

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN ARQUITECTURA Y
SOSTENIBILIDAD



Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en:

Arquitectura y Sostenibilidad

Sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas e influencia
en el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad
campesina de Huaros, Canta-Lima.

AUTORA: Bach. Méndez De los Ríos, Evelyne Consuelo

ASESORA: Dra. Arq. Méndez Landa, María Teresa

LIMA-PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi padre, que será por siempre mi ejemplo a seguir, a mi madre por su apoyo constante en todas las etapas de mi vida, a mi hija Jamilet, por su paciencia infinita y por ser quien me impulsa a ser mejor cada día y finalmente a mi gato Mitty, quien me acompaña en el aislamiento sanitario y durante las largas horas de

Agradecimiento

A mi asesora la Dra. María Teresa Méndez por su cariño, orientación y apoyo en el desarrollo de esta investigación, a mi querido tío el Capitán del CGBVP Jorge De los Ríos Montes por facilitarme el instrumento de medición de gases tóxicos, al Arquitecto Alonso Santamaría por su colaboración profesional en las simulaciones térmicas realizadas y a la Sra. Marleny Flores de Cruz, pobladora de Huaros, quien me abrió las puertas de su casa para la realización de las mediciones y experimentos.

1. INTRODUCCIÓN.	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	4
1.1. Descripción del problema.	4
1.2. Formulación del problema.	14
1.2.1. Problema general y específicos.....	14
1.3. Importancia y justificación del estudio.	14
1.4. Delimitación del estudio.	15
1.4.1. Delimitación temporal 15	15
1.4.2. Delimitación espacial..... 15	15
1.4.3. Delimitación social. 16	16
1.4.4. Delimitación teórica..... 16	16
1.5. Objetivos de la investigación..... 16	16
1.5.1. Objetivo general..... 16	16
1.5.2. Objetivos específicos. 16	16
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Marco histórico..... 18	18
2.1.1. La vivienda altoandina, origen y tecnologías constructivas. 18	18
2.1.2. Tipologías de la vivienda altoandina en el territorio nacional y en el pueblo de Huaros. 21	21
2.1.3. Descripción de la vivienda en donde se realizaron las mediciones. 28	28
2.1.4. Intervenciones del Estado peruano para mejorar las condiciones térmicas de la vivienda altoandina del territorio nacional..... 29	29
2.1.5. Historia y evolución de los sistemas de calefacción..... 29	29
2.1.6. Historia y evolución de los biodigestores. 31	31
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema. 34	34
2.2.1. Antecedentes Nacionales. 34	34
2.2.2. Antecedentes Internacionales. 36	36

2.3.	Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.	40
2.3.1.	Sistemas:	40
2.3.2.	Sistemas de calefacción.	41
2.3.3.	Sistemas de calefacción hidrónicos:	41
2.3.4.	Técnicas ecológicas:	42
2.3.5.	Confort térmico.	42
2.3.6.	Calor.	43
2.3.7.	Calor específico:	43
2.3.8.	Sensación térmica:	43
2.3.9.	Termostato	44
2.3.10.	Transferencia de calor:	44
2.3.11.	Valor CLO.	47
2.4.	Definición de términos básicos.	47
2.4.1.	Biodigestores:	47
2.4.2.	Biomasa:	47
2.4.3.	Calidad de vida:	47
2.4.4.	Carta solar:	47
2.4.5.	Colector solar:	48
2.4.6.	Comunidad Campesina:	48
2.4.7.	Eficiencia energética:	48
2.4.8.	Equilibrio térmico:	49
2.4.9.	Helada:	49
2.4.10.	Hogar:	49
2.4.11.	Humedad relativa del aire.	49
2.4.12.	Indicador PMV (Predicted Mean Vote)	49
2.4.13.	Irradiancia:	50
2.4.14.	Método Fanger:	50
2.4.15.	Modelo:	50
2.4.16.	Modelo Adaptativo:	51
2.4.17.	Monóxido de carbono:	51
2.4.18.	Panel solar:	52
2.4.19.	Panel solar fotovoltaico:	52
2.4.20.	Panel o colector solar térmico:	52

2.4.21.	Puentes térmicos:	52
2.4.22.	Rango de confort térmico o temperatura de neutralidad:	53
2.4.23.	Simulación dinámica:	53
2.4.24.	Sistema dinámico:.....	53
2.4.25.	Temperatura seca del aire:	53
2.4.26.	Velocidad del aire:	53
2.4.27.	Vivienda Alto Andina:.....	53
2.4.28.	Voto medio previsto (PMV):	54
2.4.29.	Zona Altoandina:	54
2.5.	Fundamentos teóricos y/o mapa conceptual.	54
2.5.1.	Hipótesis.	54
2.5.2.	Hipótesis general.....	55
2.5.3.	Hipótesis específicas.....	55
2.6.	Variables y operacionalización.....	58
2.6.1.	Variable independiente:	58
2.6.2.	Variable dependiente:	58
3.	MARCO METODOLÓGICO	60
3.1.	Tipo, método y diseño de la investigación.	60
3.1.1.	Tipo de investigación.....	60
3.1.2.	Método y diseño de la investigación.....	60
3.2.	Población y muestra.....	61
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	61
3.4.	Descripción de procedimientos de análisis.....	65
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
4.1.	Resultados.....	70
4.2.	Análisis de resultados	78
4.3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
5.	REFERENCIAS	100
6.	ANEXOS	110

6.1.	Declaración de autenticidad y no plagio.....	110
6.2.	Autorización de consentimiento para realizar la investigación.	111
6.3.	Anexo matriz de consistencia.	112
6.4.	Matriz de operacionalización.....	113
6.5.	Formato de instrumento.	114
6.6.	Anexos de instrumentos estadísticos.	116
6.7.	Plano de levantamiento arquitectónico.....	122
6.8.	Información sobre ganado por familia.....	123
6.9.	Carta de presentación de la universidad para realizar la encuesta.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Datos de temperatura del aire en un año del distrito de Huaros (3580 msnm).	6
Tabla 2	Humedad relativa (HR) para el distrito de Huaros (3580 msnm)	7
Tabla 3	Irradiancia e irradiación solar para el distrito de Huaros a 3580 msnm	9
Tabla 4	Velocidad del viento (V) para el distrito de Huaros (3580 msnm).	10
Tabla 5	Características de la vivienda como indicador de pobreza en el distrito de Huaros	12
Tabla 6	Dimensiones de las viviendas rectangulares	23
Tabla 7	Dimensiones de la vivienda típica en Canta y pueblos aledaños.	26
Tabla 8	Propósitos de las técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
Tabla 9	Temperatura de trabajo del biodigestor (en ° C)	67
Tabla 10	Requerimiento energético diario para alcanzar una temperatura interior de 18 °C.	70
Tabla 11	Temperatura del dormitorio 1 sin el sistema de calefacción (T. int-1)	71
Tabla 12.	Temperatura del dormitorio 1 con el sistema de calefacción (T. int-2)	72

Tabla 13 Tiempo para alcanzar la temperatura de 18°C considerando una potencia 1260 w para el piso radiante.	73
Tabla 14. Tiempo de conservación de la temperatura interior a 18°C con el sistema de calefacción	73
Tabla 15. Temperatura y humedad interior sin el sistema de calefacción (condiciones actuales).	75
Tabla 16. Temperatura y humedad interior con el sistema de calefacción hidrónico	75
Tabla 17 Cuadro comparativo de investigaciones que implementaron sistemas de calefacción en Perú.	80
Tabla 18 Comparación del rendimiento de los sistemas de generación de energía en las investigaciones.	82
Tabla 19. Temperaturas alcanzadas con el sistema y sin el sistema de calefacción	83
Tabla 20 Comparación de la cantidad de horas que requieren los pisos radiantes para alcanzar una determinada temperatura.	85
Tabla 21 Emisiones de monóxido de carbono por tipo de combustible.	90
Tabla 22 Comparativo de emisiones de partículas totales en suspensión, partículas finas y concentraciones HPA	91
Tabla 23 Validez y confiabilidad de instrumento estadístico ALFA DE CRONBACH	120

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución altitudinal de la sierra del Perú.	4
Figura 2 Ubicación del distrito de Huaros en el Perú y en el departamento de Lima	5
Figura 3 Ubicación del distrito de Huaros en la provincia de Canta.	5
Figura 2 Comportamiento anual de la temperatura del aire	6
Figura 3 Comportamiento anual de la humedad relativa.	7
Figura 4 Comportamiento anual de la radiación solar	8
Figura 5 Carta estereográfica del distrito de Huaros	9
Figura 6 Comportamiento anual de la velocidad del viento.	10

Figura 7 Rosa de viento y demás parámetros para el distrito de Huaros a 3580 msnm.	11
Figura 8 Precipitación acumulada mensual para el distrito de Huaros según el SENAMHI 2021	12
Figura 9 Vivienda típica de la zona altoandina de la Región Lima	13
Figura 10 Vista aérea del distrito de Huaros	15
Figura 11 Putuco en Huancané, Puno.	18
Figura 12 Un acercamiento de las champas de un Putuco	19
Figura 13 Posible tipología de la vivienda Wankarani	19
Figura 14 Tipología de las viviendas de la cultura Tiahuanaco	20
Figura 15 Vivienda Chipaya	20
Figura 16 Tipología de viviendas en la provincia de Omasuyo – Bolivia	21
Figura 19 Tipología 1: Vivienda Básica en forma rectangular (01 habitación).	22
Figura 20 Tipología 2. Vivienda básica en forma rectangular (02 habitaciones)	22
Figura 21 Tipología 3: Vivienda en forma de L (03 habitaciones).	22
Figura 22 Tipología 1: Vivienda en Tarma de dos pisos rectangular con 02 habitaciones y un patio.	23
Figura 23 Tipología 2: Vivienda en Tarma en forma de L (03 habitaciones).	24
Figura 24 Tipología 1: Vivienda con 01 habitación.	24
Figura 25 Tipología 2	25
Figura 26 Tipología 3	25
Figura 27 Tipología 4	25
Figura 28 Tipología 5	25
Figura 29 Tipología 1: Vivienda representativa de la provincia de Canta	25
Figura 30 Conformación de la vivienda altoandina de Huaros	26
Figura 31 Bloques que conforman la vivienda en Huaros	27
Figura 32 Vista Panorámica de la vivienda altoandina ganadera de Huaros	27

Figura 33 Vista frontal de la vivienda elegida para el estudio	28
Figura 34 Transferencia por convección	45
Figura 35 Proceso de convección	45
Figura 36 Mapa conceptual que sustenta las hipótesis	56
Figura 37 Proceso para realizar el análisis de datos	65
Figura 38 Esquema de funcionamiento del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas	69
Figura 39 Emisiones de CO en partículas por millón con gas y leña.	74
Figura 40 Cálculo de los valores CLO de las mujeres de Huaros	76
Figura 41 Cálculo de los Valores CLO, de los Hombres de Huaros.	77
Figura 42 Resultado del voto medio estimado ($PMV=-0.80$), Sensación Ligeramente Frio del poblador en el dormitorio 1 y sin el sistema de calefacción hidrónico.	77
Figura 43 Resultado del voto medio estimado ($PMV=0.40$), Sensación Neutra del poblador en el dormitorio 1 con el sistema de calefacción hidrónico.	78
Figura 44 Vista del equipo de medición de CO y la humareda durante el encendido de la leña.	87
Figura 45 Sensación térmica en función del valor del voto medio previsto	95
Figura 46 Valores CLO.	95
Figura 47 Matriz de consistencia	112
Figura 48 Matriz de operacionalización de variables	113

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo central “Determinar la influencia del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas en el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021”. Derivado de ello, se propone los siguientes objetivos específicos que buscan establecer la influencia de dicho en las tres dimensiones siguientes: En la calidad del aire interior; en la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda y; en la temperatura y la humedad del aire.

Este trabajo se apoya en la teoría de sistemas, que propone observar los objetos reales como un sistema que expresa una totalidad compleja compuesta por partes (estructuras) que cumplen funciones y articulaciones complejas e interdependientes entre ellas, como lo son las relaciones entre la vivienda y el sistema de calefacción que, al ser observado de manera global a través de las simulaciones que evalúan la calidad del aire interior, el control de la temperatura y humedad y la sensación térmica dentro de la vivienda, logran la finalidad de generar el confort del usuario.

La investigación que se presenta es metodológicamente de tipo exploratoria porque indaga la influencia de un sistema de calefacción hidrónico alimentado por energía limpia (biocombustible), es experimental porque con simulaciones dinámicas controladas, representará el comportamiento de las variables que buscan solucionar el problema del confort térmico y sanitario en la vivienda altoandina de Huaros.

Por último, los resultados hallados en esta experimentación permitirán presentar un conjunto de recomendaciones que servirán para mejorar las políticas nacionales que se ocupan de la construcción y/o remodelación de viviendas altoandinas que enfrentan año a año la temporada de heladas.

Palabras clave

Vivienda altoandina, Sistemas de calefacción, técnicas ecológicas, confort térmico.

ABSTRACT

The main objective of this research work is to "Determine the influence of the hydronic heating system with ecological techniques on the thermal comfort of the high Andean house of the peasant community of Huaros, province of Canta, department of Lima, Peru 2021". Derived from this, the following specific objectives are proposed that seek to establish the influence of said in the following three dimensions: On indoor air quality; in the thermal sensation that the user perceives in the interior space of the house and; in the temperature and humidity of the air.

This work is based on systems theory, which proposes to observe real objects as a system that expresses a complex totality made up of parts (structures) that fulfill complex and interdependent functions and articulations, such as the relationships between the home and the heating system that, when observed in a global way through simulations that evaluate the quality of the indoor air, the control of temperature and humidity and the thermal sensation inside the home, achieve the purpose of generating comfort of the user.

The research presented is methodologically exploratory because it investigates the influence of a hydronic heating system powered by clean energy (biofuel), it is experimental because with controlled dynamic simulations, it will represent the behavior of the variables that seek to solve the problem of thermal comfort and sanitary in the high Andean house of Huaros.

Finally, the results found in this experimentation will make it possible to present a set of recommendations that will serve to improve national policies that deal with the construction and / or remodeling of high Andean homes that face the frost season year after year.

Keywords

High Andean housing, heating systems, ecological techniques, thermal comfort.

1. INTRODUCCIÓN.

La presente investigación se desarrolló en la comunidad campesina de Huaros, ubicada en la provincia de Canta, que es una de las siete provincias del departamento de Lima; esta comunidad se encuentra ubicada sobre los 3,580 metros sobre el nivel del mar y sus viviendas reúnen las características de las viviendas altoandinas que existen a lo largo del territorio nacional.

La investigación tiene como finalidad diseñar para las viviendas altoandinas de la comunidad de Huaros, un sistema de calefacción que funcione con técnicas ecológicas que sea una alternativa económica para estos pobladores en condición de pobreza y pobreza extrema que viven en esta localidad cercana a la cordillera de los andes, localidad que se caracteriza por las bajas temperaturas en el invierno y por la presencia de heladas.

La condición climática de la región y la pobreza extrema de los pobladores ha generado el uso permanentemente de la leña y la bosta como combustibles para preparar sus alimentos en rudimentarias cocinas sin chimenea y para proveerse de calor en el invierno. La quema constante de estos combustibles en el interior de sus viviendas genera altos niveles de monóxido de carbono (CO) y otros humos tóxicos que comprometen gravemente la salud, principalmente de los niños y ancianos.

Frente a esta problemática, países como Alemania, China e India y algunos de la región como Bolivia, Colombia y Ecuador, con climas fríos similares a los que tenemos en las zonas altoandinas de Perú, como es el caso de la comunidad campesina ganadera de Huaros, la implementación de la tecnología de los biodigestores una solución económica para la producción de combustible y energía limpia. Esta investigación recoge la experiencia de estos países e incluye esta tecnología en el diseño del sistema de calefacción hidrónico para dotar de calor a las viviendas de la comunidad de Huaros. Además, sostiene que, al cambiar el uso de la leña y bosta por biogás, se reduce considerablemente la contaminación del aire interior de las viviendas.

A lo largo de la historia se han desarrollado en las zonas andinas del Perú civilizaciones que buscaron atenuar el impacto de la baja temperatura a través del diseño bioclimático de sus viviendas mediante el uso de sistemas constructivos con tierra (Adobe, Tapial, barro con piedra) que permitieran la permanencia de la mayor cantidad de radiación solar en las paredes de las viviendas, orientando la puerta de entrada hacia el oeste para beneficiarse con más horas de sol, así como el uso de la paja y el barro en

sus techos. Actualmente, el abandono de las tradiciones constructivas ha hecho que empeoren las condiciones térmicas de las viviendas.

En ese sentido, este trabajo se realiza por la necesidad de encontrar una solución a las inadecuadas condiciones de confort térmico de las viviendas, teniendo en cuenta la actual situación económica de la población y las condiciones climáticas del lugar.

La presente investigación es de tipo experimental, ya que construye un modelo de simulación digital, basado en la realidad, para experimentar el comportamiento de un sistema de calefacción propuesto, bajo las diferentes variables previamente identificadas, con la finalidad de aportar conocimientos que permitan tomar decisiones en base a las simulaciones realizadas y así encontrar una solución a la falta de calefacción de las viviendas altoandinas. Además, toma en cuenta los conocimientos y aportes de investigaciones previas sobre el diseño de sistemas de calefacción con piso radiante y el diseño de biodigestores como tecnología proveedora de energía.

Esta investigación se presentará de la siguiente manera, en el capítulo primero se desarrollará el planteamiento del problema, se describirá la ubicación del distrito de Huaros, el diagnóstico climático de la localidad (línea base), el diagnóstico del estado constructivo de las viviendas, de los servicios básicos y de las condiciones de habitabilidad de la vivienda altoandina. Luego, de manera breve, se explica la situación socioeconómica de la población. Con estos elementos se formuló el problema de investigación, la justificación de la investigación y los objetivos propuestos.

El capítulo segundo describe el marco teórico que se inicia con una breve presentación del marco histórico de la vivienda altoandina, las tecnologías constructivas que le antecedieron en la región andina del continente, a nivel nacional y local. También, se presentará la evolución de los sistemas de calefacción y la tecnología de los biodigestores para generar combustible y energía; para culminar, se muestra la estructura teórica que le otorga sustento a la investigación basada en la teoría de los sistemas de calefacción, confort térmico, técnicas ecológicas y sensación térmica de los usuarios, así como los conceptos básicos concomitantes a esta propuesta. Se culmina este capítulo con la presentación de las hipótesis y las variables de la investigación.

El capítulo tercero presentará, de manera sintética, el marco metodológico de la presente investigación; es decir, se sustenta el tipo de investigación exploratoria que se propuso realizar para buscar respuestas al comportamiento de un sistema de calefacción

hidrónico implementado en una vivienda altoandina típica de Huaros; así como, del uso de la tecnología ecológica del biodigestor para generar energía; adicionalmente, se explica el método empleado para este trabajo, que fue el hipotético deductivo, los enfoques priorizados, la metodología, las técnicas e instrumentos de recojo de información.

El capítulo cuarto presentará los resultados y los análisis del presente trabajo, el cual incluye las mediciones y experimentos realizados en el lugar y los cálculos y simulaciones realizadas en gabinete, en base a los objetivos de la investigación, para mostrar los resultados obtenidos mediante tablas, gráficos respecto a los indicadores de cada dimensión establecida en la matriz de consistencia, como son el cálculo de la demanda de energía de la vivienda, el cálculo de producción de biogás del sistema generador de energía para atender la demanda de la vivienda, la medición de las emisiones de CO en el interior de la vivienda con el uso de leña y gas, la medición de la temperatura y humedad relativa de la habitación elegida de la vivienda en su actual condición térmica y constructiva y el cálculo de la sensación térmica del usuario en el dormitorio 1 de la vivienda mediante simulaciones con el sistema de calefacción hidrónico.

El análisis de los resultados se explica comparando los datos obtenidos con los resultados hallados por otros investigadores y recurriendo a teorías, normas, métodos científicos y conceptos para contrastar lo expuesto en los objetivos y las hipótesis y determinar la veracidad de estas respecto a la problemática planteada en la investigación.

El último capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones que ponemos a disposición de la comunidad académica para continuar con este importante esfuerzo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

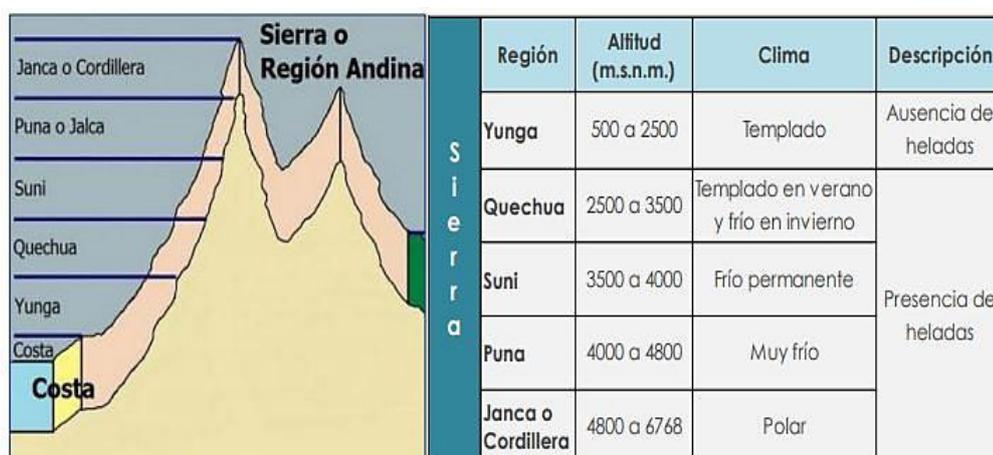
1.1.Descripción del problema.

En Perú, la presencia de la cordillera de los Andes define la existencia de zonas altoandinas que son plataformas ubicadas a más de 3,200 msnm, que junto con las corrientes marinas y otros fenómenos meteorológicos propician en la sierra peruana y en general, en todo el territorio nacional, una gran variedad de climas y microclimas; en estas zonas altoandinas los inviernos son muy fríos y los veranos se caracterizan por la presencia de heladas. (Molina, 2018: 24).

Una de las formas de elevar la temperatura de un ambiente es mediante los sistemas de calefacción, estos instrumentos mejoran la habitabilidad de las edificaciones, de ahí su importancia para las personas que viven en zonas con climas extremadamente fríos que requieren de estos ingeniosos sistemas para mantener calientes sus viviendas.

Figura 17

Distribución altitudinal de la sierra del Perú.



Fuente: CENEPRED (2014)

En dichas zonas, las viviendas carecen de algún sistema de calefacción que brinde las condiciones mínimas de confort térmico a sus ocupantes, los cuales, han abandonado las técnicas ancestrales de construcción, situación que se agrava por las condiciones de pobreza de sus habitantes y el débil acompañamiento del Estado para promover programas de vivienda que incluyan alguna solución a las inadecuadas condiciones térmicas.

El distrito de Huaros es la zona elegida para esta investigación, pueblo agrícola y ganadero ubicado en la provincia de Canta, en la sierra del departamento de Lima, que

tiene el 90% de su territorio en zona altoandina, abarca los pisos altitudinales Yunga, Quechua y Suni, con alturas que van desde los 550 hasta los 4,000 msnm.

Figura 2

Ubicación del distrito de Huaros en el Perú y en el departamento de Lima



Fuente: Wikipedia, (2007)

Figura 3

Ubicación del distrito de Huaros en la provincia de Canta.



Fuente: Vicuña, D. (2015)

Esta condición geográfica hace que el clima de Huaros sea templado en verano, pero extremadamente frío en invierno, con presencia de heladas.

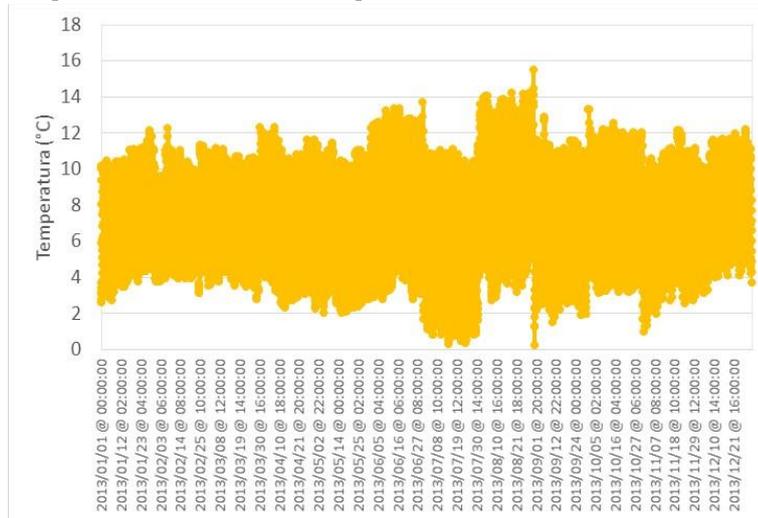
A continuación, se presenta el diagnóstico climático de Huaros realizado en base a un archivo de clima de un año típico meteorológico (P. Tootkaboni et al., 2021) (Huid et al., 2018), (Tsoka et al., 2017) que representa el promedio de medidas del 2006 al 2015. Este archivo de clima de extensión EPW (EnergyPlus Water) se obtuvo de la base de datos del Centro Científico de la Unión Europea (CATTANEO, 2018), en donde como único requerimiento para la generación del archivo solicitan la latitud y la longitud del lugar. Este archivo contiene el análisis de cinco variables meteorológicas como la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento. La información de las precipitaciones para el año 2021 en Huaros se tomaron del Senamhi.

Según este archivo climático, la temperatura media anual es de 6.9 °C, el promedio mínimo y máximo anual de 5.8 y 8.3 °C. El mes más cálido es junio con una temperatura media (TM) de 7.7 °C y el más frío julio con una temperatura media (TM) de 5.4 °C. La temperatura mínima (T Min) se presenta en julio y septiembre con 0.3 y 0.2 °C, y la

máxima (T Max) en agosto con 15.5 °C. La Figura 4 muestra el comportamiento anual de la temperatura del aire y la Tabla 1 los promedios (TP), media (TM), mínima y máxima extrema (T Min y T Max).

Figura 18

Comportamiento anual de la temperatura del aire



Fuente: Cattaneo, B. (2018)

Tabla 1

Datos de temperatura del aire en un año del distrito de Huaros (3580 msnm).

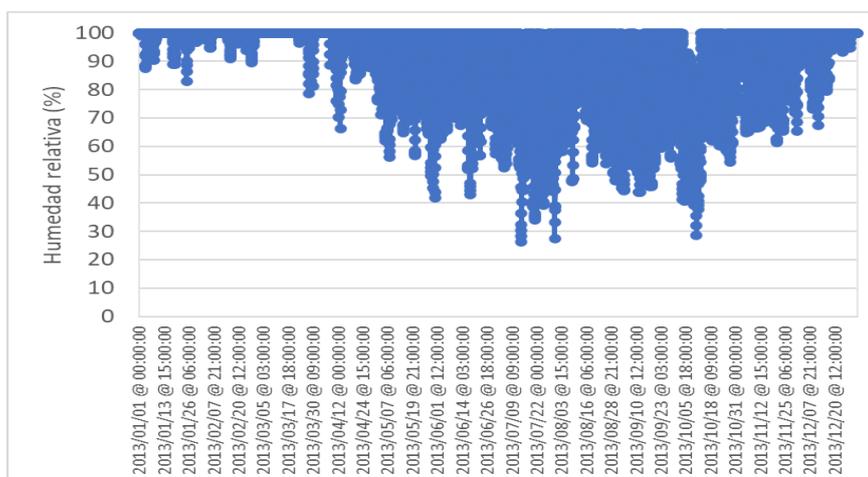
MESES	TP Min	TM	TP Max	T Min	T Max
ENE	5.7	6.9	8.3	2.6	12.1
FEB	5.9	6.9	7.9	3.1	12.3
MAR	5.9	6.8	8.1	2.8	12.3
ABR	5.8	6.8	8.1	2.3	12.3
MAY	5.7	6.4	7.5	2.0	11.4
JUN	6.9	7.7	8.8	2.8	13.7
JUL	4.5	5.4	6.9	0.3	11.3
AGO	6.9	8.3	9.5	2.3	15.5
SET	5.3	6.5	8.0	0.2	12.9
OCT	6.4	7.4	8.8	2.4	13.3
NOV	4.9	6.6	8.4	1.0	12.2
DIC	6.1	7.5	8.8	3.1	12.2

Fuente: Cattaneo, B. (2018)

Respecto a la humedad relativa, en la Figura 5 se muestra el comportamiento anual horario diario de la humedad relativa. Se presenta una media (HRm) anual de 91.4% y promedio de mínimos (HRp Min) y máximos (HRp Max) de 80.7% y 97.6%. Con máximos (HR max) y mínimos (HR min) extremos promedio de 100% y 56.3%.

Figura 19

Comportamiento anual de la humedad relativa (3580 msnm).



Fuente: Cattaneo, B. (2018)

De esta información se puede inferir que el distrito de Huaros presenta una humedad relativa de alta a muy alta. En la Tabla 2 se observa que entre los meses de enero a mayo y de noviembre a diciembre los promedios son de 96.3% y entre los meses de junio a octubre el promedio es de 83.6%.

En el mes de julio se presenta el promedio más bajo de humedad relativa y de temperatura, esto debido a la ausencia de nubosidad, llegando esta última medición a alcanzar los 0 °C (helada).

Tabla 2

Humedad relativa (HR) para el distrito de Huaros (3580 msnm)

MESES	HRp Min	HRm	HRp Max	HR min	HR max
ENE	96.5	99.4	100.0	82.8	100.0
FEB	97.6	99.7	100.0	89.4	100.0
MAR	95.5	99.6	100.0	78.7	100.0
ABR	92.9	98.4	100.0	66.3	100.0
MAY	79.1	91.2	97.9	41.8	100.0
JUN	77.4	89.9	97.3	43.0	100.0
JUL	59.6	79.0	92.0	26.2	100.0
AGO	71.2	87.1	95.5	47.6	100.0
SEP	63.9	80.5	91.5	43.7	100.0
OCT	60.5	81.6	97.6	28.7	100.0
NOV	84.6	92.1	99.2	61.5	100.0
DIC	89.6	97.6	100.0	65.5	100.0

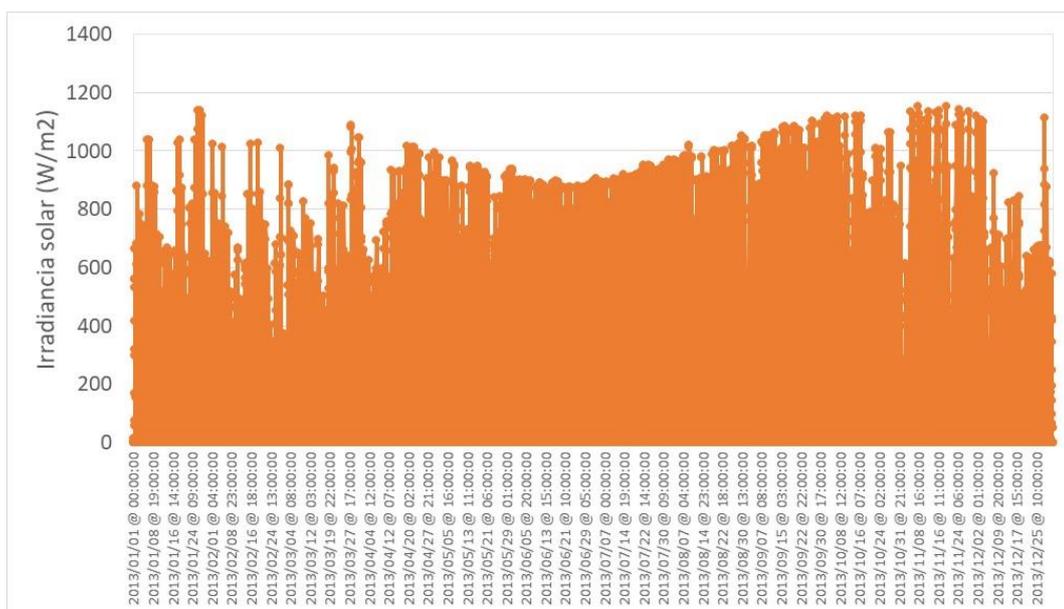
Fuente: Cattaneo, B. (2018)

Acerca de la radiación solar en Huaros, en la Figura 6 se muestra el comportamiento anual horario de la radiación solar global sobre la superficie horizontal, donde es notoria para los meses de diciembre a marzo (estación de verano) su intermitencia que se debe a la presencia de nubosidad por la temporada de lluvias. A pesar de ello, se tiene promedios máximos de irradiancia en dichos meses de 1093 Watts por metro cuadrado (W/m^2) y medias de $177 W/m^2$. Así como, radiación solar promedio máximo de 7 kilovatios hora por metro cuadrado día $kWh/(m^2/día)$ y media de $4.25 kWh/(m^2/día)$.

En octubre se presenta un comportamiento de la radiación solar similar a los meses descritos, pero con mucha menor intermitencia. Para los meses de abril a septiembre y noviembre, la radiación casi no presenta intermitencias. En el periodo de invierno y en la época de estiaje (De mayo a noviembre), debido a una menor ausencia de nubosidad y lluvias, la media de la radiación solar es $5.74 kWh/(m^2/día)$. La máxima radiación solar se presenta en el mes de septiembre con $6.40 kWh/(m^2/día)$ y mínima en febrero con $3.90 kWh/(m^2/día)$. El promedio anual se tiene en $5.15 kWh/(m^2/día)$, corroborándose que para zonas altoandinas la radiación solar promedio es mayor a $5 kWh/(m^2/día)$. En la figura 6 y en la tabla 3 se muestra los valores de irradiancia e irradiación solar mensual.

Figura 20

Comportamiento anual de la radiación solar



Fuente: Cattaneo (2018)

Tabla 3

Irradiancia e irradiación solar para el distrito de Huaros a 3580 msnm.

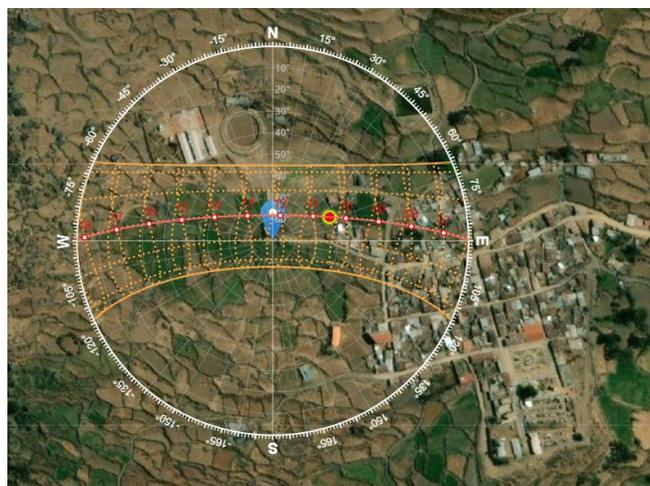
Meses	Irradiancia solar (W/m ²)		Irradiación solar (kWh/(m ² .día))	
	Máx.	Media	Máx.	Media
ENE	1139.18	188.49	7.72	4.52
FEB	1025.43	162.65	5.78	3.90
MAR	1086.19	185.45	7.85	4.45
ABR	1015.22	186.41	7.00	4.47
MAY	976.06	211.40	6.25	5.07
JUN	902.63	219.06	5.71	5.26
JUL	952.25	242.98	6.46	5.83
AGO	1051.80	254.90	7.30	6.12
SEP	1101.68	266.75	7.79	6.40
OCT	1121.86	244.33	8.25	5.86
NOV	1152.92	238.89	8.68	5.73
DIC	1121.11	172.52	6.59	4.14

Fuente: Cattaneo, B (2018)

En la Figura 7 se observa el recorrido solar mensual representado en una carta solar o estereográfica. Se aprecia que el recorrido se reparte para la misma cantidad de meses tanto al sur como al norte, claro está que, por nuestra latitud, el sol está más inclinado hacia el norte con una la altura solar de 57.98 ° al mediodía, en el solsticio de invierno (21 de junio de 2021), mientras que al sur la altura solar es de 77.93 ° al mediodía en el solsticio de verano (21 de diciembre de 2021).

Figura 21

Carta estereográfica del distrito de Huaros

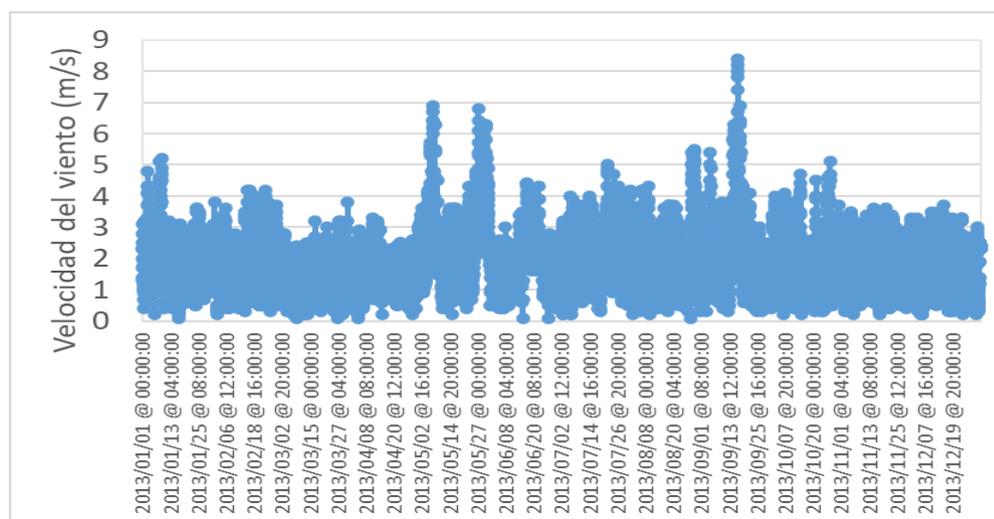


Fuente: (Marsh, 2014)

En la Figura 8 se muestra el comportamiento anual horario diario de la velocidad del viento cuya media, velocidad media (V_m) anual es 1.8 metros por segundo (m/s) y la velocidad promedio anual máxima (V_p Max) y mínima (V_p Min) de 3.5 m/s y 0.6 m/s. Presentando un promedio anual de máximo extremo (V_{max}) de 4.9 m/s. Velocidades altas se presentan en el mes de septiembre con valores de 8.4 m/s tal como se muestra en la figura 8 y en la tabla 4.

Figura 22

Comportamiento anual de la velocidad del viento.



Fuente: Cattaneo, B. (2018)

Tabla 4

Velocidad del viento (V) para el distrito de Huaros (3580 msnm).

MESES	V_p Min	V_m	V_p Max	V_{min}	V_{max}
ENE	0.6	1.9	3.6	0	5.2
FEB	0.5	1.5	3.0	0	4.2
MAR	0.5	1.4	2.6	0	3.8
ABR	0.6	1.4	2.4	0	3.3
MAY	0.7	2.5	5.0	0	6.9
JUN	0.7	1.8	3.3	0	4.4
JUL	0.6	2.0	3.8	0	5.0
AGO	0.7	2.1	4.6	0	5.5
SET	0.6	2.1	5.3	0	8.4
OCT	0.5	1.7	3.3	0	5.1
NOV	0.5	1.5	2.9	0	3.6
DIC	0.7	1.5	2.5	0	3.7

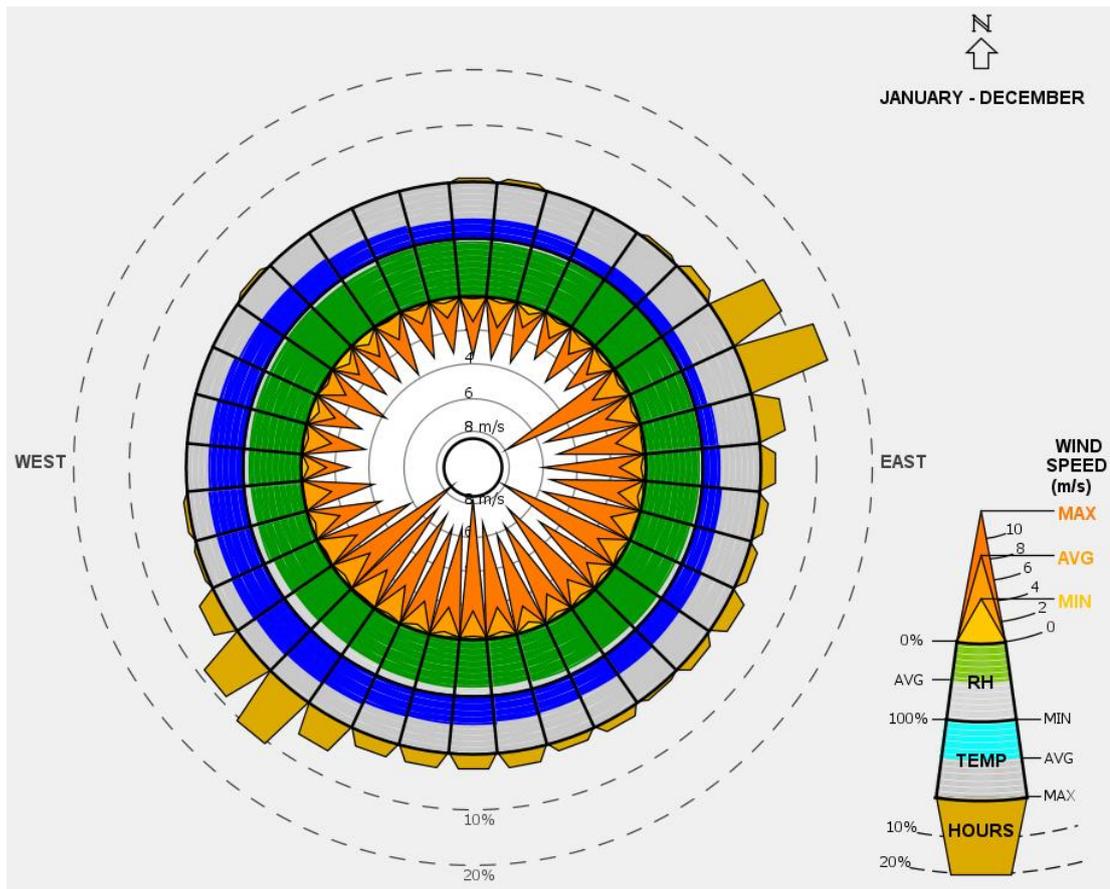
Fuente: Cattaneo (2018)

La Figura 9 muestra la rosa de viento donde se aprecia, además de la velocidad del viento, la dirección que tiene. Así como, partiendo del anillo externo hacia el centro se tiene el porcentaje de horas de la dirección del viento en color marrón, la temperatura

media del viento para cada dirección de color azul, la media de la humedad relativa de color verde, y los tres triángulos de color naranja-amarillo cuyas intensidades representan la velocidad del viento, la máxima en color naranja intenso, la media en color naranja medio y la mínima en color amarillo. El gráfico indica que la dirección predominante del viento para el distrito de Huaros es de suroeste y noreste durante todo el año.

Figura 23

Rosa de viento y demás parámetros para el distrito de Huaros a 3580 msnm.

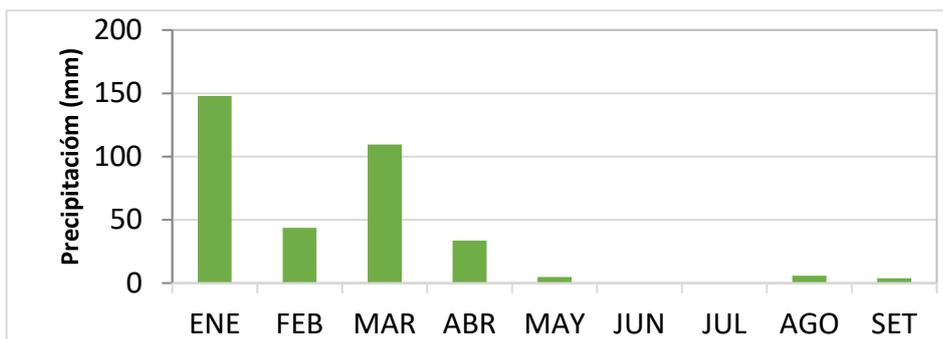


Fuente: Sociedad de educadores en ciencias de la construcción (2021)

En cuanto a la precipitación, según el SENAMHI (2021), Huaros presenta una precipitación acumulada hasta setiembre del 2021, de 349 mm, con enero y marzo como los meses de mayor precipitación con 148 mm y 110 mm respectivamente, los demás meses son de poca lluvia o nula en los meses de estiaje (junio, julio y agosto), por esto último, la humedad relativa se presenta baja con mínimos de hasta 26.2% en julio y la temperatura alta con máximos de 13.7 °C en junio. Véase la figura 10.

Figura 24

Precipitación acumulada mensual para el distrito de Huaros según el SENAMHI 2021



Fuente: Senamhi, (2021)

Según el presente diagnóstico climático, el pueblo de Huaros pertenece a la zona bioclimática Altoandina y no al Interandino bajo como se señala en la norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética del año 2014, ya que su temperatura media anual está alrededor de los 6 °C, su radiación solar promedio anual es 5 kWh/m² día y la altitud del distrito va de los 550 msnm hasta más de los 4,000 msnm.

En cuanto a la vivienda tenemos que la tabla 5 muestra sus características como indicadores de pobreza del poblador de Huaros. En ella se indica la materialidad, el sistema constructivo y el reporte de los servicios básicos. En la comunidad existen 310 viviendas, de las cuales el 90 % (279) están construidas con adobe y barro, 21,3 % (66) de ellas no tienen servicios de agua, desagüe, ni alumbrado eléctrico, el 26,1% (81) están sin agua ni desagüe de red, el 28,1% (87) están sin agua de red o de pozo, el 76,1 % (236) tienen piso de tierra y el 41,9 % (130) cuentan con una sola habitación.

Tabla 5

Características de la vivienda como indicador de pobreza en el distrito de Huaros

VARIABLE/INDICADOR	NÚMERO	%
Total de hogares en viviendas particulares con ocupantes presentes	310	100
Viviendas construidas con adobe y barro	279	90
Sin agua, ni desagüe, ni alumbrado eléctrico	66	21,3
Sin agua, ni desagüe de red	81	26,1
Sin agua de red o pozo	87	28,1
Con piso de tierra	236	76,1
Con una habitación	130	41,9

Fuente: Plan de desarrollo local concertado, Huaros (2013).

Como se puede observar la mayoría de las viviendas en Huaros están hechas en adobe; sin embargo, estas no retienen el calor que reciben durante el día. Según Espinoza (2009) en las viviendas como las existentes en Huaros esto se debe a tres factores: a) La mala orientación de la vivienda, b) La combinación de materiales naturales con materiales fabricados, como la calamina metálica, que se usa en techos y puertas generando puentes térmicos y; c) Por el abandono de las técnicas constructivas ancestrales.

Figura 25

Vivienda típica de la zona altoandina de la Región Lima.



Fuente: Oficina Regional de Defensa Civil del Gobierno Regional de Lima, (2019)

La principal fuente de calor con la que cuenta el poblador de Huaros para elevar la temperatura de su vivienda es la cocina, que resulta insuficiente y los combustibles que más usa son: la leña (50%) y la bosta (20 %), ambas generan un problema adicional, ya que el 45,8 % de estas cocinas no cuentan con una chimenea que elimine los humos tóxicos que genera la combustión de dichos combustibles, lo cual repercute en la calidad del aire interior de las viviendas, afectando gravemente la salud de los niños menores de 5 años y de los ancianos, especialmente.

Si bien, es evidente, la necesidad del poblador de contar con un sistema de calefacción en su vivienda, este no puede acceder al servicio debido a su condición de pobreza (32,8 %) y pobreza extrema (6,3 %), al desconocimiento de nuevas tecnologías, de fuentes de energía renovables y la poca intervención por parte del Estado.

En resumen, las viviendas en Huaros necesitan contar con un sistema de calefacción económico que los proteja del clima, además, sus viviendas presentan un alto nivel de deterioro, no poseen un sistema constructivo adecuado ni servicios básicos mínimos, todo ello hace que la vivienda no provea de confort térmico a sus ocupantes. Por esa razón, esta investigación buscó, a partir del diseño de un sistema de calefacción hidrónico que

funcione con tecnologías ecológicas, demostrar su efecto en el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros.

Alcanzar el confort térmico en el interior de las viviendas es sólo una de las variables de la presente investigación, el uso de tecnologías ecológicas es parte esencial de este proyecto que busca una solución social, ambiental y económica al problema de la falta de calefacción. Promover el uso del biogás para la calefacción y cocción de los alimentos en reemplazo de la leña, se hace con la finalidad de contribuir con la economía de las familias y con la mejora de la calidad del aire en el interior de las viviendas.

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general y específicos

Problema general

¿De qué manera el sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas influye en el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021?

Problema específico 1

¿De qué manera el sistema generador de energía del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas influye en la calidad del aire interior de la vivienda altoandina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021?

Problema específico 2

¿De qué manera el sistema radiador de calor del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas influye en la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda altoandina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021?

Problema específico 3

¿De qué manera el sistema de control ambiental del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas influye en la temperatura y humedad del aire interior de la vivienda altoandina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021?

1.3. Importancia y justificación del estudio.

La propuesta de investigación “Sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas y su influencia en el confort térmico de la vivienda altoandina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021” adquiere una importancia significativa; primero porque el sistema de calefacción con el uso de técnicas ecológicas tiene la finalidad de mejorar las inadecuadas condiciones de confort térmico de la

vivienda altoandina; segundo, porque busca incrementar la temperatura en su interior, proponiendo el diseño de un sistema de calefacción hidrónico; tercero, porque busca que exista un sistema de control ambiental que equilibre los parámetros internos de confort térmico del usuario en el recinto acondicionado con el sistema de calefacción; cuarto, la investigación tendrá un impacto directo en los habitantes de la comunidad de Huaros y, de manera indirecta, en poblaciones altoandinas que comparten características sociales, económicas, climáticas y geográficas similares; quinto, aporta conocimiento sobre la aplicabilidad de un sistema de calefacción con enfoque ecológico que mejoraría la eficiencia de las variables de confort térmico de las viviendas; sexto, la investigación tiene justificación económica porque el biodigestor funcionará con la materia orgánica que produce el ganado, porque el sistema generará un fertilizante natural (Biol) que al venderlo redundará en ingresos económicos adicionales para la familia y; séptimo, la investigación tiene una justificación sanitaria porque disminuiría los humos tóxicos y la contaminación que producen la cocina y el excremento del ganado en la vivienda.

1.4. Delimitación del estudio.

1.4.1. Delimitación temporal

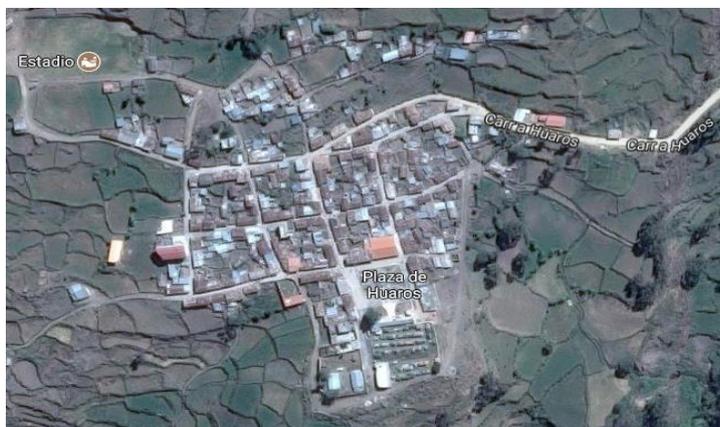
La investigación se desarrollará temporalmente en el año 2021, por lo que es una delimitación temporal transversal; las actividades se realizarán entre los meses de setiembre a diciembre del 2021 en la comunidad de Huaros.

1.4.2. Delimitación espacial.

El estudio se realizará en la zona rural altoandina del pueblo de Huaros, en el distrito de Huaros, ubicado en la provincia de Canta, en el departamento de Lima, Perú.

Figura 26

Vista aérea del distrito de Huaros



Fuente: Google Maps (2021)

1.4.3. Delimitación social.

La investigación se focaliza en un grupo aproximado de 150 personas que se dedican a la ganadería y a la agricultura de sobrevivencia.

1.4.4. Delimitación teórica.

La presente propuesta de investigación “Sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas y su influencia en el confort térmico de la vivienda altoandina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021” se encuentra orientada al desarrollo de conocimientos en la búsqueda de una solución social, ambiental y económicamente viable, con un sistema de calefacción que promueva el uso de combustibles ecológicos y su efecto en el confort térmico y calidad del aire interior de las viviendas altoandinas ubicadas en Huaros.

Para la comprobación de la efectividad del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas se realizó un modelo digital de la vivienda creado con el software Autodesk Ecotect Analysis, en dicho modelo se realizaron las simulaciones térmicas dinámicas con el Software Euclid, la data del clima de Huaros obtenidos del Archivo EPW (EnergyPlus Water) y se recurrió al programa Excel para el procesamiento de los datos que nos permitieron evaluar, por ejemplo, el comportamiento térmico de la vivienda con y sin el sistema de calefacción hidrónico, además de apoyar en la medición de otros indicadores relacionados con la variable confort térmico.

1.5. Objetivos de la investigación.

1.5.1. Objetivo general.

Determinar de qué manera el sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas influye en el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.

1.5.2. Objetivos específicos.

Objetivo específico 1.

Determinar de qué manera el sistema generador de energía influye en la calidad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.

Objetivo específico 2.

Determinar de qué manera el sistema radiador de calor influye en la sensación térmica

que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021

Objetivo Específico 3

Determinar de qué manera el sistema de control ambiental influye en la temperatura y la humedad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico.

2.1.1. La vivienda altoandina, origen y tecnologías constructivas.

Las diversas civilizaciones que se desarrollaron en Perú tienen una rica historia en la construcción de viviendas. Estas construcciones han estado acompañadas por la búsqueda, por parte de los pobladores andinos, de captar y almacenar calor a través de los materiales, la orientación y la forma de las viviendas. En efecto, en la época preinca, existieron en los pueblos de Huaros y Cullhuay unas chozas llamadas Chijillas, que se caracterizaban por su forma redonda, por sus paredes inclinadas hacia adentro, por su techo de paja ichu y por tener la puerta de ingreso orientada al oeste. Estas viviendas, se parecían mucho a los Khuya que construyeron los Uros en Puno. (Córdova, 2006).

Los Uros, eran un pueblo preinca que vivía en las inmediaciones del lago Titicaca, entre Perú y Bolivia. A ellos se les atribuye dos grandes aportes: El uso de la totora y la construcción de los Putucos. (Valencia, 2018)

Figura 27

Putuco en Huancané, Puno.



Fuente: Valencia, N. (2018).

Los Putucos son de origen Aymara y quechua, se construyen en comunidad y pertenecen a la cultura Wankarani. Estas construcciones eran usadas principalmente como viviendas, pero también se usaban para conservar víveres y como refugio para el ganado. (Apaza, 2017)

Los Putucos se caracterizaban por sus propiedades antisísmicas, por el confort térmico que se lograba en su interior y por su resistencia a las condiciones climáticas

extremas. Son consideradas construcciones vivas debido a que las ch'ampas (tierra entrelazada con raíces de ichu) con las que se construyen sus muros y techos, una vez que recuperan humedad, permiten el crecimiento de las raíces contenidas en ella, generándose una estructura monolítica. (Gamarra Lazo, 2019)

Figura 28

Un acercamiento de las champas de un Putuco



Fuente: Valencia, N. (2018).

Estas construcciones conservan el calor en el invierno y mantienen fresco el interior de la vivienda en verano. Resisten fenómenos climáticos como las heladas, inundaciones y huaicos, según refiere un poblador oriundo de Iruito Tupi (Huancané), que ha vivido toda su vida en un Putuco. (Valencia, 2018)

Los Putucos tienen dos tipologías de vivienda: Las viviendas con techo de paja y las viviendas con techo en forma de bóveda o cónica. En ambas viviendas la planta es circular con un diámetro aproximado de 4,00 m. (Gamio F, 2018)

Figura 29

Posible tipología de la vivienda Wankarani

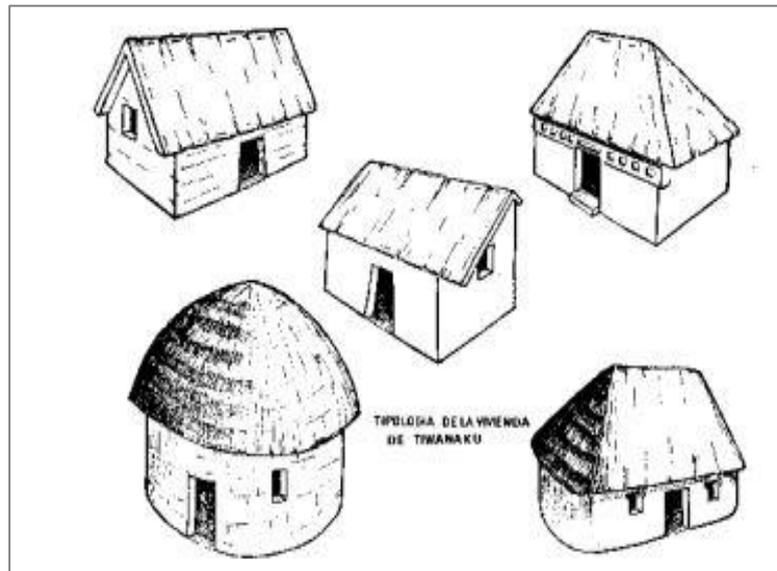


Fuente: Gamio, F. (2018)

Las viviendas de la cultura Tiahuanaco, ubicadas a 3,842.m.s.n.m, en zona altoandina, eran similares a los Putucos construidos en la región altiplánica de Perú y Bolivia con la única diferencia de que la planta de estas viviendas era cuadradas o rectangulares. (Gamio F, 2018).

Figura 30

Tipología de las viviendas de la cultura Tiahuanaco



Fuente: Gamio, F (2018)

Las viviendas de la cultura Chipaya ubicada en Oruro, Bolivia, tienen planta circular y están hechas con champa, llamadas Pirhuas o Collqas, son muy parecidas a los Putucos de Taraco, Huancané, Puno. (Gutiérrez, 2013)

Figura 31

Vivienda Chipaya

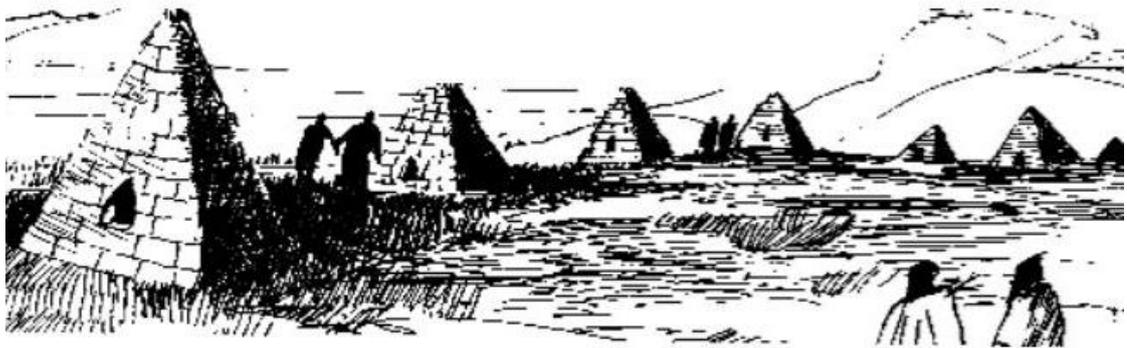


Fuente: Gutiérrez. R, (2013).

Otra cultura altoandina ubicada al norte del altiplano, en la provincia de Omasuyo, construyó también sus viviendas con Champas y adobe. La planta de sus viviendas era cuadrada y terminaban en triángulo, simulando la forma de pirámides y poseían sólo un vano para ingresar (Gamio, 2018).

Figura 32

Tipología de viviendas en la provincia de Omasuyo – Bolivia



Fuente: Gamio, F (2018).

La casa para los grupos Aymara es el sitio central de su existencia, constituye “el lugar” que identifica a la familia y es el núcleo de las actividades sociales y de las relaciones (Gutiérrez, 2013)

En resumen, el Putuco, es una respuesta arquitectónica a las condicionantes extremas del lugar, a la necesidad del hombre altiplánico de emerger sin perder su identidad. (Gutiérrez, 2013)

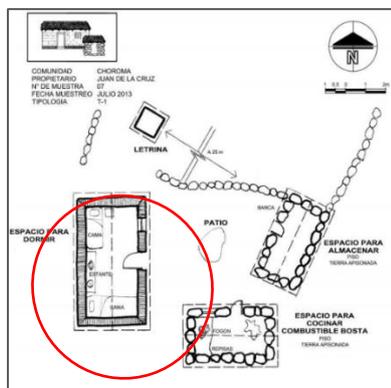
2.1.2. Tipologías de la vivienda altoandina en el territorio nacional y en el pueblo de Huaros.

La tipología de vivienda de la comunidad campesina de Huaros es muy similar respecto a las tipologías de vivienda encontradas en otras zonas altoandinas del territorio nacional. Para sustentar esto, se presentan las tipologías de vivienda altoandina investigadas en los departamentos de Puno, Junín, Cusco y Lima que pasa a explicar; primero tenemos las tipologías de vivienda encontradas por Gayoso y Pacheco en el año 2014 en su investigación titulada: Vivienda alpaquera altoandina. Caso de estudio tipológico en Puno, Perú; en la que identifican hasta 3 tipologías de vivienda producto de la simbiosis forjada entre el poblador y su ganado, de su cosmovisión, de su nivel de pobreza y de la dinámica social como principales variables. Según este estudio, el diseño de las viviendas se plantea de forma ortogonal, con volúmenes de planta cuadrangular y

rectangular que varían de tamaño y forma según el número de habitaciones y bloques que la conforman, los cuales suelen ubicarse alrededor de un patio que sirve como espacio repartidor. La habitación alberga el espacio para dormir, el espacio para cocinar-comer y en algunos casos, los espacios para dormir-cocinar-comer. En estas tipologías, los bloques que acompañan a la habitación son el almacén y el espacio para agrupar al ganado. Las tres tipologías de este estudio tienen la cocina fuera de la vivienda. (Gayoso, Magaly del Pilar. Pacheco Zuñiga, O., 2014)

Figura 19

Tipología 1: Vivienda Básica en forma rectangular (01 habitación).

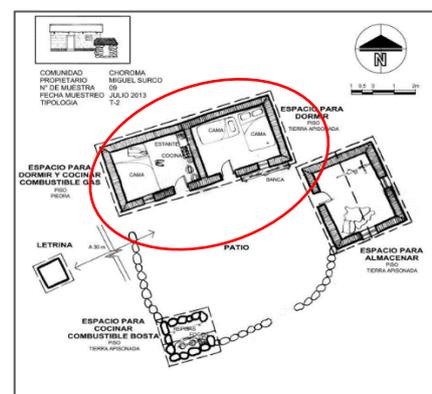


Nota: Tipologías de vivienda en Puno.

Fuente: Gayoso y Pacheco (2014).

Figura 20

Tipología 2. Vivienda básica en forma rectangular (02 habitaciones)

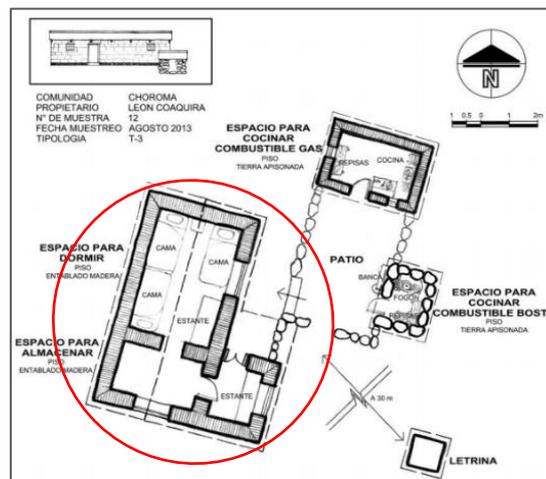


Nota: Tipologías de vivienda en Puno.

Fuente: Gayoso y Pacheco, (2014).

Figura 21

Tipología 3: Vivienda en forma de L (03 habitaciones).



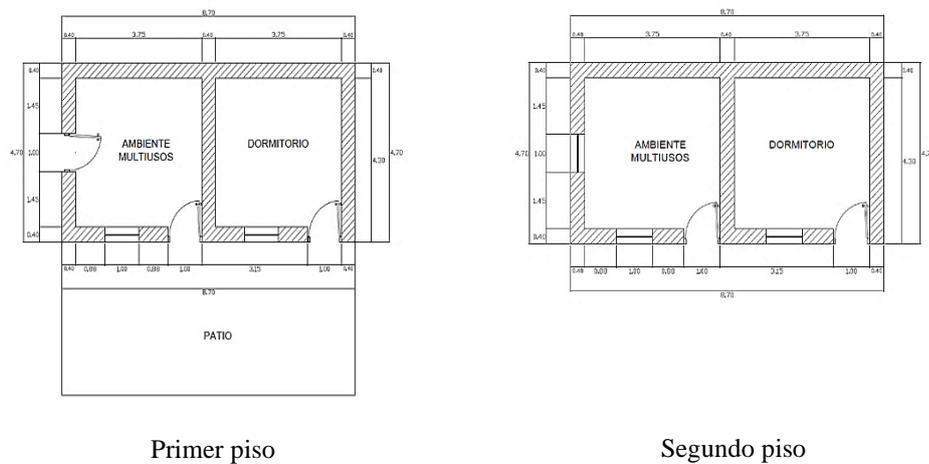
Nota: Tipologías de vivienda en Puno.

Fuente: Gayoso y Pacheco (2014).

Otro estudio de tipologías de vivienda altoandina es la realizada por Timoteo, Jhonatan en el año 2018 en su tesis de grado titulada: “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma – Junín”, en esta investigación se identificó dos tipologías de vivienda de uno y dos pisos, conformadas por espacios cuadrados con dimensiones iguales en sus dos plantas. Estos espacios se organizan formando un rectángulo o una L, ambas tipologías albergan un pequeño patio.

Figura 22

Tipología 1: Vivienda en Tarma de dos pisos rectangular con 02 habitaciones y un patio.



Fuente: Timoteo, 2018

Tabla 6

Dimensiones de las viviendas rectangulares

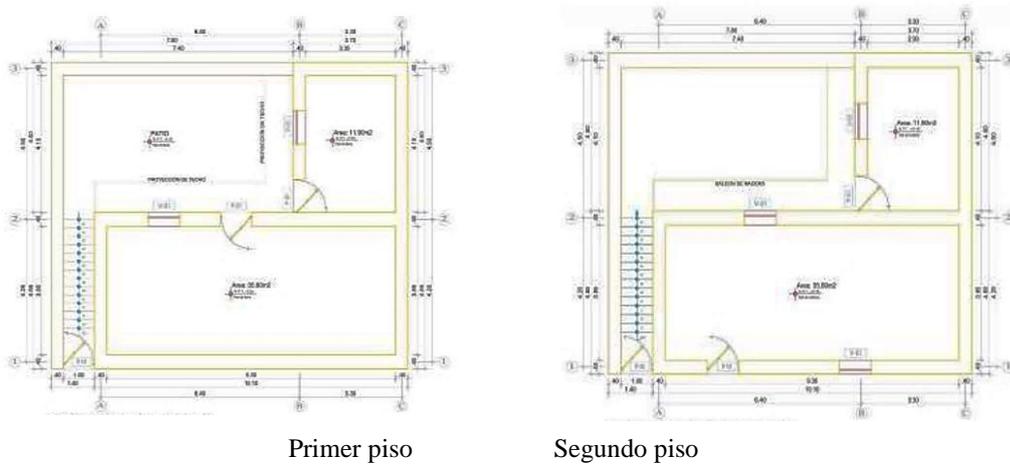
	Dimensiones de Vivienda (m)				
	Altura 1er Nivel	Altura 2do Nivel	Longitud Frontal	Longitud Lateral	Área de planta
Mínima	2.20	1.80	5.00	3.80	20.00
Mayor	2.70	2.40	14.00	7.00	70.00
Media	2.40	2.10	8.70	4.70	40.80

Fuente: Timoteo, 2018

La tabla 6 que ha sido extraída de la tesis de Timoteo J (2018), se sintetiza las tipologías de vivienda de 2 pisos encontradas en la provincia de Tarma, este cuadro se confeccionó considerando las medidas y áreas de éstas, agrupándolas en 03 grandes grupos denominadas mínima, mayor y media.

Figura 23

Tipología 2: Vivienda en Tarma en forma de L (03 habitaciones).

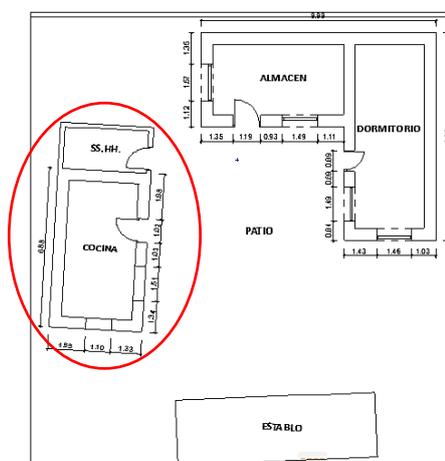


Fuente: Timoteo, J. (2018).

También está la investigación realizada por Uman, Steve en el año 2019 en su tesis de maestría titulada: “Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta - Cusco, 2017”, en donde el investigador identifica hasta cinco tipologías de viviendas en esta localidad, las cuales tienen características constructivas, formales, de organización y de uso muy similares a las vistas anteriormente, pues, estas también suelen ser de uno o dos pisos, constan de habitaciones y bloques organizados alrededor de un patio, estos bloques que acompañan a la habitación son, como en los otros casos, la cocina, el almacén y el establo.

Figura 24

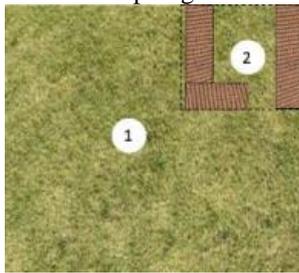
Tipología 1: Vivienda con 01 habitación.



Fuente: Uman, S. (2019).

Figura 25

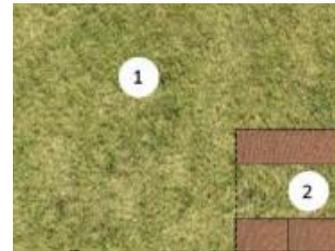
Tipología 2



Fuente: Uman, S (2019)

Figura 26

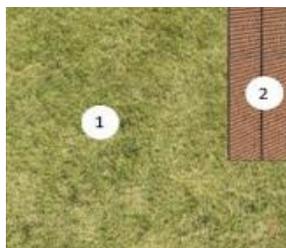
Tipología 3



Fuente: Uman. S., (2019)

Figura 27

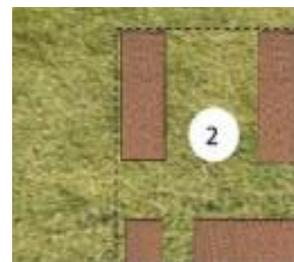
Tipología 4



Fuente: Uman, S. (2019)

Figura 28

Tipología 5

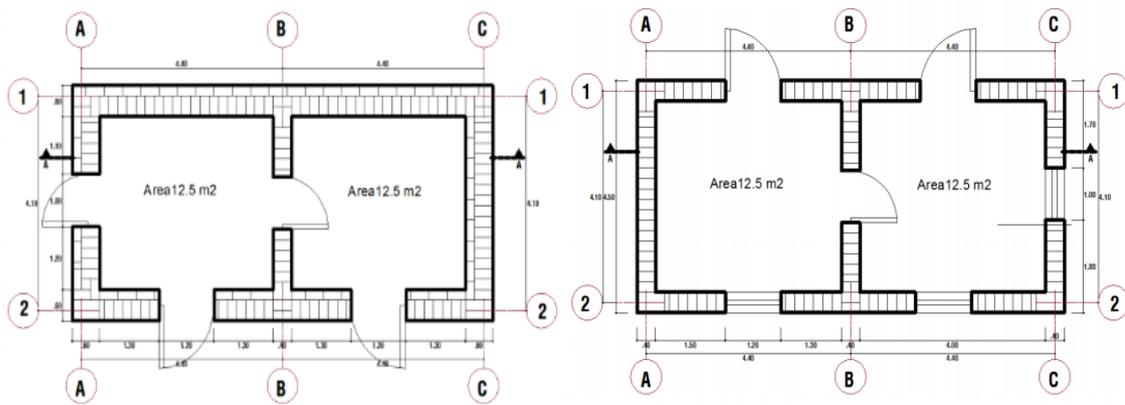


Fuente: Uman, S. (2019)

Por último, tenemos la tipología de vivienda encontrada por Velarde, Khaliel en el año 2014 en su tesis de grado titulada: “Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima”, en donde identifica una vivienda típica de la provincia de Canta y pueblos aledaños.

Figura 29

Tipología 1: Vivienda representativa de la provincia de Canta



Primer piso

Fuente: Velarde, K. (2014).

Tabla 7

Dimensiones de la vivienda típica en Canta y pueblos aledaños.

Dimensiones de la vivienda (m)					
	Altura 1er Nivel	Altura 2do Nivel	Longitud Frontal	Longitud Lateral	Área de Planta
Mínima	2.10m	2.10m	5.00m	4.00m	20.00m ²
Mayor	2.70m	2.50m	10.00m	7.00m	70.00m ²
Media	2.40m	2.30m	8.00m	6.00m	50.00m ²

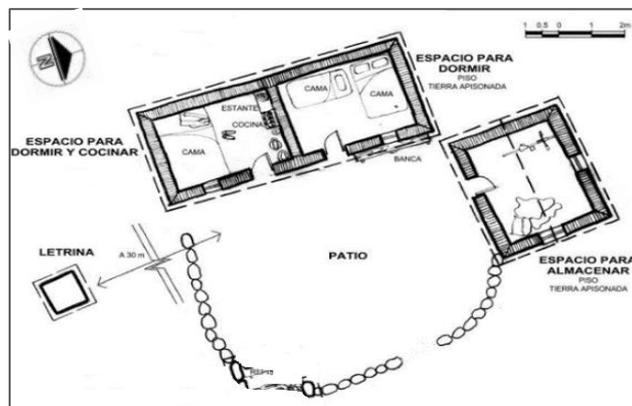
Fuente: Velarde, K. (2014).

Como vemos en la figura 29, la vivienda hallada en Canta también tiene forma rectangular y consta de dos habitaciones cuadradas separadas por un muro de 40 cm de ancho, muy similar a las tipologías encontradas en Puno, Cusco y Junín, tanto en sus dimensiones, como en su materialidad y en el uso que el poblador les da a los bloques, siendo el primero un espacio multiusos que casi siempre alberga a la cocina y el segundo espacio es el dormitorio del poblador.

En cuanto a las viviendas altoandinas de Huaros, estas son en su mayoría de un solo nivel, con muros de adobe, muros mixtos de barro con piedra o de adobe y tapial, techo de paja o calamina y piso de tierra. Los bloques que conforman la vivienda típica son la habitación (que contiene a la cocina) y un almacén de productos. Estas viviendas son muy similares a las tipologías halladas en Puno, ver figura 30 (que es similar a la figura 20), también constan de bloques como la habitación y el almacén que se ubican alrededor de un área patio o corral.

Figura 30

Conformación de la vivienda altoandina de Huaros



Fuente: Adaptado de Gayoso y Pacheco (2014).

Figura 31

Bloques que conforman la vivienda en Huaros



Fuente: Propia, 2021

Figura 32

Vista Panorámica de la vivienda altoandina ganadera de Huaros.



Fuente: Propia, 2021

Por lo tanto, podemos concluir que las viviendas en Huaros tienen tipologías similares a las encontradas en Puno, Junín, Cusco, con la única diferencia de que las viviendas ubicadas en Puno tienen la cocina fuera de la vivienda, creemos que este cambio es reciente y se debe a la contaminación que estas ocasionan por el uso de leña y la falta de cocinas mejoradas en la zona.

La elección de la vivienda en donde se realizaron las mediciones y simulaciones para evaluar el sistema de calefacción hidrónico por piso radiante dependió de la voluntad de una pobladora que nos permitió ingresar a su vivienda y posteriormente dejar instrumentos de medición durante un mes y medio, información con la que realizaron los cálculos y simulaciones térmicas dinámicas con y sin el sistema de calefacción.

2.1.3. Descripción de la vivienda en donde se realizaron las mediciones.

Las coordenadas geográficas de la vivienda ubicada en Huaros son, latitud: 11° 24' 19" Sur, y longitud: 76° 34' 41" Oeste, y una altitud de 3580 msnm (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2021). Presenta las características de una vivienda típica del lugar utilizando tierra como material constructivo de paredes en forma de bloques denominados tapial, con espesores de 45 cm. Cuenta con dos niveles, cuyo componente divisorio es un falso techo o cielo raso de madera. No presenta ventanas, el piso es de concreto de unos 10 cm de espesor, la puerta lleva hoja de chapa de calamina metálica (puente térmico) y marco de madera donde a simple vista resaltan los agujeros con el vano (condición que contribuye a las infiltraciones, igual ocurre en el encuentro muro-techo), y la cubierta del techo es de calamina metálica. Cabe resaltar que toda la estructura de soporte de la cubierta es de madera, así como los dinteles de la puerta y falso techo.

La vivienda cuenta con dos dormitorios, uno en el primer piso y otro en el segundo piso, en donde, solo el dormitorio del primer piso está habitado y es este último el que se ha tomado como modelo experimental para realizar los cálculos y simulaciones térmicas, por ser la habitación que mas usa el poblador.

Cabe resaltar que las paredes interiores del dormitorio elegido están recubiertas de polietileno y el falso techo está recubierto con malla arpillera. Además, exteriormente esta adosado por el sur y norte con dos ambientes, uno destinado a establo y el otro a depósito y cocina a leña. La vivienda no cuenta con vecinos.

Figura 33

Vista frontal de la vivienda elegida para el estudio



Fuente: propia.

2.1.4. Intervenciones del Estado peruano para mejorar las condiciones térmicas de la vivienda altoandina del territorio nacional.

Tenemos actualmente registrados en el Plan Multisectorial ante Heladas y Friaaje 2018 (anexo 1), 03 intervenciones del Estado peruano para mejorar las condiciones térmicas de la vivienda altoandina; la primera es “La vivienda rural mejorada” implementada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MCVS), a través del Programa Nacional de vivienda Rural (PNVR) realizado desde el año 2013 hasta la actualidad, que consiste en la construcción de módulos habitacionales “Sumaq Wasi” con diseño sismo resistentes y de confort térmico; luego tenemos el programa “Acondicionamiento de viviendas calientes” implementada por el MIDIS durante los años 2017 y 2018, en donde se implementaron 03 tecnologías que fueron desarrolladas por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y ejecutadas por el MIDIS a través de FONCODES con el proyecto Mi Abrigo, estas tecnologías son el muro “trombe”, el sellado de puertas y de ventanas y la cocina mejorada y por último está el proyecto “Mi Abrigo”, implementado inicialmente por FONCODES durante los años 2016 y 2017.

2.1.5. Historia y evolución de los sistemas de calefacción.

El antecedente histórico más distante lo encontramos durante la presencia del homo erectus en la tierra. Esta especie de homínido antecesor a los hombres actuales, fueron quienes descubrieron el fuego y lo emplearon como energía para alumbrarse en la noche, cocinar sus alimentos y forjar sus armas. Se estima que el fuego se utiliza hace más de 400 mil años para generar calor y para calentar el suelo en donde pernoctaban, el cual permanecía calientes incluso horas después de que el fuego se extinguiera, lo que permitió superar las condiciones climáticas extremas que ponían en peligro la vida de los homínidos, (Goudsloot, 1995).

Posteriormente, cuando los homínidos actuales (Sapiens) dejan las cavernas y desarrollan el conocimiento de la construcción de viviendas los coloca ante el reto de trasladar lo aprendido respecto a cómo calentar las habitaciones de sus nuevas edificaciones. Es en China que se encuentran los primeros suelos calentados con el mobiliario del recinto. (Vidal G., 2019). En sentido estricto, el Kang o “secar” en chino mandarín, es el primer sistema de calefacción que aparece aproximadamente por el año quinto después de cristo y que logra su máximo apogeo en el siglo octavo después de cristo. El Kang era una plataforma elevada del suelo, estaba hecho de ladrillos de arcilla

cocida, usaba el calor residual producido por una estufa aleada a la plataforma, trabajaba con leña o carbón y tenía unos conductos ubicados debajo de dicha plataforma que llegaban a una chimenea por donde se expulsaba los humos.

Otra innovación en sistemas de calefacción es la que aparece en Corea hace 2,500 años, denominado “Ondol” o piedra caliente. Es un sistema de calefacción por suelo radiante que usa el calor generado por el humo de la leña de la cocina, que se encontraba construida a un metro debajo de las demás habitaciones, este humo discurría por una serie de canales bajo el suelo de la casa y desfogaba por una chimenea al otro extremo de la vivienda; el material del suelo era roca, barro y argamasa que tenían la propiedad de mantener caliente la casa en la noche con solo dos horas de uso de fuego. (Vidal, 2019).

En Anatolia, Turquía, aproximadamente hace 1,400 años antes de cristo, se desarrolló otro sistema de calefacción de suelo radiante que, de manera similar al Ondol, consistía en una serie de canales ubicados debajo del pavimento, pero a diferencia del sistema coreano, tenía la particularidad de calentar grandes habitaciones. “La brújula verde” Magazine cultural independiente, en su artículo científico publicado el 19 de noviembre del 2019, señala que este mismo sistema habría sido usado en las actuales islas Aleutianas.

Otro sistema de calefacción por suelo radiante importante es el desarrollado en Roma, el denominado “Hipocausto”. Este sistema consistía en un horno ubicado al exterior del edificio, usaba como combustible leña y producía aire caliente que era transportado debajo del suelo por canales contruidos por ladrillos de 50 centímetros de altura y al otro extremo del horno se encontraba la chimenea por donde se eliminaba los gases y humo que producía la incineración de la leña. El Hipocausto calentaba suelo y paredes de la edificación, se ha estimado que alcanzaba temperaturas de 30 grados centígrados, por esta razón se usó principalmente en los baños termales, por los altos costos que significaba su uso.

Después de los Romanos pasaron muchos siglos para que los sistemas de calefacción cobren un nuevo impulso. En efecto, en Inglaterra, a inicios del siglo diecisiete de nuestra era, con el desarrollo de la revolución industrial se extiende el uso de los sistemas de calefacción a las viviendas colectivas; estos sistemas usaron el carbón como combustible y el calor generado mediante vapor o agua caliente (sistema hidrónico) se transportaba a través de tuberías y radiadores (Vidal G., 2019)

En 1905 el arquitecto Frank Lloyd Wright, conoce la técnica japonesa de construcción de viviendas con sistemas de calefacción por piso radiante y es en 1930 que tiene la oportunidad de diseñar la casa Herbert Jacobs en colaboración con Oscar Faber, quien utiliza por primera vez las tuberías de agua para calentar y enfriar hogares, convirtiéndose esta en la primera casa en usar este novedoso sistema. (Vidal G., 2019)

Un siglo después con la invención de la máquina de vapor por James Watt, se inventaron las calderas que permitían calentar fluidos, esta innovación tecnológica permitió el uso extensivo de los sistemas de calefacción en Europa y en América del norte; estas calderas usaban como combustible el carbón y tuberías de acero para el transporte de los fluidos en las viviendas.

En Castilla, España a fines del siglo XIX se desarrolla un sistema de calefacción denominado “la Gloria” que es una caja de fuego ubicada en el exterior de la vivienda, en donde se producía aire caliente mediante la combustión de leña, paja u otro material combustible, este aire caliente atravesaba las habitaciones y era expulsado por un humero o chimenea. La Gloria se diferencia del hipocausto Romano porque calienta más de un ambiente y posee un sistema de regulación de la temperatura llamada “tiro” que es una manivela que cumple la función de controlar la entrada de aire en el sistema (Vidal G., 2019)

Después de la segunda guerra mundial, con William Levitt, se implementa la calefacción por superficie radiante a gran escala, demostrando en el proceso que es posible incorporar este sistema a cualquier proyecto de diseño. Paralelamente, en esa década se innova el material que se usa para las tuberías, incorporando los plásticos termo resistentes, abaratando los costos y otras ventajas respecto a las tuberías metálicas, de esa manera, el sistema estuvo al alcance de todos los sectores sociales, generalizándose el uso del sistema de calefacción por piso radiante en Europa y Asia desde la década de 1970 (Vidal G., 2019).

2.1.6. Historia y evolución de los biodigestores.

Según las investigaciones revisadas, fueron los sumerios de Mesopotamia quienes en el año 3,000 a. C produjeron biogás de manera espontánea, como resultado de realizar la limpieza de los residuos orgánicos de la ciudad. Pero es en el siglo dieciocho que el físico Italiano Alejandro Volta descubre y aísla el gas metano hallado en el lago Como, principal componente del biogás; un siglo después, en 1868, el científico francés Louis Pasteur y su estudiante Antoine Béchamp descubren la existencia de micro organismos

en el proceso de producción de gas metano y es el mismo Pasteur quien en 1884 logra desarrollar la producción de biogás con biomasa constituida de estiércol de caballo demostrando su uso para producir energía eléctrica, pues su descubrimiento sirvió para abastecer de alumbrado público a París.

En 1890, en la India, se construye el primer biodigestor a escala real, alimentado con estiércol y desechos vegetales que producía biogás y biol y que fue implementado en la vivienda de los campesinos ante la necesidad de calefacción en el invierno.

En 1896, Donald Cameron en el pueblo de Exeter, Inglaterra, instala el “Monster Septic Tank” una forma de biodigestor que produjo biogás con los lodos cloacales de la ciudad. Con dicho biogás abasteció de energía eléctrica las lámparas de alumbrado público de dicha ciudad. En 1906, en la ciudad de Emscher, Alemania, el ingeniero civil Karl Imhoff diseña el tanque Imhoff, que era un biodigestor que producía biogás, el cual se puso en uso en grandes y pequeñas instalaciones para compensar la ausencia de combustible y energía eléctrica en las viviendas durante la segunda guerra mundial.

En China, durante los años 30 el gobierno incentivó la construcción de biodigestores en las viviendas rurales con el objetivo de disminuir el grave problema sanitario que atravesaban.

Luego de la segunda guerra mundial se inicia el auge de los biodigestores en Europa y otros lugares como Corea, Israel, Kenia, Taiwán, Australia e Italia. En 1947 se realizan investigaciones que demuestran que el excremento de una vaca proporciona 100 veces más biogás que las heces fecales de una pequeña comunidad urbana. Durante las décadas del 50 y 60, en Asia e India se producen nuevos modelos de biodigestores más simples y menos costosos para la producción de biogás y de fertilizante natural denominado “biol”, esto alienta la expansión de su uso a más de 30 millones de hogares rurales (Ávila, 2016).

En la actualidad los biodigestores se han convertido en una alternativa de producción ecológica de combustible, por lo que muchos países están dando pasos agigantados para su uso. Así tenemos a Nepal como el país con mayor cantidad de biodigestores por habitante, luego es seguido por Alemania, India y China. Por la capacidad de producción de energía a partir de la biomasa y su menor costo respecto a otras tecnologías, la tendencia a futuro es que muchos países inviertan recursos en incorporar con más intensidad esta tecnología.

En el caso de Perú, el proceso de incorporación de biodigestores no se ha encontrado ausente; sin embargo, no ha estado exento de problemas. En efecto a pesar del avance de dicha tecnología como alternativa para generar energía en las zonas rurales no ha tenido el desarrollo esperado. Los autores consideran que las condiciones de altura, extremo frío con presencia de heladas, retarda en un 50 % la digestión anaeróbica de este sistema, sumado a ello está la inclemencia del clima con lluvias que amenazan con destruir el invernadero que se construye para proteger y facilitar el aumento de la temperatura en el biodigestor. A pesar de ello, en los años 80 el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC) inició un proceso fallido de instalación de biodigestores en Cajamarca y Arequipa. El Institut de Techniques Energetique (INTE) de la Universidad de Politécnica de Cataluña y el Instituto para una Alternativa Agraria (IAA), en el 2004, implementaron 2 biodigestores hechos con polietileno en el Cusco que llegaron a funcionar adecuadamente.

Por su parte, en el año 2007, investigadores peruanos con el apoyo económico del servicio holandés de cooperación al desarrollo (SNV), las ONGs Hivos (Holanda) y Soluciones prácticas (inglesa), implementaron 13 biodigestores domésticos tubulares de polietileno con un volumen útil de 5m³ en algunas viviendas ganaderas de la microcuenca del Jabón Mayo ubicada a más de 3,800 msnm. Estos biodigestores, se mantuvieron en funcionamiento por tres años, esto debido a la construcción de invernaderos que protegieron el biodigestor y permitieron alcanzar temperaturas ambientales de hasta 20 grados centígrados (Acosta, M. y Gonzáles, L., 2013)

Otras instituciones que han trabajado la introducción e innovación de biodigestores son la Agencia de cooperación alemana (GTZ por sus siglas en alemán) y empresas privadas como COPLAST GROUP y CIDELSA, las cuales en conjunto han instalado más de 360 biodigestores con geomembrana de PVC en viviendas altoandinas de 6 regiones, el uso de este material hace más durable, pero también más elevado el costo del sistema en comparación con los biodigestores tubulares hechos de polietileno. Por último, en la última década, las universidades en Perú y en América Latina se vienen involucrando en el trabajo de innovación y desarrollo (I+D) de los biodigestores; dicho trabajo se está orientando en el diseño de biodigestores de bajo costo y es en Bolivia en donde se ha avanzado en la realización de un proyecto nacional para la instalación de biodigestores en las viviendas rurales (Martí H, 2019)

Es importante mencionar que en el distrito de Huaros no hay antecedentes de producción de biomasa o de biogás, a pesar de existir las condiciones y recursos necesarios para el desarrollo de esta tecnología y que el uso del combustible ecológico producido por los biodigestores y su aplicación constituyen una alternativa económicamente viable para las viviendas altoandinas de Huaros.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema.

2.2.1. Antecedentes Nacionales.

VI: Sistemas de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas:

Las investigaciones efectuadas en los últimos años se han centrado en dos aspectos centrales: a) Sistemas de calefacción hidrónicos con técnicas ecológicas y; b) Confort térmico.

A continuación, se presentarán los principales trabajos de investigación.

Checya, C. C., y Roque, P. (2018), en su trabajo de investigación “Evaluación y simulación de un piso radiante en el albergue del centro poblado de Imata ubicado a 4500 msnm en el Departamento de Arequipa, buscan conocer el aporte energético que brindan los colectores solares al termotanque y al piso radiante; además, de realizar la simulación del sistema para evaluar el nivel de temperatura lograda en la superficie del piso y el efecto en el interior del recinto. El piso radiante que implementaron era en realidad, un sistema de calefacción hidrónico evaluado mediante simulaciones.

En cuanto a los resultados, lograron obtener una temperatura de 18°C en el interior del albergue, siendo la temperatura exterior de 11°C, lo cual fue considerado agradable térmicamente para los pobladores de la zona. Pero el inconveniente mayor que registraron respecto al sistema de calefacción fue la demora que tiene este en alcanzar su máximo rendimiento, que en este caso fue de aproximadamente 4 horas desde que se puso a funcionar el sistema. A pesar de ello, los autores resaltan los beneficios del sistema respecto al logro del confort térmico y el ahorro de energía.

Según el estudio de Berrio Huarahuara, W. R., & Hanco Mamani, F. (2017), titulado: “Diseño de un prototipo de calefacción por m² de superficie de piso radiante utilizando los materiales de cambio de fase (PCMS por sus siglas en inglés) aprovechando la energía solar térmica en la ciudad de Puno”, la finalidad de los autores era diseñar un prototipo experimental de 1m² de área, e implementar en él un sistema de calefacción por piso radiante utilizando la radiación solar como fuente de energía y los materiales de cambio de fase (PCMs), para mejorar el sistema y lograr confort térmico en las viviendas

de la ciudad de Puno. También buscaban registrar el consumo energético del sistema en comparación con sistemas convencionales existentes. En cuanto a los logros que obtuvieron, tenemos que el sistema pudo mantener temperaturas de 20°C y 21°C en el interior del prototipo. También lograron, con un tiempo de descarga de 30 minutos, que el sistema funcione un promedio de 2 a 2.5 horas, esto último, permitió que demostraran la eficiencia del piso radiante como sistema de calefacción. Entre las desventajas del sistema, los autores mencionan las técnicas aplicadas y los materiales contaminantes que usaron para su implementación.

V2: Confort térmico:

Jiménez Licon, M. A., Álvarez, E., & Paul, C. (2019), en su tesis de grado titulada: Evaluación de las transmitancias térmicas de la casa Ecológica Andina PUCP del distrito de Langui, provincia de Canas–Cusco, según los parámetros de la norma técnica peruana EM. 110, para mejorar las condiciones de confort térmico de las viviendas de la zona bioclimática alto andina en el Perú. Los autores buscan determinar si es la estructura de la vivienda o es alguna de las tecnologías, la que proporciona el confort térmico en la Casa Ecológica PUCP, según los parámetros de la Norma EM.110. El estudio se realiza para beneficiar a las comunidades campesinas ubicadas en zonas altoandinas del Perú. Luego de los estudios realizados, los autores determinaron que son las tecnologías de calefacción implementadas (piso radiante, muro trombe y cama caliente) las que logran el nivel de confort térmico en el interior de la vivienda, al generar una temperatura interna de 18°C y explican que el sistema de calefacción hidrónico es la tecnología que permitió alcanzar la temperatura deseada. Esta información complementa el presente tema de investigación.

Por su parte Molina, J. O. (2017), en su investigación de maestría titulada: “Evaluación sistemática del desempeño térmico de un módulo experimental de vivienda alto andina para lograr el confort térmico con energía solar, realizado en la comunidad de San Francisco de Raymina, Ayacucho, Perú”, busca medir el desempeño térmico (temperatura y humedad) con la finalidad de alcanzar la comodidad térmica del poblador de la comunidad campesina de San Francisco de Raymina; para lograrlo, realiza el análisis comparativo del desempeño térmico de un Módulo Experimental de Vivienda (MEV), mediante la evaluación sistemática de doce configuraciones de medida del MEV en tres fases, la primera sin operatividad, la segunda implementando dos sistemas de calefacción solar activos: Muro radiante (Sistema hidrónico) y tubo radiante y una tercera

fase con pernoctación, actividad humana, uso de cocinas a gas, nuevamente los dos sistemas de calefacción solar y el uso de contraventanas y contrapuertas como sistemas pasivos. Los resultados obtenidos permitieron una comparación real, con datos numéricos exactos, que validaron el uso de modelos o prototipos, el uso de programas para el sustento de su investigación.

Además, está la investigación de Rivasplata Castro, X. (2018), que en su tesis titulada: “Modelo de vivienda climatizada para el distrito de Calana, utilizando métodos solares pasivos”, busca diseñar un modelo de vivienda climatizada en Tacna por medio de un sistema bioclimático solar pasivo que contribuya al confort térmico en la población del distrito de Calana. La metodología seguida en este trabajo de investigación está sustentada en experiencias de proyectos nacionales e internacionales de viviendas climatizadas, habiéndose validado estas en el lugar de la aplicación, en base a encuestas de aceptabilidad y preferencia, y estudios en sitio de la realidad habitacional en Calana. El aporte de esta investigación está en el modelo de vivienda que se propone para lograr el nivel de confort térmico de la población.

En resumen, las investigaciones efectuadas en el país de los sistemas de calefacción hidrónicos con técnicas ecológicas y sobre el confort térmico representan un avance importante, sin embargo, están centrados en el uso de la energía solar y la implementación de los colectores solares para abastecer de energía a estos sistemas, lo cual constituye un costo importante para las familias en situación de pobreza y pobreza extrema, ya que para abastecer de combustible o energía a los sistemas de calefacción se requiere de varios de estos equipos que son muy costosos para la población beneficiaria, además de no existir en estos lugares establecimientos en donde se puedan comprar los repuestos ni se puede conseguir mano de obra calificada que pueda darles mantenimiento, instalación o reparación a estos equipos en caso de avería.

2.2.2. Antecedentes Internacionales.

VI: Sistemas de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas:

En este apartado podemos verificar que las investigaciones realizadas en otros países se desarrollan en la misma dirección que nuestro país, porque se orientan a buscar soluciones para optimizar la performance y el uso de energías limpias para el funcionamiento del sistema de calefacción.

Así tenemos la investigación de Hinojosa Mateo, A. (2015), que en su tesis de grado titulada: Evaluación de un sistema de calefacción por suelo radiante, explica el diseño y dimensionamiento de un sistema radiante hidrónico para brindar confort térmico a un edificio de una sola planta, ubicado en Madrid, España, con temperatura exterior de 6°C y ocupado por 03 personas. El estudio consistió en primero obtener la carga térmica del local, lo que determinaría la energía y potencia necesaria a suministrar al sistema de calefacción, luego hicieron el cálculo de las temperaturas más representativas que intervendrían en el diseño del sistema radiante (temperatura media superficial del suelo y temperatura media en el eje de los tubos), además calcularon las pérdidas térmicas que se producían en el suelo en régimen estacionario, siendo que la temperatura de confort es 21°C, para luego realizar la simulación en régimen transitorio, tomando el día más frío de cada mes, para calcular el calor transmitido por el suelo, su efecto sobre la temperatura interior del local y la demanda de calefacción. Según el autor, estos cálculos determinarían si el sistema de calefacción era capaz de alcanzar la temperatura de confort. Para ello aplicó el método de la capacidad térmica global. Finalmente, los resultados de la simulación comprobaron la eficiencia del sistema de calefacción por suelo radiante que, con la utilización de materiales de alta inercia térmica, favorecieron la eficiencia energética del sistema.

También está González Elosua, I. I. (2013), que con su investigación: “Climatización de una vivienda con energía geotérmica”. Explora el estudio y diseño de una instalación de aprovechamiento de energía geotérmica para la climatización, mediante un sistema de calefacción hidrónico, de una vivienda unifamiliar en la localidad de Fornells, en Menorca, España. Para ello ha calculado la demanda energética térmica requerida por la vivienda, considerando su forma arquitectónica, los materiales y las necesidades interiores. Luego, tras la realización de los cálculos y la obtención de los resultados, eligió la bomba de calor geotérmica (cuya instalación inicial es más costosa que un sistema tradicional de combustión), el sistema de suelo radiante, para calefactar en invierno y un circuito compuesto por varios fan-coils para refrigerar en verano. Los sistemas de climatización que propuso son regulables por habitación, lo que permite obtener condiciones de confort independientes en cada estancia. Cabe resaltar que esta investigación incluye un estudio de impacto ambiental que muestra la disminución de emisiones de CO₂, en comparación con los sistemas de calefacción que usan combustibles fósiles y un estudio económico que muestra la rentabilidad, a medio plazo,

del sistema geotérmico, que entre 10 y 14 años comenzaría a producir ahorro, en comparación con los métodos modernos. En cuanto al ahorro energético del sistema respecto al eléctrico, tenemos que este sería de aproximadamente el 75%, ya que la energía eléctrica necesaria para hacer funcionar el sistema de bombas y compresores está alrededor de 1 kW para obtener aproximadamente 4 kW de energía térmica.

Además, tenemos a Sanz, J. E. (2005), que en su artículo publicado en la revista “El instalador” en España, titulado: Calefacción por suelo radiante, Aspectos innovadores, nos explica los principios físicos y detalles técnicos que ocurren en la instalación de los sistemas de calefacción por suelo radiante. El artículo tiene como objetivo promocionar el uso de un tubo multicapa hecho de polietileno cubierto con una capa delgada de aluminio que aumenta su conductividad térmica, conserva la curva dada en la instalación por la presencia del aluminio y evita la difusión del oxígeno causante de la oxidación de los componentes de la instalación. Está dirigido al público en general interesadas en los sistemas de climatización. Menciona además los beneficios de este nuevo producto y lo compara con los tubos de polietileno convencionales indicando sus desventajas frente al producto que promociona. Este artículo complementa la actual investigación ya que explica con mucha claridad los materiales y el proceso de instalación de los pisos radiantes.

V2: Confort térmico:

De acuerdo con Torres-Aguilar, C., Serrano-Arellano, J., Macías Melo, E., & Aguilar-Castro, K. (Dic, 2016), en su artículo titulado: “Diseño arquitectónico con elementos bioclimáticos para el confort térmico en viviendas de Hidalgo”, publicado en la revista de aplicaciones de ingeniería, se expresa que el objetivo de la investigación era realizar una simulación con un modelo arquitectónico, con un programa para su caracterización térmica, con la finalidad de evaluar la eficiencia energética y desarrollar un modelo constructivo sustentable para el estado de Hidalgo, México que se encuentra a 2,100m.s.n.m con clima templado frío, con una temperatura anual de 16°C.

Los autores diseñaron un modelo de vivienda básico y un segundo modelo que contenía elementos bioclimáticos. Para realizar la comparación de eficiencias térmicas y conocer el confort térmico de estas edificaciones, se simuló ambos modelos en un programa para la caracterización térmica llamado “Simulation Studio” de TRNSYS 17 durante 7 días. El modelo bioclimático fue construido tomando en cuenta la orientación

de la fachada, el aislamiento en paredes externas, elementos de sombreado, sistemas de aire acondicionado, iluminación y paneles solares. Los resultados mostraron que hubo una reducción del 35% del consumo primario de energía, un aumento de más del 40% de eficiencia térmica, sólo con sistemas pasivos, una mejor estabilidad de las temperaturas interiores y además un mayor confort térmico.

Por otro lado, Espinosa Cancino, C. F., y Cortés Fuentes, A. (2015), en su artículo titulado: Confort higrotérmico en vivienda social y la percepción del habitante. El objetivo principal de la investigación fue analizar cuánto y cómo inciden los mejoramientos técnicos del Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica (MART) en el confort higrotérmico del hábitat residencial en Chile. Los autores aplicaron la siguiente metodología: Primero seleccionaron tres casos de estudio a partir del año de construcción, luego realizaron encuestas a los habitantes de las viviendas para analizar la percepción térmica que tienen de sus viviendas en invierno y en verano, después registraron el tipo de calefacción que utilizan en invierno y los costos que realizan mensualmente en ella. También preguntaron cómo perciben las condiciones de la vivienda en cuanto al diseño arquitectónico pasivo: Asoleamiento (Escala de medición: Excesivo cálido, confortable cálido, neutral, confortable fresco y excesivo fresco), calidad del aire interior (Escala de medición: Limpio, relativamente limpio, neutral, relativamente viciado y viciado) e iluminación (Escala de medición: luminoso, relativamente luminoso, neutral, relativamente oscuro y oscuro). Además, consultaron a los habitantes sobre la calidad constructiva de sus viviendas (Escala de medición: Muy buenos, buenos, neutral, malos y muy malos). Por último, registraron la edad y sexo de los encuestados, para poder analizar si estos factores influyen en la percepción del confort higrotérmico de la vivienda. Finalmente compararon los resultados de la encuesta entre los tres casos de estudio con el fin de detectar si las modificaciones de la reglamentación habían incidido en el confort higrotérmico del habitante. La importancia de esta investigación es que contiene información relevante para la elaboración de algunos instrumentos de medición respecto a la variable Confort térmico de la presente investigación.

Como se afirmaba al principio del presente acápite, se puede verificar de manera resumida, que este conjunto de investigaciones a nivel internacional muestra que la tendencia general se dirige a la búsqueda de la eficiencia en el funcionamiento de los sistemas de calefacción para lograr el confort térmico, dejando de lado la condición de

pobreza del poblador y el uso de materiales y técnicas ecológicas en la implementación de estos sistemas, como ocurre también en los casos nacionales.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.

2.3.1. Sistemas:

Nuestro objeto de investigación y realidad problemática se encuentra centrado en el concepto de sistema; por lo que para desarrollar esta parte conceptual vamos a iniciar a esclarecer el concepto general de sistema para así luego pasar al concepto desarrollado de sistema calefacción.

Los antecedentes de este paradigma se encuentran en el desarrollo de la biología del siglo XIX y la semiótica en las primeras décadas del siglo XX. En efecto, el desarrollo de la biología de finales del siglo XIX trajo consigo la idea de estructura y función de la que estaban compuestos los seres vivos, esta idea pasa rápidamente a las ciencias físicas y sociales; es así como el sociólogo británico Herbert Spencer (1820-1903) toma estos conceptos para describir la idea o concepto de sociedad. En el caso de la semiótica es Ferdinand de Saussure (1857-1913) quien desarrolla las ideas de órgano y función para desarrollar las estructuras del lenguaje; en general este complejo de nociones fueron las bases para el desarrollo epistemológico de las ciencias positivistas que hegemonizaron gran parte del siglo pasado con el paradigma del funcionalismo.

La idea de sistema se desarrolla desde 1940 y es atribuida al biólogo y filósofo Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972). Tiene un impulso en el contexto académico y científico de mediados del siglo XX, que se caracterizó por el nuevo desarrollo de la biología (ciencia de la que proviene Bertalanffy) y de la cibernética, por un lado, y por la reacción a los enfoques reduccionistas y mecánicos del funcionalismo.

Según Arnold, M. y Osorio, F. (1998), el objetivo de la teoría general de sistemas que desarrolla Bertalanffy, primero, es la de impulsar una terminología general que describa las propiedades, funciones y comportamientos de los sistemas; segundo, explicar el avance del conjunto de leyes científicas aplicables a dichos comportamientos sistémicos y; en tercer lugar, fomentar la formalización matemática de dichas leyes.

En ese sentido, para los autores, el concepto de sistema para la reflexión e investigación científica se puede concebir como un camino metodológico, que se inicia con: a) la observación de su comportamiento, b) de dicha observación se busca identificar sus componentes y procesos fundamentales, c) identificar las estructuras de

retroalimentación que permiten explicar su comportamiento, d) la construcción de modelos formalizados sobre la base de la cuantificación de los atributos y relaciones, e) la introducción del modelo en una computadora y f) trabajo del modelo como modelo de simulación. (Arnold, Marcelo y Osorio, Francisco, 1998)

Por su parte Espinoza (2014), define un sistema de la siguiente manera:

Un sistema es un conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo y contribuir a un determinado objetivo. La forma de la interrelación define su organización y la transformación que realiza entre la entrada y salida define su función.

2.3.2.Sistemas de calefacción.

Es un conjunto de aparatos y accesorios que se instalan en las edificaciones para producir bienestar térmico. Los sistemas de calefacción tienen como función calentar el interior de las casas o edificios cuando el clima está frío. (ARQHYS. 2012). Según Gonzales (2006), en su libro “Eficiencia energética en instalaciones de calefacción y ACS en los edificios”, en la teoría de transmisión de calor, existen tres mecanismos básicos: Conducción (Ley de Fourier), convección (Ley de enfriamiento de Newton) y radiación (Ley de Stefan – Boltzmann).

Las partes que componen este sistema de calefacción son:

- a) Un subsistema de producción de calor, mediante calderas o termas, bombas de calor, etc.
- b) Un subsistema de distribución de calor, mediante conductos por los que circula un calor portador que normalmente es agua o aire.
- c) Un subsistema de emisión de calor, mediante radiadores, paramentos radiantes o los ventilos convectores.

2.3.3.Sistemas de calefacción hidrónicos:

Los sistemas de calefacción hidrónicos usan como elemento transportador de calor al agua. Actualmente estos sistemas de calefacción tienen cuatro modalidades:

1. Radiadores térmicos; 2. Zócalo térmico (Zócalo térmico o Gavetas); 3. Piso radiante y; 4. Convectores forzados.

Los elementos que conforman un sistema hidrónico de calefacción son:

- a) El generador de agua caliente (Terma a gas o eléctrica) / panel solar/colector solar.

- b) El radiador de calor (radiador, zócalo térmico, piso radiante, convectores).
- c) El sistema de control (Termostato) (ARKCOM, 2019)

Hay que precisar que el sistema de calefacción hidrónico por piso radiante es el más antiguo y tradicional de las modalidades referidas. Actualmente este sistema consiste en un gran radiador (circuito reticulado de tuberías) ubicado debajo del piso final por el que circula agua caliente. Una fuente de energía, generalmente por combustión, genera el calor que calienta las superficies, apareciendo así las 03 formas de transferencia de calor: Conducción, convección y radiación. (Vidal G., 2019)

2.3.4. Técnicas ecológicas:

Son un conjunto de instrumentos desarrollados para aprovechar eficientemente los recursos naturales y materiales y permitir la elaboración de productos y servicios, así como el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y materiales diversos para la vida diaria. (Comisión Nacional para el desarrollo de los pueblos indígenas, 2016)

Las ecotecnologías o técnicas ecológicas son herramientas imprescindibles para el desarrollo sostenible de las comunidades campesinas de las zonas altoandinas. la utilización de las técnicas ecológicas debe estar subordinada a una concepción de desarrollo que se adecúe a las condiciones locales, en donde la autodeterminación tecnológica de las comunidades es esencial para preservar la identidad cultural y la autonomía política de estos grupos sociales. (Orozco, 2011)

2.3.5. Confort térmico.

Es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. Norma EM. 110 “Confort Térmico y lumínico con eficiencia energética” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014).

En el confort térmico interactúan varios factores y parámetros, destacándose tres variables: 1. Externas (medio ambiente); 2. Internas arquitectónicas (características formales y constructivas) y; 3 Usuario (metabolismo y cultura).

Los parámetros ambientales interiores como la temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del aire y temperatura radiante, pueden ser cuantificados, pero los factores personales son condiciones subjetivas, propias de cada usuario y se relacionan con las características biológicas, fisiológicas, sociológicas o psicológicas. (Chávez, 2002).

2.3.6. Calor.

Es la transferencia de energía de un cuerpo o sistema a otro, a causa de una diferencia de temperatura. Podemos definir una unidad de cantidad de calor con base en el cambio de temperatura de un material específico, por ejemplo, el agua. La caloría (abreviada cal) se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 g de agua de 14.5 °C a 15.5 °C.

Puesto que el calor es una transferencia de energía, debe haber una relación definida entre estas unidades y las de energía mecánica que conocemos, como el joule. (Sears, 1999)

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

2.3.7. Calor específico:

Usamos el símbolo Q para cantidad de calor. Cuando el calor está asociado a un cambio de temperatura infinitesimal dT , lo llamamos dQ . Se observa que la cantidad de calor Q que se necesita para elevar la temperatura de una masa m de cierto material de T_1 a T_2 es aproximadamente proporcional al cambio de temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$ y a la masa m del material. Si calentamos agua para hacer té, necesitamos el doble de calor para dos tazas que, para una, si el intervalo de temperatura es el mismo. La cantidad de calor requerida también depende de la naturaleza del material; se requieren 4190 J de calor para elevar la temperatura de 1 kilogramo de agua 1 °C, pero sólo 910 J para elevar en 1 °C la temperatura de 1 kilogramo de aluminio, por ejemplo. (Sears y Zemansky, 1999)

$$Q = mc \Delta T \text{ (calor requerido para cambiar la temperatura de la masa } m \text{)}$$

2.3.8. Sensación térmica:

Es la sensación de temperatura basada en un índice de pérdida de calor corporal en relación con parámetros como la temperatura, el viento y la humedad del ambiente en el cual nos encontremos. Cada persona percibe la temperatura de un ambiente de forma diferente y esto depende de su masa corporal y de su metabolismo. El viento o aire viene a ser el factor más importante, pues dependiendo de su temperatura y velocidad, la sensación térmica puede disminuir o aumentar. Su presencia reduce la humedad en el ambiente creando un clima seco; sin viento aumenta la sensación de calor, con viento disminuye esta sensación. (Pérez, 2017)

2.3.9. Termostato

Aparato o dispositivo que, conectado a una fuente de calor, sirve para regular la temperatura de manera automática, impidiendo que suba o baje del grado adecuado. Existen varios tipos de termostato, los más simples y económicos son los termostatos analógicos, que tienen una rueda manual, estos permiten ajustar sólo dos temperaturas, una para el día y otra para la noche. Activan y desactivan la calefacción para mantener constante la temperatura deseada. Su funcionamiento también se llama encendido/apagado porque activa el sistema cuando la temperatura ambiente es inferior a la ajustada y lo desactiva cuando lo supera. Este dispositivo además detecta la temperatura de la casa y es sensible a los cambios de calor causados por el número de personas en una habitación, el sol, el encendido de la cocina o el horno. (Ovacen, 2021)

2.3.10. Transferencia de calor:

La interacción entre un cuerpo caliente y uno frío, hace que ambos intercambien energía, pues buscan de manera natural, establecer el equilibrio térmico. A esta transferencia de energía que se da exclusivamente por una diferencia de temperatura se denomina transferencia de calor. Existen 03 mecanismos de transferencia de calor:

Por interacción directa con partículas vecinas: Conducción

Por la mezcla a temperaturas diferentes de las partes de un fluido: Convección.

Por la absorción o emisión de radiaciones electromagnéticas: Radiación.

Transferencia por conducción

Esta transferencia de calor se da a escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas.

Aquí la ley de la conducción de calor de Fourier

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Donde:

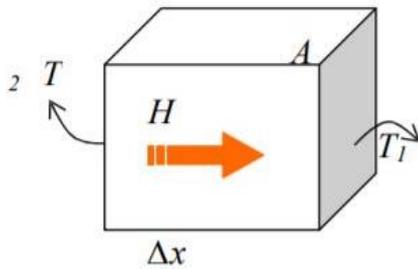
H = Calor (en Watts) transferido por unidad de tiempo.

k = Es la conductividad (en W/mK) térmica del material.

dT/dx = Es el gradiente de temperatura.

El signo menos indica que la conducción de calor es en la dirección decreciente de la temperatura.

Figura 34
Transferencia por convección.



Transferencia por convección

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural, producida sólo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro. Este tipo de transferencia de calor sólo se produce en líquidos y gases, donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio.

Un modelo de transferencia de calor H por convección, llamado *ley de enfriamiento de Newton*, es el siguiente:

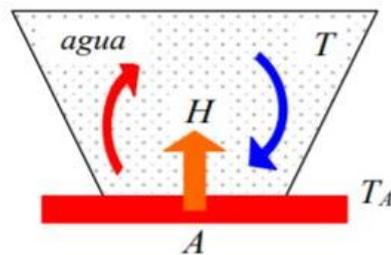
$$H = h A (T_A - T) \quad (2)$$

Donde:

h = Coeficiente de convección en $W/(m^2K)$.

A = Es la superficie que entrega calor con una temperatura T_A al fluido adyacente, que se encuentra a una temperatura T .

Figura 35
Proceso de convección



El flujo de calor por convección es positivo ($H > 0$) si el calor se transfiere desde la superficie de área A al fluido ($T_A < T$) y es negativo si el calor se transfiere desde el fluido hacia la superficie ($T_A > T$).

Transferencia por radiación

La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones. Esta energía es producida por los cambios en las configuraciones electrónicas

de los átomos o moléculas constitutivos y transportada por ondas electromagnéticas o fotones, por lo que recibe el nombre de radiación electromagnética. La radiación electromagnética es independiente de la materia para su propagación. La longitud de onda (λ) y la frecuencia (ν) de las ondas electromagnéticas, relacionadas mediante la expresión $c = \lambda \nu$ son importantes para determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características.

Los fotones son emitidos o absorbidos por la materia. La longitud de onda de la radiación está relacionada con la energía de los fotones, por una ecuación desarrollada por Planck.

Constante de Planck $E = \frac{hc}{\lambda}$

Donde

$h =$ Es la constante Planck ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ julios por segundo)

$\lambda =$ Es la longitud de onda.

$c =$ Es la velocidad de la luz (299792km/s)

Ley de Stefan

Todos los objetos emiten energía radiante, cualquiera sea su temperatura.

Considerar la transferencia de radiación por una superficie de área A , que se encuentra a una temperatura T . La radiación que emite la superficie se produce a partir de la energía térmica de la materia limitada por la superficie. La rapidez a la cual se libera energía se llama potencia de radiación H y su valor es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta. A esto se le conoce como la Ley de Stefan:

$$H = \varepsilon \sigma A T^4$$

Donde:

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$ es la constante de Stefan-Boltzmann

$\varepsilon =$ es una propiedad radiativa de la superficie llamada emisividad, sus valores varían en el rango $0 < \varepsilon < 1$, es una medida de la eficiencia con que la superficie emite energía radiante y esto depende del material.

La energía que un cuerpo absorbe proviene de sus alrededores, los cuales también emiten energía radiante. Si un cuerpo se encuentra a temperatura T y el ambiente a una temperatura T_0 , la energía neta ganada o perdida por segundo como resultado de la radiación es:

$$H_{\text{neto}} = \varepsilon \sigma A (T^4 - T_0^4)$$

Fuente: (Conesa, 2013)

2.3.11. Valor CLO.

Es la unidad de aislación térmica de la vestimenta. En donde 1 CLO corresponde a una resistencia térmica por unidad de área de 0,155 m²K/W. El aislamiento térmico de diferentes prendas de vestir se encuentra tabulada en unidades de “CLO”. De esta manera, para conocer el aislamiento térmico de un conjunto de ropa se suman los valores individuales de aislamiento de cada prenda (Cuenca Chuquisala, 2019)

2.4. Definición de términos básicos.

2.4.1. Biodigestores:

Los biodigestores son sistemas que producen biogás y fertilizante a partir de materia orgánica. Son sistemas en los que, en ausencia de oxígeno y presencia de consorcios bacterianos adecuados, se desarrolla de forma natural la digestión anaerobia y se captura el biogás producido. Un biodigestor en su funcionamiento es similar a un sistema digestivo animal: entra materia orgánica, que es digerida por bacterias, produciendo gases (biogás) y produciendo un subproducto líquido que tiene un alto valor como fertilizante (Martí H, 2019)

2.4.2. Biomasa:

La biomasa es cualquier tipo de materia orgánica no fosilizada y biodegradable que tiene su origen en un proceso biológico. Ejemplos de biomasa son la madera, los desechos agrícolas y el estiércol animal. La biomasa puede convertirse en energía a través de dos procesos, el bioquímico en el cual se ubica la tecnología del biogás y el termoquímico. (Sencia, 2020)

2.4.3. Calidad de vida:

Se refiere a la calidad de las condiciones de vida de una persona, como a la satisfacción experimentada por la persona con dichas condiciones vitales, como la combinación de componentes objetivos y subjetivos. Entre los elementos objetivos se consideran: al bienestar material, la salud objetivamente considerada, las relaciones armónicas con el ambiente y la comunidad, mientras en los elementos subjetivos se encuentra: la intimidad, la expresión emocional, la seguridad percibida, la productividad personal y la salud percibida. (Marcial, 2016)

2.4.4. Carta solar:

Es una representación gráfica en planta que nos permite obtener la posición del sol en el cielo respecto a nuestra ubicación, considerando una latitud específica. Eligiendo

una fecha y hora podemos obtener un ángulo solar y azimut correspondiente. Es una herramienta útil para obtener datos bioclimáticos.

Fuente: (Castillo Serrano, 2016)

Existen dos tipos de cartas solares: La de Fisher que basa la proyección del recorrido del sol en una semiesfera y la cilíndrica que basa su proyección en un cilindro cortado por la mitad. La ventaja de este último es que representa el horizonte real entorno al observador, lo que permite un estudio de fachadas. (Castillo Serrano, 2016)

2.4.5. Colector solar:

Los colectores solares son dispositivos especialmente diseñados para obtener energía de los rayos del sol y de esta manera aumentar la temperatura o nivel térmico de algún fluido. (Cumbre pueblos, 2019)

Los colectores solares sirven principalmente para producir agua caliente sanitaria o calefacción, pero también pueden generar electricidad. Los colectores solares térmicos captan la radiación solar en una superficie para calentar un fluido. Los colectores solares de placa plana con aplicación solar a baja temperatura (Para temperatura de fluido de trabajo inferiores a los 80°C). Actualmente existen tres tipos de colectores solares: El colector solar térmico de placa plana, el colector solar térmico de concentración de la radiación y los colectores solares térmicos de tubos al vacío. (Energía solar, 2019)

2.4.6. Comunidad Campesina:

Las Comunidades Campesinas son organizaciones de interés público, con existencia legal y personería jurídica, integrados por familias que habitan y controlan determinados territorios, ligadas por vínculos ancestrales, sociales, económicos y culturales, expresados en la propiedad comunal de la tierra, el trabajo comunal, la ayuda mutua, el gobierno democrático y el desarrollo de actividades multisectoriales, cuyos fines se orientan a la realización plena de sus miembros y del país. (Ley General de Comunidades Campesinas Ley N° 24656).

2.4.7. Eficiencia energética:

Se refiere a la utilización de tecnologías que requieren una menor cantidad de energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función. La eficiencia energética se centra en la tecnología, el equipamiento o la maquinaria usada en edificios. El ahorro de energía se basa en el modo de actuar de las personas para utilizar menos energía. (Guía Básica de la eficiencia energética, 2010).

2.4.8. Equilibrio térmico:

Esto ocurre cuando 02 cuerpos, con diferente temperatura, se ponen en contacto térmico, el calor del sistema más cálido fluye espontáneamente al sistema más frío hasta que se equilibren entre sí. La transferencia de calor ocurre por conducción o por radiación térmica. Cuando se detiene el flujo de calor entre ellos se dice que están a la misma temperatura. Luego se dice que el sistema está en condición de equilibrio térmico (Connor, 2019)

2.4.9. Helada:

Fenómeno meteorológico recurrente en zonas altoandinas del Perú, producidos por descensos bruscos de temperaturas que se presentan entre los meses de junio a agosto de cada año, en donde la sensación de frío es acompañada por granizadas y nevadas. Plan Multisectorial ante Heladas y friaje (PMAHF, 2015)

2.4.10. Hogar:

Es la agrupación primaria que permite atender las necesidades de supervivencia de sus miembros y, a su vez, es el elemento primario de la organización social. En general, los hogares adoptan diferentes tipos de arreglos, que tienen como núcleo fundamental a la pareja con o sin hijos, al que se agregan otras personas con las que pueden o no tener relaciones de parentesco. Instituto nacional de estadística e informática (INEI, 2017).

2.4.11. Humedad relativa del aire.

Es el contenido de vapor de agua que tiene el aire. Se mide con un psicrómetro. Se expresa en tanto por ciento (%). (Instituto Nacional de seguridad y salud en el trabajo, 2021)

2.4.12. Indicador PMV (Predicted Mean Vote)

El voto de confort es un indicador de confort térmico que es calculado en base a 6 variables: Metabolismo, aislación de la ropa, temperatura del aire interior, temperatura radiante media interior, velocidad y humedad del aire interior. El voto de confort PMV (Predicted Mean Vote) “Voto de confort” y el PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) “Porcentaje de insatisfechos” forman parte del método PMV- PPD y son la base de los estándares ISO 7730 y ASHRAE 55 (cuyas siglas significan “Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado”), (ISO 7730, 1994; ASHRAE 55, 1992) usados actualmente en la práctica. El estándar ASHRAE 55-92

define una escala subjetiva (voto de sensación térmica) de 7 puntos a partir de la cual se puede cuantificar el PMV. (Arballo, 2016)

2.4.13. Irradiancia:

Es una magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra. Se define como la potencia (energía por unidad de tiempo) y el área que recibe la radiación. Se mide en vatios/metro cuadrado (W/m^2), pero para usos prácticos de mediciones de radiación solar diaria y anual se utilizan las unidades kilovatios hora por metro cuadrado por día $kWh/m^2/día$ y $kWh/m^2/año$.

La irradiancia que llega a la atmósfera superior de la Tierra es definida como constante solar, teniendo por valor, el establecido por la NASA de $1353 W/m^2$ y de $1373 W/m^2$ según la WMO (Organización Mundial de Meteorología). (CENERGÍA, 2019)

$$\text{Irradiancia} = P/A$$

Donde:

P= Potencia medida en Watts (W)

A= Área en metros cuadrados (m^2).

(CENERGIA, 2019)

2.4.14. Método Fanger:

Es un procedimiento que contempla las diferentes variables que influyen en la valoración de un ambiente térmico en un entorno laboral. El método de Fanger considera el nivel de actividad, las características de la ropa (Valor CLO) y variables ambientales como la temperatura seca, la humedad relativa y la velocidad del aire que influyen en los intercambios térmicos hombre-entorno, afectando la sensación de confort térmico. Con el método de Fanger se calculan dos índices, el voto medio previsto (PMV) y el porcentaje de personas insatisfechas (PPD), que indican la sensación térmica media de un entorno y el porcentaje de personas insatisfechas en un ambiente determinado. (Diego-Mas, 2015)

2.4.15. Modelo:

Los modelos son versiones simplificadas de la realidad, dependen de la subjetividad del observador y de la eliminación de variables irrelevantes. Un modelo no es la realidad y no es aplicable fuera del entorno para el que fue formulado. Los modelos matemáticos son modelos formales que nos aproximan a la realidad. Para comprender y explicar el funcionamiento de un fenómeno se recurre a la construcción de modelos

mediante la observación y el análisis-síntesis que nos permite la obtención de los datos. (Espinoza Montes, C, 2014)

2.4.16. Modelo Adaptativo:

Este modelo se define como la capacidad de admitir la adaptación de los usuarios hacia el ambiente térmico y asegurar la reconfiguración matemática según sea necesario, en función de las mediciones en tiempo real de las condiciones físicas externas e internas del edificio. Las investigaciones en Kuchen (2008) Kuchen y Fisch (2009) evidencian que los usuarios [...], aún en espacios con condiciones térmicas constantes, son capaces de experimentar procesos de adaptación, como, por ejemplo: Modificar los niveles de ropa, controlar la apertura de puerta y ventanas, etc, pudiendo aceptar condiciones térmicas que le son impuestas”. (Arballo, 2016)

El modelo adaptativo encuentra su fundamento en tres aspectos interrelacionados: Psicológicos (Expectativa y habituación de confort en relación con el clima interior y exterior), conductual (estrategias y acciones para restituir la situación de confort) y fisiológicos (aclimatación, ropa e ingesta alimenticia). (Arballo, 2016)

2.4.17. Monóxido de carbono:

Gas asfixiante sin color, olor o sabor, que se produce por la combustión incompleta (en presencia de poco oxígeno). Las principales fuentes de emisión son las calderas, las cocinas a leña, las chimeneas, el cigarro, los automóviles en garajes. Sus efectos a la salud van desde dolores de cabeza, reducción de la capacidad del sistema circulatorio en el transporte de oxígeno, agravamiento de enfermedades cardiovasculares hasta la muerte. (SINDIGAS, PUC-RJ y UERJ, 2011). La oficina regional de la Organización mundial de la salud (OMS) en Europa ha recopilado en un libro con las guías para la protección de la salud pública de los riesgos derivados de sustancias químicas presentes en el aire interior. Este libro proporciona una base científica para establecer estándares de obligado cumplimiento legal, que, para el caso del monóxido de carbono son las siguientes:

- Nivel guía 15 minutos: 100 mg/m³
- Nivel guía 1 hora: 35 mg/m³
- Nivel guía 8 horas: 10 mg/m³
- Nivel guía 24 horas: 7 mg/m³

(Organización Mundial de la Salud, 2021).

El límite ambiental de CO en el aire establecido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) es de 10 miligramos por metro cúbico (mg/m^3) (9 partes por millón en volumen [ppmv]) promediado sobre 8 horas. Indica además que este límite no debe excederse más de una vez al año. (Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades., 2016)

2.4.18. Panel solar:

Un panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad. Según estos dos fines podemos distinguir entre los colectores solares, que producen agua caliente utilizando la energía solar térmica y los paneles fotovoltaicos, que generan electricidad a partir de la radiación solar. (AutoSolar, 2021)

2.4.19. Panel solar fotovoltaico:

Los paneles solares fotovoltaicos constan de multitud de celdas, llamadas células fotovoltaicas, que convierten la radiación solar en electricidad. Se genera electricidad debido al efecto fotovoltaico que provoca la energía solar (fotones), generando cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de distinto tipo, lo que genera un campo eléctrico que producirá corriente eléctrica. (AutoSolar, 2021)

2.4.20. Panel o colector solar térmico:

El colector o captador solar es un tipo de panel solar que tiene un líquido que absorbe la radiación solar en forma de calor, este líquido pasa posteriormente a un compartimento de almacenamiento de calor. Los paneles constan de una placa receptora y unos conductos por los que circula dicho líquido. El líquido caliente se hace pasar a un intercambiador de calor, donde cede su calor calentando el agua de posterior uso doméstico. Cuando sale del intercambiador de calor el líquido está frío y se recircula de nuevo al colector solar. (AutoSolar, 2021)

2.4.21. Puentes térmicos:

Es la unión entre elementos constructivos o materiales de diferentes características que produce una discontinuidad en la capacidad aislante de la envolvente de la edificación, que puede producir pérdidas de calor debido a un cambio del espesor de la envolvente, al cambio de los materiales empleados, por la penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc. Lo que conlleva a una reducción de la resistencia térmica respecto al resto de la envolvente. Los puentes térmicos son partes

sensibles de los edificios en donde aumenta la posibilidad de condensaciones superficiales en la temporada de invierno o épocas frías. Norma EM. 110 “Confort Térmico y lumínico con eficiencia energética” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

2.4.22. Rango de confort térmico o temperatura de neutralidad:

Es un indicador de confort térmico como lo es el voto de confort. Estos datos definen la delimitación de rangos de aceptación térmica y satisfacción del usuario de una edificación. (Arballo, 2016)

2.4.23. Simulación dinámica:

Es la experimentación sobre un modelo matemático de un sistema dinámico, generalmente implementado en una computadora. La simulación de un sistema, además del modelado, suele requerir la utilización de técnicas de aproximación (métodos numéricos de integración, por ejemplo). (Kofman, 2017)

2.4.24. Sistema dinámico:

Es un Sistema en el cual hay almacenamiento de energía, materia o información; es decir, un Sistema dinámico es un sistema con Memoria. (Kofman, 2017)

2.4.25. Temperatura seca del aire:

La temperatura seca o de bulbo seco, mide la temperatura del aire sin considerar factores ambientales como la radiación, la humedad relativa o el movimiento del aire (velocidad del viento), los cuales tiene el potencial de afectar significativamente la sensación térmica. (Ordóñez García, 2019)

2.4.26. Velocidad del aire:

El viento es el movimiento de aire en una dirección con una velocidad determinada. Oficialmente, el viento se mide a 10 metros sobre el suelo. La dirección del viento se define como la dirección de donde sopla el viento. La velocidad del viento se mide en metros por segundo (m/s). (Meteoblue, 2021)

2.4.27. Vivienda Alto Andina:

En la sociedad andina la casa se constituye como la síntesis de la vida, cada uno de sus espacios representan un aspecto de la organización familiar y al mismo tiempo refleja la interacción de cada uno de sus miembros. La vivienda representa un micro universo que alberga todas las manifestaciones que la familia y el individuo desarrollan

en su diario vivir. Es también un espacio donde se conjugan equilibradamente el universo interior y el exterior. En este contexto, la vivienda andina cobija espacios de eminente connotación social, como por ejemplo la cocina/comedor/ dormitorio, donde se visualiza de mejor forma la interacción de los individuos, pues es el lugar donde se come, se duerme y se descansa. (Muñoz, 2012)

2.4.28. Voto medio previsto (PMV):

Este índice relaciona el balance de calor del cuerpo humano, en una situación particular de actividad, vestimenta y tres parámetros ambientales, con el flujo de calor requerido para obtener un confort óptimo. (Cortéz Rojas, 2015)

2.4.29. Zona Altoandina:

El término se ampara en la tesis “Las ocho regiones naturales del Perú” presentada por el geógrafo peruano Javier Pulgar Vidal, en el año 1941. En su tesis el autor identifica ocho regiones naturales conforme a sus pisos altitudinales, a los cuales les corresponden determinadas condiciones climáticas, de relieve, flora, fauna y recursos. Basado en esta investigación, la Ley N° 294822, establece que las zonas altoandinas están constituidas a partir de las regiones denominadas Quechua, Suni, Puna y Janca, es decir, desde los 2,300 msnm. (CONGRESO DE LA REPÚBLICA, 2015)

2.5. Fundamentos teóricos y/o mapa conceptual.

2.5.1. Hipótesis.

Las hipótesis planteadas responden provisionalmente al problema de investigación planteado: ¿De qué manera el sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas influye en el confort térmico de la vivienda altoandina de Huaros?

Las hipótesis que presentamos son de índole causales porque explican la relación de causa – efecto respecto a las variables del fenómeno que se investiga. Es así como nuestro problema se pregunta acerca de que si un sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas (variable independiente y causal), influye en el confort térmico de la vivienda altoandina (variable dependiente y efecto del funcionamiento de un sistema de calefacción).

Las hipótesis propuestas son realistas y medibles porque se ha considerado el análisis de cada una de las partes que constituyen el sistema de calefacción hidrónico como: Los subsistemas de generación de energía, radiador y de control ambiental que son plausibles de precisar porque estos indicadores poseen formulas y técnicas de medición

de energía en Kilovatio, metros cúbicos y grados centígrados (ver el apartado de variables y en los anexos la matriz de consistencia).

Para la verificación de las hipótesis se han implementado instrumentos y técnicas como la aplicación de una encuesta, que busca precisar la percepción de la sensación y satisfacción térmica del habitante de la vivienda y se han seleccionado los softwares Autodesk Ecotect Analysis, Software Euclid, Design Builder, entre otros, para hacer mediciones precisas de los indicadores en las simulaciones.

También se desarrolló la observación del comportamiento de los indicadores en la habitación elegida en condiciones normales y con el sistema de calefacción simulado, para ello se han diseñado tablas y gráficos con el registro de los datos de los indicadores que muestran los cambios o continuidades observadas.

A continuación, presentamos la hipótesis general de la investigación y las hipótesis específicas.

2.5.2.Hipótesis general

El sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas mejorará el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.

2.5.3.Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

El sistema generador de energía influye en la calidad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.

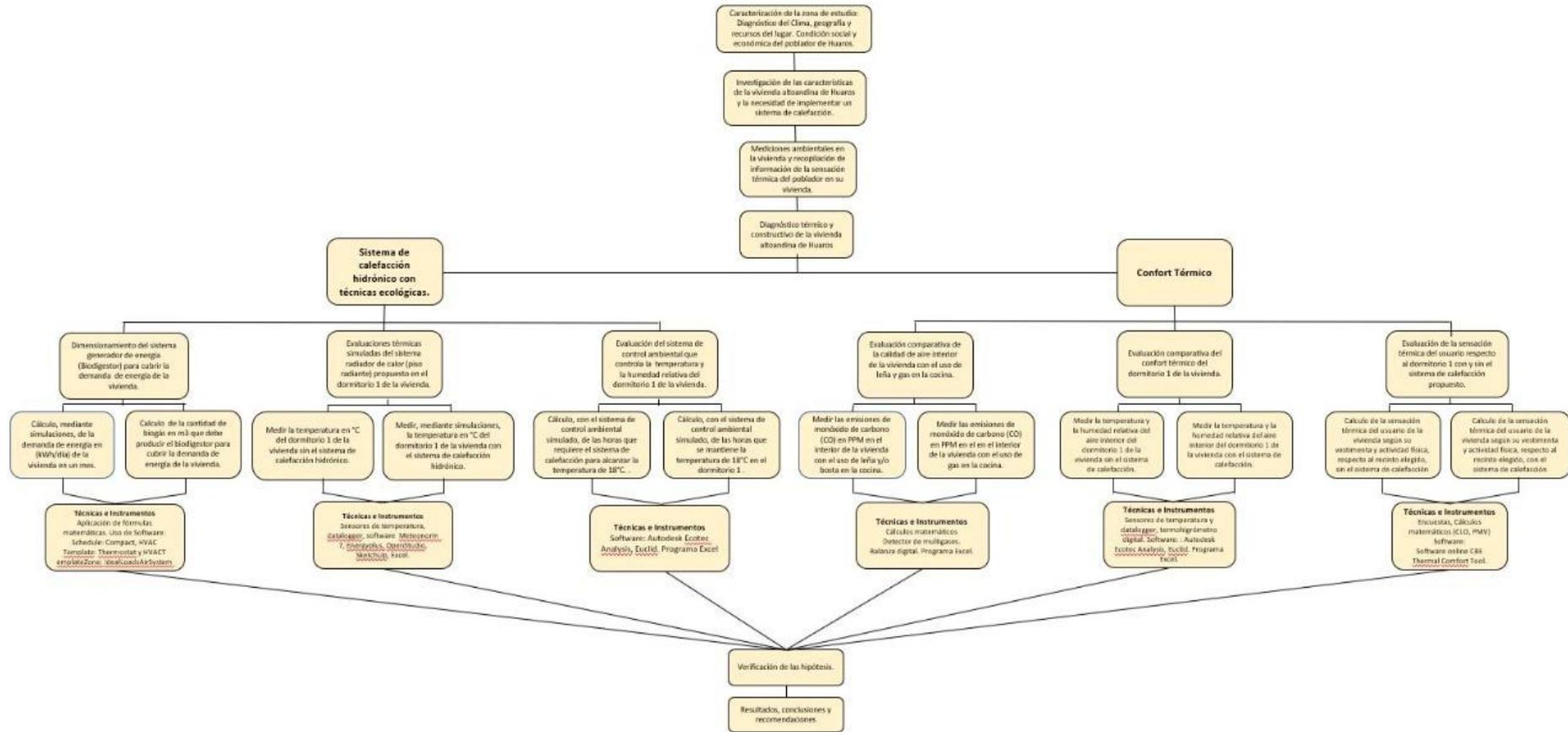
Hipótesis específica 2

El sistema radiador de calor influye en la temperatura y la humedad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.

Hipótesis específica 3

El sistema de control ambiental influye en la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.

Figura 36 Mapa conceptual que sustenta las hipótesis



Fuente: Elaboración propia.

2.6. Variables y operacionalización.

2.6.1. Variable independiente:

Sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas.

Sistema basado en técnicas que buscan preservar el medio ambiente, reducir las emisiones contaminantes y minimizar el consumo de energía. Se caracteriza por usar agua para transportar calor e incrementar la temperatura ambiental interior de un espacio habitado, con la finalidad de generar condiciones de comodidad térmica a los usuarios.

Esta variable tiene tres dimensiones relacionadas con las partes integrantes del sistema de calefacción: a) Sistema generador de energía; b) Sistema radiador de calor y; c) Sistema de control ambiental.

Respecto a los indicadores, tenemos dos indicadores relacionados al sistema generador de energía, el primero se orienta a calcular la demanda de energía eléctrica en kilovatio hora por día (kWh/día) de la vivienda en un mes y el segundo se orienta a calcular la cantidad de biogás en metros cúbicos (m³) que debe producir el biodigestor propuesto para cubrir la demanda de energía de la vivienda en un mes.

Los indicadores del sistema radiador de calor son dos: El primero se orientó en hallar la temperatura más baja del día con menor temperatura registrada en el dormitorio 1 de la vivienda sin el sistema radiador de calor (piso radiante) y el segundo se orientó en medir mediante simulaciones la temperatura más baja del día con menor temperatura de la misma habitación de la vivienda con el sistema radiador de calor (piso radiante).

Los indicadores del sistema de control ambiental también son dos: El primero se orientó en calcular, con el sistema de control ambiental simulado, cuantas horas requiere el sistema de calefacción hidrónico implementado en el dormitorio 1 para alcanzar la temperatura de 18°C y el segundo se orientó en calcular, con el sistema de control ambiental simulado, cuantas horas se mantiene el dormitorio 1 a 18°C de temperatura.

2.6.2. Variable dependiente:

Confort térmico

El confort térmico es definido por el manual de las Condiciones de Ambiente Térmico Para Ocupación Humana de la American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers (ASHRAE 55, por sus siglas en inglés) y la asociación española de normalización (UNE) y su manual UNE-EN ISO 7730 como "el estado de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico". Se señala que este es alcanzado

cuando el cuerpo está en balance térmico, es decir, cuando realizando cierta actividad, no se experimenta un estrés térmico.

Esta variable tiene tres dimensiones relacionadas con el confort térmico: a) Calidad del aire interior; b) Temperatura y humedad del aire interior y; c) Sensación térmica.

Respecto a los indicadores, tenemos dos indicadores relacionados a la calidad del aire interior, el primero consiste en medir la cantidad de monóxido de carbono (CO) en partículas por millón (PPM) en el interior de la vivienda con el uso de leña y/o bosta como combustible en la cocina. El segundo consiste en medir la cantidad de monóxido de carbono (CO) en partículas por millón (PPM) en el interior de la vivienda con el uso de biogás o su similar el gas licuado de petróleo como combustibles en la cocina.

Los indicadores de la temperatura y humedad del aire interior son dos: El primero se orienta a medir la temperatura en grados centígrados (C°) y la humedad relativa en porcentaje (%) del aire interior de la vivienda sin el sistema de calefacción. El segundo se orienta a medir la temperatura en grados centígrados (C°) y la humedad relativa en porcentaje (%) del aire en el interior de la vivienda con el sistema de calefacción.

Los indicadores de la sensación térmica también son dos: El primero se encargó de determinar, mediante simulaciones, la sensación térmica del poblador dentro del dormitorio 1, tomando en cuenta su vestimenta y actividad física sin el sistema de calefacción hidrónico. El segundo se encargó de determinar, mediante simulaciones, la sensación térmica del poblador dentro del dormitorio 1, tomando en cuenta su vestimenta y actividad física con el sistema de calefacción hidrónico.

3. MARCO METODOLÓGICO.

3.1. Tipo, método y diseño de la investigación.

3.1.1. Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo aplicada porque se basa en conocimientos teóricos desarrollados anteriormente y tiene como propósito fundamental la operativización inmediata y práctica de los conocimientos sobre sistemas de calefacción hidrónicos y técnicas ecológicas en la producción de energía para las viviendas altoandinas de la comunidad de Huaros y otras comunidades campesinas agropecuarias con similar altitud y clima.

El enfoque de esta investigación es cuantitativo.

3.1.2. Método y diseño de la investigación.

El alcance de la presente investigación es exploratorio, en la medida que plantea un primer acercamiento para conocer la influencia de un sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas en la vivienda altoandina de Huaros porque la mayoría de las investigaciones que plantean el uso de alguna tecnología para generar energía térmica, se han enfocado en la tecnología de los colectores y la energía solar. Si bien la energía solar no cuesta, los colectores solares son costosos y en la mayoría de los casos se requiere más de uno para cumplir su objetivo. Por eso, el uso de la tecnología de los biodigestores y la biomasa para generar energía térmica son una opción más económica y viable por tener los insumos necesarios al alcance de la población.

Por lo señalado, el método a utilizar es tanto hipotético-deductivo como analítico, en la medida que se ha diseñado hipótesis como respuestas provisionales para verificarlas con esta investigación y; por último, es preciso señalar que el diseño de la investigación es experimental, en tanto se propone el manejo programado de las variables dependientes e independientes del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas y confort térmico, para ello se realizaron experimentos y mediciones en el interior y exterior de la vivienda. Esta información alimentó a los diferentes programas y software que determinaron el diagnóstico climático del lugar, el diagnóstico térmico de la vivienda y posteriormente se realizaron las diversas simulaciones en el interior de la vivienda sin el sistema de calefacción y con el sistema de calefacción.

3.2. Población y muestra

La selección de la muestra es *no probabilística* e intencional y es elegida según las siguientes características:

- ✓ Que sea una familia
- ✓ Que tengan 04 o más miembros.
- ✓ Que se dediquen a la actividad ganadera

Para determinar el tamaño óptimo de la muestra se utilizó el muestreo aleatorio simple, según COCHRANE que se describe a continuación:

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

Donde:

Z: Valor estándar (1.96) para una probabilidad del 95% de confianza.

P : P = 0.5 (50%)

Q: Q = 0.5 (50%)

e: Margen de error. Valor estándar de 0.05 (5%)

N : Tamaño de la población

n : Tamaño óptimo de la muestra.

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5) (0.5) (921)}{(0.05)^2 (921 - 1) + (1.96)^2 (0.5) (0.5)}$$

n = 144 personas (Tamaño óptimo de la muestra)

Según este cálculo, se estima que la muestra real estará conformada por 36 familias de aproximadamente 04 miembros cada una.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En la presente investigación se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

Encuesta. Su aplicación tuvo como propósito recoger información sobre las condiciones de vida del poblador, su sensación térmica respecto a su vivienda; las condiciones constructivas y de servicios básicos de estas y la necesidad de energía en todas sus modalidades. Para ese fin, se elaboró un cuestionario semiestructurado.

Análisis documental. Se revisaron diversos documentos como investigaciones anteriores, documentación municipal y comunal, planos del lugar (comunidad de Huaros) para verificar la información sobre las condiciones constructivas, de servicios básicos y de confort térmico de las viviendas, para verificar las condiciones económicas, sociales, culturales, climáticas y geográficas de los pobladores.

Observación directa no participante. Durante los viajes realizados al pueblo de Huaros se observó directamente las condiciones climáticas del lugar, las condiciones de vida de la población y la condición constructiva y térmica de las viviendas.

Mediciones con instrumentos. Durante el trabajo de campo se efectuaron las siguientes mediciones:

Primero se realizó el levantamiento arquitectónico de la vivienda elegida con una cinta métrica de cinco metros, simultáneamente, se realizó el levantamiento fotográfico del lugar, del exterior de la vivienda y del interior del dormitorio 1 (ambiente elegido para las simulaciones) ubicado en el primer piso de la vivienda y se tomaron fotos a los pobladores con la cámara fotográfica de mi dispositivo móvil. Seguidamente se registró la orientación de la vivienda con una brújula básica.

Luego, se efectuaron las mediciones de las variables relacionadas al confort térmico (temperatura y humedad de la habitación y exterior de la vivienda), la medición de la calidad del aire interior de la vivienda, la demanda mensual de energía, entre otras mediciones. Luego se procedió a la realización de las simulaciones en el dormitorio 1 de la vivienda, sin el sistema de calefacción y con el sistema de calefacción. Para cumplir con esta tarea se diseñaron gráficos y tablas con la información registrada en el dormitorio 1 y en el exterior de la vivienda, para lo cual se utilizó el programa Excel.

Algunos instrumentos que se utilizaron para las mediciones fueron:

Una balanza digital para calcular la cantidad de leña y gas doméstico que se utilizó, durante aproximadamente 1 hora para hervir 5 litros de agua, experimento que sirvió para calcular el consumo de estos combustibles en la cocina. Este experimento se realizó principalmente para comparar la cantidad de monóxido de carbono (CO) en partículas por millón (PPM) que genera el uso de leña en la cocina respecto al uso de gas, para ello se utilizó un detector de multigases que midió, también durante una hora, los niveles de monóxido de carbono (CO) expulsados al aire interior del dormitorio 1 de la vivienda.

Se dejaron instalados en la vivienda durante mes y medio cuatro sensores ambientales y dataloggers, para medir la temperatura y un termohigrómetro digital para medir la humedad relativa en el interior de la vivienda, información necesaria para realizar todas las simulaciones térmicas dinámicas de la presente investigación.

A continuación, se muestran las características de los instrumentos mencionados:

1. BALANZA PARA EQUIPAJE:



Balanza de maleta viaje Camry EL10-31p máx. 50 kg		
Especificaciones técnicas	Tipo	Balanza para equipaje
	Color	Plateado
	Peso máximo del usuario	50 kg
	Batería	CR2032
	Pantalla de balanza	LCD
Especificaciones generales	Modelo	EL10-31P
	Marca	CAMRY
	Información adicional	Asa para que puedas llevarlo con facilidad

Fuente: (Coolbox, 2021)

2. DETECTOR DE MULTIGASES:



Especificaciones para este producto

Color	Negro
Código UNSPSC	32000000
Ean	1101202177794
Nombre de la marca	Isha Marine International
Número de artículos	1
Número de modelo	MSA Orion Multigas Detector
Número de pieza	MSA Orion Multigas Detector
Tamaño	Estándar

Fuente: (Coolbox, 2021)

3. SONDA SENSOR DE TEMPERATURA:



Danfoss Aks12 155 Cm Sminva



Fuente: (ONSET, 2021)

Características técnicas de los sensores:

- La resolución de 12 bits proporciona alta precisión
- Gran memoria para implementaciones a largo plazo o muestreo rápido
- Arranque programable con un botón
- Interfaz USB directa para una rápida descarga de datos
- Compatible con HOBOWare y HOBOWare Pro para configuración, representación gráfica y análisis del registrador.

4. TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL:



Especificaciones

- Soporte de mesa o diseño montado en imán
- Pantalla muestra la humedad relativa interior
- Pantalla muestra la temperatura interior en °C
- Alta/Baja humedad
- Alta/Baja temperatura

Fuente: (Coolbox, 2021)

Tabla 8

Propósitos de las técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Propósitos
Encuesta	Cuestionario 1	Para recoger información sobre las condiciones de vida del poblador su sensación térmica respecto a su vivienda; las condiciones constructivas y de servicios básicos de estas y la necesidad de energía en todas sus modalidades.
Análisis de documentos	Planos del lugar, documentos municipales, etc.	Para verificar la información sobre las condiciones constructivas, de servicios básicos y de confort térmico de las viviendas. Para verificar las condiciones económicas, sociales, culturales, climáticas y geográficas de los pobladores.
Levantamiento fotográfico y observación directa	Guía de observación	Levantamiento fotográfico de las viviendas y de los pobladores (vestimenta). Observación de las condiciones climáticas del lugar, las condiciones de vida de la población y las condiciones constructivas y térmicas de las viviendas.
Mediciones con instrumentos	Tablas y diagramas de elaboración propia	Para procesar los datos cuantitativos de los experimentos realizados con simulación y evaluar el comportamiento del sistema de calefacción hidrónico en el modelo digital de la vivienda de Huaros y otros sin simulación para responder a otros indicadores de la presente investigación.

Nota: Adaptado de la tesis *Violencia familiar: Estudio de casos en los usuarios del Ministerio Público de Huaral*, por Valdivia (2016, p. 46). Perú y de *Metodología de la Investigación*, por Hernández et (2006, p. 545). México. McGRAW-HILL.

3.4. Descripción de procedimientos de análisis.

En el paso 1, los datos de la investigación se obtendrán por medio de: a) Encuestas a la población; b) Análisis de documentos públicos, privados y otros; c) Levantamiento fotográfico y observación directa y; d) Mediciones con instrumentos.

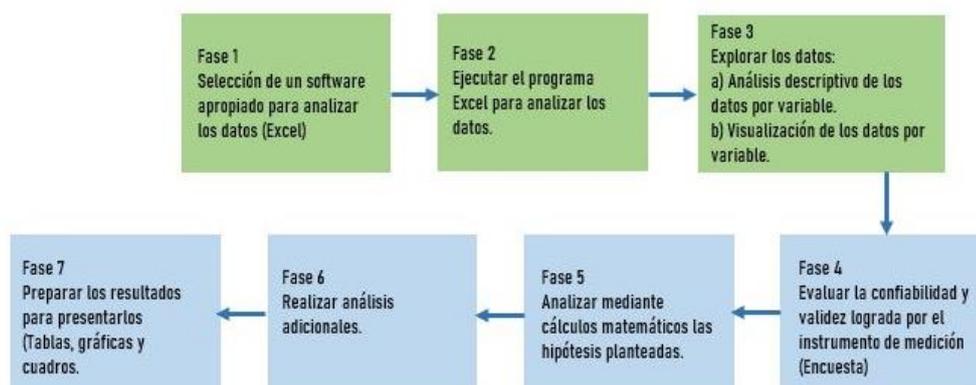
Las fuentes están en la muestra seleccionada (36 familias dedicadas a las actividades agropecuarias) que respondieron a una encuesta consistente en un cuestionario estructurado cerrado presencial. Otras fuentes son los documentos que, en este caso, serán registros oficiales del gobierno local, de las autoridades de la comunidad, de instituciones públicas o privadas del lugar, también se realizó la observación sistemática estructurada para cuantificar los comportamientos específicos.

Luego se procedió a realizar mediciones de las variables e indicadores que se presentaron en la matriz de consistencia y de operacionalización de variables, luego se guardaron, ordenaron y sintetizaron los datos obtenidos para analizarlos.

Técnicas de procesamiento y análisis de datos: 1. Análisis descriptivo de los datos obtenidos en el trabajo de campo y; 2. Análisis comparativo de nuestros resultados con otras investigaciones para verificar las hipótesis.

El análisis de los datos se efectúa sobre la matriz de datos utilizando un programa computacional, en este caso se utilizó el programa Excel. (Hernández - Sampieri, 2006)

Figura 37
Proceso para realizar el análisis de datos



Fuente: Tomado del Libro “Análisis de los datos cuantitativos. Metodología de la investigación por Hernández-Sampieri, R., (2006).

Fase 1: Se seleccionó el software Excel tanto para analizar los datos obtenidos en las experimentaciones y mediciones realizadas en la vivienda, en el dormitorio 1 y en el exterior de la vivienda; como en las mediciones realizadas mediante las simulaciones térmicas dinámicas.

Fase 2: Se ejecutó el software Excel para analizar y procesar los datos recolectados en la encuesta, mediciones y experimentos en el lugar, así como para procesar los resultados de las simulaciones en el dormitorio de la vivienda.

Fase 3: Se exploraron los datos de dos formas: Analizando los datos por variable y visualizando los datos por variable.

Fase 4: Evaluar la confiabilidad y validez lograda por el instrumento de medición (Encuesta). Se aplicó el Alfa de Cronbach a la encuesta.

Fase 5: Se analizó mediante cálculos matemáticos las equivalencias de energía de los indicadores de las hipótesis planteadas al inicio de la investigación.

Fase 6: Se analizó el esquema de funcionamiento del sistema de calefacción hidrónico, los subsistemas que lo componen, las partes de cada uno de estos subsistemas, así como la producción de estiércol familiar y el consumo de energía de cada subsistema.

Fase 7: Preparar los resultados para presentarlos mediante cuadros y tablas para su presentación final.

Esquema de funcionamiento del sistema de calefacción hidrónico.

El sistema de calefacción hidrónico propuesto está conformado por los siguientes subsistemas: El biodigestor tubular de polietileno (Generador de energía), el piso radiante (Generador de calor) y el termostato (Control ambiental). El primero abastece de energía al segundo, éste genera calor en forma de energía térmica en el dormitorio 1 y el termostato asegura la temperatura de 18°C en la habitación.

La tecnología de los biodigestores tubulares de bajo costo está conformada por el reactor anaeróbico, las tuberías, las válvulas, las llaves de paso, el reservorio o gasómetro, el invernadero y las pozas de entrada y salida. Todos estos componentes son importantes para el funcionamiento óptimo de este subsistema. (Martí H,2019)

Para este subsistema se ha considerado una capacidad 10m³ de biogás al día, de los cuales 8m³ servirán para hacer funcionar el sistema de calefacción hidrónico conformado por la caldera de condensación (10.80kW), que abastecería de agua caliente al piso radiante y la bomba de agua (7.80kW), que permitiría la recirculación del agua por las tuberías, quedando 3.28kW como combustible (biogás) para el uso de la cocina.

Según la encuesta realizada, cada familia en Huaros tiene un promedio de 10 vacas (adicionalmente tienen otros animales como caballos, cabras, ovejas y puercos). Según la guía de diseño y manual de biodigestores tubulares de Martí Herrero, 2019, un kilogramo

de estiércol de vaca produce 35 litros de biogás y sabemos que una familia de 4 miembros necesita un mínimo 1000 litros de biogás al día (1m^3) para abastecer de combustible a la cocina. Por lo tanto, para calcular el estiércol diario disponible debemos saber que una vaca adulta de 500 kg de peso produce por cada 100 kg de peso, 8 kg de estiércol, entonces una vaca produce 40 kg de estiércol al día.

Es importante resaltar que el ganado en Huaros se alimenta por pastoreo, por lo tanto, el recojo de estiércol sólo se podrá realizar durante el ordeño y la pernoctación del ganado en los corrales. Para calcular el estiércol diario disponible aplicaremos la fórmula que aparece en la guía de diseño de biodigestores tubulares de Martí Herrero, 2019.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{n}^\circ \text{ horas estabulado})}{24 \text{ horas}} \text{ estiércol diario} \\
 &= \frac{15 \text{ h} \times 40 \text{ kg}}{24\text{h}} \\
 &= 25 \text{ Kg estiércol diario que produce una vaca} \\
 &= 25 \text{ kg} \times 10 \text{ vacas} \times \text{ familia} \\
 &= 250 \text{ kg de estiércol diario}
 \end{aligned}$$

Con esta cantidad de estiércol fresco diario y teniendo en cuenta las recomendaciones de temperatura de trabajo ($13 - 17^\circ\text{C}$) (con invernadero) y del tiempo de retención del biodigestor (90 días), cada familia tendrá una producción de aproximadamente 31 litros de biogás por kg, por lo tanto, según estos datos, se tendría en total una producción de $31 \times 250 = 7,750$ litros de este combustible.

Ahora bien, como ya sabemos 1 m^3 de biogás equivalen a 1000 litros, entonces la producción de biogás de una familia en Huaros sería de aproximadamente 7.75 m^3 , es decir, 8 m^3 diarios considerando sólo el estiércol de vaca, cantidad que puede ser fácilmente superada si se incluye el estiércol de los otros animales que posee la familia.

Tabla 9
Temperatura de trabajo del biodigestor (en °C)

Escala de temperatura	Estiércol de vaca fresco	
	Tiempo de retención (d)	Biogás l/kg
33 – 37	30	39
28 – 32	40	38
23 – 27	50	35
18 – 22	65	33
13 – 17	90	31
8 – 12	125	29

Fuente: Martí Herrero, 2019

Es importante recordar que una cocina doméstica consume 300 litros de biogás por hora, entonces, si asignamos 4 horas de uso a la cocina, para las tres comidas del día, tendremos un total de 1,200 litros que es aproximadamente 1 m³ de biogás.

Por esa razón se ha considerado una capacidad final de 10 m³ para el biodigestor.

En cuanto al invernadero, éste no se ha graficado en el esquema de funcionamiento del sistema, pero se considera indispensable su construcción en climas fríos como el de Huaros para mantener el interior del reactor a una temperatura constante de 18 °C, ya que esto permite acelerar la descomposición de la materia orgánica y protege el reactor de los cambios climáticos como granizadas, lluvias intensas (huaicos), excesiva radiación solar y de los accidentes que puedan romperlo.

La poza de entrada sirve para preparar la mezcla del estiércol con el agua en relación de 1 a 3 y ésta generalmente mide 50 x 50 x 50 cm. La poza de salida debe medir el doble de la primera pues sirve para almacenar el biol producido.

El sistema hidrónico está conformado por una caldera de condensación, una electrobomba, el sistema de tuberías (serpentín) y un termostato casero que mantenga controlada la temperatura del dormitorio 1.

Se ha considerado una caldera de condensación que requiere 10.80kw de energía, que calienta 6 litros de agua por minuto, que usa biogás como combustible para abastecer de agua caliente al sistema de calefacción hidrónico.

Se requiere una electrobomba de 7.8 kW de potencia que ayudará a llevar el agua fría a la caldera y el agua caliente al dormitorio 1 a través de las tuberías instaladas debajo del piso final de la habitación.

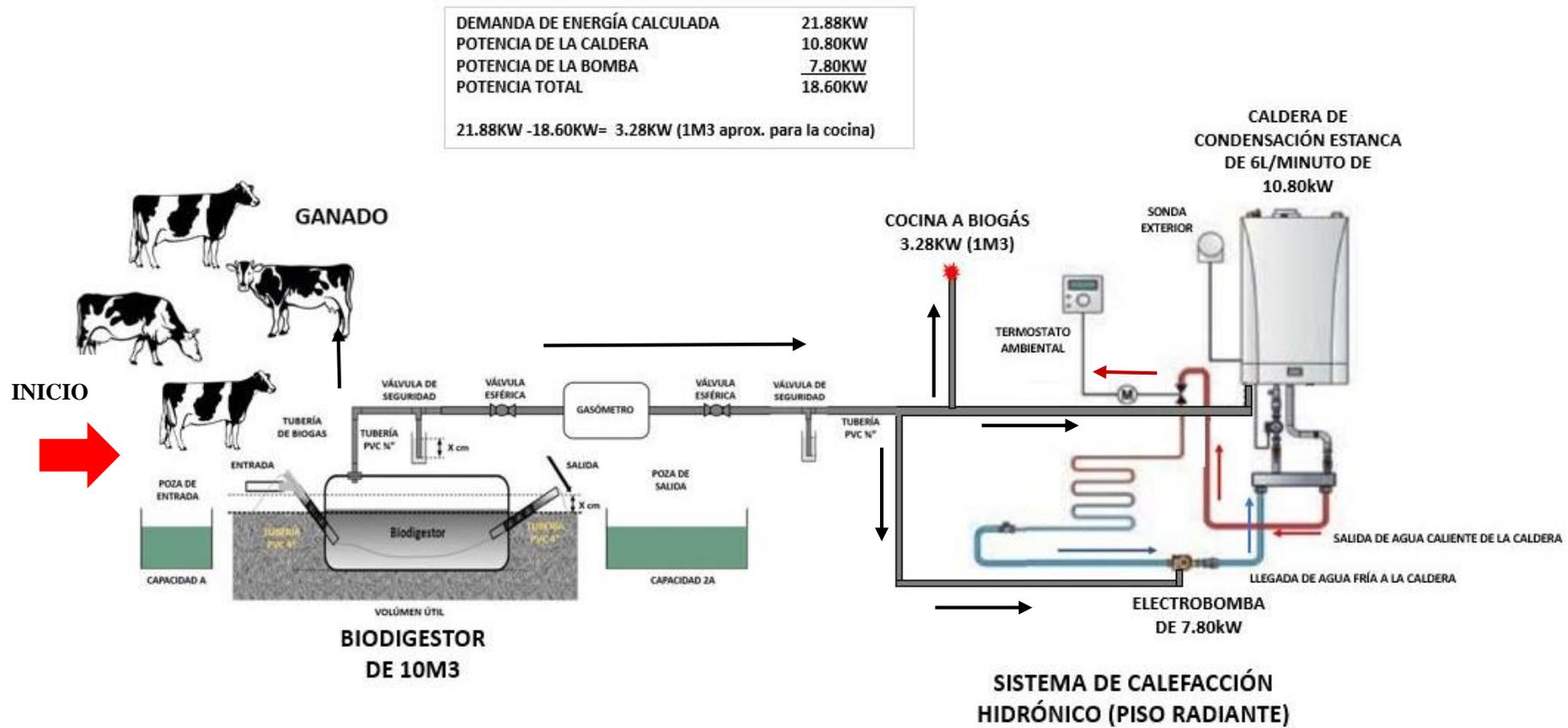
En cuanto al termostato, éste será digital y casero, indicará cuando la temperatura alcanzó la temperatura de 18 °C y cuándo empezará a descender para que sea activado nuevamente el sistema de calefacción.

Los materiales que se usarán para construir el sistema de calefacción por piso radiante no son ecológicos debido a que aún no se ha desarrollado la tecnología para reemplazar al plástico, que es el material que más se emplea en su implementación (tuberías PEX, polietileno para aislar el sistema con el piso de cemento).

A continuación, se muestra el esquema de funcionamiento del sistema de calefacción hidrónico por piso radiante. Ver figura 38

Figura 38

Esquema de funcionamiento del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas.



Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente capítulo lo desarrollaremos de la siguiente manera:

En primer lugar, se responderá al objetivo general de esta investigación y a la hipótesis general y específicas que se propusieron en el planteamiento del problema, presentando las mediciones realizadas en el lugar, las simulaciones desarrolladas con el modelo digital de la vivienda y el uso de los diferentes programas para determinar los valores de los indicadores obtenidos de la experimentación. En segundo lugar, se realizará el análisis de los resultados comparándolos con los resultados de otras investigaciones y explicando las teorías y conceptos que argumenten a favor o en contra de las hipótesis planteadas y, para finalizar el presente capítulo, se presentarán las conclusiones y recomendaciones en torno a los objetivos de esta investigación.

4.1. Resultados

El objetivo general de esta investigación era determinar la influencia del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas en el confort térmico de la vivienda altoandina de Huaros, para ello primero se estimó la demanda de energía eléctrica diaria que requiere un sistema de calefacción que se quiera instalar en el dormitorio 1 para llegar a la zona de confort y alcanzar una temperatura interior constante de 18°C.

Como se puede observar en la tabla 10, para calcular el requerimiento energético diario para alcanzar una temperatura interior de 18°C, se toman los datos de temperatura de 15 días (desde el 15 de setiembre al 15 de octubre); el resultado obtenido mediante simulaciones fue 21.88 kilovatios hora por día (kWh/día) como promedio, con un mínimo de 18.91 kWh/día y máximo de 25.25 kWh/día. Lo que nos da una potencia requerida de 656.4 kWh en un mes.

Tabla 10.
Requerimiento energético diario para alcanzar una temperatura interior de 18 °C.

Día	Eh(kWh)	Día	Eh(kWh)
15-Set	20.49	1-Oct	21.68
16-Set	21.70	2-Oct	20.05
17-Set	21.71	3-Oct	18.98
18-Set	23.96	4-Oct	20.17
19-Set	22.02	5-Oct	20.56
20-Set	21.13	6-Oct	22.17
21-Set	22.39	7-Oct	21.82
22-Set	22.74	8-Oct	21.54
23-Set	24.34	9-Oct	23.96
24-Set	25.25	10-Oct	21.89
25-Set	24.11	11-Oct	21.75
26-Set	21.86	12-Oct	23.28
27-Set	21.29	13-Oct	22.51
28-Set	21.06	14-Oct	19.37
29-Set	22.20	15-Oct	18.91
30-Set	23.40	Promedio	21.88

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso fue calcular la cantidad de biogás que debe producir un biodigestor para cubrir la demanda de energía de la vivienda en un mes, para ello se tomó la demanda de energía hallada mediante simulaciones (21.88kWh/día), valor que había que convertir a metros cúbicos (m³). Según la guía de diseño y manual de instalación de Biodigestores Tubulares de Martí Herrero, 2019, se indica que un metro cúbico de biogás genera aproximadamente 2,2kWh/día de energía eléctrica. Por lo tanto, tenemos que:

$$\begin{array}{r}
 1\text{m}^3 \quad \text{—————} \quad 2.2 \text{ kWh/día} \\
 X \quad \text{—————} \quad 21.88 \text{ kWh/día} \\
 X = \frac{1\text{m}^3 \times 21.88 \text{ kWh/día}}{2.2 \text{ kWh/día}} \\
 X = 9.94\text{m}^3 \\
 X = 10\text{m}^3/\text{día}
 \end{array}$$

Por lo tanto, la cantidad de biogás que debe producir el biodigestor sería, 10m³x30días= 300m³ para cubrir la demanda de energía de la vivienda en un mes.

La siguiente medición consistió en hallar, mediante simulaciones dinámicas continuas, la temperatura interior del dormitorio 1 sin el sistema de calefacción propuesto. Para encontrar esta información, se tomaron los datos de la vivienda en su actual condición constructiva y térmica y el valor de la temperatura más baja registrada del día con menor temperatura (01 de setiembre), siendo el resultado 11.8°C. (Ver tabla 11)

Tabla 11.

Temperatura del dormitorio 1 sin el sistema de calefacción (T. int-1).

Fecha	Hora	T.int-1
1-Set	0	12.2
1-Set	1	12.1
1-Set	2	12
1-Set	3	11.9
1-Set	4	11.8
1-Set	5	11.8
1-Set	6	11.8
1-Set	7	11.8
1-Set	8	11.8
1-Set	9	11.9
1-Set	10	12
1-Set	11	12
1-Set	12	12

Fecha	Hora	T.int-1
1-Set	13	12
1-Set	14	12
1-Set	15	12
1-Set	16	12
1-Set	17	11.9
1-Set	18	11.9
1-Set	19	11.9
1-Set	20	12
1-Set	21	12.1
1-Set	22	12.1
1-Set	23	12.1

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se halló la temperatura del día con menor temperatura registrada en el interior del dormitorio 1, en su actual condición térmica y constructiva, pero esta

vez, con el sistema de calefacción hidrónico simulado en funcionamiento y se eligió la temperatura más baja siendo esta 17.9° C. ver tabla 12.

Tabla 12.

Temperatura del dormitorio 1 con el sistema de calefacción (T. int-2).

Fecha	Hora	T.int-2	Fecha	Hora	T.int-2
1-Set	0	18.3	1-Set	13	18.1
1-Set	1	18.2	1-Set	14	18.1
1-Set	2	18.1	1-Set	15	18.1
1-Set	3	18	1-Set	16	18
1-Set	4	17.9	1-Set	17	18
1-Set	5	17.9	1-Set	18	17.9
1-Set	6	17.9	1-Set	19	17.9
1-Set	7	17.9	1-Set	20	18
1-Set	8	17.9	1-Set	21	18.2
1-Set	9	18	1-Set	22	18.2
1-Set	10	18	1-Set	23	18.2
1-Set	11	18.1			
1-Set	12	18.1			

Elaboración propia

Seguidamente se calculó cuántas horas requiere estar en funcionamiento el sistema de calefacción para alcanzar la temperatura de 18 °C, para ello se cargó el programa Autodesk Ecotect con la información de las medidas del interior del dormitorio 1 de la vivienda, que son:

Dimensiones internas: 4.00m x 7.37 m

Altura Interior: 2.29 m (a nivel de viga de madera)

Área del Piso: 29.48 m²

Volumen Interior: 67.51 m³

Nuevamente se consideró a la vivienda en su actual condición constructiva y térmica y se asignó al sistema de calefacción hidrónico una potencia calorífica de 1260watts (w), valor que fue calculado en la tesis de Oliva (2011), titulada: “Diseño energético de suelo radiante para una sala de 12 m² ubicada a 4,000 msnm en Languicuzco” y que corresponde al consumo energético estándar para este tipo de sistemas. En función a las condiciones internas y la temperatura interior del dormitorio 1, el sistema alcanza los 18°C en 195 minutos, es decir, en tres horas y quince minutos.

Tabla 13.

Tiempo para alcanzar la temperatura de 18°C considerando una potencia 1260 w para el piso radiante.

Tiempo en Minutos	Potencia calorífica
	1260 W
0	15.5
15	15.8
30	16.1
45	16.3
60	16.4
75	16.7
90	16.9
105	17.1
120	17.4
135	17.6
150	17.7
165	17.8
180	17.9
195	18

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se estimó, con el sistema de calefacción hidrónico y el sistema de control ambiental simulados, la cantidad de horas que se mantiene el dormitorio 1 a una temperatura de 18°C, para lo cual se ingresaron los datos al software Autodesk Ecotect para el día con menor temperatura registrada en la habitación obteniéndose una temperatura interior mínima de 16°C y una temperatura interior máxima de 18.3°C, evidenciándose que el sistema puede conservar una temperatura mayor a los 18°C durante 19 horas, luego de lo cual, la temperatura empieza a descender. (Ver tabla 14).

Tabla 14

Tiempo de conservación de la temperatura interior a 18°C con el sistema de calefacción.

Hora	Temp. Inter.	Hora	Temp. Inter.
0	18.10	13	18.30
1	18.10	14	18.20
2	18.05	15	18.10
3	18.05	16	18.05
4	18.05	17	18.00
5	18.05	18	18.00
6	18.05	19	17.60
7	18.05	20	16.90
8	18.05	21	16.40
9	18.10	22	16.00
10	18.20	23	16.00
11	18.20		
12	18.20		

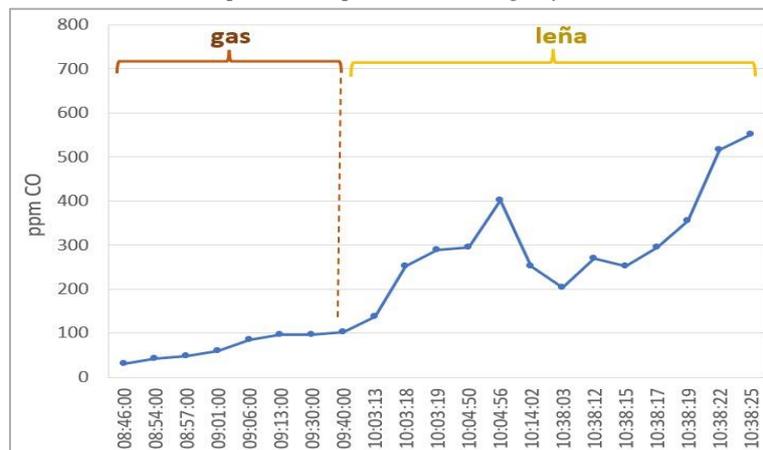
Fuente: Elaboración propia

Para determinar la influencia del sistema generador de energía (El biodigestor) en la calidad del aire interior de la vivienda, se realizaron un par de experimentos en la cocina que consistieron en hervir 5 litros de agua hasta el punto de ebullición, pruebas de hervido de agua conocida como Water Boiling Test (WBT), para ello primero se usó la cocina a gas y luego la cocina a leña con la finalidad de registrar, con un medidor de multigases, las emisiones de monóxido de carbono (CO) en el interior durante aproximadamente una hora. Con el uso de la leña en la cocina se obtuvo una medida máxima de CO que llegó a las 552 partículas por millón (ppm), valor registrado en el momento del encendido de la cocina y en el atizado del fuego, y una medida mínima de CO que llegó a 84 ppm, momento en el que el fuego ya está encendido y se deja de atizar, siendo el promedio de emisiones de CO de 318 ppm. Con el uso de la cocina a gas se obtuvo una medida de inicio mínima de 30 ppm y una máxima de 102 ppm, siendo el promedio de 66 ppm.

Es importante mencionar que el nivel de CO en el interior de la vivienda antes de empezar con las mediciones era de 00ppm.

Figura 39

Emisiones de CO en partículas por millón con gas y leña.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 39 se aprecia las mediciones de CO en ppm primero con el uso de gas como combustible en la cocina y luego con el uso de la leña en la cocina. La relación de emisiones de CO entre la cocina a leña y la cocina a gas es de 5 a 1.

Seguidamente, se determinó la influencia del sistema de control ambiental (Termostato) en la temperatura y la humedad del aire interior de la vivienda, para lo cual se realizaron mediciones simuladas, primero en condiciones normales (sin sistema de calefacción) y luego con el sistema de calefacción, pero, además, estas mediciones

sirvieron para determinar la influencia del sistema de control ambiental en la temperatura y la humedad relativa del aire del dormitorio 1 de la vivienda.

Tabla 15

Temperatura y humedad interior sin el sistema de calefacción (condiciones actuales).

Horas	Temp. Int.	H.R (%) Int.	Horas	Temp. Int.	H.R (%) Int.
0	12.9	78	13	13	78.5
1	12.9	78	14	13	78.5
2	12.9	78	15	12.95	78
3	12.9	77.5	16	12.95	78
4	12.65	77	17	12.85	77.5
5	12.65	77	18	12.8	77.5
6	12.65	77	19	12.9	77.5
7	12.7	77.5	20	13.05	78.5
8	12.75	77.5	21	13.1	78.5
9	12.85	77.5	22	13.05	78.5
10	12.95	78	23	13	78
11	13	78.5	13	13	78.5
12	13	78.5	14	13	78.5

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15 se pueden apreciar los valores de temperatura y humedad relativa hallados, el valor mínimo de temperatura es 12.65°C y el valor máximo es de 13.1°C, en cuanto a la humedad el valor mínimo 77% y el valor máximo es 78.5%.

De otro lado, en la tabla 16 se muestran los resultados de las simulaciones de la temperatura y la humedad realizadas en el dormitorio 1 de la vivienda, en condiciones normales y luego con sistema de calefacción.

Tabla 16

Temperatura y humedad interior con el sistema de calefacción hidrónico.

Hora	Temp. Inter.	H.R (%)	Hora	Temp. Inter.	H.R (%)
0	18.1	85.5	13	18.2	86
1	18.1	86	14	18.2	86
2	18.1	86	15	18.2	86
3	18.1	86	16	18.1	86
4	17.85	85	17	18.05	86
5	17.85	85	18	17.95	85.5
6	17.85	85	19	18.05	85.5
7	17.9	85	20	18.2	86.5
8	17.95	85.5	21	18.3	86.5
9	18.05	86	22	18.25	86
10	18.1	86	23	18.2	86
11	18.2	86			
12	18.2	86			

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 16, cuando el valor de la temperatura máxima es 18.3°C, el valor de la humedad relativa máxima es de 86.5 % y cuando el valor de la temperatura mínima es 17.85°C, el valor de la humedad relativa mínima es de 85%.

En cuanto a la influencia del sistema de control ambiental (termostato digital simulado), este sirve para controlar los niveles de temperatura y humedad relativa en el interior del dormitorio 1 y así alcanzar la sensación de confort térmico del usuario.

Para determinar de qué manera el sistema radiador de calor (Piso radiante) influye en la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda se realizaron mediciones y simulaciones, con y sin el sistema, aplicando el método de Fanger que considera una serie de variables como las características de la ropa (Valor CLO), el nivel de actividad de las personas, la temperatura seca, la humedad relativa media del dormitorio 1 y la velocidad del aire, factores que influyen en los intercambios térmicos hombre-entorno, datos que sirvieron para hallar el voto medio previsto (PVM).

Figura 40.

Cálculo de los Valores CLO, de las Mujeres de Huaros.



MUJER		
TIPO	VESTIMENTA**	CLO*
ROPA INTERIOR	MEDIAS	0.02
	CALZONCILLOS	0.04
	SOSTEN	0.01
	FUSTAN DE LANA DE OVEJA	0.6
BLUSA	GRUESA MANGAS LARGAS	0.3
FALDAS	FALDA NEGRA GRUESA, 15 CM BAJO RODILLA	0.3
PRENDA EXTERIOR DE ABRIGO	MANTA DE LANA DE CARNERO	1.03
CALZADO	ZAPATO SUELA FINA	0.02
SOMBRERO	SOMBRERO	0.05
	CLO TOTAL	2.37
	***CLO (ASHRAE) TOTAL	1.9434
	RESISTENCIA	0.36735

CLO
CLO
m²C/W

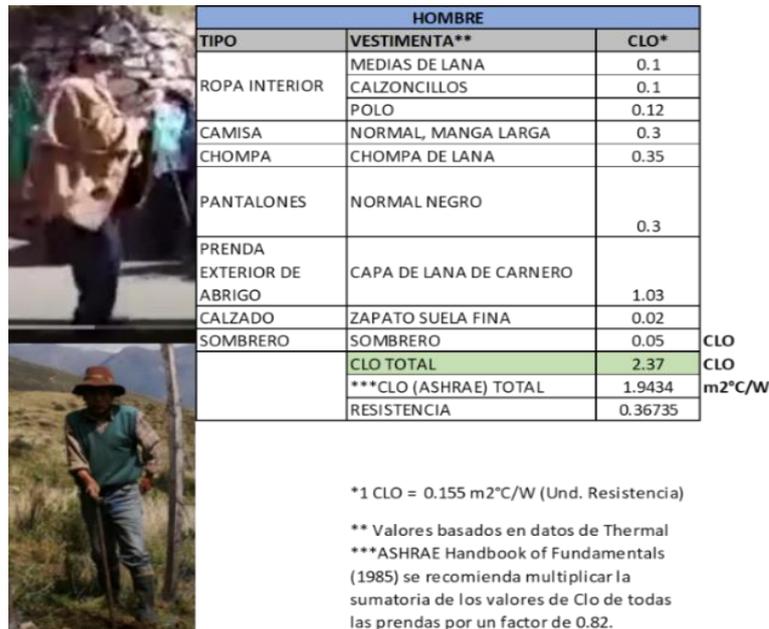
*1 CLO = 0.155 m²C/W (Und. Resistencia)

** Valores basados en datos de Thermal
 ***ASHRAE Handbook of Fundamentals (1985)
 se recomienda multiplicar la sumatoria de los valores de Clo de todas las prendas por un factor de 0.82.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 41.

Cálculo de los Valores CLO, de los Hombres de Huaros.

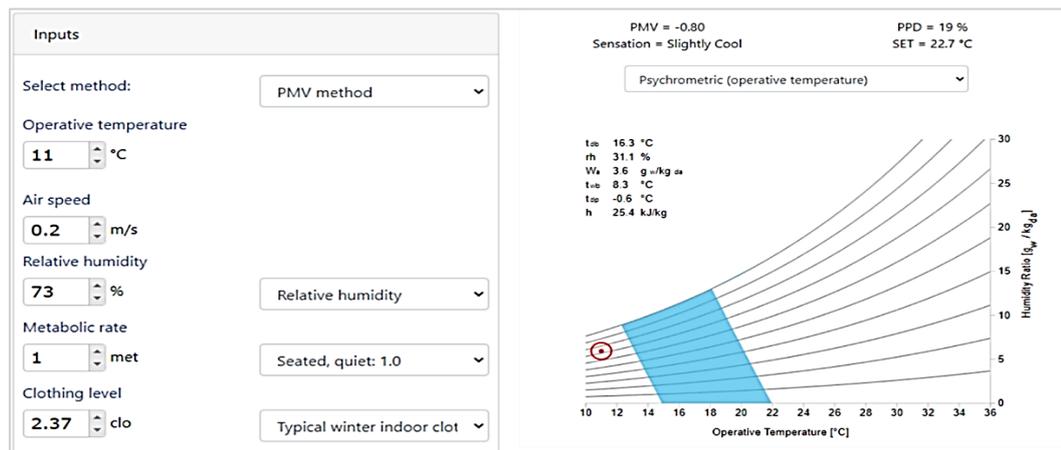


Fuente: Elaboración propia.

El resultado del valor CLO según la vestimenta habitual o de trabajo de los hombres y mujeres de Huaros es de 2.37 CLO o 1.94 m²C/W. Con ese dato se halló, mediante simulaciones, la sensación térmica del poblador dentro del dormitorio 1 sin el sistema de calefacción hidrónico.

Figura 42.

Resultado del voto medio estimado (PMV=-0.80), Sensación Ligeramente Frio del poblador en el dormitorio 1 y sin el sistema de calefacción hidrónico.



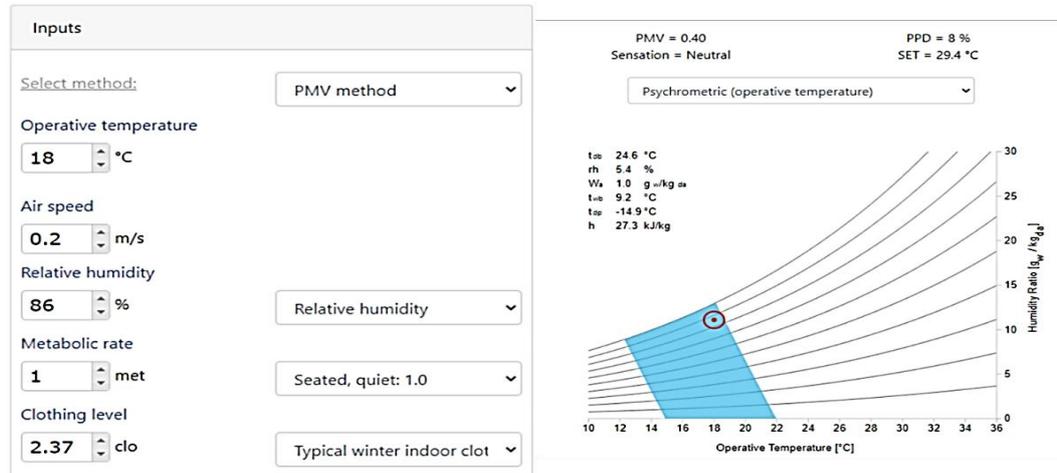
Fuente: elaboración propia.

En la figura 42, se aprecia los datos ingresados al software online CBE Thermal Comfort Tool, de la universidad de Berkeley. Estos son, el valor CLO (2.37), la actividad física del poblador (nivel bajo) y se agregaron los datos ambientales del dormitorio 1 en

condiciones normales (Temperatura de 11°C, humedad relativa media de 73% y velocidad del viento de 0.2m/s) obteniéndose un Valor PMV de -0.80 (ligeramente frio).

Figura 43.

Resultado del voto medio estimado (PMV=0.40), Sensación Neutra del poblador en el dormitorio 1 con el sistema de calefacción hidrónico.



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la figura 43, con los datos ingresados al software online CBE Thermal Comfort Tool, de la universidad de Berkeley, los cuales son: el valor CLO (2.37), la actividad física del poblador (nivel bajo) y los datos ambientales del dormitorio 1 con el sistema de calefacción propuesta (Temperatura de 18°C, humedad relativa media de 86% y velocidad del viento de 0.2m/s) se obtiene un valor de PMV de 0.40, valor considerado como sensación térmica neutra por estar cerca al valor 0.

4.2. Análisis de resultados

En esta parte se realizará el análisis de los resultados obtenidos, comparando los indicadores diseñados para cada variable con los indicadores de otras investigaciones que han implementado y simulado sistemas de calefacción en otras zonas altoandinas de nuestro país o en el extranjero para corroborar nuestras hipótesis.

Analizando el primer indicador de la variable independiente que requiere el cálculo de la demanda de energía eléctrica de una vivienda en un mes en kilovatios hora por día, empezaremos señalando que esta investigación estimó, para el funcionamiento de un sistema de calefacción hidrónico con piso radiante en una vivienda altoandina ubicada a 3,580 msnm, para un dormitorio de 29.48m² de superficie de piso y 67.51m³ de volumen, que debía mantener una temperatura interior constante de 18° C, una demanda de energía diaria de 21.88 kWh/día.

Comparando estos datos con los datos obtenidos en la tesis de maestría de Mori 2018 titulada “Proyecto de viabilidad de climatización y electrificación en viviendas de comunidades rurales en zonas Altoandinas (Puno – Perú)”, vemos que la estimación de la demanda energética diaria para la instalación simulada de un sistema de calefacción por piso radiante que requería alcanzar una temperatura de 18°C en una vivienda altoandina con similares características en cuanto a clima (7.1°C de temperatura media anual), altitud (3,853msnm), superficie de piso (36.00m²) y volumen del ambiente a calefactar (90.00m³), se obtuvo un valor diario de 25.90kWh, valor similar al calculado en esta investigación (21.88kWh). La principal diferencia encontrada fue que eligieron el uso de tres colectores solares para generar la energía requerida por el sistema de calefacción hidrónico.

Otro caso es el analizado en la tesis de grado de Castro Cuba Checya 2018 titulada: “Evaluación y simulación de un piso radiante en el albergue del centro poblado de Imata ubicado a 4,500 msnm en el departamento de Arequipa”, en donde, comparando los factores climáticos y las dimensiones de la sala en la cual proponen implementar un sistema de calefacción por piso radiante para alcanzar la temperatura de 18°C, calculan una demanda energética diaria de 36.08kWh, valor que se considera coherente con las dimensiones del ambiente (68.97m²) que es casi tres veces mayor a las dimensiones propuestas en el presente estudio (29.48m²). Para cubrir la demanda energética del piso radiante proponen el uso de diez colectores solares planos, lo cual se considera un gasto excesivo en la compra de los equipos, en el consumo de electricidad y de ocupación de espacio, situación que no se ajusta a la realidad del poblador altoandino.

Por otro lado, en la tesis de grado de Olivera Oliva 2011 titulada: “Diseño energético de un suelo radiante para una sala de 12m² ubicada a 4,000 msnm en Langui Cuzco”, se estima una demanda de energía superior (42kWh/día) comparada con los dos casos anteriores, para abastecer de calefacción por piso radiante a un ambiente de 12m² de área ubicado en zona altoandina con similares condiciones climáticas (7.6°C de temperatura media anual) y de altura (4,000msnm) para alcanzar una temperatura interior constante de 18° C. Dicha demanda energética sería abastecida por un colector solar plano. Cabe señalar que el sistema generador de energía propuesto no logró alcanzar la temperatura de 18° C, éste sólo alcanzó una temperatura de 13° C, según indica el autor en sus conclusiones.

Tabla 17*Cuadro comparativo de investigaciones que implementaron sistemas de calefacción en Perú.*

	Méndez, 2021	Mori, 2018
Tipo/Usuarios	Vivienda Unifamiliar/04 personas	Vivienda Unifamiliar/04 personas
Localidad	Comunidad de Huaros – Lima	Provincia de Huancané - Puno
Altitud	3,580 msnm	3,853 msnm
Temperatura media anual	6.9 °C	7.1 °C
Área de Piso	29.48 m ²	36.00 m ²
Volumen	67.51m ³	90.00m ³
Temperatura requerida	18°C	18°C
Demanda de energía diaria	21.88 kWh/día	25.90 kWh/día
Consumo mensual proyectado	656.40 kWh	777.0kWh
Generador de energía propuesto	01 Biodigestor de 10m ³	03 colectores solares + sist. Fotovoltaico.
	Castro Cuba Checya, 2018	Olivera Oliva, 2011
Tipo/Usuarios	Albergue/ n personas	Sala/ n personas
Localidad	Centro poblado de Imata - Arequipa	Langui -Cusco
Altitud	4,500 msnm	4,000 msnm
Temperatura media anual	6.5 °C	7.6 °C
Área de Piso	68.97 m ²	12.00 m ²
Volumen	164.15 m ³	112.5 m ³
Temperatura requerida	18 °C	18 °C (Sólo alcanzó 13°C de temperatura)
Demanda de energía diaria	36.08 kWh/día	42.0 kWh/día
Consumo mensual proyectado	1,080 kWh	1,260 kWh
Generador de energía propuesto	10 colectores solares planos	01 colector solar plano (Insuficiente)

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla 17, los cuatro casos comparados son zonas altoandinas con climas y altitudes similares y todas buscan alcanzar una temperatura interior de 18°C, la principal diferencia está en el sistema generador de energía elegido para abastecer al sistema de calefacción por piso radiante, ninguno de ellos se apoya en el uso de tecnologías ecológicas, la mayoría propone más de uno de estos equipos que no existen en estas localidades y que, además tienen un costo elevado para el poblador. En cuanto a la demanda de energía, en los 03 casos, se visualiza que los valores obtenidos resultan coherentes con el tamaño y volumen que necesitan atender térmicamente, a excepción del obtenido por Olivera.

La presente propuesta sólo requiere de un biodigestor para cubrir la demanda de energía para el sistema de calefacción hidrónico y la cocina, esto, comparativamente es una gran ventaja económica respecto a las demás iniciativas que requieren desde 3 hasta 10 colectores solares para cumplir con su objetivo. Además, en términos económicos, un biodigestor está costando aproximadamente S/. 2,850 y un colector solar S/. 2,900 soles

cada uno, recordemos que, en la mayoría de los casos, se requieren un mínimo de 03 colectores para cubrir una similar demanda energética.

La presente investigación propone y plantea obtener la energía necesaria para el funcionamiento del sistema de calefacción hidrónico y el uso de una cocina durante al menos 4 horas del día, un biodigestor tubular de polietileno que atienda la demanda energética calculada en 21.88 kWh/día en la vivienda elegida en su actual condición térmica y constructiva como una de las mejores opciones frente a diversas investigaciones previamente analizadas.

Según los cálculos realizados, a través de simulaciones mostradas en el ítem 4.1 del presente documento, el biodigestor propuesto debe producir 10 m³ de biogás al día y 300 m³ de biogás al mes para cubrir la demanda de energía calculada, de los cuales 8m³ aproximadamente se utilizarán para abastecer de energía al sistema de calefacción y 2m³ para abastecer de combustible a la cocina, teniendo en cuenta que, según la encuesta realizada, el poblador de Huaros usa la cocina en invierno un promedio de 8 horas al día para la cocción de sus alimentos y la calefacción de su casa. Entonces, como ya se tendría cubierta la necesidad de calefacción con la instalación del piso radiante, se pueden destinar 2m³ de biogás para el uso de la cocina. Estos cálculos se realizaron teniendo en cuenta una tabla de equivalencias energéticas de biogás que aparece en la guía de diseño y manual de instalación de Biodigestores Tubulares de Martí H, (2019), en donde:

1000 litros (1m³) de biogás equivalen a 6,56 kWh de energía.

1000 litros (1m³) de biogás equivalen a 3,3 kWh de calor útil (rend. 50 %).

1000 litros (1m³) de biogás equivalen a 2,0 kWh de electricidad útil (rend. 30 %).

Comparando la demanda energética hallada para Huaros con la demanda energética hallada en la tesis de Hernández y Zapata (2018) titulada: “Diseño de un Biodigestor con estiércol de ganado vacuno para el caserío La Zanja–Cajamarca”, se puede ver que las condiciones climáticas (7°C) y altitudinales (3,200msnm), son similares a las de Huaros (6.9°C y 3,580msnm respectivamente) y que también es similar la demanda de energía calculada en esta tesis (18.59kWh/día), comparada con la demanda de energía requerida en Huaros (21.88kWh/día).

En el caso de la tesis de Sencia (2020) titulada:” Diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada por hogares de bajos recursos económicos que crían animales menores ubicados en la zona agrícola de la ciudad de

Arequipa en el año 2020”; el cálculo de la demanda de energía la muestran en metros cúbicos por día (m³/día), pero haciendo la equivalencia usando el valor de 3,3 kWh resulta 10.63 kWh/día como se indica en la tabla 18.

Tabla 18.

Comparación del rendimiento de los sistemas de generación de energía en las investigaciones.

	Méndez, 2021	Hernández y Zapata, 2018	Sencia, 2020
Localidad	Distrito de Huaros – Lima	Caserío la Zanja - Cajamarca	Ciudad de Arequipa
Altitud	3,580msnm	3,200msnm	2,335msnm
Temperatura media anual	6.9°C	7.0°C	14°C
Tipo de biodigestor	Tubular de polietileno	Tanque biodigestor de acero	Tubular geomembrana HDPE
Tipo de carga del biodigestor	Continua	Continua	Continua
Producción de estiércol kg/día	250kg/día (10 vacas)	78kg/día	No especifica
Producción biogás/día	8m ³ /día	3.10m ³ /día	1.30m ³ /día
Volumen total	10m ³	12.4m ³	6m ³
Demanda de energía	21.88kWh/día	18.59kWh/día	10.63kwh/día*
Usos:	Calefacción hidrónico	Energía eléctrica	Calefactores (No especifica)
	Combustible para la cocina		Combustible para la cocina
Costo***	\$.700 o S/. 2,850 (**)	S/.18,208.60	S/. 9,253.96
Vida útil	10 años (con invernadero)	20 años	8 años
Tiempo de instalación	02 días (con invernadero)	7días	No especifica

Fuente: Elaboración propia

Nota: *En la tesis de Sencia (2020), la demanda de energía la dan en 3.22m³/día, para tener todos los valores comparados en la misma unidad, se realizó la conversión considerando las equivalencias antes mencionadas resultando 10.63kWh/día. *** Costo de un biodigestor tubular de polietileno según Sencia, 2020.

A continuación, se muestran las mediciones de la temperatura del dormitorio 1 de la vivienda sin el sistema de calefacción y luego con el sistema de calefacción. Con ello se ha determinado, además, la influencia del sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas en el confort térmico de la vivienda altoandina de Huaros, indicador que, además, responde al objetivo general de la presente investigación.

Para las mediciones se dejaron instalados en el interior del dormitorio 1 de la vivienda, 02 sensores que registraron la temperatura del aire interior cada 15 minutos durante un mes (Del 15 de setiembre al 15 de octubre). Esta información sirvió para analizar el comportamiento térmico de la vivienda en su actual condición constructiva, (muros de tapial de 45 cm de espesor, techo de madera, piso de concreto, puerta con marco de madera que presenta aberturas y grietas y hoja de calamina que constituye un puente térmico) comprobándose que esta no ofrece un nivel mínimo de aislamiento que retenga el calor ganado por los muros de tapial, que por su espesor, tienen la capacidad almacenar aire caliente y transmitirlo por conducción al interior de la vivienda. En esas condiciones constructivas y sin el sistema de calefacción hidrónico, el dormitorio 1 de la

vivienda tiene una temperatura de 11.8 °C, el día con menor temperatura registrada. Si comparamos esta temperatura, con la temperatura de confort térmico de referencia tomada para el distrito de Huaros (18 °C), esta se encuentra 6.2 °C por debajo.

También es importante señalar que la diferencia de la temperatura exterior con la temperatura interior de la vivienda es de 0.4 °C, en donde la temperatura media interior es 13.0 °C y la temperatura media exterior es 12.6 °C. Esto quiere decir que la temperatura exterior comparada con la interior es casi la misma.

A continuación, se halló la temperatura en el interior del dormitorio 1, con el sistema de calefacción hidrónico simulado, para el día con menor temperatura registrada. Para ello se cargó el programa Autodesk Ecotect con los datos constructivos de la vivienda y las mediciones de temperatura almacenadas en los sensores, obteniéndose una temperatura mínima de 17.9 °C y máxima de 18.3 °C.

Con este resultado se logra el objetivo de alcanzar la temperatura de 18°C y queda demostrada la influencia del sistema de calefacción hidrónico en el confort térmico de la vivienda altoandina de Huaros. (Ver tabla 19)

Tabla 19.

Temperaturas alcanzadas con el sistema y sin el sistema de calefacción

Fecha	Hora	T.int-1	T.int-2	Fecha	Hora	T.int-1	T.int-2
1-Set	0	12.2	18.3	1-Set	13	12	18.1
1-Set	1	12.1	18.2	1-Set	14	12	18.1
1-Set	2	12	18.1	1-Set	15	12	18.1
1-Set	3	11.9	18	1-Set	16	12	18
1-Set	4	11.8	17.9	1-Set	17	11.9	18
1-Set	5	11.8	17.9	1-Set	18	11.9	17.9
1-Set	6	11.8	17.9	1-Set	19	11.9	17.9
1-Set	7	11.8	17.9	1-Set	20	12	18
1-Set	8	11.8	17.9	1-Set	21	12.1	18.2
1-Set	9	11.9	18	1-Set	22	12.1	18.2
1-Set	10	12	18	1-Set	23	12.1	18.2
1-Set	11	12	18.1				
1-Set	12	12	18.1				

Fuente: elaboración propia

En la tabla 19 se pueden apreciar las temperaturas del 1° de setiembre (día con menor temperatura registrada), que desde las 4 am hasta las 8 am se tiene una temperatura de 11.8 °C sin el sistema de calefacción, pero con el sistema de calefacción simulado se logra subir la temperatura a 17.9 °C a esas mismas horas. Comprobándose la influencia

del sistema de calefacción en la temperatura del dormitorio 1 y como consecuencia en el confort térmico de la vivienda altoandina de Huaros.

Según el marco conceptual de la presente investigación, un sistema de control ambiental o termostato es un aparato que conectado a una fuente de calor (como un sistema de calefacción), sirve para regular de manera automática la temperatura de un ambiente impidiendo que ésta suba o que baje.

Para el cálculo del tiempo en horas que requiere el sistema de calefacción para alcanzar la temperatura de 18 °C, se simuló un termostato en el software Autodesk Ecotect, se ingresaron las dimensiones del dormitorio 1 en donde se está simulando la implementación del sistema de calefacción para el día de menor temperatura registrada y se consideró una potencia calorífica de 1260 watts, obteniéndose como resultado que el sistema de calefacción requiere aproximadamente 195 minutos (3 horas y 15 minutos) para alcanzar la temperatura de 18 °C.

Comparando este resultado, con el obtenido por Castro Cuba Checya, (2018), en su tesis titulada: “Evaluación y simulación de un piso radiante en el albergue del centro poblado de Imata ubicado a 4,500 msnm en el departamento de Arequipa”, en donde, implementaron, mediante simulaciones térmicas, un sistema de calefacción por piso radiante en un área de 68.97 m² y volumen de 164.15 m³, indicando que para alcanzar la temperatura de 18 °C se necesitaron cuatro horas aproximadamente.

También tenemos la tesis de Berrio y Hanco (2017), titulada: “Diseño de un prototipo de calefacción por m² de superficie de piso radiante utilizando PCMs aprovechando la energía solar térmica en la ciudad de Puno”. Esta investigación realizó la experimentación en la ciudad de Puno que se encuentra ubicada a 3,827 msnm y efectuó las simulaciones en un prototipo construido de 1 m² de superficie y 1.20 m³ de volumen en el que se implementó un piso radiante hidrónico que obtendría energía mediante un colector solar de tubos al vacío. La investigación indica que el sistema requirió 2 horas y 30 minutos para alcanzar la temperatura de 21°C.

Así mismo, en el trabajo de investigación realizado por Hernández y Cardón (2007), titulado: “Evaluación térmico energética de un piso radiante hidrónico acoplado a colectores solares para calentamiento de agua”, en el que indican que se necesitaron 4 colectores solares para hacer funcionar un piso radiante de una cocina de 24 m² de

superficie y que este demoró aproximadamente tres horas en alcanzar una temperatura cercana a los 30 °C, temperatura confort calculada para la ciudad de Salta en Argentina.

Estos resultados nos indican que un sistema de calefacción por piso radiante requiere de un promedio de 3 horas para calentar una habitación de entre 30m² y 70m² que necesite alcanzar una temperatura igual o mayor a los 18°C.

Tabla 20

Comparación de la cantidad de horas que requieren los pisos radiantes para alcanzar una determinada temperatura.

	Méndez, 2021	Castro Cuba Checya, 2018
Tipo de edificación	Vivienda Unifamiliar	Albergue
Localidad	Comunidad de Huaros - Lima	Centro poblado de Imata - Arequipa
Altitud	3,580 msnm	4,500 msnm
Sistema de calefacción	Piso radiante	Piso radiante
Área de Piso	29.48 m ²	68.97 m ²
Volumen	67.51m ³	164.15m ³
Incremento de temperatura en °C	4.6 °C (Día de menor temperatura)	
Temperatura y/o Rango de confort	18°C	18 °C
Generador de energía propuesto	01 Biodigestor de 10m ³	10 colectores solares planos
N° de horas para alcanzar temperatura y/o rango de confort	03 horas y 15 minutos	04 horas aprox.
	Berrio & Hanco, 2017	Hernández & Cardón, 2007
Tipo de edificación	Prototipo (vivienda)	Vivienda Unifamiliar
Localidad	Ciudad de Puno - Puno	Ciudad de Salta -Argentina
Altitud	3,827 msnm	1,187 msnm
Sistema de calefacción	Piso radiante	Piso radiante
Área de Piso	1m ²	24.00 m ²
Volumen	1.20 m ³	57.60 m ³
Incremento de temperatura en °C	13 °C	5 °C
Temperatura y/o Rango de confort	De 20 °C a 21 °C	De 20 °C a 26 °C
Generador de energía propuesto	01 Colector solar de tubos al vacío	04 colectores solares planos de 2 m ²
N° de horas para alcanzar temperatura y/o rango de confort	De 2 horas a 2 horas y 30 minutos	03 horas

Fuente: Elaboración propia

Comparativamente, el sistema de calefacción que se propone está dentro del tiempo requerido. Además, el uso de termostatos para optimizar el uso de la energía y mantener los niveles de confort en el interior de las habitaciones, son una estrategia utilizada en todos los casos analizados.

El siguiente paso era calcular con el sistema de control simulado cuantas horas podía mantener el sistema de calefacción la temperatura de 18 °C en el dormitorio 1, para ello se hicieron estimaciones, mediante simulaciones, para el día de menor temperatura registrada en la habitación elegida de la vivienda, con el sistema de calefacción hidrónico instalado, obteniéndose como resultado que se puede mantener una temperatura igual o mayor a los 18 °C durante 19 horas. Luego del cual la temperatura empieza a descender

y se tiene que volver a usar el sistema de calefacción por piso radiante antes de que la habitación se enfríe por completo.

En la tesis de Castro Cuba Checya (2018), se obtuvo en el primer día de evaluación que el sistema de calefacción por piso radiante mantuvo la temperatura de 18°C durante aproximadamente 5 horas. En la segunda evaluación, se alcanza la temperatura de 18°C a las 15:00 horas y se mantiene hasta las 18:00 horas, es decir durante 3 horas. En la tercera y última evaluación, la temperatura de 18°C se mantiene sólo dos horas, desde las 15:00 horas hasta las 17:00 horas aproximadamente.

Es importante recordar que el área de la habitación a calefactar en Imata es de 68.97 m² y que en Huaros la habitación tiene un área de 29.48 m², es decir más del doble y que el volumen de aire a calentar en Imata también es mayor (90.00m³) comparado con el volumen de la habitación de Huaros (67.51 m³), por lo que se considera que la dificultad de mantener más tiempo la temperatura de 18 °C es coherente.

En las otras tesis citadas en la tabla 20, que plantean sistemas de calefacción por piso radiante, no realizan el cálculo del tiempo en que el sistema mantiene la temperatura elegida como temperatura de confort, por lo que no hay otro referente para comparar dicho valor.

Esta investigación sostiene la hipótesis de que la tecnología ecológica de los biodigestores influye en la calidad del aire interior de la vivienda altoandina de Huaros. Para explicar esto nos remitimos al Plan de desarrollo local concertado de Huaros del año 2013 (PDL 2013) en donde se indica que la principal fuente de calor con la que cuentan los pobladores es la cocina y que el combustible que más usan para preparar sus alimentos y calentar sus viviendas son la leña en un 50 % y la bosta en un 20 %. Este documento indica además que el 45,8 % de las cocinas no cuentan con una chimenea para eliminar los gases tóxicos producidos por la quema de estos combustibles, reduciendo considerablemente la calidad del aire interior de las viviendas.

Esta investigación planteó cambiar el uso de la leña y/o bosta en la cocina por el biogás que produce el biodigestor, pues según los resultados obtenidos en las experimentaciones realizadas, las emisiones de CO generadas al hervir 5 litros de agua en la cocina durante aproximadamente una hora, primero con el uso de leña y luego con el uso gas, mostró que la leña genera cinco veces más emisiones de CO que el gas.

El libro “Las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la protección de la salud pública de los riesgos derivados por la presencia de sustancias químicas en el aire interior”, establece niveles estándares de obligado cumplimiento legal que, para la emisión de CO en espacios interiores, son los siguientes:

Monóxido de carbono

- Nivel guía 15 minutos: 100 mg/m³
- Nivel guía 1 hora: 35 mg/m³
- Nivel guía 8 horas: 10 mg/m³
- Nivel guía 24 horas: 7 mg/m³

Para poder comparar los niveles obtenidos con los niveles regulados por la OMS convertiremos las ppm en mg/m³, ya que tenemos el dato de que 700mg/m³ equivalen a 0.5833 ppm, por lo tanto, si tenemos que el promedio de CO con el uso de la cocina a leña fue de 318 ppm entonces:

$$700 \text{ mg/m}^3 \text{ _____ } 0.5833 \text{ ppm}$$

$$X \text{ _____ } 318 \text{ ppm}$$

$$X = \frac{318 \text{ ppm} \times 700 \text{ mg/m}^3}{0.5833 \text{ ppm}}$$

$$X = 381,621.81 \text{ mg/m}^3$$

Comparando el nivel de CO promedio obtenido con la cocina a leña, con los niveles estándares obligatorios de la OMS tenemos que, si el nivel guía para 1 hora es 35 mg/m³, entonces el exceso de CO en el dormitorio 1 con el uso de leña en la cocina durante 1 hora es de 381,586.81 mg/m³. (Junta de Andalucía, Unión Europea y Observatorio del medio ambiente de Andalucía, 2011)

Figura 44

Vista del equipo de medición de CO y la humareda durante el encendido de la leña.



Fuente: Propia

En el caso de las mediciones realizadas con la cocina a gas, la cantidad de CO en el dormitorio 1, con el uso de gas como combustible durante una hora fue de 66 ppm en promedio, por lo tanto:

$$700 \text{ mg/m}^3 \times 0.5833 \text{ ppm}$$

$$X = 66 \text{ ppm}$$

$$X = \frac{66 \text{ ppm} \times 700 \text{ mg/m}^3}{0.5833 \text{ ppm}}$$

$$X = 79,204.53 \text{ mg/m}^3$$

Comparando el nivel de CO promedio obtenido con la cocina a gas, con los niveles estándares obligatorios de la OMS tenemos que:

Si el nivel guía de exposición al CO por una hora es 35 mg/m^3 , entonces el exceso de CO en el dormitorio 1 con el uso de gas en la cocina es de $79,169.53 \text{ mg/m}^3$

Finalmente, la diferencia en cuanto a niveles de exposición a emisiones de CO en el interior de la vivienda con el uso en la cocina de leña como combustible respecto al uso de gas es de:

$$X = \frac{381,621.81 \text{ mg/m}^3}{79,169.53 \text{ mg/m}^3}$$

$$79,169.53 \text{ mg/m}^3$$

$$X = 4.82$$

Con este resultado se puede afirmar que, con el uso de leña en la cocina, en el interior de la vivienda, se tienen casi 5 veces más emisiones de CO que con el uso de gas como combustible en la cocina.

En el libro publicado por el INEI (2019), titulado: "Hogares en los que cocinan con combustibles contaminantes" se señala que "los principales contaminantes del aire intradomiciliario y que son emitidos por la combustión de biomasa son el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (NO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂), material particulado (PM), hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAPs) y contaminantes orgánicos volátiles (COV)", pero no se indican los niveles que alcanzan estos gases o los límites que deberían respetarse para salvaguardar la salud y la vida de las personas.

Revisando la normatividad peruana tenemos el Decreto Supremo N° 003 del año 2017, emitido por el Ministerio del Ambiente (MINAM), que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para las emisiones de las actividades productivas, extractivas

y de servicios y la Norma técnica EM. 030 Instalaciones de Ventilación del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, las cuales, no mencionan a las viviendas ni a la contaminación del aire interior producido por el uso de la leña en las cocinas, el contenido de la primera norma está enfocada en la calidad del aire exterior también llamado “ambiental” y la influencia que tienen las actividades productivas, extractivas y de servicios en la modificación de la calidad del aire (interior y exterior) a causa del funcionamiento de estas actividades; y la segunda está enfocada en regular la contaminación del aire que los usos comercial e industrial puedan producir, por lo tanto, no existe una norma peruana que establezca parámetros para el control de las emisiones de gases contaminantes (como el monóxido de carbono y otros gases nocivos) en el interior de las viviendas.

En cuanto referentes internacionales tenemos a la Organización Mundial de la Salud (OMS) que maneja algunos datos y cifras respecto a la contaminación del aire en el interior de las viviendas, como los que publica en su artículo titulado: “Contaminación del aire doméstico y salud” de fecha 22 de setiembre del año en curso, que dice:

“Unos 2600 millones de personas cocinan y calientan sus hogares con fuegos abiertos y cocinas en los que queman biomasa (madera, excrementos de animales o residuos agrícolas) y carbón”. (Organización Mundial de la Salud, 2021)

El artículo indica que el uso de combustibles sólidos en las cocinas genera la muerte prematura cada año de 4 millones de personas por enfermedades atribuibles a la contaminación del aire de los hogares. Además, indica que más del 50 % de menores de 5 años mueren por neumonía a causa de la inhalación de partículas en el aire contaminado del interior de sus hogares.

En su artículo menciona que el humo puede producir concentraciones de partículas finas 100 veces superiores a las aceptables. Estas partículas en suspensión pequeñas y otros contaminantes del humo de interiores inflaman las vías respiratorias y los pulmones, dificultando la respuesta inmunitaria y reduciendo la capacidad de oxigenación de la sangre. Además, se ha demostrado la relación entre la contaminación del aire doméstico y el bajo peso al nacer, la tuberculosis, las cataratas y los cánceres nasofaríngeos y laríngeos. La contaminación del aire doméstico causa enfermedades como la cardiopatía isquémica, la neumopatía obstructiva crónica y el cáncer de pulmón;

la exposición afecta particularmente a las mujeres y los niños, que pasan más tiempo en el hogar.

La OMS está creando capacidad en los países y regiones para hacer frente a la contaminación del aire doméstico. Esto se complementa además con el desarrollo en curso de un conjunto de soluciones para promover energías domésticas limpias (Clean Household Energy Solutions Toolkit (CHEST)), con el que se apoya la aplicación de las Directrices de la OMS sobre la calidad del aire de interiores: Quema de combustibles en los hogares.

El artículo termina diciendo que el garantizar el acceso universal a tecnologías y combustibles limpios es una meta del Objetivo de Desarrollo Sostenible relativo a la energía (ODS 7). El cumplimiento de esta meta evitaría millones de muertes y mejoraría la salud y el bienestar de miles de millones de personas que dependen de tecnologías y combustibles contaminantes para cocinar, calentarse y alumbrar su hogar. (Organización Mundial de la Salud, 2021)

En cuanto a normas extranjeras, existen algunas que establecen parámetros que limitan las emisiones de CO, pero estas están referidas principalmente a espacios laborales, ninguna menciona la contaminación del aire interior en las viviendas.

En el libro “Quema de leña y carbón en ambientes cerrados” publicado en el año 2017 y realizado por agencias gubernamentales brasileñas, está el comentario del Dr. Kirk Smith, profesor de salud ambiental global de la Universidad de California en Berkeley, quien afirma que la quema de biomasa/leña en una cocina rústica, sin una chimenea adecuada, equivale a la quema de 400 cigarrillos por hora. (SINDIGAS, PUC-RJ y UERJ, 2011)

Tabla 21

Emisiones de monóxido de carbono por tipo de combustible.

Combustible	CO	
	g/MJ energía útil	g/kg de combustible
Gas LP	0.61	15.00
Querosene	0.82	18.00
Leña	24.19	66.50

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 21, el gas licuado de petróleo (GLP) presenta las menores emisiones de monóxido de carbono (CO), mientras que las mayores emisiones ocurren en la quema de la leña en una cocina tradicional.

Según este libro, un estudio experimental realizado en laboratorio que evaluó partículas de diferentes tamaños emitidas por cinco tipos de combustibles (leña, carbón mineral, estiércol, querosene y gas LP) y los niveles de dieciséis HPA (Hidrocarburos policíclicos aromáticos). Muestra las concentraciones de partículas totales en suspensión (PTS), los porcentajes de partículas finas (Que tienen la capacidad de infiltración pulmonar y alveolar profunda) y las concentraciones de los HPA totales en las emisiones de cada tipo de combustible. Ver tabla 22.

Tabla 22.

Comparativo de emisiones de partículas totales en suspensión, partículas finas y concentraciones HPA.

Combustible	PTS	% PARTÍCULAS FINAS	Concentraciones HPA (pgm3)
Gas LP	11	48	1.481
Querosene	12	57	2.442
Leña	155	66	4.672
Carbón mineral	30	77	3.442
Estiércol	225	88	4.047

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 22, la leña junto con el estiércol son los combustibles que emiten la mayor cantidad de partículas contaminantes al ser quemados y el gas licuado de petróleo (GLP) es el que menor emisión de partículas expulsa al aire.

Con estos argumentos se sustenta que el uso del biogás producido por el biodigestor propuesto, en reemplazo de la leña, influye positivamente en la mejora de la calidad del aire interior de la vivienda altoandina de Huaros.

A continuación, se realiza el análisis de las mediciones de temperatura y humedad relativa obtenidas en el dormitorio 1 de la vivienda y se analiza la influencia del termostato digital simulado en el control de estos parámetros ambientales que regulan el confort térmico en el dormitorio 1 de la vivienda altoandina.

Según las simulaciones realizadas en el dormitorio 1 sin el sistema de calefacción propuesto, el valor mínimo de temperatura resultó ser 12.65 °C y el valor máximo de temperatura fue de 13.1 °C, en cuanto a la humedad relativa, se obtuvo el valor mínimo 77 % y el valor máximo es 78.5 %.

Por los datos obtenidos se pudo apreciar que cuando la humedad es alta, la temperatura es baja, esto aumenta la sensación de discomfort, ya que la humedad aumenta la sensación de frío del usuario en el ambiente interior.

Recordemos que las condiciones ambientales de un espacio interior se pueden modificar mediante el uso de las instalaciones de climatización, ya sea aportando calor (calefacción) o aportando frío (Refrigeración), de esta manera, el aire climatizado interviene en la transferencia de calor de nuestro organismo (usuario) con el aire que le rodea (recinto) para alcanzar el confort térmico en una situación de discomfort. Por esa razón, la implementación del sistema de calefacción permitiría regular estos parámetros ambientales para alcanzar el confort térmico del usuario.

En cuanto a los resultados de las simulaciones realizadas en el dormitorio 1 con el sistema de calefacción propuesto tenemos que el valor mínimo de temperatura fue 17.85°C y el valor máximo fue de 18.3°C y en cuanto a la humedad relativa se obtuvo el valor mínimo 77% y el valor máximo es 78.5%.

Analizando estos resultados vemos que la humedad es proporcionalmente constante con la temperatura interior, que cuando la humedad es alta la temperatura también es alta, lo que aumenta la sensación de confort térmico en el ambiente interior ya que esto permite refrescar el ambiente mientras el sistema se encuentre en uso.

Es importante señalar que el sistema de calefacción por piso radiante no reseca el ambiente, a diferencia de otros sistemas que generan corrientes de aire que remueven la humedad, pues su proyección de calor no es a través del aire. Este sistema calienta los espacios influyendo primero en los objetos, lo que evita las corrientes de aire caliente y frío que son tan desagradables.

Respondiendo al tercer objetivo específico de la presente investigación, en el que se pide determinar la influencia del sistema de control ambiental en la temperatura y la humedad del aire interior del dormitorio 1 de la vivienda altoandina, cabe señalar que este influye positivamente en el control de la temperatura y los niveles de humedad relativa del interior de la habitación, ya que influye en la optimización del uso de la energía, dado

que este sistema se encenderá sólo el tiempo necesario para que la habitación alcance la temperatura de 18°C, luego de ello se apagará, pero como el sistema de piso radiante hidrónico tiene una alta inercia térmica, el espacio mantendrá la temperatura de 18°C varias horas posteriores al apagado del sistema de calefacción, como se ha comprobado en los resultados.

Cabe señalar además que, el sistema de calefacción hidrónico se caracteriza por ser modular, es decir, que se puede implementar este sistema en otras habitaciones de la vivienda, según vaya creciendo la necesidad y cada una de ellas puede estar controlada por su propio termostato. (Nieto, Pisos radiantes, calor desde el interior, 2010)

Esta característica permite personalizar en cada termostato los niveles de temperatura y humedad en cada habitación en donde se instale el sistema de calefacción por piso radiante, según las necesidades de cada miembro de la familia.

En la tesis de Olivera, 2011 titulada: “Diseño energético de un suelo radiante para una sala de 12 m² ubicada a 4,000 msnm en Langui Cuzco” mencionan que, al aumentar la temperatura de la sala, también aumenta la humedad relativa del recinto y evaluaron el aumento de los niveles de humedad del espacio interior mediante simulaciones, verificando en ese contexto, la necesidad de emplear un deshumidificador para controlar el exceso de esta variable.

En el caso de la presente investigación, se considera que, si se aísla debidamente el piso radiante hidrónico en el dormitorio desde su instalación, los niveles de humedad pueden disminuir. En cuanto a la condensación del aire caliente cuando el sistema esté en funcionamiento, se considera importante proponer una ventana en la pared Oeste del dormitorio 1, con aislamiento térmico en base a cámaras de aire entre vidrio y vidrio (vidrio doble) para evitar pérdidas de calor en la habitación, pero que cuando se produzca condensación, estas se puedan abrir para disminuir la humedad relativa interior, permitiendo, con el uso de la puerta, renovar varias veces y de manera natural el aire interior de la habitación.

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de las simulaciones realizadas para conocer la sensación térmica del usuario respecto al dormitorio 1 de la vivienda, primero sin el sistema de calefacción hidrónico y luego con el sistema de calefacción hidrónico.

Como sabemos, la sensación térmica es un índice subjetivo que cada individuo percibe de forma diferente pues depende de factores personales como el nivel de arropamiento (clo) y el nivel de actividad (met) y de factores ambientales como la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$), la humedad relativa (%) y la velocidad del viento (m/s).

Actualmente existen 02 grandes teorías o modelos para cuantificar la percepción térmica de las personas en los espacios interiores: El modelo matemático (Balance térmico) creado por Fanger y el modelo estadístico (Confort adaptativo) defendido por Nicol y Humphreys. El primero se basa en estudios realizados en cámaras climáticas (Modelos simulados) y el segundo se basa en estudios de campo (edificaciones reales). Ambas teorías relacionan las respuestas térmicas entre las variables personales de los usuarios y las variables ambientales del recinto para determinar la valoración térmica del ambiente por parte del usuario. (Godoy, 2012)

Por lo antes dicho, se eligió el modelo matemático de Fanger para calcular la sensación térmica del poblador de Huaros, ya que el sistema de calefacción propuesto no sería construido, por lo tanto, había que recrear, mediante simulaciones, las condiciones ambientales y personales, con los datos que fueron hallados durante el recojo de la información (Encuesta, levantamiento fotográfico de los pobladores, mediciones del clima, etc.) para medir la sensación térmica del usuario en el dormitorio 1 de la vivienda.

La aplicación del método de Fanger ofrece dos indicadores de confort, el voto medio previsto (PMV) y el porcentaje de personas insatisfechas (PPD), que indican la sensación térmica media de un espacio y el porcentaje de personas insatisfechas respecto a un ambiente determinado. Con el estándar ASHRAE 55-92, que define una escala subjetiva (voto de sensación térmica) de 7 puntos, se puede cuantificar el voto medio estimado (PMV), pero para efectos de esta investigación sólo se ha calculado el voto medio estimado (PMV) con el sistema de calefacción y sin el sistema de calefacción por ser la información requerida para responder a los indicadores planteados.

Para definir el nivel de confort de las personas con el método de Fanger, se emplea una escala de 7 valores de sensación térmica, en donde el valor cero representa la sensación térmica neutral o de confort térmico. (Ver figura 45)

Figura 45

Sensación térmica en función del valor del voto medio estimado.

PMV	SENSACIÓN TÉRMICA
+3	Muy caluroso
+2	Caluroso
+1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frio

Fuente: (Diego-Mas, 2015)

En cuanto a los factores personales, tenemos la vestimenta que tiene como unidad de aislación térmica al CLO, para hallarlo se emplea una escala que otorga un valor de aislamiento a cada prenda, en donde el valor 0.0 representa la desnudez total, mientras que un CLO equivale a una combinación de prendas que presentan una resistencia térmica de $0.155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$. En la Figura 46 se muestran los valores de CLO para algunas prendas básicas. En el ASHRAE Handbook of Fundamentals (1985) se recomienda multiplicar la sumatoria de los valores de CLO de todas las prendas usadas por un usuario específico, por el factor 0.82. (Ordóñez García, 2019)

Figura 46

Valores CLO.

Prenda de vestir	Clo	m ² -K/W	Prenda de vestir	Clo	m ² -K/W
Desnudez			Pantalones		
Ninguna prenda	0.00	0.000	Pantalones cortos	0.06	0.009
Ropa interior inferior			Pantalones ligeros	0.20	0.031
Medias	0.02	0.003	Pantalones normales	0.25	0.039
Bragas y calzoncillos	0.04	0.006	Pantalones de franela	0.28	0.043
Calzoncillo 1/2 pierna de lana	0.06	0.009	De alto aislamiento		
Calzoncillo pierna entera	0.10	0.016	Suéter chaleco	0.12	0.019
Ropa interior superior			Suéter fino	0.20	0.031
Sujetador	0.01	0.002	Suéter fino cuello de cisne	0.26	0.040
Camiseta sin mangas	0.06	0.009	Suéter normal	0.28	0.043
Camiseta manga corta	0.09	0.014	Suéter grueso	0.35	0.054
Camiseta manga larga	0.12	0.019	Chaqueta ligera de verano	0.25	0.039
Camiseta térmica nylon	0.14	0.022	Chaqueta normal	0.35	0.054
Camisas			Multicomponente relleno	1.03	0.160
Camisa manga corta	0.09	0.014	Abrigos		
Blusa ligera, manga larga	0.15	0.023	Abrigo	0.60	0.093
Camisa ligera, manga larga	0.20	0.031	Sobreaabrigo	0.52	0.081
Camisa normal, manga larga	0.25	0.039	Gabardina	0.55	0.085
Camisa franela, manga larga	0.30	0.047	Calzado		
Blusa larga de cuello de cisne	0.34	0.053	Calcetines normales	0.02	0.003
Falda, vestido			Calcetines gruesos tobillos	0.05	0.008
Falda ligera, 15 cm sobre rodilla	0.10	0.016	Calcetines gruesos largos	0.10	0.016
Falda ligera, 15 cm bajo rodilla	0.18	0.028	Zapato suela fina	0.02	0.003
Falda gruesa hasta la rodilla	0.25	0.039	Zapato suela gruesa	0.04	0.006
Vestido ligero sin mangas	0.25	0.039	Botas	0.10	0.016
Vestido de invierno manga larga	0.40	0.062	Guantes	0.05	0.008

Fuente: Ordóñez García (2019)

El CLO del poblador de Huaros se halló analizando la información registrada en el levantamiento fotográfico que se realizó en el lugar (este levantamiento contiene la vestimenta de los pobladores de todas las edades), las entrevistas grabadas en video (que contienen información valiosa de la vestimenta típica del hombre y la mujer de Huaros), la vestimenta actual y la permanencia y/o desuso de algunas prendas tradicionales.

Al calcularse el valor de CLO de la mujer y del hombre de Huaros salió como resultado para ambos 2.37 CLO o 1.94 m²C/W, índice de abrigo considerado muy alto, pero que resulta coherente con las condiciones climáticas del lugar.

El segundo factor personal, el met, es una variable que evalúa el nivel de actividad física o tasa de metabolismo de las personas. Un met equivale a 58W/m² de la superficie corporal. Que, para el cálculo del voto medio previsto, con y sin sistema de calefacción, se consideró una tasa metabólica baja (1 met), que incluyen actividades como escribir, dibujar, coser, manejar algunas herramientas pequeñas y caminar sin prisa (velocidad de hasta 2,5km/hora), por ser actividades que bien pueden ser realizadas dentro del hogar.

Con estos datos se obtuvo, sin el sistema de calefacción, un valor de voto medio estimado (PMV) de -0.80, valor que en la escala térmica es de sensación ligeramente fría del poblador respecto al dormitorio 1 y con el sistema de calefacción se obtuvo un valor de voto medio estimado (PMV) de 0.40, valor que según la escala es de sensación neutra, es decir, de confort térmico del poblador respecto a la misma habitación.

Con estos resultados se ha podido cuantificar la sensación térmica que percibe el poblador en el dormitorio 1 de la vivienda y se ha comprobado la influencia del sistema de calefacción en la sensación térmica del poblador de Huaros.

4.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber desarrollado el análisis de los resultados en el ítem 4.2 del presente trabajo, se presentan las conclusiones:

CONCLUSIONES

1. El sistema de calefacción hidrónico influye positivamente en el confort térmico de la vivienda, pues al comparar la temperatura del dormitorio 1, en su actual condición térmica y constructiva (11.8°C), con la temperatura que alcanzó la habitación con el sistema de calefacción hidrónico simulado (17.9°C), se verificó un aumento de 6.1°C de temperatura en el recinto.

2. El sistema generador de energía (Biodigestor) tiene una influencia positiva en la mejora de la calidad del aire interior de la vivienda. En efecto, la propuesta de implementar la tecnología ecológica del biodigestor para generar energía térmica y biogás en reemplazo del uso de la leña, permitió verificar in situ que su uso en la cocina genera 5 veces menos emisiones de CO que el uso de la leña y/o la bosta, por esa razón, el biodigestor mejoraría significativamente la calidad del aire interior de las viviendas altoandinas de todo el territorio nacional, contribuyendo así con la mejora de la calidad de vida de muchas personas en condición de pobreza extrema y reduciendo además la deforestación de bosques en las zonas rurales.

3. El sistema de calefacción por piso radiante influye en la sensación térmica que el poblador percibe en el interior del dormitorio 1, al verificarse que sin el sistema de calefacción la sensación térmica del poblador es de ligeramente frío con un valor de -0.80 y con el sistema de calefacción la sensación térmica del poblador es neutra, con un valor de 0.40 que según la escala de Fanger, es de confort térmico.

4. La experimentación realizada con el termostato simulado corrobora que éste influye en la sensación térmica que percibe el poblador respecto al dormitorio 1 ya que, se ha demostrado que controla los parámetros ambientales de temperatura y humedad, lo que permite que el poblador pueda alcanzar la sensación térmica neutra (Valor cero) o de confort térmico.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda colocar una ventana de 1.20mx1.00m en la pared oeste del dormitorio 1 de la vivienda (que tenga marco de madera, que cuente con doble vidrio y que por el interior lleve una contraventana para evitar la pérdida de calor en las noches) para la renovación regular de aire en el interior que garantice la calidad del aire y que elimine naturalmente la humedad del ambiente.

2. Es imprescindible que dentro de las políticas públicas nacionales se considere la elaboración de una norma que regule los niveles de contaminación en el interior de las viviendas generados por el uso de la leña en las cocinas. Actualmente sólo existen el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y sus Disposiciones Complementarias, en donde sólo se contempla las emisiones generadas por las actividades productivas, extractivas y de servicios en Lima y Callao; y la norma técnica EM 030 Instalaciones de ventilación del

Reglamento Nacional de edificaciones que contempla el diseño construcción, instalación y operación de sistemas de ventilación mecanizada en las edificaciones de todo el territorio nacional para garantizar niveles adecuados de calidad y cantidad de aire.

3. Se recomienda incentivar políticas públicas que promuevan el acondicionamiento, mejora constructiva y térmica de las actuales viviendas de los pobladores en condición de pobreza y pobreza extrema de las zonas altoandinas, como una forma de revalorar sus construcciones y evitar (con la tendencia actual de construirles viviendas nuevas con materiales foráneos) la desaparición de sus técnicas ancestrales. Actualmente, el programa nacional de vivienda rural y el proyecto Sumaq Wasi han construido, en 18 departamentos del Perú un total de 14,069 nuevas viviendas con técnicas bioclimáticas. Los materiales y las técnicas constructivas utilizadas para las viviendas ubicadas entre los 3,500 y los 5,000msnm no consideran las técnicas ancestrales ni los materiales de la zona (Están hechas con muros de adobe y caña, techo de fibrocemento y calamina y piso de madera o cemento).

4. Se recomienda manejar mediante subsidios la implementación de biodigestores en las comunidades altoandinas ganaderas del territorio nacional, esta ayuda económica por parte del estado, serviría para animar a la mayor cantidad de familias en apostar por esta tecnología, aún desconocida, para generar energía, para capacitar a la población sobre los beneficios y cuidados que deben saber sobre los biodigestores, pero principalmente serviría para que las familias más pobres puedan afrontar la inversión inicial. Actualmente el Ministerio de energía y minas (MINEM), viene realizando una serie de iniciativas legales para beneficiar con energía a las familias peruanas con menos recursos. Tenemos por ejemplo, la mejora del Fondo de Inclusión Social Eléctrico (FOSE) que busca brindar subsidios, a los usuarios que consuman hasta 140kWh/mes (actualmente es solo hasta 100 kWh/mes), el Programa BonoGas Residencial que brinda financiamiento para que las familias cuenten hasta con tres puntos de consumo de gas natural, programa financiado por el Fondo de Inclusión Social Energético (FISE), que costea hasta el 100% de la instalación del gas natural en los hogares de estratos socioeconómicos bajos, y del 50% al 75% para familias de nivel socioeconómico medio o medio bajo, respectivamente. El programa tiene cobertura en Lima, Callao y las provincias de Cañete, Ica, Nazca, Chíncha y Pisco.

5. Se recomienda rectificar la norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética del año 2014, respecto a la Zona bioclimática asignada al distrito de

Huaros, ya que, según esta clasificación, le corresponderían otros valores relacionados al confort térmico, a la demanda energética, las transmitancias térmicas de los elementos constructivos entre otros parámetros considerados en la norma de obligatorio cumplimiento.

5. REFERENCIAS

- Acosta, M. y Gonzáles, L. (2013). *Plan del programa nacional de biodigestores en Perú*. Lima: Hivos.
- Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. (6 de Mayo de 2016). *ATSDR-CDC*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.html
- Apaza Mamani, J. A. (2017). *Identidad y arte constructivo de los Putucos de Saman y Taraco en el altiplano Puneño. (Tesis de pregrado)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Arballo, B. (2016). *Evaluación de modelos de confort térmico para interiores*. San Juan, Argentina.
- Arballo, B. Kuchen, E. & Chuk, D. (2019). Optimización de la eficiencia energética aplicando confort térmico adaptativo en un edificio de oficinas público en San Juan-Argentina. *Hábitat Sustentable*,, 9(1), 58-67. <https://doi.org/https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.01.05>
- Arnold, Marcelo y Osorio, Francisco. (1998). *Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de Sistemas*. Obtenido de redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/101/10100306.pdf>
- AutoSolar. (15 de Julio de 2021). *Auto solar*. Obtenido de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-panel-solar>
- Ávila Velazquez, C. (2016). *Uso de biodigestores en la industria pecuaria*. Toluca, México.
- Berio Huarahuara, W. y Hanco Mamani, F. (2017). *Diseño de un prototipo de calefacción por M2 de superficie de piso radiante utilizando PCMS aprovechando la energía solar térmica en la ciudad de Puno. (Tesis de pregrado)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Castillo Serrano, S. (2016). *Arquitecto*. Obtenido de ¿Qué es una carta solar?: <https://scsarquitecto.cl/carta-solar/>
- CATTANEO, B. (15 de Junio de 2018). *EU Science Hub - European Commission. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) {text}*. Obtenido de <https://ec.europa.eu/rjc/en/pvgis>

- CENERGIA, C. d. (1 de Marzo de 2019). *CENERGIA*. Obtenido de <https://cenergia.org.pe/blog/radiacion-solar-peru-irradiancia-radiacion/>
- Centro Nacional de prevención de riesgos y desastres - CENEPRED. (2014). *Escenarios de riesgos por bajas temperaturas- sector salud*. Lima: CENEPRED.
- Certificados energéticos. (26 de Noviembre de 2019). *Certificados energéticos.com* . Obtenido de Confort térmico en espacios interiores ¿de qué depende?: <https://www.certificadosenergeticos.com/confort-termico-espacios-interiores>
- Chávez Del Valle, F. (2002). *Zona variable de confort térmico*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Checya, C. y Roque, P. (2018). *Evaluación y simulación de un piso radiante en el albergue del centro poblado de IMata, ubicado a 4500 msnm en el departamento de Arequipa (tesis de pregrado)*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Comisión Nacional para el desarrollo de los pueblos indígenas. (2016). *Eco/tecnicas. Guía practica para comunidades indígenas*. México: CDI.
- Conesa, J. A. (11 de diciembre de 2013). *Repositorio institucional de la Universidad de Alicante*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de <http://hdl.handle.net/10045/34475>
- Congreso de la República del Perú. (13 de Abril de 1987). *Ley N° 24656*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fcentroderecursos.cultura.pe%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Frb%2Fpdf%2Fley%2520general%2520de%2520comunidades%2520campesinas.pdf&clen=1201362&chunk=true
- Congreso de la República del Perú. (2015). *Informe Temático N° 154/2014.2015. Características de las zonas altoandinas*. Lima: Congreso de la república del Perú.
- Connor, N. (24 de setiembre de 2019). *Thermal Engineering* . Obtenido de <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-equilibrio-termico-definicion/>
- Coolbox. (setiembre de 2021). *Coolbox*. Obtenido de <https://www.coolbox.pe/balanza-maleta-camry-50-kg-el10->

31p/p?idsku=3235&gclid=Cj0KCQiAkNiMBhCxARIsAIDDKNUKP0Fb_0tw4
00psOtiKDdvrju3_kyzXZGphFFtI9YrBIGMSY-R5m0aAkNBEALw_wcB

Coolbox. (5 de diciembre de 2021). *Coolbox*. Obtenido de
https://www.coolbox.pe/termometro-ambiental-interior-radioshack-digital-hidrometro-6301708/p?idsku=6510&gclid=Cj0KCQiAanaeNBhCUARIsABEee8WcwPoRdy1mIDZxfo4AojlqoVhtWeHsawxzQSu_1Wq7qC3kFbJQZWUaAuAhEALw_wcB

Córdova Martínez, H. (2006). *Lineamientos para el desarrollo del distrito de Canta, departamento de Lima. Tesis para optar por el título profesional de ingeniero civil*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Cortéz Rojas, S. E. (2015). *Condiciones de confort térmico en áreas de clima templado, las plazas del centro histórico de la Serena (Chile)*. Madrid: Escuela Superior de Arquitectura de Madrid.

Cuenca Chuquisala, M. (2019). *Estudios de modelos de confort térmico en zona de altura en la región de los Andes de Ecuador*.

Cumbre pueblos. (20 de Mayo de 2019). <https://cumbrepuebloscop20.org>. Obtenido de <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/colector/>

Díaz Salazar, S.S. y Torres Cortés, H. (2019). *Análisis de viabilidad de la implementación de biodigestores como alternativa energética para familias de áreas rurales*.

Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación del confort térmico con el método de Fanger*. Obtenido de Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>

Entrena Gonzáles, J. F. (2016). *Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios*. IC editorial.

Espinoza Cancino, C. y Cortez Fuentes, A. (s/f). Control higro-térmico en vivienda social y a percepción del habitante. *INVI*, 30(85), 227-242.

Espinoza Montes, C. (2013). *Sistema de calefacción solar para reducir el friaje en viviendas altoandina*.

- Espinoza Montes, C. (2014). *Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas.*
- Gamarra Lazo, L. (2019). *Edificaciones de tierra cruda: Putucos de Taraco, aportes tecnológicos y constructivos en la vivienda del altiplano peruano. (tesis para optar el grado de magister).* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Gamio F, A. (2018). *Análisis de las características mecánicas y físicas de la unidad de construcción ancestral, denominado Putuco, situada en el Altiplano peruano. (Tesis para optar el grado de magister).* Madrid: Universidad politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de edificación.
- Gayoso, Magaly del Pilar. Pacheco Zuñiga, O. (2014). Vivienda alpaquera altoandina. Caso de estudio tipológico en Puno, Perú. *14° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra* (págs. 88-94). San Salvador: Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda mínima - FUNDASAL, PROTERRA.
- GEOFORT. (octubre de 2021). *Grupo GEOFORT. Soluciones innovadoras en ingeniería.* Obtenido de <https://geofort.pe/producto/32-malla-arpilleraGEOFORT>
- Gherzi Cordova, E., y Marroquin Liu, D. M. ((2021). *Dimensionamiento del suministro de agua caliente sanitaria a un condominio residencial, utilizando energía solar.*
- Godoy, A. (2012). *El confort térmico adaptativo.* Cataluña.
- González E., I. (2013). *Climatización de una vivienda con energía geotérmica. (Tesis para optar grado de Magister).* Madrid: Universidad Calos III de Madrid, España.
- Google maps. (29 de setiembre de 2021). *Huaros Google Maps.* Obtenido de <https://www.google.com.pe/maps/place/Huaros+15365/@-11.4056289,-76.5782005,768m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x91061893d03ba8b7:0x457e7c7f53365ff1!8m2!3d-11.4052398!4d-76.5747295?hl=es-419>
- Goudsblom, J. (1995). *Fuego y civilización.* Santiago de Chile: Andrés Bello.
- Gutiérrez, R. (2013). Arquitectura popular y ritos de construcción en el altiplano peruano. *Arquitectura vernácula Iberoamericana., Volúmen I,* 60-67.
- Hernandez - Sampieri, R. F. (2006). Análisis de datos cuantitativos. metodología de investigación. En R. F. Hernandez - Sampieri, *Metodología de la investigación* (págs. 407- 499). México: McGraw Hill.

- Hernández Gil, Miguel y Zapata Vigil, Manuel. (2018). *Diseño de un biodigestor con estiercol de ganado de vacuno para el caserío La Zanja - Cajamarca*. Universidad Señor de Sipán.
- Hernández, A., & Cardon, L. (2007). Evaluación térmico energética de un piso radiante hidrónico acoplado a colectores solares para calentamiento de agua. *Energías Renovables y Medio Ambiente*(20), 51-59.
- Hinojosa M, A. (2015). *Evaluación de un sistema de calefacción por suelo radiante. (Tesis de pregrado)*. Madrid: Universidad Carlos III. Madrid - España .
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Capítulo 6: Características del Hogar. En I. N. Informática, *Perú: Perfil Sociodemográfico 2017* (págs. 355-391). Lima, Perú: INEI. Obtenido de www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap06.pdf&cien
- Instituto Nacional de seguridad y salud en el trabajo. (2021). *Qué variables determinan el ambiente térmico*. Obtenido de <https://www.insst.es/-/que-variables-determinan-el-ambiente-termico->
- Jimenez L., M. y Endara V., Christian. (2019). *Evaluación de las trasmisancias térmicas de la casa ecológica Andina PUCP del distrito de Langui, provincia de Canas - Cusco. Tesis para optar al título profesional de ingeniero civil*. Universidad Andina del Cusco.
- Junta de Andalucía, Unión Europea y Observatorio del medio ambiente de Andalucía. (2011). *Calidad del aire interior*. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.diba.cat%2Fc%2Fdocument_library%2Fget_file%3Fuuiid%3Dc7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b%26groupId%3D7294824&cien=1055911](https://www.diba.cat/document_library/get_file?uuiid%3Dc7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b%26groupId%3D7294824&cien=1055911)
- Kofman, E. (2017). *Modelado y simulación de sistemas dinámicos: Métodos, Algoritmos y herramientas. Introducción al modelado y simulación*. Buenos Aires.
- Marcial R, N. Peña O, B. Escobedo G, J. y Macías L, A. (2016). Elementos objetivos y subjetivos en la calidad de vida de hogares rurales en Yehualtepec. *Estudios sociales*, 26(48), 277-303. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572016000200277

Marsh, A. (2014). *Software Development*. Obtenido de <http://andrewmarsh.com/software/>

Martí H, J. (2019). *Biodigestores tubulares: Guía de diseño y manual de instalación*. Ecuador.

Martinez Mahr, B. (2010). Identificación de indicadores de desarrollo endógeno en comunidades campesinas. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y humanidades*, 19(37), 148-179.

Meteoblue. (2021). *Meteoblue weather close to you*. Obtenido de <https://content.meteoblue.com/es/especificaciones/variables-meteorologicas/viento>

Ministerio de ciencia y tecnología - España. (1998). *Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITE)*. Madrid: Ministerio de ciencia y tecnología - España.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (12 de mayo de 2014). *Decreto Supremo N° 006-2014 . VIVIENDA. Modifican título III del reglamento Nacional de edificaciones*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fbusquedas.elperuano.pe%2Fdownload%2Furl%2Fmodifican-titulo-iii-del-reglamento-nacional-de-edificacione-ds-n-006-2014-vivienda-1082132-1>

Molina, J. (2018). *Evaluación sistemática del desempeño térmico de un módulo experimental de vivienda alto andina para lograr el confort térmico con energía solar. Tesis para optar por grado de Magister* . Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Montejano C., M. (Enero- Junio de 2013). *Arquitectura y confort térmico*. (M. L. Saldaña, Ed.) *Esencia y espacio*(36), 89-91. Obtenido de <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/25376>

Mori Acuña, D. E. (2018). *Proyecto de viabilidad de climatización y electrificación en viviendas de comunidades rurales en Zonas Alto Andinas (Puno-Perú)*.

- Morilón, D. (2004). *Atlas del bioclima de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Municipalidad distrital de Huaros, Canta. (2013). *Plan de desarrollo local concertado*. Canta - Lima, Perú. Obtenido de [http://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/10594/PLAN_10594_Plan%20de%20Desarrollo%20Local%20Concertado%20\(Parte%204\)_2013.pdf](http://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/10594/PLAN_10594_Plan%20de%20Desarrollo%20Local%20Concertado%20(Parte%204)_2013.pdf)
- Muñoz Ovalle, I. (2014). Hurgando la vivienda andina a través de la historia: percepción y ocupación del espacio doméstico-ceremonial en los valles y altiplano en la región de Arica y Parinacota, Chile. *Intersecciones en antropología*, XV(1), 235 - 250.
- Nicol, J y Humphreys, M. (2002). Confort térmico adaptativo y estándares térmicos sostenibles para edificios. *Energía y Edificación*, 34(6), 563-572. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)
- Nieto, A. (2010). *Pisos radiantes, calor desde el interior*. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2010/02/pisos-radiantes-calor-desde-el-interior/>
- Nieto, A. (Agosto de 2013). *Mundo HVAC&R*. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2013/08/tendencias-en-sistemas-hidronicos/>
- Oficina Regional de Defensa Civil. Gobierno Regional de Lima. (2019). *Región Lima*. Obtenido de <https://www.regiónlima.gob.pe/index.php/noticias/24-defensa-civil-alerta-escenarios-de-riesgo-por-la-baja-temperatura-en-la-zona-altoandina-de-la-región-lima>
- Olivera O, D. (2011). *Diseño energético de un suelo radiante para una sala de 12 m² ubicada a 4000 MSNM en Langui - Cusco. Tesis para optar por el título de ingeniero mecánico*. PUCP.
- Onset-Honb. (2021). *onsetcomp.com/products*. Obtenido de <https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-001/>
- Ordóñez García, A. (13 de Agosto de 2019). *Seiscubos.com*. Obtenido de <https://www.seiscubos.com/conocimiento/confort-termico-y-cuerpo-humano>

- Organización Mundial de la Salud. (22 de septiembre de 2021). *Contaminación del aire doméstico y salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- Orozco, S. (2011). *Proceso de selección de las ecotecnologías en las comunidades rurales*.
- Ovacen. (2021). *Ovacen*. Obtenido de <https://ovacen.com/termostatos/#1->
- Paragua, M. (2012). *Investigación científica aplicada a la educación ambiental con análisis estadístico*. . Lima: Sociedad geográfica de Lima. .
- Pérez, A. (17 de Septiembre de 2017). *¿Qué es la sensación térmica y cómo se determina?* Obtenido de Diario Libre: <https://www.diariolibre.com/actualidad/ciencia/que-es-la-sensacion-termica-y-como-se-determina-NM14182285>
- Presidencia del Consejo de ministros - Perú. (2015). *Plan multisectorial ante heladas y friajes*. Lima: PCM.
- Presidencia del Consejo de ministros. (2018). Plan multisectorial ante heladas y friaje 2018. Lima. Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.pcm.gob.pe%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F04%2FPlan_Multisectorial_Heladas_Friaje-2018.pdf&clen=11062042&chunk=true
- Rivasplata C., X. (2018). *Modelo de vivienda climatizada para el distrito de Calana, utilizando métodos solares pasivos. (Tesis de pregrado)*. Tacna: Universidad privada de Tacna.
- Sanz, J. (2005). Calefacción por suelo radiante- aspectos innovadores. *El instalador*, 90-103.
- Sears y Zemansky. (1999). *Física universitaria I*. México: Pearson.
- Secretario de Gestión de Riesgos y Desastres. (Junio de 2015). *Plan Multisectorial ante Heladas y Friajes*. Lima: PCM. Obtenido de <http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2015/07/PLAN-MULTISECTORIAL-ANTE-HELADAS-y-FRIAJE-2015-10.06.2015.pdf>

- Sencia Ch., R. (2020). *Diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada por hogares de bajos recursos económicos que crían animales menores ubicados en la zona agrícola de la ciudad de Arequipa en el año 2020*. Universidad Continental.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (9 de Octubre de 2021). Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- SINDIGAS, PUC-RJ y UERJ. (Marzo de 2011). *Quema de leña y carbón en ambientes cerrados. Contaminación del aire y riesgos para la salud*. Obtenido de http://www.efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fai.glp.org%2Fsrc%2Fuploads%2F2020%2F11%2Fquema_de_leña.pdf&clen=1268758&chunk=true
- Sociedad de educadores en ciencias de la construcción. (15 de Noviembre de 2021). *Society of building Science Educators*. Obtenido de <https://www.sbse.org/search/node/kokare>
- Soudani, L., Woloszyn, M., Fabbri, A., Morel, J-C., y Grillet, A-C. (2016). Energy evaluation of rammed earth walls using long term in-situ measurements. *Solar energy*, 141(14), 70-80. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.11.002>
- Timoteo, J. (2018). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos construidas en tapial en la perifería de la ciudad de Tarma- Junín*. Huancayo.
- Torres-Aguilar. C. Serrano - Arellano, J. Macias -Melo, E. y Aguilar-Castro, K. (2016). Diseño arquitectónico con elementos bioclimáticos para el confort térmico en viviendas de Hidalgo. *Revista de aplicaciones de ingeniería* , 3(9), 90-97.
- Universidad Particular Ricardo Palma. (2020). *Manual II para la elaboración del trabajo de tesis*. Lima, Perú: UPRP.
- Valencia, N. (28 de Marzo de 2018). *Archdaily*. Obtenido de <https://www.archdaily.pe/pe/891480/putucos-la-arquitectura-vernacular-tiene-algo-que-decir-sobre-sustentabilidad>
- Velarde A., G. (2014). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima*.

Vicuña, D. (23 de Julio de 2015). *Blog de Diego Vicuña*. Obtenido de <https://cantalima2015.wordpress.com/2015/07/23/provincia-de-canta-aspectos-fisicos>

Vidal G., B. (2019). *La Gloria: Sistemas tradicionales de calefacción por superficies radiantes. (Tesis de pregrado)*. Madrid, España: Escuela técnica superior de arquitectura.

Wikipedia. (2007). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/distrito_huaros_#/media/archivo:location_of_the_province_Canta_in_Lima.svg

6. ANEXOS

6.1. Declaración de autenticidad y no plagio

	Universidad Ricardo Palma	Escuela de Posgrado
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO		
DECLARACIÓN DEL GRADUANDO		
Por el presente, el graduando: <i>(Apellidos y nombres)</i>		
MÉNDEZ DE LOS RÍOS, EVELYNE CONSUELO		
en condición de egresado del Programa de Posgrado:		
ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD		
deja constancia que ha elaborado la tesis intitulada:		
Sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas e influencia en el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, Canta-Lima.		
<p>Declara que el presente trabajo de tesis ha sido elaborado por el mismo y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica, de investigación, profesional o similar.</p> <p>Deja constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no ha asumido como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de la Internet.</p> <p>Asimismo, ratifica que es plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asume la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento y es consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.</p> <p>En caso de incumplimiento de esta declaración, el graduando se somete a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y los dispositivos legales vigentes.</p>		
		21.11.21
Firma del graduando		Fecha

6.2. Autorización de consentimiento para realizar la investigación.

 Universidad Ricardo Palma		Escuela de Posgrado	
AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR LA INVESTIGACIÓN			
DECLARACIÓN DEL RESPONSABLE DEL AREA O DEPENDENCIA DONDE SE REALIZARA LA INVESTIGACIÓN			
Dejo constancia que el área o dependencia que dirijo, ha tomado conocimiento del proyecto de tesis titulado:			
<i>"Diseño de sistema de calefacción hidrónico con Tecnologías ecológicas y su influencia en el confort Térmico de la Comunidad campesina de Huaros, Provincia de Canta, Lima Perú."</i>			
el mismo que es realizado por el Sr./Srta. Estudiante (Apellidos y nombres):			
<i>Srta. Evelyné Méndez De Los Ríos.</i>			
, en condición de estudiante - investigador del Programa de:			
<i>Maestría en Arquitectura - Sostenibilidad de la Escuela de Posgrado</i>			
Así mismo señalamos, que según nuestra normativa interna procederemos con el apoyo al desarrollo del proyecto de investigación, dando las facilidades del caso para aplicación de los instrumentos de recolección de datos.			
En razón de lo expresado doy mi consentimiento para el uso de la información y/o la aplicación de los instrumentos de recolección de datos:			
Nombre de la empresa: <i>Municipalidad Distrital de Huaros</i>		Autorización para el uso del nombre de la Empresa en el Informe Final	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Apellidos y Nombres del Jefe/Responsable del área: <i>Pedro Pablo Bandan Camargo</i>		Cargo del Jefe/Responsable del área: <i>Alcalde.</i>	
Teléfono fijo (incluyendo anexo) y/o celular: <i>968 848 165</i>		Correo electrónico de la empresa: <i>mesadeparteshuaros@gmail.com</i>	
  PEDRO PABLO BANDAN CAMARGO ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUAROS		<i>20 - 08 - 2021</i>	
Firma		Fecha	

6.3. Anexo matriz de consistencia.

Figura 47
Matriz de consistencia

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES V.I
¿De qué manera el sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas influye en el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021?	Determinar de que manera el sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas influye en el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021	El sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas mejorará el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.	SISTEMA DE CALEFACCIÓN HIDRÓNICO CON TÉCNICAS ECOLÓGICAS	<p>1. Calcular la demanda de energía eléctrica de la vivienda en un mes. Unidad: kilovatios hora por día (kWh/día)</p> <p>2. Calcular la cantidad de biogás que debe producir el biodigestor para cubrir la demanda de energía de la vivienda en un mes. Unidad: Metros cúbicos (M3)</p> <p>1. Medir la temperatura del dormitorio 1 de la vivienda sin el sistema radiador de calor. Unidad: Grados centígrados (°C)</p> <p>2. Medir, mediante simulaciones, la temperatura del dormitorio 1 de la vivienda con el sistema radiador de calor. Unidad: Grados centígrados (°C).</p> <p>1. Medir con el sistema de control ambiental simulado, cuantas horas requiere el sistema de calefacción hidrónico para alcanzar la temperatura de 18°C.</p> <p>2. Medir con el sistema de control ambiental simulado, cuantas horas se mantiene la habitación a 18°C de temperatura.</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES V.D
1. ¿De qué manera el sistema generador de energía influye en la calidad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021?	1. Determinar de que manera el sistema generador de energía influye en la calidad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.	1. El sistema generador de energía influye en la calidad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.		1. Medir la cantidad de monóxido de carbono (CO) en partículas por millón (PPM) que se producen en el interior de la vivienda con el uso de leña en la cocina.
2. ¿De qué manera el sistema radiador de calor influye en la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021?	2. Determinar de que manera el sistema radiador de calor influye en la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.	2. El sistema radiador de calor influye en la temperatura y la humedad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.	CONFORT TÉRMICO (Enfoque cuantitativo)	1. Medir la temperatura en °C y la humedad relativa del aire interior del dormitorio 1 de la vivienda sin el sistema de calefacción.
3. ¿De qué manera el sistema de control ambiental influye en la temperatura y humedad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021?	3. Determinar de que manera el sistema de control ambiental influye en la temperatura y la humedad del aire interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.	3. El sistema de control ambiental influye en la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú 2021.		2. Medir la temperatura en °C y la humedad relativa del aire interior del dormitorio 1 de la vivienda con el sistema de calefacción propuesto.
				1. Determinar la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda altoandina, según su vestimenta y actividad física sin el sistema de calefacción.
				2. Determinar, mediante simulación, la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda altoandina, según su vestimenta y actividad física con el sistema de calefacción.

Fuente: Elaboración propia

6.4. Matriz de operacionalización

Figura 48

Matriz de operacionalización de variables.

Variable Independiente	Indicadores	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Instrumentos	Item
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calcular la demanda de energía de la vivienda en un mes. Unidad: Kilovatio hora por día (kWh/día) 2. Calcular la cantidad de biogás que debe producir el biodigestor para cubrir la demanda de energía de la vivienda en un mes. Unidad: Metros cúbicos (m3) 		Se realizaron cálculos mediante simulaciones con el uso de herramientas digitales para determinar la demanda de energía de la vivienda en su estado actual y la producción de biogás para cubrir la demanda de energía requerida por la vivienda.	1. Sistema generador de energía.	Herramientas: Schedule: Compact, HVAC Template: Thermostat y HVACT emplateZone: IdealLoadsAirSystem	
SISTEMA DE CALEFACCIÓN HIDRÓNICO CON TÉCNICAS ECOLÓGICAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Medir la temperatura baja del dormitorio 1 de la vivienda sin el sistema radiador de calor (Piso radiante). Unidad: Grados centígrados (°C). 2. Medir, mediante simulaciones, la temperatura baja del dormitorio 1 de la vivienda, con el sistema radiador de calor (Piso radiante). Unidad: Grados centígrados (°C) 	Sistema basado en tecnologías que buscan preservar el medio ambiente, reducir las emisiones, minimizar el consumo de energía y que utiliza agua caliente para transportar calor e incrementar la temperatura ambiental interior de un espacio habitado, con la finalidad de generar condiciones de comodidad térmica a los usuarios.	Se realizaron mediciones de temperatura, humedad relativa y temperatura del viento en el interior de la vivienda sin el sistema de calefacción hidrónico y luego con el sistema de calefacción hidrónico, esta última medición se realizó mediante la simulación del modelo de vivienda y del sistema de calefacción para determinar si con la implementación del sistema de calefacción se mejoraban los parámetros de confort térmico de la vivienda.	2. Sistema radiador de calor.	Sensor es de temperatura y datalogger (Onset-Hobo, n.d.) Software: Meteonorm 7 Energyplus OpenStudio Autodesk Ecotee Analysis SketchUp	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calcular con el sistema de control ambiental simulado, cuantas horas requiere el sistema de calefacción hidrónico para alcanzar la temperatura de 18°C. 2. Calcular con el sistema de control ambiental simulado, cuantas horas se mantiene el dormitorio 1 a 18°C de temperatura. 		Para el primer indicador se realizó mediante simulación el funcionamiento del piso radiante con una potencia calorífica de 1,2KW y se introdujeron los datos de las condiciones térmicas de la vivienda. Para el segundo indicador se realizaron simulaciones con y sin el sistema de calefacción.	3. Sistema de control ambiental	Software: Autodesk Ecotee Analysis, Euclid. Programa Excel	
Variable Dependiente	Indicadores	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Instrumentos	Item
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Medir las emisiones de monóxido de carbono (CO) en PPM en el interior de la vivienda con el uso de leña en la cocina. 2. Medir las emisiones de monóxido de carbono (CO) en PPM en el interior de la vivienda con el uso de gas en la cocina. 		Mediante experimentación <i>in situ</i> se midió la cantidad de monóxido de carbono en PPM producido durante una hora por la cocina usando leña y luego usando gas.	1. Calidad del aire interior	Cálculos matemáticos Detector de multigases. Termohigrómetro digital Balanza digital. Programa Excel	
CONFORT TÉRMICO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Medir la temperatura en °C y la humedad relativa del aire interior del dormitorio 1 de la vivienda sin el sistema de calefacción. 2. Medir la temperatura en grados centígrados (°C) y la humedad relativa del aire interior del dormitorio 1 de la vivienda con el sistema de calefacción. 	El confort térmico es definido por la ASHRAE 55 y UNE-EN ISO 7730 como el "estado de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico". Se señala que este es alcanzado cuando el cuerpo está en balance térmico, es decir, cuando realizando cierta actividad, no se experimenta un estrés térmico.	Mediante modelado de la vivienda, simulaciones térmicas dinámicas que se realizó con la información obtenida por los sensores ambientales colocados en la vivienda se obtuvo la temperatura y humedad relativa de la vivienda sin el sistema de calefacción y con el sistema de calefacción.	2. Temperatura y humedad del aire interior.	Sensores de temperatura y datalogger, termohigrómetro digital. Software: Autodesk Ecotee Analysis, Euclid. Programa Excel.	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda según su vestimenta y actividad física, respecto al recinto elegido, sin el sistema de calefacción propuesto. 2. Determinar, mediante simulación, la sensación térmica que percibe el usuario en el espacio interior de la vivienda, según su vestimenta y actividad física, respecto al recinto elegido, con el sistema de calefacción. 		Mediante una encuesta se determinó en que época del año, en que momento del día y a que horas, el poblador tiene mayor sensación de frío en su vivienda y también se registró información sobre las actividades diarias. Se realizó el registro fotográfico de la vestimenta que usa el poblador en invierno.	3. Sensación térmica	Encuestas Cálculos matemáticos (CLO, PMV) Software: Software online CBE Thermal Comfort Tool	

Fuente: Elaboración propia

6.5.Formato de instrumento.

Cuestionario de encuesta. Primera parte.

A. IDENTIFICACIÓN GEOGRÁFICA 1. REGIÓN 2. PROVINCIA 3. DISTRITO 4. CENTRO POBLADO/COMUNIDAD/BARRIO B. NOMBRE DE LA MADRE O JEFE DEL HOGAR NOMBRE DEL ENCUESTADOR (A) FECHA	C. FAMILIAS POR VIVIENDA 1 2 3 MAS D. PERSONAS POR VIVIENDA 1 2 3 4 5 6 MAS	E. ACTIVIDAD ECONÓMICA 1. AGRÍCOLA 2. GANADERA 3. OTRO F. TIPO DE GANADO Y CANTIDAD 1. VACAS 2. CABRAS U OVEJAS 3. OTRO:
--	--	---

G. CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS:

G.1 MATERIAL PREDOMINANTE: G. 1.1 EN PAREDES 1. PIEDRA CON CAL O CEMENTO 2. ADOBE 3. TAPIAL 4. QUINCHA (CAÑA CON BARRO) 5. PIEDRA CON BARRO 6. MADERA/OSB 7. ESTERA G. 4 ABASTECIMIENTO DE AGUA 1. RED PÚBLICA 2. POZO 3. RÍO O ASEQUIA 5. MANANTIAL 6. OTRO 7. NO HAY G. 7 ENERGÍA Y/O COMBUSTIBLE PARA COCINAR 1. ELECTRICIDAD 2. GAS 3. KEROSENE 4. CARBÓN 5. LEÑA 6. BOSTA 7. OTRO H. FALTA ENERGÍA EN LA VIVIENDA PARA... 1. ALUMBRADO (LUZ) 2. ELECTRICIDAD (CORRIENTE ELECTRICA) 3. COCINAR ALIMENTOS (COMBUSTIBLE) 4. CALEFACCIÓN I. EQUIPAMIENTO DE LA VIVIENDA 1. DISPONE DE RADIO 2. DISPONE DE TELEVISOR 3. DISPONE DE REFRIGERADORA 4. DISPONE DE COMPUTADORA 5. DISPONE DE 3 O MAS EQUIPOS 6. OTRO (INDICAR)	G. 2 EN PISOS 1. TERRAZO O SIMILARES 2. LOSETAS 3. MADERA 4. CEMENTO 5. CERÁMICA 6. TIERRA 7. OTRO MATERIAL G. 5 NÚMERO DE HABITACIONES DE LA VIVIENDA (NO INCLUIR BAÑO NI COCINA) 1 2 3 MAS G. 6 NÚMERO DE HABITACIONES QUE SE USAN PARA DORMIR 1 2 3 4 MAS G. 8. ¿CUANTOS MIEMBROS APORTAN ECONÓMICAMENTE EN TU HOGAR? 1 2 3 MAS G. 9. ¿CUANTO ES EL INGRESO MENSUAL EN TU HOGAR? G. 10. ¿CUANTAS HORAS AL DÍA USAS LA COCINA EN INVIERNO? 	G. 3 EN TECHOS 1. MADERA 2. TEJAS 3. CALAMINA 4. CAÑA CON BARRO 5. ESTERAS 6. PAJA/ PALMA 7. OTRO MATERIAL
---	---	--

J. PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN EL INVIERNO J. 1 EN EL INVIERNO, EL CLIMA DE HUAROS TE GENERA ALGÚN PROBLEMA? 1. SIENTO MUCHO FRÍO 2. ME ENFERMO 3. MI VIVIENDA NO ME PROTEGE DEL FRÍO 4. EL GANADO SE MUERE POR EL FRÍO 5. ESCASEA EL ALIMENTO Y EL AGUA		
--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Cuestionario de encuesta. Segunda parte.

6. OTRO (INDICAR)

J. 2 QUE MES DEL AÑO SIENTES MAS FRÍO ¿EN QUE MOMENTO DEL DÍA SIENTES MAS FRÍO EN EL INTERIOR DE TU VIVIENDA?

1. ENERO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	1. JULIO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	1. EN LA NOCHE <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>
2. FEBRERO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	2. AGOSTO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	2. EN LA MADRUGADA <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>
3. MARZO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	3. SETIEMBRE <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	3. EN LAS MAÑANAS <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>
4. ABRIL <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	4. OCTUBRE <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	4. EN LAS TARDES <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>
5. MAYO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	5. NOVIEMBRE <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	5. AL MEDIO DÍA <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>
6. JUNIO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	6. DICIEMBRE <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	6. OTRO (INDICAR) <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>

J. 3 ¿QUÉ HACES CUANDO SIENTES FRÍO DENTRO DE TU VIVIENDA?

1. ME ABRIGO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	<input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/>
2. PRENDEMOS LA COCINA <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
3. CERRAMOS LAS PUERTAS Y LAS VENTANAS <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
4. NOS JUNTAMOS TODOS EN UNA HABITACIÓN <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
5. OTRO (INDICAR) <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	

J. 4 SI TUVIERAS DINERO, QUE COSA HARÍAS PARA HACER MAS CALIENTE TU VIVIENDA?

1. REPARARÍA EL TECHO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	<input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/>
2. PONDRÍA PISO DE MADERA <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
3. REPARARÍA LOS MUROS <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
4. PONDRÍA CALEFACCIÓN <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
5. OTRO (INDICAR) <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	

J. 5 QUE SISTEMA DE CALEFACCIÓN CONOCES?

1. MURO TROMBE <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	<input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/>
2. RADIADORES ELECTRICOS O A GAS <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
3. COLECTOR SOLAR <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
4. PISO RADIANTE <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
5. OTRO (INDICAR) <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
6. NINGUNO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	

J. 6 QUE SISTEMA DE CALEFACCIÓN USARÍAS EN TU VIVIENDA?

1. MURO TROMBE <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	<input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/>
2. RADIADORES ELECTRICOS O A GAS <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
3. COLECTOR SOLAR <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
4. PISO RADIANTE <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
5. OTRO (INDICAR) <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	
6. NINGUNO <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>	

J. 6 EXPLICA PORQUÉ HAS ELEGIDO ESE TIPO DE CALEFACCIÓN

J. 8 PARTICIPARÍAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN EN LAS VIVIENDAS DE TU COMUNIDAD?

	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/> SI	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/> NO	
--	--	--	--

PORQUÉ?

Fuente: Elaboración propia

6.6. Anexos de instrumentos estadísticos.

Tabla 23

Tabla de confiabilidad y validez de instrumento estadístico ALFA DE CRONBACH

Fiabilidad

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	36	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	36	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Tabla: Escala de valores de Alfa de Cronbach

Intervalo al que pertenece el coeficiente alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad de los ítems analizados
[0 ; 0,5[Inaceptable
[0,5 ; 0,6[Pobre
[0,6 ; 0,7[Débil
[0,7 ; 0,8[Aceptable
[0,8 ; 0,9[Bueno
[0,9 ; 1]	Excelente

Por: Eduardo Chaves-Barboza y Laura Rodríguez-Miranda

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,904	12

De acuerdo con la escala de valores, con la prueba de Alfa de Cronbach encontramos que 0.904 nos indica que el instrumento tiene una excelente aplicabilidad.

Estadísticas de total de elementos				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
P1: Calcular la demanda de energía de la vivienda en un mes.	38,70	70,853	,569	,899
P2: Calcular la cantidad de biogás que debe producir el biodigestor para cubrir la demanda de energía de la vivienda.	38,75	70,513	,657	,895
P3: Medir la temperatura del dormitorio 1 de la vivienda sin el sistema radiador de calor (Piso radiante).	38,80	74,063	,407	,906
P4: Medir, mediante simulaciones, la temperatura del dormitorio 1 de la vivienda <i>mejorada</i> , con el sistema radiador de calor (Piso radiante).	38,85	68,766	,822	,888
P5: Calcular con el sistema de control ambiental simulado, cuantas horas requiere el sistema de calefacción hidrónico implementado en el dormitorio 1 para alcanzar la temperatura de 18°C.	38,75	69,039	,753	,890
P6: Calcular con el sistema de control ambiental simulado, cuantas horas se mantiene el dormitorio 1 a 18°C de temperatura.	38,70	65,168	,871	,883
P7: Medir las emisiones de monóxido de carbono (CO) en PPM en el interior de la vivienda con el uso de leña y/o bosta en la cocina.	38,70	72,642	,466	,904
P8: Medir las emisiones de monóxido de carbono (CO) en PPM en el interior de la vivienda con el uso de gas en la cocina.	39,00	65,684	,747	,890
P9: Medir la temperatura en °C y la humedad relativa en gramos por metro cúbico (g/m3) del aire interior del dormitorio 1 de la vivienda sin el sistema de calefacción propuesto.	38,65	75,082	,441	,904
P10: Medir la temperatura en °C y la humedad relativa en gramos por metro cúbico (g/m3) del aire interior del dormitorio 1 de la vivienda con el sistema de calefacción propuesto.	38,90	66,200	,710	,892
P11: Determinar el equilibrio térmico de una persona según su vestimenta y actividad física, respecto al recinto elegido, sin el sistema de calefacción propuesto.	38,60	75,305	,398	,906
P12: Determinar el equilibrio térmico de una persona, según su vestimenta y actividad física, respecto al recinto elegido, sin el sistema de calefacción propuesto.	38,90	66,200	,710	,892

Procesamiento de la información de las encuestas.

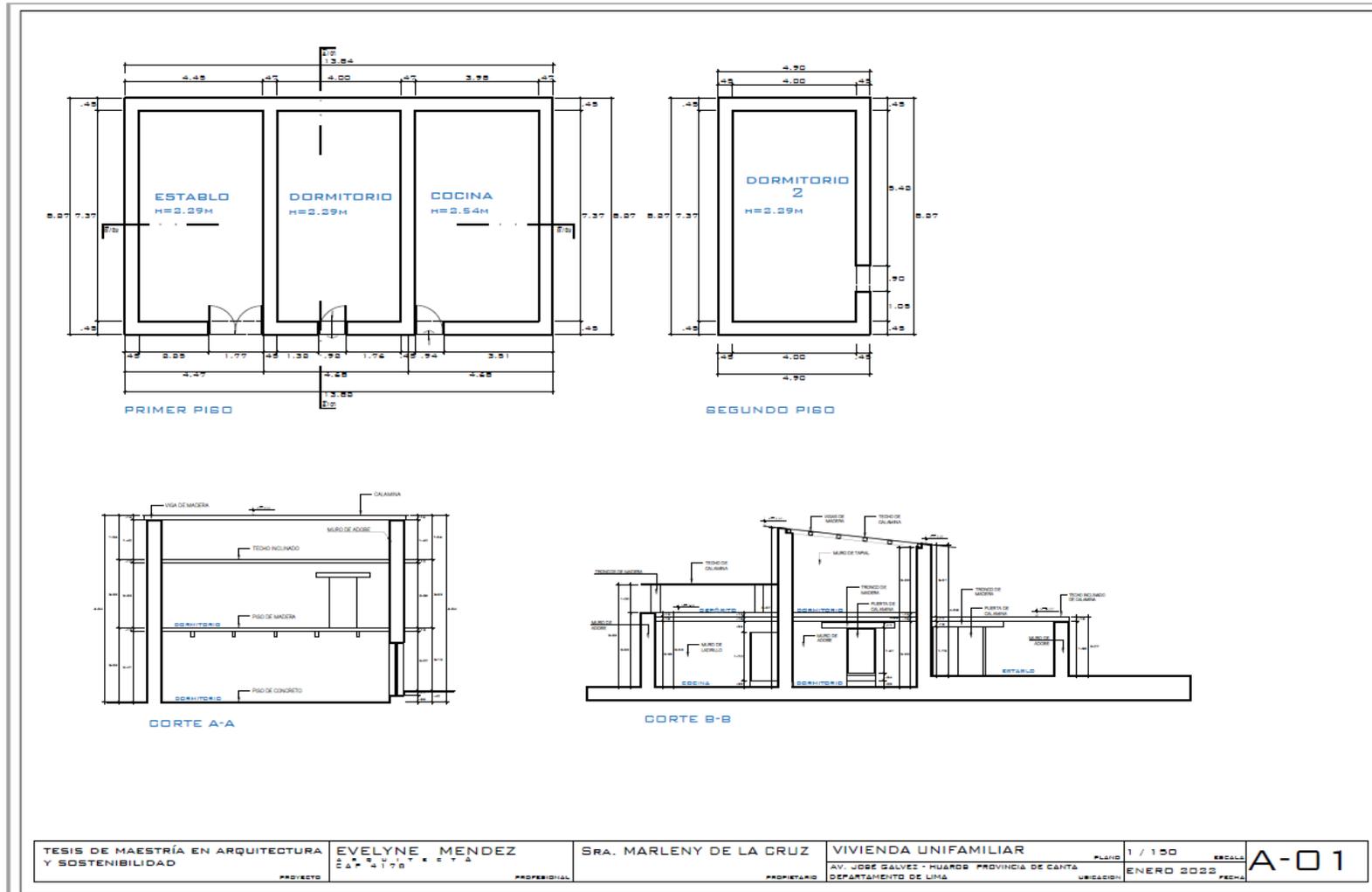
INFORMACIÓN GENERAL										INFORMACIÓN DE LA VIVIENDA							
Encuestador (a)	Nº Encuesta	Jefe de hogar	Familias x vivienda	Personas x vivienda	miembros que aportan económicamente	Ingreso mensual de la familia	Actividad económica	Tipo de ganado	Cantidad	Orientación del ingreso	Material (Paredes)	Material (Piso)	Material (Techo)	Horas de uso de la cocina (Invierno)	Nº habitaciones (No baño ni cocina)	Nº habitaciones para dormir	Equipos en la vivienda
Evelyne Méndez	1	Baldeón, Rosa	1	2.00	2	1.000	Ganadería	Vacuno y equino	8/2	O	Piedra con barro, Adobe	Tierra	Madera con calamina	8	1	1	Radio
								Caprino	1								
Judid Cueva	2	Marcelo Oulsope, Elvis	1	3.00	2	200	Ganadería	Vacuno y equino	6/2	S	Adobe	Tierra	Madera con calamina	4	2	2	Radio y televisión
								Caprino y ovino	12/8								
	3	Mosquito Paredes, Adrían	1	7.00	3	1.500	Ganadería	Vacuno y equino	11/4	SE	Adobe, piedra con barro	Cemento	Madera con calamina	12	5	2	Radio, TV y refrigeradora, CELULARES, TABLET
								Caprino y ovino	16/8								
	4	Paredes Uliaca, Hidel	2	5.00	2	300	Ganadería	Vacuno	5	O	Adobe, y cemento	Madera	Madera con calamina	8	3	2	Radio y televisión
								Equino	3								
5	Mosquito Huamán, Jobín	2	7.00	2	800- 900	Ganadería	Vacuno	30	S	Adobe	Tierra	Madera con calamina	7	2	1	televisión	
							Equino	4									
6	Pezpac Espinoza, Maora	1	3.00	2	1.000	Ganadería	Vacuno	20	S	Adobe	Tierra	Madera con calamina	14	2	2	Radio y televisión	
							Equino	2									
Emilia De La Cruz	7	Villanueva Delgado, Narciso	1	1.00	1	600	Ganadería	Vacuno	8		Adobe	Cerámica	Tejas	1	1	1	Radio y televisión
								Equino	2								
	8	Cabello Ledón, Eumelia	2	7.00	2	400	Ganadería Agricultura	Caprino y ovino	15/10		Adobe	Tierra	Madera con calamina	5	2	2	televisión
	9	Martín Ayaza, Aurelio	2	5.00	2	200	Ganadería Agricultura	Porcino	8	N.S	Tapial	Tierra	Madera con calamina	10	1	1	Radio y televisión
	10	Ceballos Condoso, Valeriano Máximo	1	2.00	1	600	Ganadería	Vacuno	6	S		Tierra	Madera con calamina	8	2	1	Radio
								Equino	2								
	11	Huamánquez Pastriana, Freddy	1	3.00	2	400	Ganadería Agricultura	Vacuno y equino	6/4	NE	Adobe	Cemento	Madera con calamina	4	1	1	Radio y televisión
12	Porras Romero, Alcides	1	7.00	2	200	Ganadería	Vacuno y equino	6/4	NO	Adobe	Cemento	Madera con calamina	7	2	2 y 4	Radio, televisión, refrigeradora, licuadora	
							Caprino y ovino	20/7									
13	Salgado, Raída	1	2.00	1	200	Ganadería Agricultura	Porcino	6	NO	Adobe	Tierra	Madera con calamina	5	1	1	televisión	
14	Santos Ledón, Leonides	1	2.00	2	200	Ganadería	Porcino	3		Adobe, tapial, piedra con cemento	Madera/ tierra	Madera con calamina	8	2	2	televisión	
							Cuyes	24									
15	Delgado Espiritu, Margarita	1	1.00	1	100	Ganadería	Caprino y ovino				Tierra	Madera con calamina	4	2	2	Radio	
							Cuyes	25									
16	Surihaquí, María	1	7.00	2	600	Ganadería	Cuyes	30		tapial	Tierra	Madera con calamina	11	2	1	Radio	
Renatta Figueroa	17	Cabello Meago, Luis	1	4.00	1	950	Ganadería	Vacuno y equino	8/3	S	Adobe, quincha y piedra	Tierra	Calamina	6	3	2	Radio y Tv
	18	Flores Palpa, Marica	1	4.00	2	600	Ganadería	Vacuno y equino	6/4	SO	Adobe	Tierra	Madera con calamina	18	2	1	Celular
								Caprino	3								
	19	Cabello Lagos, Carlos	1	7.00	2	400	Ganadería	Vacuno y equino	18/4	S	Adobe	Tierra	Madera con calamina	20	3	3	5 CELULARES
								Caprino y porcino	6/7								
20	Uliaca Morales, Manuel Jesús	3	6.00	1	700	Ganadería	Vacuno y equino	15/3	NE	Adobe	Tierra	Madera con calamina	6	2	2	televisión, refrigeradora	
							Caprino y porcino	6/8									
21	Cruz Condoso, Julio Valerio	1	4.00	1	520	Ganadería Agricultura	Vacuno y equino	32/6	SE	Adobe, tapial, quincha	Tierra/ madera	Madera con calamina	6	2	2	Radio y Tv	
22	Huamán, Jesús	1	3.00	3	700	Ganadería	Vacuno y equino	25/6	E	Adobe, Piedra con barro	Tierra	Madera con calamina	5	2	1	Radio y Tv	
							Caprino y ovino	8									
Kyria Melendez	23	Armas Cruz, Ruben Alberto	1	2.00	1	1000	Ganadería	Vacuno	4	SE	Adobe	Tierra	Madera con calamina	8	2	1	Radio y Tv
								Equino	2								
	24	Agapito Delgado	1	5.00	1	900	Ganadería Agricultura	Vacuno y equino	12/3	E	Adobe, piedra, madera	Tierra	Madera con calamina	4	1	2	Radio y Tv

INFORMACIÓN GENERAL										INFORMACIÓN DE LA VIVIENDA							
Encuestador (a)	N° Encuesta	Jefe de hogar	Familias x vivienda	Personas x vivienda	miembros que aportan económicamente	Ingreso mensual de la familia	Actividad económica	Tipo de ganado	Cantidad	Orientación del ingreso	Material (Paredes)	Material (Piso)	Material (Techo)	Horas de uso de la cocina (Invierno)	N° habitaciones (No baño ni cocina)	N° habitaciones para dormir	Equipos en la vivienda
Evelyne Méndez	25	Soto Aguirre, Asunción	1	2.00	1	S/. 1,100.00	Agricultura			E	Adobe c/plástico	Tierra	Madera con calamina	2	1	1	0
							Ganadería	Vacuno y equino	4/2								
	26	Palpa, Mercedes	1	5.00	4	S/. 1,000.00	Agricultura				Adobe	Tierra	Madera con calamina	10	1	1	televisión
							Ganadería	Vacuno y equino	20/4								
	27	Galarza, Víctor	1	5.00	3	900	Agricultura				Adobe/OSB	Cemento	Madera con calamina	5	5	3	Radio y TV
							Ganadería	Vacuno y equino	20/6								
	28	Huamán, Vania	1	3.00	2	930	Agricultura				Adobe/OSB	Adobe	Madera con calamina	4	1	1	televisión
							Ganadería	Vacuno y equino	16/4								
	29	Marcelo Delgado, Sujeyí	1	3.00	3	600	Agricultura				Adobe	OSB	Madera con calamina	12	2	1	televisión
							Ganadería	Caprino y porcino	10/10								
	30	Sixto, Frank	1	4.00	2	900	Agricultura				Adobe	Tierra	Madera con calamina	10	1	1	Radio y TV
							Ganadería	Vacuno y equino	4/3								
31	Martín de la Cruz, Rosario	2	5.00	2	800	Agricultura				Tapial	Tierra	Madera con calamina	7	1	1	Radio y TV	
						Ganadería	Vacuno, porcino ovino y equino	8/3/10/3									
32	Cubas Masgo, Cirilo	1	3.00	2	800	Agricultura				Adobe y tapial	Tierra/madera	Madera con calamina	6	4	3	televisión	
						Ganadería	Vacuno y equino	15/3									
33	Reyes, Dario	1	3.00	2	S/. 1,000.00	Agricultura				Adobe	Tierra	Madera con calamina	8	3	2	Radio y TV	
						Ganadería	Vacuno y equino	6/4									
34	Palpa, Ricardina	2	6.00	3	1000.00	Agricultura				Adobe	Tierra	Madera con calamina	10	3	2	Radio y TV	
						Ganadería	Vacuno y equino	12/3									
35	Cabello, Clotilde	1	3.00	1	900	Agricultura				Adobe	Tierra	Madera con calamina	6	2	1	televisión	
						Ganadería	Vacuno y equino	7/4									
36	Cañaris Aranda, Carmen	1	2.00	1	900	Agrícola				Adobe	Tierra	Madera con calamina	10	4	1	Radio y TV	
						Ganadera	Vacuno y equino	5/2									

INFORMACIÓN GENERAL			SERVICIOS BÁSICOS DE LA VIVIENDA			SENSACIÓN TÉRMICA DEL POBLADOR					INFORMACIÓN SOBRE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN					
Encuestador (a)	N° Encuesta	Jefe de hogar	AGUA	ENERGÍA O COMBUSTIBLE PARA COCINAR	QUE SERVICIO LE FALTA A LA VIVIENDA?	PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN INVIERNO	OTROS PROBLEMAS	QUE MESES SIEN TEN MAS FRIO	MOMENTO DEL DÍA QUE SIEN TEN FRIO	QUE HACEN CUANDO SIEN TEN FRIO?	SI TUVIERAS DINERO QUE HARÍAS PARA HACER MAS CALIENTE TU VIVIENDA	QUE SISTEMA DE CALEFACCIÓN CONOCES?	QUE SISTEMA DE CALEFACCIÓN USARÍAS?	PORQUE USARÍAS ESE?	PARTICIPARÍAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN EN LAS VIVIENDAS DE TU COMUNIDAD?	
Evelyne Méndez	1	Balderrón, Rosa	ASEQUIA	LEÑA	AGUA, CALEFACCIÓN Y ELECTRICIDAD	SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO		JULIO	TARDES	PRENDEN LA COCINA	PONDRÍA CALEFACCIÓN	LAS ESTUFAS	LAS ESTUFAS	ES EL QUE CONOCE	SI PORQUE NOS BENEFICIARÍAMOS TODOS, VIVIRÍAMOS MEJOR	
								AGOSTO	NOCHE							
Judith Cueva	2	Marcelo Quijpe, Elysi	RED PÚBLICA	ELECTRICIDAD /GAS	DESAGUE	SIENTO MUCHO FRÍO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, ESCASA EL ALIMENTO Y EL AGUA		JULIO	NOCHE	SE ABRIGA	REPARAR EL TECHO	NINGUNO	NO SABE		SI (PORQUE NOS ABRIGARÍA Y AYUDARÍA A LA CRÍANZA ANIMALES)	
								AGOSTO	MADRUGADA	CIERRAN PUERTAS Y VENTANAS						
	3	Moaquito Paredes, Adrian	RED PÚBLICA	LEÑA /GAS	CALEFACCIÓN	ME ENFERMO, ESCASA EL AGUA	LA LLUVIA MOJA LAS PAREDES, DERRUMBES		JUNIO / JULIO	NOCHE/MAÑANAS	SE ABRIGAN	REPARAR MUROS	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA NO ENFERMAR
									AGOSTO	MADRUGADA	PRENDEN LA COCINA*	PONDRÍA CALEFACCIÓN				
	4	Paredes Uacsa, Hidel	POZO	ELECTRICIDAD LEÑA O BOSTA	FALTA COMBUSTIBLE PARA COCINAR	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, ME VIVEN EN FRÍO NO ME PROTEGE DEL FRÍO		HUAYCO, NO HAY ALIMENTO	JULIO	MADRUGADA	SE ABRIGAN	REPARAR EL TECHO	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA VIVIR SIN FRÍO
									AGOSTO	TARDES	PRENDEN LA COCINA*	REPARAR MUROS				
5	Moaquito Huaman, Jobán	POZO	LEÑA O BOSTA	DESAGUE	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, ESCASA EL ALIMENTO Y EL AGUA	VICHARRA, HUMO DAÑINO DE LA COCINA DE BARRIO		ENERO, FEBRERO	NOCHE	SE ABRIGAN	REPARAR MURO, TECHO, PISO	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA VIVIR MEJOR Y AUIVAR DOLOR DE HUESOS	
								MARZO, DIC	MADRUGADA	PRENDEN LA COCINA**	PONDRÍA CALEFACCIÓN					
6	Pacpac Espinoza, Mauro	RED PÚBLICA	LEÑA O BOSTA	CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO	HUAYCO		MAYO	MADRUGADA	SE ABRIGAN	REPARAR COCINA (VICHARRA)	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA MEJORAR SU COMODIDAD	
								JUNIO / JULIO	TARDES	PRENDEN LA COCINA**						
Emilia De La Cruz	7	Villanueva Delgado, Narciso	RED PÚBLICA	GAS	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO		JULIO	NOCHE	SE ABRIGA	PONDRÍA CALEFACCIÓN	RADIADORES ELECTRICOS	COLECTOR SOLAR	FÁCIL PARA COMPRIAR Y USAR	SI, ES AYUDA	
								AGOSTO	TARDES							
	8	Cabello León, Eumelia	RED PÚBLICA	LEÑA O BOSTA GAS	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, ESCASA EL ALIMENTO Y EL AGUA		JULIO	MAÑANAS	SE ABRIGA	REPARAR MURO, TECHO, PISO	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA SENTIRME ABRIGADO
									AGOSTO	TARDES						
	9	Martín Ayaza, Aurelio	MANANTIAL	LEÑA O BOSTA	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, ESCASA EL ALIMENTO Y EL AGUA			JULIO	MADRUGADA	SE ABRIGA	REPARAR EL TECHO	BOSTA	NO SABE	ECONÓMICO, NATURAL, ABRIGADOR	SI, PARA INCENTIVAR A LOS VECINOS A PARTICIPAR
									AGOSTO							
	10	Ceballos Condeso, Valeriano Máximo	MANANTIAL	LEÑA O BOSTA	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, ESCASA EL ALIMENTO Y EL AGUA			JULIO	NOCHE	SE ABRIGA	REPARAR EL TECHO	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA ABRIGAR MAS SU VIVIENDA
									AGOSTO							
	11	Huamanyari Pastriana, Freddy	MANANTIAL	GAS	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO			ENERO	NOCHE	SE ABRIGA	PONDRÍA CALEFACCIÓN	RADIADORES ELECTRICOS Y A GAS	RADIADORES ELECTRICOS Y A GAS	ES EL QUE CONOCE	SI, PARA QUE SU VIVIENDA SEA MAS ABRIGADA
											CIERRAN PUERTAS Y VENTANAS					
	12	Porras Romero, Aldred	MANANTIAL	GAS	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, EL GANADO SE MUEVE			OCTUBRE	MAÑANAS	SE ABRIGA CIERRAN PUERTAS Y VENTANAS	REPARAR EL TECHO	COLECTOR SOLAR	RADIADORES ELECTRICOS Y A GAS	YA TUVO ANTES	SI, PARA TENER MI VIVIENDA MAS ABRIGADA
13	Salcedo, Isela	MANANTIAL	LEÑA	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO			MAYO	NOCHE	PRENDEN LA COCINA	REPARAR EL TECHO	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA MEJORAR MI VIVIENDA	
								JUNIO	MAÑANAS	SE ABRIGAN						
14	Santos León, Leonidas	PUQUIAL	GAS	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, MI VIVIENDA NO ME PROTEGE, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO			ENE/FEB/MAR	MAÑANAS	SE ABRIGA	REPARAR EL TECHO	RADIADORES ELECTRICOS Y A GAS	PISO RADIANTE	A ESCUCHADO SOBRE EL SISTEMA	SI, PARA QUITAR EL FRÍO EN LA NOCHE	
								JULIO/AGOS	TARDES							
15	Delgado Espíritos, Margarita	RED PÚBLICA	LEÑA	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, MI VIVIENDA NO ME PROTEGE, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO			JULIO	MAÑANAS	SE ABRIGAN	REPARAR EL TECHO	NINGUNO	NO SABE		SI, POR NECESIDAD	
								AGOSTO	TARDES	PRENDEN LA COCINA	PONDRÍA PISO DE MADERA					
16	Surichaquí, María	RED PÚBLICA	LEÑA	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, NO VIVEN EN MI PROTEGE			ENE/FEB/MAR	MAÑANA, TARDE, NOCHE Y MADRUGADA	PRENDEN LA COCINA	PONDRÍA PISO DE MADERA	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA ABRIGARME	
Renatta Figueroa	17	Cabello Mingo, Luis	RED PÚBLICA	LEÑA	COMBUSTIBLE CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO	CAMBIO DE HELADA A CALOR	JULIO	NOCHE	SE ABRIGAN PRENDEN LA COCINA	PONER CELOSAS	NINGUNO	ESTUFA	PARA QUE ME ABRIGUE	SI, HAY PERSONAS MAYORES Y PARA QUE LOS ANIMALES NO SE ENFERMEN	
								AGOSTO	MADRUGADA							
	18	Flores Palpa, Marcia	MANANTIAL	LEÑA	COMB/CALEF	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, MI VIVIENDA NO ME PROTEGE, ESCASA EL ALIMENTO	HUAYCOS		JULIO	NOCHE	SE ABRIGAN	PONDRÍA ESTUFAS	NINGUNO	ESTUFA	PARA QUE ME ABRIGUE	SI, POR SALUD DEL HOGAR Y ANIMALES
									AGOSTO	MADRUGADA	PRENDEN LA COCINA**					
	19	Cabello Lagos, Carlos	RED PÚBLICA	GAS / LEÑA	CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, MI VIVIENDA NO ME PROTEGE, ESCASA EL ALIMENTO			JULIO	MAÑANA, NOCHE Y MADRUGADA	SE ABRIGAN PRENDEN LA COCINA	PONDRÍA CALEFACCIÓN	RADIADORES ELECTRICOS Y A GAS	RADIADORES ELECTRICOS Y A GAS	POR SALUD	SI, POR NECESIDAD
									AGOSTO							
20	Llaca Morales, Manuel Jesús	RED PÚBLICA/ MANANTIAL	LEÑA	COMBUSTIBLE CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, EL AGUA ESCASA			JUNIO	MAÑANA, TARDE, Y MADRUGADA	SE ABRIGAN PRENDEN LA COCINA	REPARAR TECHO, PONDRÍA PISO DE MADERA Y CALEFACCIÓN	ESTUFAS ELECTRICAS	ESTUFAS ELECTRICAS		SI, POR NECESIDAD	
								JULIO								
21	Cruz Condeso, Julio Valerio	MANANTIAL	LEÑA	CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, MI VIVIENDA NO ME PROTEGE, ESCASA EL AGUA			JULIO	NOCHE	SE ABRIGAN	REPARAR TECHO, PONDRÍA PISO DE MADERA Y CALEFACCIÓN, AGUA CALIENTE (Térm)	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA ABRIGARME EN TIEMPO DE HELADAS. (Agua caliente)	
								AGOSTO	MADRUGADA	PRENDEN LA COCINA**						
22	Huamán, Jesús	MANANTIAL	GAS / LEÑA	CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO, MI VIVIENDA NO ME PROTEGE, ESCASA EL AGUA			JULIO	TARDE, NOCHE Y MADRUGADA	SE ABRIGAN CIERRAN PUERTAS Y VENTANAS	REPARAR TECHO, PONDRÍA PISO DE MADERA Y CALEFACCIÓN	NINGUNO	NO SABE		SI, POR NECESIDAD	
								AGOSTO								
Kyria Melendez	23	Armas Cruz, Ruben Alberto	MANANTIAL	LEÑA	ELECTRICIDAD, COMBUSTIBLE Y CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO		ENE/FEB/MAR	TODO EL DÍA	SE ABRIGAN CIERRAN PUERTAS Y VENTANAS	REPARAR TECHO, PONDRÍA PISO DE MADERA	NINGUNO	RADIADORES ELECTRICOS Y A GAS	ES EL QUE CONOCE	SI, PORQUE EL COSTO SERÍA MENOS SI SON MAS PERSONAS	
								NOV/DIC								
24	Acapito Delgado	MANANTIAL	LEÑA	ELECTRICIDAD, COMBUSTIBLE Y CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, SE MUEVE DE FRÍO EL GANADO			JULIO	TARDES	REPARAR TECHO, PONDRÍA PISO DE MADERA Y CALEFACCIÓN	RADIADORES ELECTRICOS Y A GAS	NECESITA MAS INFORMACIÓN PARA DECIDIR		SI, PARA GENERAR BIENESTAR EN LAS CASAS		
								AGOSTO	NOCHE							

INFORMACIÓN GENERAL			SERVICIOS BÁSICOS DE LA VIVIENDA			SENSACIÓN TÉRMICA DEL POBLADOR					INFORMACIÓN SOBRE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN				
Encuestador (a)	N° Encuesta	Jefe de hogar	AGUA	ENERGÍA O COMBUSTIBLE PARA COCINAR	QUE SERVICIO LE FALTA A LA VIVIENDA?	PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN INVIERNO	OTROS PROBLEMAS	QUE MESES SIENTEN MAS FRIO	MOMENTO DEL DÍA QUE SIENTEN FRIO	QUE HACEN CUANDO SIENTEN FRÍO?	SI TUVIERAS DINERO QUE HARÍAS PARA HACER MAS CALIENTE TU VIVENDA	QUE SISTEMA DE CALEFACCIÓN CONOCES?	QUE SISTEMA DE CALEFACCIÓN USARÍAS?	PORQUE USARÍAS ESE?	PARTICIPARÍAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN EN LAS VIVIENDAS DE TU COMUNIDAD?
Evelyne Méndez	25	Soto Aguirre, Asunciona	MANANTIAL	LEÑA/GAS	AGUA, DESÁGUE CALEFACCIÓN Y ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, SE MUERE DE FRÍO EL GANADO.	LLUEVE MUCHO (INUNDACION)	DE ENERO A MAYO	MADRUGADAS TARDES	ME ABRIGO BEBIDAS CALIENTES	ELECTRICIDAD RADIADOR ELECTRICO	RADIADOR ELECTRICO	RADIADOR ELECTRICO	ES EL QUE CONOCE	SI, PARA AYUDAR A LA COMUNIDAD.
	26	Palpa, Mercedes	RESERVORIO	LEÑA	CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO		JULIO, AGOSTO	NOCHE MAÑANAS	ME ABRIGO	PONDRÍA CALEFACCIÓN	NINGUNO	NO SABE		SI, ES UN BIEN PARA LA COMUNIDAD.
	27	Galarza, Victor	RESERVORIO	LEÑA O BOSTA	ELECTRICIDAD	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUERE DE FRÍO EL GANADO, ESCASEA EL ALIMENTO.		JUNIO / JULIO AGOSTO	MADRUGADAS NOCHE	ME ABRIGO PRENDEN LA COCINA	FORRAR LAS PAREDES EMPASTAR	NINGUNO	NO SABE		SI, PORQUE ES LO QUE NECESITAMOS
	28	Huamán, Vanía	RED PÚBLICA	GAS	DESAGUE CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO		DE ENERO A ABRIL	TODO EL DÍA	ME ABRIGO	REPARAR MURO, CAMBIARÍA EL PISO	NINGUNO	NO SABE		SI, POR NECESIDAD
	29	Marcelo Delgado, Sujeyi	RED PÚBLICA	LEÑA/GAS	CALEFACCIÓN	ME ENFERMO		JUNIO / JULIO AGOSTO	TARDE, NOCHE Y MADRUGADA	ME ABRIGO PRENDEN LA COCINA	REPARAR MUROS	COLECTOR SOLAR	COLECTOR SOLAR	ES EL QUE CONOCE	TODA ACTUALIZACIÓN AYUDA.
	30	Sisto, Frank	RESERVORIO	LEÑA O BOSTA GAS	CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO		FEBRERO	TODO EL DÍA	ME ABRIGO PRENDEN LA COCINA	VIVIRÍA EN OTRO LUGAR	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA NO TENER FRÍO Y AYUDAR A LA COMUNIDAD.
	31	Martín de la Cruz, Rosario	MANANTIAL	LEÑA O BOSTA	CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUERE DE FRÍO EL GANADO.	hija ganó 1er puesto cocina con bosta	JULIO AGOSTO	NOCHE MADRUGADAS	ME ABRIGO PRENDEN LA COCINA	REPARAR MUROS REPARAR COCINA	NINGUNO	NO SABE		SI, ES UN BIEN PARA LA COMUNIDAD.
	32	Cubaz Masgo, Cirilo	RESERVORIO	LEÑA O BOSTA GAS	CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO. MI VIVIENDA NO ME PROTEGE DEL FRÍO.	LLUEVE MUCHO (INUNDACION)	JUNIO JULIO	NOCHE MADRUGADAS	ME ABRIGO	COMPRAR ESTUFA	NINGUNO	NO SABE		SI, PORQUE ES LO QUE NECESITAMOS
	33	Reyes, Dario	MANANTIAL	LEÑA O BOSTA	CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUERE DE FRÍO EL GANADO.	LLUEVE MUCHO (INUNDACION)	JUNIO / JULIO AGOSTO	MADRUGADAS TARDES	ME ABRIGO	REPARAR MURO, CAMBIARÍA EL PISO	NINGUNO	NO SABE		SI, POR NECESIDAD
	34	Palpa, Ricardina	MANANTIAL	LEÑA O BOSTA GAS	DESAGUE CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUERE DE FRÍO EL GANADO.		JULIO, AGOSTO	TARDE, NOCHE Y MADRUGADA	ME ABRIGO	REPARAR MURO, CAMBIARÍA EL PISO	NINGUNO	NO SABE		SI, PARA AYUDAR A LA COMUNIDAD.
	35	Cabello, Clotilde	RESERVORIO	LEÑA O BOSTA	COMBUSTIBLE CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO, ME ENFERMO, SE MUERE DE FRÍO EL GANADO.		JUNIO / JULIO AGOSTO	NOCHE MADRUGADAS	ME ABRIGO PRENDEN LA COCINA	PONDRÍA ESTUFAS	ESTUFAS	ESTUFAS	ES EL QUE CONOCE	SI, POR NECESIDAD
	36	Cañaris Aranda, Carmen	RESERVORIO	LEÑA O BOSTA	COMBUSTIBLE/ CALEFACCIÓN	SIENTO MUCHO FRÍO		DE ENERO A ABRIL	TODO EL DÍA	ME ABRIGO PRENDEN LA COCINA	REPARAR TECHO, PONDRÍA PISO DE MADERA	COLECTOR SOLAR	COLECTOR SOLAR	ES EL QUE CONOCE	SI, PARA NO TENER FRÍO Y AYUDAR A LA COMUNIDAD.

6.7. Planos del levantamiento arquitectónico



6.8. Información sobre ganado por familia.

CANTIDAD DE GANADO X FAMILIA																																					
TIPO DE GANADO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	TOTAL
Vacas	8	6	11	6	30	20	6			6	6	6				8	6	18	15	32	25	4	12	4	20	20	16		6	8	15	6	12	8	6	346	
Caballos	2	2	4	3	4	2	2			2	4	4				3	4	4	3	6	6	2	3	2	4	6	4		3	3	3	4	3	4	2	98	
Cabras	1	12	16					15				20			20		3	6	6		8							10		10						127	
Ovejas		8	8					10				7																								33	
Cerdos									8				6	3					7	8								10		3						45	
Cuyes														24	25	30																				79	



Según este cuadro, las 36 familias encuestadas tienen un total de 346 vacas, por lo tanto, cada familia tiene aproximadamente 10 vacas.

6.9. Carta de presentación de la universidad para realizar la encuesta.

