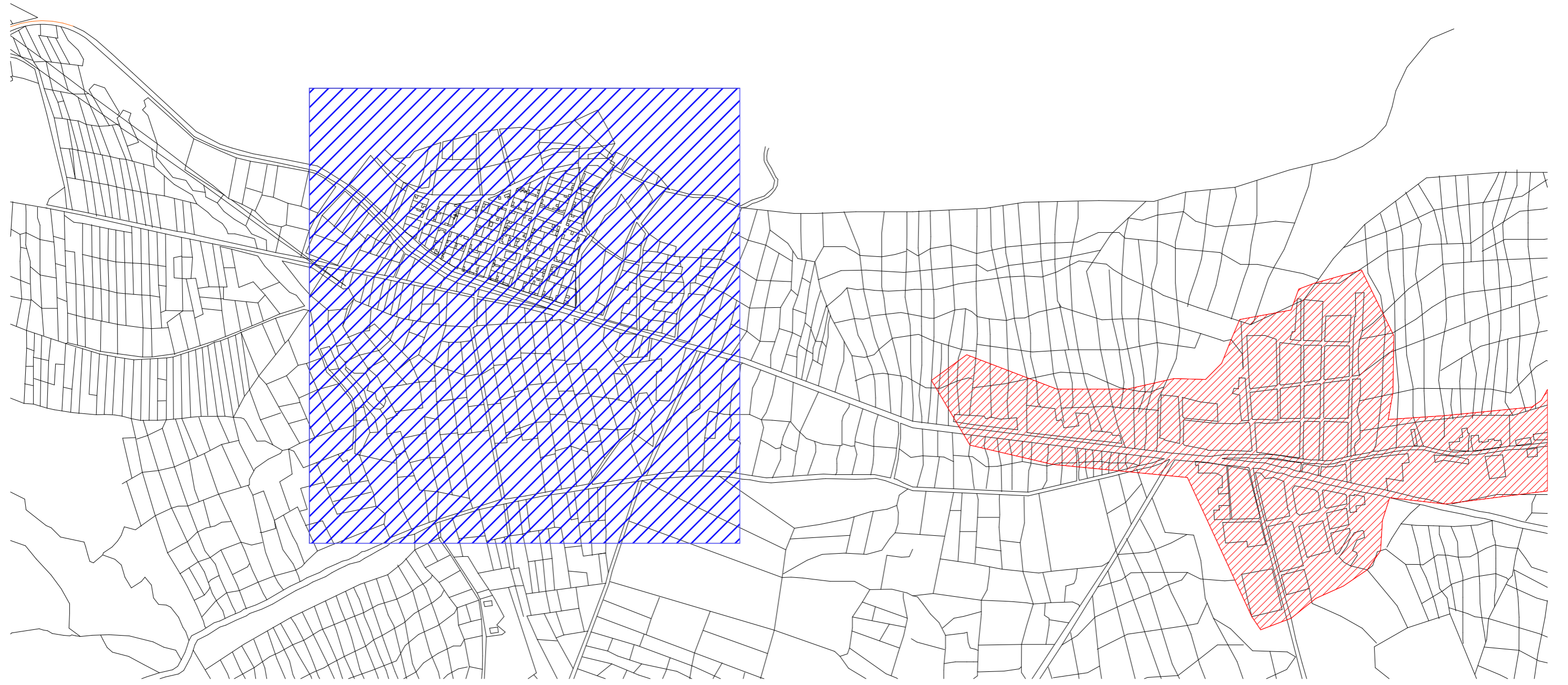
PREGUNTAS DE ENCUESTA															
Características de la vivienda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cantidad de personas que residen	4	3	7	2	5	7	2	2	2	3	2	6	5	3	RECHAZO
Cantidad de habitaciones, incluyendo la cocina tiene su vivienda	5	3	5	6	5	5	5	3	3	6	4	4	3	4	RECHAZO
Cantidad de habitaciones que se usan															
¿Solo para dormir?	2	2	3	2	3	3	2	1	1	4	2	2	1	1	RECHAZO
¿Solo para cocinar?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	RECHAZO
¿Solo como almacén?	2			3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	RECHAZO
¿Cómo dormitorio-cocina?															RECHAZO
¿Cómo cocina-almacén?															RECHAZO
¿Cómo dormitorio-almacén?															RECHAZO
¿Otro tipo de uso?															RECHAZO
Tipo de vivienda															
Casa independiente	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO
Choza															RECHAZO
Otro															RECHAZO
Tipo de construcción															
Autoconstrucción	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO
Asesoramiento técnico															RECHAZO
Materialidad de la vivienda															
Material predominante de las paredes															
Con paredes de Ladrillo o Bloque de cemento															RECHAZO
Con paredes de tapia															RECHAZO
Con paredes de Adobe	SI	SI	SI	SI		SI	SI		SI	SI			SI	SI	RECHAZO
Con paredes de Madera															RECHAZO
Con paredes de Quincha															RECHAZO
Con paredes de Estera															RECHAZO
Con paredes de Piedra con barro															RECHAZO
Con paredes de Piedra o Sillar con cal o cemento															RECHAZO
Con paredes de adobe y otros materiales					SI			SI			SI	SI			RECHAZO
Otro															RECHAZO
Espesor de muros (cm)	50	50	45	45	S/C	35	S/C	S/C	S/C	50	50	45	45	45	RECHAZO
Material predominante de los pisos															
Tierra		SI											SI	SI	RECHAZO
Cemento															RECHAZO
Madera, entablados															RECHAZO
Tierra y madera	SI		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI		SI	SI			RECHAZO
Cemento y madera										SI					RECHAZO
Otro															RECHAZO
Material predominante en los techos															
Paja															RECHAZO
Madera															RECHAZO
Tejas	SI	SI	SI	SI			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO
Planchas de calamina															RECHAZO
Fibra de cemento o similares															RECHAZO
Teja y planchas de calamina						SI								SI	RECHAZO
Tejas y fibras de cemento					SI										RECHAZO
Otro															RECHAZO
Con Torta de cemento															RECHAZO
Con Torta de barro	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO
Espesor de torta de barro (cm)	10	20	10	10	10	S/C	S/C	10	12	10	S/C	S/C	10	S/C	RECHAZO



Material predominante de las ventanas															
Carpintería Puertas															
Carpintería de madera	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO
Carpintería metálica															RECHAZO
Cerramientos de puertas															
Madera	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO
Vidrio															RECHAZO
Plástico															RECHAZO
Otro															RECHAZO
Carpintería ventanas															
Carpintería de madera	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO
Carpintería metálica															RECHAZO
Cerramientos de ventanas															
Madera															RECHAZO
Vidrio	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO
Plástico															RECHAZO
Otro															RECHAZO
Cantidad de vanos															
Para ventanas	3	4	3	3	2	2	3	4	3	2	3	3	3	3	RECHAZO
Para puertas	3	4	3	2	4	4	4	6	3	3	5	2	2	3	RECHAZO
Vanos cerrados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	RECHAZO
Salud															
Enfermedades frecuentes															
Enfermedades respiratorias?		SI	SI	SI	SI	SI	SI		SI	SI	SI		SI	SI	RECHAZO
Otros?	SI							SI							RECHAZO
Enfermedades respiratorias y otras enfermedades												SI			RECHAZO
Percepción térmica dentro de la vivienda															
Percepción de calor dentro de la vivienda	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	RECHAZO
Percepción de frío dentro de la vivienda	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	RECHAZO
Percepción de confort térmico dentro de la	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	RECHAZO
Causas de discomfort															
Clima	SI	SI						SI					SI	SI	RECHAZO
Tipo de construcción															RECHAZO
Clima y tipo de construcción			SI	SI		SI	SI		SI	SI					RECHAZO
Sin comentarios (S/C)											SI				RECHAZO
CONSIDERAN QUE SE DEBE MEJORAR LA	S/C	S/C	S/C	S/C	S/C	SI	S/C	S/C	SI	SI	S/C	S/C	S/C	S/C	RECHAZO
															RECHAZO
Estrategias para calentar los ambientes															
Abrigarse mas		SI		SI											RECHAZO
Dormir con mas frazadas								SI					SI	SI	RECHAZO
Abrigarse mas y dormir con mas frazadas															RECHAZO
Falta de acabados interiores cielos rasos															RECHAZO
Otro					SI				SI	SI					RECHAZO
Sin comentarios	SI		SI				SI	SI			SI			SI	RECHAZO
La energía o combustible que utiliza en su hogar															
Electricidad															RECHAZO
Kerosene															RECHAZO
Carbón															RECHAZO
Leña	SI	SI		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI			SI	SI	RECHAZO
Energía Solar													SI	SI	RECHAZO
Energía Eólica															RECHAZO
Bosta o estiércol															RECHAZO
Gas y leña			SI								SI				RECHAZO
Otro															RECHAZO
No utilizan															RECHAZO

PREGUNTAS DE ENCUESTA		N° DE ENCUESTA														
Características de la vivienda		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Cantidad de personas que residen		2	4	4	4	5	5	5	4	4	3	1	5	3	4	6
Cantidad de habitaciones, incluyendo la cocina tiene su vivienda		4	6	3	5	3	4	3	4	3	5	3	3	3	2	3
Cantidad de habitaciones que se usan																
¿Solo para dormir?		1	3	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1
¿Solo para cocinar?		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
¿Solo como almacén?		2	1		2	1	1		1		2	1	1	1		1
¿Cómo dormitorio-cocina?																
¿Cómo cocina-almacén?																
¿Cómo dormitorio-almacén?																
¿Otro tipo de uso?			1													
Tipo de vivienda																
Casa independiente		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Choza																
Otro																
Tipo de construcción																
Autoconstrucción		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Asesoramiento técnico																
Materialidad de la vivienda																
Material predominante de las paredes																
Con paredes de Ladrillo o Bloque de cemento																
Con paredes de tapia																
Con paredes de Adobe		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Con paredes de Madera																
Con paredes de Madera																
Con paredes de Quincha																
Con paredes de Estera																
Con paredes de Piedra con barro																
Con paredes de Piedra o Sillar con cal o cemento																
Con paredes de adobe y otros materiales																
Otro																
Espesor de muros (cm)		50	50	45	45	50	50	40	50	50	50	50	45	50	50	45
Material predominante de los pisos																
Tierra		SI							SI	SI			SI		SI	SI
Cemento																
Madera, entablados																
Tierra y madera			SI	SI	SI	SI	SI	SI			SI	SI		SI		
Cemento y madera																
Otro																
Material predominante en los techos																
Paja																
Madera																
Tejas			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI		SI	SI	SI
Planchas de calamina																
Fibra de cemento o similares																
Teja y planchas de calamina		SI											SI			
Tejas y fibras de cemento																
Otro																
Con Torta de cemento																
Con Torta de barro		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Espesor de torta de barro (cm)		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	12	10	10	8

Material predominante de las ventanas																
Carpintería Puertas																
Carpintería de madera	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO	
Carpintería metálica															RECHAZO	
Cerramientos de puertas																
Madera	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO	
Vidrio															RECHAZO	
Plástico															RECHAZO	
Otro															RECHAZO	
Carpintería ventanas																
Carpintería de madera	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO	
Carpintería metálica															RECHAZO	
Cerramientos de ventanas																
Madera															RECHAZO	
Vidrio	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	RECHAZO	
Plástico															RECHAZO	
Otro															RECHAZO	
Cantidad de vanos																
Para ventanas	3	4	3	3	2	2	3	4	3	2	3	3	3	3	RECHAZO	
Para puertas	3	4	3	2	4	4	4	6	3	3	5	2	2	3	RECHAZO	
Vanos cerrados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	RECHAZO	
Salud																
Enfermedades frecuentes																
Enfermedades respiratorias?		SI	SI	SI	SI	SI	SI		SI	SI	SI		SI	SI	RECHAZO	
Otros?	SI							SI							RECHAZO	
Enfermedades respiratorias y otras enfermedades												SI			RECHAZO	
Percepción térmica dentro de la vivienda																
Percepción de calor dentro de la vivienda	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	RECHAZO
Percepción de frío dentro de la vivienda	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	RECHAZO	
Percepción de confort térmico dentro de la	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	RECHAZO	
Causas de discomfort																
Clima	SI	SI						SI					SI	SI	SI	RECHAZO
Tipo de construcción																RECHAZO
Clima y tipo de construcción			SI	SI		SI	SI		SI	SI						RECHAZO
Sin comentarios (S/C)											SI					RECHAZO
CONSIDERAN QUE SE DEBE MEJORAR LA	S/C	S/C	S/C	S/C	S/C	SI	S/C	S/C	SI	SI	S/C	S/C	S/C	S/C	RECHAZO	
															RECHAZO	
Estrategias para calentar los ambientes																
Abrigarse mas		SI		SI												RECHAZO
Dormir con mas frazadas								SI					SI	SI		RECHAZO
Abrigarse mas y dormir con mas frazadas																RECHAZO
Falta de acabados interiores cielos rasos																RECHAZO
Otro					SI				SI	SI						RECHAZO
Sin comentarios	SI		SI				SI	SI			SI				SI	RECHAZO
La energía o combustible que utiliza en su hogar																
Electricidad																RECHAZO
Kerosene																RECHAZO
Carbón																RECHAZO
Leña	SI	SI		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI			SI	SI	SI	RECHAZO
Energía Solar													SI	SI		RECHAZO
Energía Eólica																RECHAZO
Bosta o estiércol																RECHAZO
Gas y leña			SI								SI					RECHAZO
Otro																RECHAZO
No utilizan																RECHAZO

7.5 Planos de ubicación Comunidad Campesina San Martín de Porres



-  **DISTRITO DE ANCAHUASI- ZONA PERIURBANA**
-  **COMUNIDAD CAMPESINA SAN MARTIN DE PORRES - ZONA RURAL**

7.6 Planos de ubicación viviendas de adobe



- UNIVERSO
- MUESTRA ENCUESTADA
- MUESTRA EXPERIMENTAL