



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“Diseño de un Sistema de Calefacción Solar (Muro Trombe) para
Optimizar el Confort en Viviendas Rurales Alto Andinas en la
Región Cajamarca”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR

Cachi Zambrano, Jimmy Raphael (ORCID: 0000-0001-9594-1433)

ASESOR

Ing. Reyes Tassara, Pedro Demetrio (ORCID: 000-0002-0395-7065)

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño y Modelamiento Electromecánico.

CHICLAYO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios, primeramente por ayudarme siempre.

A mi familia por todo el apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de este camino.

Asimismo, a todas las personas que contribuyeron con su ayuda para cumplir con mi meta.

El Autor

AGRADECIMIENTO

*A dios por brindare sabiduría
Para poder culminar con éxito mis metas.
A la universidad cesar vallejo por haberme
Brindado sus enseñanzas durante este tiempo.
Un agradecimiento especial a las personas
Que me han proporcionado toda la información
Necesaria para elaborar este trabajo.*

Jimmy Raphael Cachi Zambrano

PRESENTACIÓN

La investigación se realiza con el fin de cumplir todos los requisitos estipulados por el área de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejos que es el resultado de la preparación de cinco años que recibí de parte de esta institución, con el fin de poder culminar el fin de mi carrera profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PRESENTACIÓN	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática	1
II. MARCO TEORICO	4
2.1. Trabajos Previos	4
2.2. Teorías Relacionadas al Tema	7
Energía Solar.	7
Muro Trombe.	7
2.3. Formulación del Problema.....	8
2.4. Justificación del Estudio.....	8
2.5. Hipótesis	9
2.6. Objetivos.....	9
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Diseño de investigación	10
3.2. Variables, Operacionalización.....	11
3.3. Población y muestra	12
Población.....	12
Muestra.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	12

3.4.1. Técnica e instrumentos de recolección de datos.	12
3.4.2. Observación.....	13
3.4.3. Revisión documentaria.	13
3.4.4. Ficha de Registro de radiación.	13
3.4.5. Ficha de Revisión Documentaria.	13
3.4.6. Validez y confiabilidad.	14
3.5. Métodos de análisis de datos.....	14
3.6. Aspectos éticos	14
4. RESULTADOS.....	15
4.1. Analizar la Factibilidad del Muro Trombe y Calcular la demanda térmica requerida en las viviendas alto andinas de Cajamarca.	15
4.2. Diseñar el sistema de calefacción solar (muro Trombe) para optimizar el confort térmico de las viviendas alto andinas de Cajamarca.....	22
4.3. Calcular el costo de fabricación del sistema de calefacción solar (muro trombe).....	43
4. DISCUSIÓN.....	44
5. CONCLUSIONES	46
6. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1:Cuadro de Operacionalización de Variables.....	11
Tabla 2:Instrumentos de Recolección de Datos.....	12
Tabla 3:Tabla de Resultados de Factibilidad del Muro Trombe	16
Tabla 4:Temperaturas de Vivienda.	23
Tabla 5:Espesor de Materiales.....	26
Tabla 6:Tabla de Temperaturas del Espacio a Calentar.	32
Tabla 7:Tabla de Diferencia de Temperatura.....	33
Tabla 8:Tabla de las Dimensiones de los Orificios.....	33
Tabla 9:Tabla de Aportación Térmica.	34
Tabla 10:Tabla de Variación de Temperatura Interior del Muro	35
Tabla 11:Tabla de Variación de Temperatura Interior del Muro	36
Tabla 12:Resistencias de Separación con Espacio Externo o Local Abierto.	37
Tabla 13:Día 1 para Establecer Temperaturas Externas e Internas con Pared y con Muro Trombe.....	40
Tabla 14:Día 2 para Establecer Temperaturas Externas e Internas con Pared y con Muro Trombe.....	41
Tabla 15:Temperaturas Promedio del Muro Trombe Según el Programa.....	42
Tabla 16:Resumen de Temperatura Promedio del Muro Trombe.	42
Tabla 17:Tabla de Costos para la Fabricación del Sistema de Calefacción Solar.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Promedio de Temperatura en Cajamarca.</i>	3
Figura 2: <i>Gráfica del Tiempo de Habitar en la Zona.</i>	17
Figura 3: <i>Gráfica del Material de Vivienda.</i>	17
Figura 4: <i>Gráfica de los Servicios Básicos con los que Cuenta la Vivienda.</i>	18
Figura 5: <i>Gráfica de Energía Eléctrica.</i>	18
Figura 6: <i>Gráfica de Bajas Temperaturas.</i>	19
Figura 7: <i>Gráfica de Enfermedades Respiratorias.</i>	19
Figura 8: <i>Gráfica de Frecuencias de Enfermedades Respiratorias.</i>	20
Figura 9: <i>Gráfica de Información Sobre un Sistema de Calefacción.</i>	20
Figura 10: <i>Gráfica de si les Gustaría Tener un Medio de Calefacción.</i>	21
Figura 11: <i>Recirculación Muro Trombe.</i>	25

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad determinar un sistema de calefacción por medio de un muro solar tipo Trombe para las zonas alto andinas de la región Cajamarca la investigación se desarrolla tomando un poblado con condiciones comunes de la zonas alto andinas de la región Cajamarca. Se elabora una encuesta donde se establece las bajas temperaturas y las condiciones de vivienda. Se establece las principales bondades que da el muro trombe que es ideal para las viviendas de adobe el cual permite mantener las condiciones de temperatura para un confort adecuado aun teniendo temperaturas bajas en el exterior de la vivienda.

Palabras clave: Sistema de Calefacción, Muro Trombe, Zonas Alto Andinas.

ABSTRACT

The present investigation has as a determination a heating system by means of a Trombe solar wall for the Andean Alton areas of the Cajamarca region, the investigation is carried out taking a village with common conditions of the high Andean zone of the Cajamarca region. Survey where low temperatures and housing conditions are established. It establishes the main benefits of the trombe wall that is ideal for adobe homes which allows maintaining the temperature conditions for adequate comfort even having low temperatures outside the house.

Keywords: Heating system, Wall Trombe, High Andean Zones.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Internacional

“América del sur se a divisado azotada por el frio que ha generado muchas víctimas en un invierno particular ya que es de los más fríos que han afectado esta parte del continente. Las personas afectadas eran indigentes, cuando las temperaturas descienden los más propensos son los niños y ancianos inclusive en lo entrañable de sus viviendas” (BBC Noticias, 2010).

“Ya se presentan alrededor de 80 víctimas en lo que va del invierno en varios países de Sudamérica. Indigencia, pobreza y estufas deficientes son las razones de las muertes. Argentina es uno de los países que sufre de la severidad del frio. Las cifras de víctimas por hipotermia llegaron a trece el domingo pasado. Son treinta y tres las personas muertas por este invierno y algunas de las causas son artefactos de calefacción defectuosos” (BBC Noticias, 2010).

Sabiendo que la temperatura en las cuales hay frio extremo es donde el cuerpo pierde calor a una mayor velocidad de la que lo reduce es por ello que los vasos sanguíneos también se contraen conservando así el calor. Produciéndose también efectos secundarios, uno de ellos es el cambio de la composición de la sangre por el frio, por lo que el corazón tiene que bombear la sangre con mayor fuerza a través de los vasos sanguíneos que se encuentra contraídos, mientras que los cambios en la concentración sanguínea van en aumento debido a la posible formación de coágulos los cuales generan mucho más problemas en las personas.

En las condiciones mencionadas de frio extremo ocurre la hipotermia, esto ya que la temperatura corporal disminuye hasta los 35°C y en la que el organismo

no produce calor suficiente para asegurar el mantenimiento idóneo de las funciones fisiológicas. El estado corporal normal es de 37° C y un descenso de dos grados, aunque no parezca peligrosa puede ser mortal.

Nacional

“Las heladas en el Perú inician entre los meses de junio y agosto con descensos de temperatura de 10°C a 20°C. Afectan de gran manera al poblador alto andino y a la población pobre”.

“En nuestro territorio es muy común escuchar el término “friaje” y que nos hace pensar en la oleada de bajas temperaturas que tienen presente cada año, ocasionando muerte como la de las últimas semanas que asciende a las 105 personas a causa de enfermedades respiratorias, aunque no quede claro que hayan fallecido debido por frio; al sureste de nuestro país se encuentra puno, esta localidad fue afectada con vientos huracanados adicionándose a los 23 grados bajo cero en los 4000 m.s.n.m. ” (BBC Noticias, 2010).

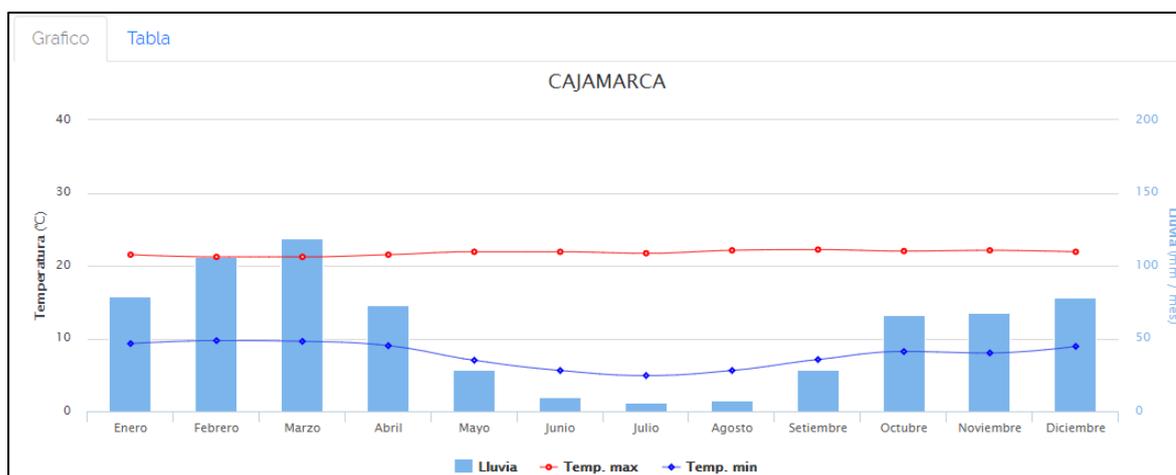
“Ante la existencia de una alerta de heladas y friaje en algunos departamentos del Perú, INDECI informó cuáles serán las zonas que podrían verse afectadas por estos cambios climáticos. El director de Preparación de esta institución, Juvenal Medina, indicó que las poblaciones ubicadas sobre los 3500 m.s.n.m serán las que sufrirán los efectos” (Canal N, 2018)

Local

Cajamarca es una ciudad situada a 2800 msnm aproximadamente, ubicadas a horillas de la cordillera de los andes, en un valle entre los ríos Mashcón y Chonta, la población está en continuo desarrollo cuenta con localidades próximas al casco urbano, el clima en promedio es soleado de día y frio de noche. Las alteraciones climáticas ocurren y se manifiestan con el fenómeno

del niño el cual es un evento climatológico del norte peruano. La temperatura media anual es de 15,8 °C.

Figura 1: Promedio de Temperatura en Cajamarca.



Fuente: *Senamhi.gob.pe*

Sin embargo se ve afectada cíclicamente por heladas, las cuales hacen que las temperaturas descienda entre -4°C y -7°C afectando principalmente a la población de la zonas rurales alto andinas.

“La temperatura en Cajamarca descenderá a partir de mañana hasta el domingo 14, ocasionando así heladas en la madrugada y una fuerte sensación de frío por las noches, informó (SENAMHI). Según el jefe regional del SENAMHI Cajamarca, Julio Urbiola del Carpio, el domingo en la ciudad y en algunas provincias se registró ligeras lloviznas que duraran hasta hoy, luego habrá un periodo muy corto de cielo despejado con presencia de heladas en las madrugadas. Especifico que el tiempo de heladas se mostrara en lugares ubicados a más de 2,800m.s.n.m, en las provincias de Cajamarca, Cajabamba, Celendín, y Hualgayoc” (CORREO, 2014).

II. MARCO TEORICO

2.1. Trabajos Previos

En su tesis “Construcción y Modelamiento de un Módulo Didáctico de muro trombe mediante CFD para Fomentar los Estudios de Calefacción Solar Pasiva” indica lo siguiente.

“El siguiente plan muestra el estudio modelamiento y diseño de un módulo de calefacción solar pasiva. Se realiza un ejemplo de muro trombe clásico teniendo en cuenta indagaciones de los tres procesos de transferencia de calor en cada una de sus partes usando el aire como fluido. Se formula un balance de energía para establecer situaciones limitantes y con esto parametrizar al modelo matemático. El resultado matemático por CFD nos da a conocer la conducta del fluido en la transferencia de calor en un sistema de calefacción solar pasiva y positiva” (Bucheli Naranjo, y otros, 2017).

“También se formuló y construyó un modelo simple de muro trombe el cual nos brinda una visión de la conducta física del sistema la medida de temperatura. Este modelo toma valores en diferentes horas del día y la noche, estos valores facilitados por el modulo nos ayuda a conocer de manera experimental la conducta del aire en el diseño del muro trombe” (Bucheli Naranjo, y otros, 2017).

“Desempeño Térmico en Variaciones de Muro Trombe en Clima Cálido Seco Extremoso” indica lo siguiente.

“La clasificación correcta de métodos para mejorar el rendimiento térmico en edificios incluye de forma directa en el uso de climatización artificial, la cual crea un problema en ciudades con clima cálido extremo. Las variantes de temperatura hacen que se requiera más para alcanzar condiciones de confort térmico, ya sea en estaciones de calor o frío lo cual hace difícil la adaptación de técnicas de adecuación pasiva. Con este precedente se hizo un análisis de simulaciones de rendimiento térmico y ahorro de energía con variación en su

finalidad por medio del programa Design Builder”. (Desempeño térmico en variaciones de muro Trombe en clima cálido seco extremoso, 2014).

En su tesis “Calculo y Dimensionamiento de un Sistema de Calefacción Solar (Muro Trombe) para Viviendas Rurales Alto Andinas de la Región Cusco” indica lo siguiente.

“El siguiente estudio se efectuó en el distrito de Langui - Cusco, con el motivo de establecer variables técnicas primordiales tal como efectuar el proceso de cálculo el cual será simulado para calcular y dimensionar un sistema de calefacción solar, usando las variables primordiales de ingreso de dicha tecnología, teniendo en cuenta condiciones climáticas y geográficas del entorno de análisis, el resultado de las investigaciones se resume en el siguiente informe de tesis. Se inicia con la realización de una rápida investigación de la ubicación geográfica y política de la zona de estudio, se verifico y analizo los contenidos con relación a energías renovables, calefacción solar, transferencia de calor y radiación solar. Luego se mostró la información a cerca de mediciones experimentales realizadas en el lugar de análisis los cuales muestran la conducta de variables como la temperatura y la radiación asociadas al rendimiento del muro trombe. Los resultados de lo observado del experimento hecho en campo son cotejados con la simulación computacional del sistema. También se especifica el impacto que el muro trombe produce en la conducta de las personas, el medio ambiente y el entorno. Finalmente se detallan los resultados del cálculo de costos de construcción e instalación de la tecnología del muro trombe” (Abarca Mora, 2014).

En su investigación “Sistema de Calefacción Solar para Reducir el Friaje en Viviendas Alto Andinas” indica lo siguiente.

“El presente estudio es de nivel aplicativo y tecnológico. Están en la línea de investigación de energía solar, con el cual se quiso establecer la configuración del sistema de calefacción solar que contribuye en minimizar el frio en viviendas alto andinas. Por lo que se fabricó e instalo un sistema de

calefacción solar en el Distrito de Yanacancha y en San José de Quero en la región Junín, Perú. Se usó el método sistemático con diseño causal comparativo, la medición de variante de temperatura se hizo manteniendo el aislamiento de la habitación. En esta prueba de la hipótesis se utilizó la regresión lineal y la prueba estadística de Fisher que determina el coeficiente principal del modelo. El sistema de calefacción debe estar configurado con un menor volumen de la cámara y debe tener un mayor acumulador para así minimizar el frío en las viviendas alto andinas” (Espinoza Montes, 2015).

En su investigación “Diseño y Validación de Vivienda Bioclimática para la Ciudad de Cuenca” indica lo siguiente.

“Esta investigación y validación de vivienda bioclimática en la ciudad de Cuenca se divide en dos secciones, la primera sección muestra los resultados de un procedimiento de datos bioclimáticos con el cual se determinó como influye todo esto en el entorno, luego se presentara su aplicación en el diagrama bioclimático de Givoni, por último se realizara un análisis simplificado de otros factores ambientales que predominan en el confort de los espacios habitables. La segunda sección plantea en diseño de una vivienda bioclimática a nivel de ante proyecto, la cual ha sido examinada y confirmada de acuerdo a un software y cálculos matemáticos los mismos que están basados en normas nacionales e internacionales” (Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca, 2013).

2.2. Teorías Relacionadas al Tema

Energía Solar.

“Es la energía resplandeciente generada por el Sol, por efecto de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra viajando por el espacio en grandes masas los cuales conocemos como fotones, que interactúan con la atmósfera y llegan al globo terrestre. Si no existiese el sol la vida terrestre sería nula. En el planeta habría exorbitante frío, no crecerían las plantas ni habría existencia alguna, a excepción de algunas bacterias. Lo que nos indica que todos nuestros medios energéticos tienen como punto inicial el sol” (Orbegozo, y otros, 2010a).

“Lo que conocemos actualmente como combustibles fósiles fueron plantas y árboles muy antiguos, que crecieron por la radiación que emite el sol, haciendo su proceso de fotosíntesis y que fueron comprimidos mientras pasaron los años La energía eólica e hidráulica son también generador gracias a procesos que tienen como punto de inicio el sol.” (Orbegozo, y otros, 2010a).

Muro Trombe.

“El muro Trombe fue patentado en 1881 por Morse; sin embargo su nombre se debe a Félix trombe quien, junto con Jacques Michel, lo comercializó en 1964 en Francia” (Seferis, 2008).

“El muro Trombe es una técnica pasiva de calentamiento o enfriamiento que se basa en fenómenos termodinámicos con el uso de masa térmica para captar y reducir la velocidad de flujo de energía (proceso considerado como almacenamiento). Se define como una pared con orientación al Sur (en el hemisferio norte) construido con diferentes materiales (generalmente mampostería de piedra, ladrillo o bloque de concreto común) y en su cara exterior una superficie de vidrio o material transparente colocada a una distancia entre 0.20 y 0.30 m del muro” (Liébard, y otros, 2005).

2.3. Formulación del Problema.

¿Cómo diseñar un sistema de calefacción solar (muro Trombe) para optimizar el confort térmico en las viviendas rurales alto andinas en la región de Cajamarca?

2.4. Justificación del Estudio

Técnica

Esta investigación permitirá la climatización de las viviendas alto andinas a través del desarrollo y respeto hacia la normatividad que se debe tener en la tecnología a adaptar, permitiendo que la temperatura interior de las viviendas sea adecuada para el confort de los habitantes.

Económica

La presente investigación es importante ya que al contar con una temperatura de confort adecuada dentro de la vivienda permitiría realizar algunas actividades durante las horas de la noche que no se venía realizando con lo cual puede incrementar los ingresos la familia.

Social

Esta investigación tiene gran importancia social ya que al contar con la vivienda climatizada a una temperatura adecuada podría disminuir las enfermedades respiratorias que afectan a las personas vulnerables (menores de edad y personas adultas), mejorando la calidad de vida.

Ambiental

La importancia de esta investigación es poder climatizar la vivienda con el uso de energías renovables sin generar efecto negativo al medio ambiente, disminuyendo la huella carbonosa.

2.5. Hipótesis

El diseño de un sistema de calefacción solar (muro Trombe) optimizará el confort térmico en las viviendas rurales alto andinas en la región de Cajamarca.

2.6. Objetivos

General

Diseñar un sistema de calefacción solar (muro Trombe) para optimizar el confort en viviendas rurales alto andinas en la región Cajamarca.

Específicos

- Analizar la Factibilidad del Muro Trombe y Calcular la demanda térmica requerida en las viviendas alto andinas de Cajamarca.
- Diseñar el sistema de calefacción solar (muro Trombe) para optimizar el confort térmico de las viviendas alto andinas de Cajamarca.
- Calcular el costo de fabricación del sistema de calefacción solar (muro Trombe).

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de investigación

Tipo de investigación

No Experimental

Este estudio es no experimental, dado que las variables serán medidas mediante la observación de los fenómenos en la realidad para un análisis más detallado.

El siguiente estudio empieza con la recolección de información de radiación en la zona del proyecto durante un periodo del año y a diversas horas del día para que de esta manera poder calcular el potencial solar aprovechable, a partir de allí se realiza el cálculo del muro Trombe para viviendas alto andinas.

Descriptiva

La investigación es descriptiva, ya que hace utilización de la técnica de la observación y posterior descripciones del problema que se presente en nuestra realidad de manera natural y sin manipulación de cualquier ente ajeno o de nosotros como investigadores.

Estudio

Estudio	T1
M1	O1
M2	O2

Donde:

M1 y M2 son muestras

O1 y O2 son observaciones

3.2. Variables, Operacionalización

Variable independiente

Diseño de un sistema de calefacción Solar (muro Trombe)

Variable dependiente

Confort Térmico en viviendas rurales

Operacionalización de variables

Tabla 1: Cuadro de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente. Diseño de un sistema de calefacción Solar (muro Trombe)	“Agrupación de elementos que nos ayudan al aprovechamiento de la radiación solar abastecer energía necesaria para mantener la temperatura de una vivienda rural” (Pareja Aparicio, 2010)	Este sistema permite la recolección del calor solar y su almacenamiento para posteriormente climatizar una vivienda rural.	Radiación Solar en la zona de estudio Energía recolectada	W/m2 KW
Variable Dependiente. Confort Térmico en viviendas Rurales	Es la temperatura adecuada en el interior de la vivienda rural en la zonas alto andinas de la región de Cajamarca	Temperatura que alcanza el interior de las viviendas aprovechando la acumulación de energía solar.	Temperatura	°C

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Población y muestra

Población.

Viviendas alto andinas en la región de Cajamarca.

Muestra.

Viviendas alto andinas en la región de Cajamarca.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

3.4.1. Técnica e instrumentos de recolección de datos.

Tabla 2: *Instrumentos de Recolección de Datos.*

TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Observación	Identificar la radiación solar en la zona alto andina de Cajamarca	Ficha de radiación solar
Revisión Documentaria	Investigación de datos técnicos y componentes estándares para el diseño.	Ficha de revisión documentaria

Fuente: *Elaboración Propia*

Tendremos presentes las siguientes técnicas de recopilación de datos en nuestra investigación:

3.4.2. Observación.

Nos ayuda en el reconocimiento de los diversos parámetros que son necesarios para el futuro diseño de la calefacción solar, se realizara mediciones de la cantidad de radiación que se encuentra en el lugar del proyecto.

3.4.3. Revisión documentaria.

A través de esta técnica, buscaremos las diferentes variables para el diseño del sistema de calefacción soldar (muro Trombe) también la búsqueda de normativas actuales y clasificación de diferentes elementos estandarizados.

3.4.4. Ficha de Registro de radiación.

Nos permitirá realizar mediciones de la radiación solar en la zona alto andina y registrar las mismas, para calcular el potencial de energía solar de calefacción; ya que dicho instrumento cuenta con datos generales tales como la ubicación georreferenciada del lugar de toma de registros, nombre del encargado de registrar los datos, además de mostrarnos la hora de la medición y la firma de la persona que ha tomado los datos.

3.4.5. Ficha de Revisión Documentaria.

Como su nombre lo menciona son fichas en las cuales se encuentran diversos documentos que nos ayudaran a consultar y llevar un control para el diseño del sistema de calefacción soldar (muro Trombe).

3.4.6. Validez y confiabilidad.

Validez: el estudio que se llevara a cabo, tendrá un estatus de validez al ser revisado por profesionales especializados en la materia y por el encargado destinado en el lugar que se hará la investigación, sabiendo que se validaran los instrumentos que se mencionaron anteriormente para la recopilación de información, tales como el aspecto metodológico para hallar variables de funcionamiento.

Confiabilidad: obtendremos la confianza al validar los instrumentos por profesionales capacitados, dando como prioridad a sus opiniones ya que podrían observar y si se requiere se tendrá que modificar según su requerimiento. Demostrando que la presente investigación cuenta con firmeza y asegurar que los resultados sean reales.

3.5. Métodos de análisis de datos

El trabajo en análisis de datos, se realizará usando la estadística descriptiva, aplicando variables de estudio y tabulación de datos para así evaluar los factores comunes de los consumos energéticos y también la radiación solar.

3.6. Aspectos éticos

Al realizar la presente investigación, me comprometo a cumplir os protocolos de confiabilidad y veracidad de los datos brindados por la empresa que serán posteriormente expuestos, demostrando así que la maquina en mención no tiene efectos negativos en la sociedad, al contrario, brinda un beneficio en el uso de la misma.

4. RESULTADOS.

4.1. Analizar la Factibilidad del Muro Trombe y Calcular la demanda térmica requerida en las viviendas alto andinas de Cajamarca.

Para la ejecución de este proyecto se tuvo como iniciativa una charla informativa sobre las ventajas de utilizar métodos de calefacción, es aquí donde se obtuvo como resultado la participación de la comunidad. Así mismo se puso en práctica una encuesta para poder realizar el análisis de los resultados en base al presente proyecto.

En los resultados de la encuesta realizada en las viviendas alto andinas de la región Cajamarca se tomó como base a unas preguntas principales las cuales nos ayudó analizar la factibilidad del Muro Trombe, obteniendo así los resultados de cuánto tiempo tienen habitando las zona, de que material está hecha su vivienda y si esta cuenta con servicios básicos para habitarla, además de constatar si tienen energía eléctrica, y algo base para el sistema de calefacción que es la baja temperatura a las que están expuestos los habitantes y las complicaciones que son causadas por estas bajas temperaturas, además de analizar la cantidad de problemas respiratorios producto del frio, así mismo si están informados o tienen conocimiento de algún sistema de calefacción para viviendas y si aceptarían tener un sistema de estos en casa.

Tabla 3: *Tabla de Resultados de Factibilidad del Muro Trombe*

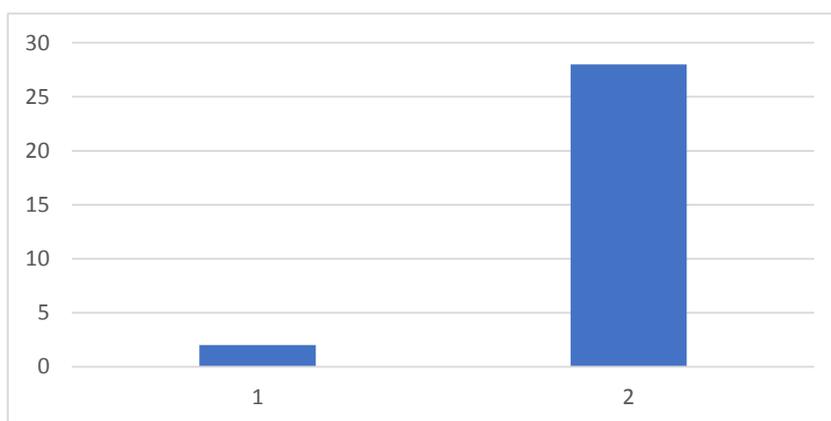
Preguntas	SUMATORIA
1. Cuanto tiempo habita en la zona?	
a) Menos de 5 años	2
b) Mas de 5 años	28
c) Temporal	0
2. Cuál es el material de su vivienda?	
a)COB	15
b)Adobe	10
c)Ladrillo	5
3. Su vivienda cuenta con servicios básicos?	
a) Si	5
b) No	25
c) A veces	0
4. Su vivienda tiene energía eléctrica?	
a) Si	7
b) No	3
C) A veces	20
5. Está expuesto a bajas temperaturas?	
a) Si	30
b) No	0
c) A veces	0
6. Tiene complicaciones con su salud por causa de las bajas temperaturas?	
a) Si	30
b) No	0
7. Se ha tenido problemas respiratorios por causa del frío?	
a) Si	24
b) No	6
c) A veces	0
8. Conoces sobre algún medio de calefacción para su vivienda?	
a) Si	4
b) No	26
9. Le gustaría tener un sistema de calefacción en su vivienda?	
a) Si	26
b) No	4

Fuente: *Elaboración Propia.*

Se concluye con la encuesta el gran beneficio que tendrían los habitantes de las zonas rurales alto andinas de la región Cajamarca, al tener en sus viviendas el sistema de calefacción solar (Muro Trombe), ya que con ello mejorarán sus condiciones de vida básicas.

Gráficas de los análisis de resultados:

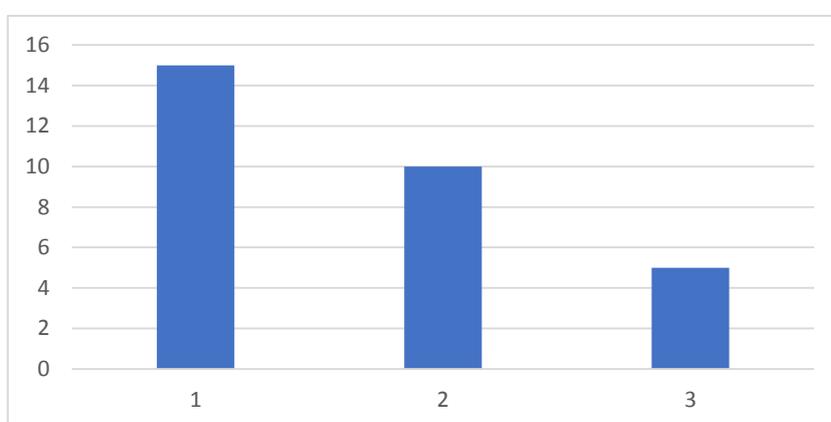
Figura 2: *Gráfica del Tiempo de Habitar en la Zona.*



Fuente: *Elaboración Propia*

Establecemos el gráfico de estadística en cuanto nos referimos al tiempo en que los pobladores llevan habitando en la zona rural alto andina de la región Cajamarca.

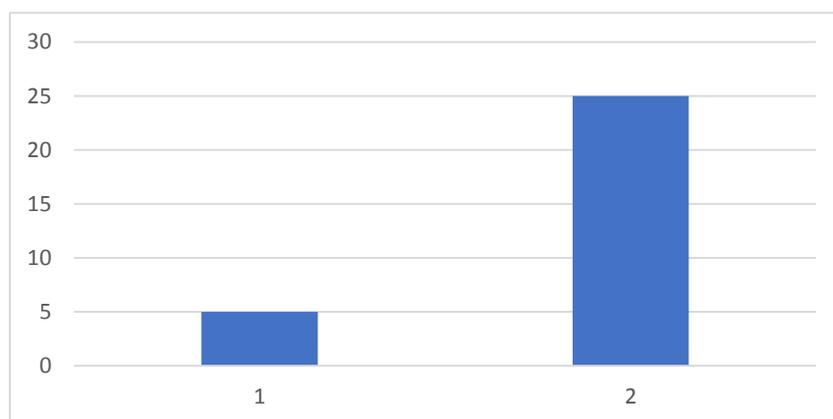
Figura 3: *Gráfica del Material de Vivienda.*



Fuente: *Elaboración Propia.*

Tenemos el porcentaje del tipo de material con el que están construidas las viviendas de los pobladores de las zonas rurales alto andinas en la región Cajamarca.

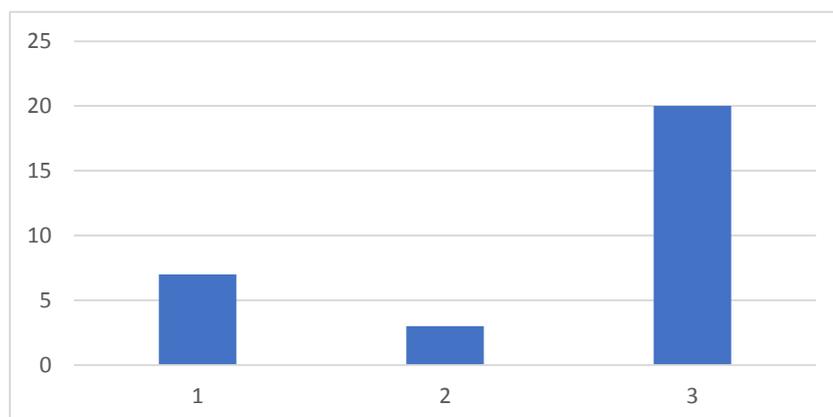
Figura 4: *Gráfica de los Servicios Básicos con los que Cuenta la Vivienda*



Fuente: *Elaboración Propia.*

Gráfico del porcentaje estadístico de los servicios básicos con los que cuenta cada vivienda de los pobladores de la zona rural alto andina de la región Cajamarca

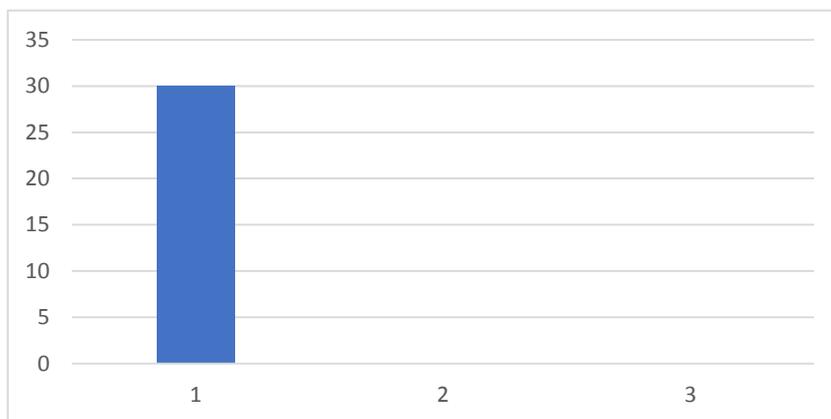
Figura 5: *Gráfica de Energía Eléctrica.*



Fuente: *Elaboración Propia.*

Establecemos mediante el gráfico el porcentaje de energía eléctrica con la que cuentan los pobladores de la zona rural alto andina de la región Cajamarca.

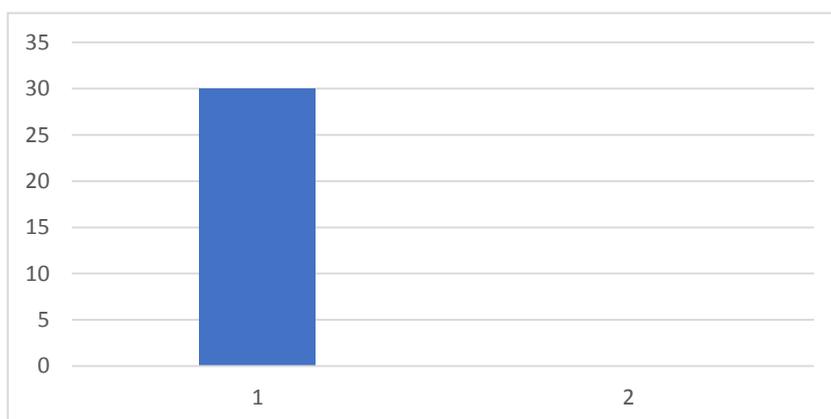
Figura 6: *Gráfica de Bajas Temperaturas*



Fuente: *Elaboración Propia.*

Obtenemos en el gráfico estadístico el porcentaje de las bajas temperaturas a la que están sometidos los habitantes de la zona rural alto andina de la región Cajamarca.

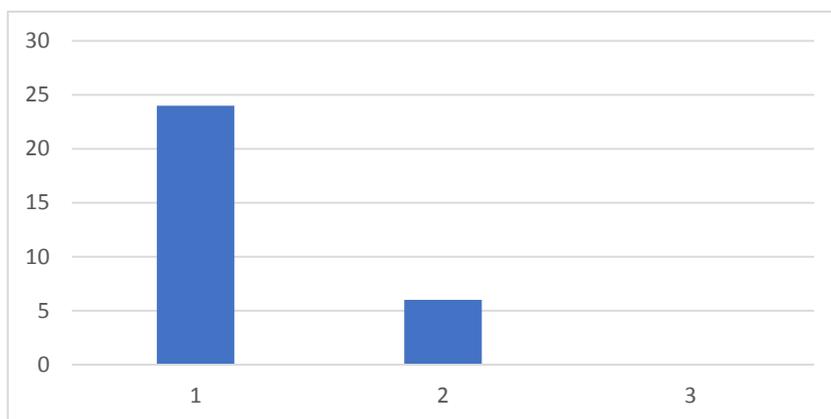
Figura 7: *Gráfica de Enfermedades Respiratorias.*



Fuente: *Elaboración Propia.*

Establecemos mediante el gráfico el porcentaje de las enfermedades respiratorias que han sufrido los pobladores de la zona rural alto andina de la región Cajamarca.

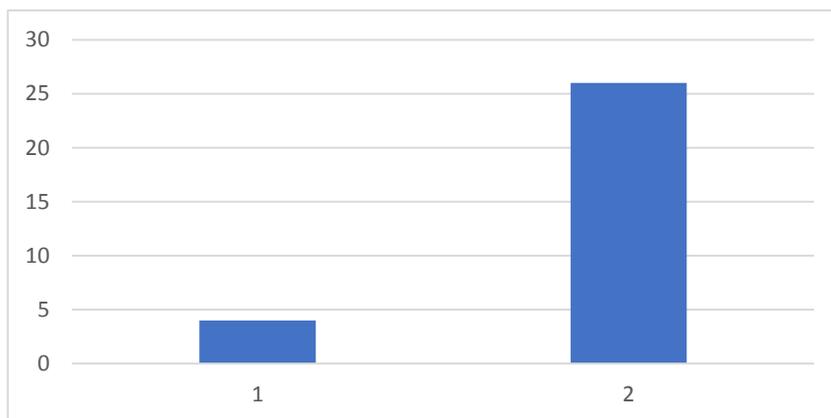
Figura 8: *Gráfica de Frecuencias de Enfermedades Respiratorias.*



Fuente: *Elaboración Propia.*

Establecemos mediante el gráfico el porcentaje de cuanta frecuencia de enfermedades respiratorias sufren los pobladores de la zona rural alto andina de la región Cajamarca.

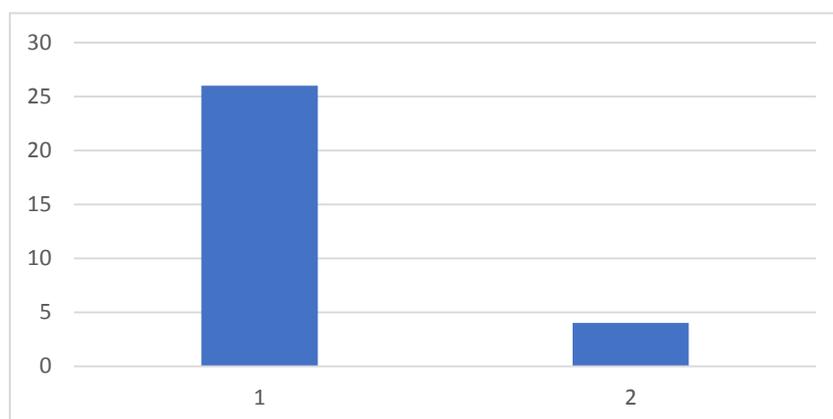
Figura 9: *Gráfica de Información Sobre un Sistema de Calefacción.*



Fuente: *Elaboración Propia.*

Porcentaje del gráfico estadístico en cuanto al conocimiento de los pobladores sobre un sistema de calefacción en las zonas rurales alto andinas de la región Cajamarca.

Figura 10: *Gráfica de si les Gustaría Tener un Medio de Calefacción.*



Fuente: *Elaboración Propia.*

Establecemos el porcentaje en el gráfico de a cuantos pobladores les gustaría optar y tener en sus viviendas un sistema de calefacción para sus servicios básicos en la zona rural alto andina de la región Cajamarca.

En la conclusión de la presente investigación tenemos un 94% de los habitantes de este sector de Cajamarca que habita en la zona por más de 5 años, cuyas viviendas son de COB, tristemente esta comunidad cuya población carece de aquellos servicios básicos necesarios, es por ello que la fuente de energía eléctrica no es frecuente en esta zona.

Cabe resaltar las bajas temperaturas a las que están expuestos cada uno de los pobladores, ocasionándoles grandes y graves problemas con su salud, impidiéndoles cumplir cotidianamente con sus labores diarias.

El gobierno regional y hasta el de la nación es ajeno a el interés y el bienestar por esta parte de la población peruana cajamarquina ya que no existe cooperación para garantizar una mejor calidad de vida de esta población, falta

de incentivo y poca o casi nada de posibilidad por el sector privado de apostar por proyectos de sustentabilidad energética que muy bien se puede ejecutar en este tipo de zonas. Es por ello que al informar de este tipo de proyectos a estos pobladores se quedaron con suma admiración ya que no conocían la existencia de este tipo de medios alternativos que no solo tiene un bajo costo para poder desarrollarse, brindan un abrigo y confort, pero muestran una gran apertura para sociabilizar un sistema de calefacción en esta región cajamarquina.

4.2. Diseñar el sistema de calefacción solar (muro Trombe) para optimizar el confort térmico de las viviendas alto andinas de Cajamarca.

En cuanto para proceder a realizar un análisis y el diseño de un sistema de calefacción solar (muro Trombe), se requiere de tomar en cuenta ciertos aspectos para así poder conservar el equilibrio térmico en nuestro muro:

Condiciones Climáticas.

- Latitud.

La región Cajamarca esta entre los paralelos 4°30´ y 7°45´ latitud Sur y los meridianos 77°30´ de longitud Oeste de Greenwich Altitud 2, 720 m.s.n.m., lo cual significa que los rayos solares proporcionados en esta zona serian de forma paralela y no varían durante todo el año, sin embargo no se aplica las normas internacionales que tratan sobre el incremento del tamaño del muro a medida que aumente la latitud por recibir más calor. Es por ello que se toma con una estandarización el modelo del muro para sectores andinas pertenecientes a la región Cajamarca con temperaturas bajas, frías resaltantes y propias de esta zona.

- Orientación.

Es necesario tomar las coordenadas para el replanteo del muro, las cuales son:

S 7°09'49.6"
W 78°30'01.0"

Con estos datos se tomados por conveniente colocar al muro hacia el norte para que la intensidad solar sea constante.

- Temperatura.

En cuanto a la temperatura es la que influye directamente en el estudio térmico de la vivienda, tomando mediciones de una máxima temperatura y mínima diariamente, calculando así la temperatura media, con intervalos de 3 horas durante todo el día por 2 días para así no tener errores o posibles anomalías.

Es así como se determinó que las temperaturas no son constantes, por lo que en la noche la temperatura promedio interna de la vivienda es de 11.4°C y externa de 3.4°C es por ello que no tienen o reúnen las necesidades básicas de confort acorde a las normas peruanas.

Tabla 4: *Temperaturas de Vivienda.*

Temperatura sin muro		
	Temperatura externa	Temperatura interna
6h	4.983	12.784
12h	4.895	14.386
18h	4.958	12.076
24h	1.719	9.804
30h	2.553	9.979
36h	7.414	15,271
42h	5.430	12,548
48h	1.743	11,407

Fuente: *Elaboración Propia.*

Concluimos las cantidades de temperaturas externas e internas que encontramos en las zonas rurales alto andinas de la región Cajamarca sin hacer uso del Muro Trombe.

- Viento.

El diagnostico adquirido nos muestra por la situación geográfica que los vientos provienen del sur este del continente, dando el pase por la cordillera de los Andes, aproximadamente con una velocidad promedio de 10.6 mph.

- Humedad.

En cuanto a la humedad de la zona está muy ligada con el viento, precisamente con la dirección de la que este sopla. Ya que hay una pequeña diferencia, ya que el viento proviene del este (costa) que va en dirección o sopla al oeste. Es decir si el viento sopla del oeste (como es comúnmente) se va tratar de un viento más seco, lo cual hará que arrastre menos humedad hacia la comunidad.

Especificaciones del Sistema de Calefacción.

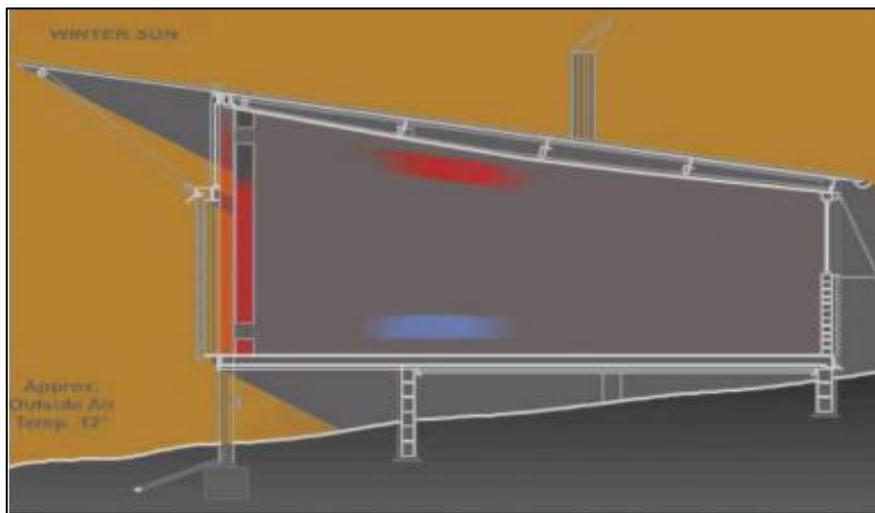
Tal y como se propone en el presente proyecto de investigación se ejecutara el diseño de un sistema de calefacción solar (Muro Trombe) para optimizar el confort en viviendas rurales alto andinas en la región Cajamarca. El cual consistirá en una pared (compuesto de COB) con una lámina de vidrio con orificios de ventilación colocados arriba y abajo del muro.

Donde la transmisión de calor será mediante la radiación solar, mientras que el flujo del aire será inducido por convección natural y la conducción del calor

es a través del muro. El calentamiento inicia cuando la radiación solar atraviesa la pared del muro y el aire empieza a circular según la temperatura del lugar.

El aire frío en la habitación, es el que pasa por los ductos de escape inferior, para calentarse a medida que pasa el canal y luego ingresa a la vivienda a través de las aberturas superiores.

Figura 11: *Recirculación Muro Trombe.*



Fuente: *The Passive Solar Primer Sustainable Architecture, Edit Schiffer.*

Concluimos que mediante el fluido del aire es aquel que llega a la habitación haciendo uso de medio de circulación los ductos de escape inferior con ello obtenemos aire caliente a medida que avanza por el canal.

Componentes y Materiales.

Denominamos componentes a los elementos primordiales que forman parte del muro Trombe, los cuales mencionaremos a continuación:

Muro: la pared donde se realizar el muro debe de contar con una gran capacidad de filtración y de almacenamiento de calor. Así mismo la presión atmosférica y densidad son factores que determinan a los 4000 msnm un porcentaje aproximadamente de 40% inferior referente al valor obtenido al nivel del mar. Es donde disminuye la densidad por efecto de la altura, así mismo considerando pares de valores presión-temperatura de (1.010hPa, 20Â°C) y (630 hPa, 10Â°C).

Las condiciones medias a nivel del mar y sobre el altiplano, se manifiesta que la densidad del aire en esta región es un 35% inferior al valor del nivel del mar, el cual es cercano a 1.2kg/m³.

Se hace mención que para un buen confort se debe precisar la consistencia adecuada en acorde a la temperatura necesaria. La conductividad es dependiente del espesor del material. Es por ello que se necesita hallar la igualdad entre el espesor y la capacidad de transmisión calorífica, en el momento que el muro trasmita calor rápidamente nos determinará que no cumple para la necesidad.

Para el muro Trombe es necesario determinar el grosor preciso, nos referimos a que se debe tener un grosor de este adecuado para la temperatura que se va a necesitar en esta ocasión es el confort, para cual el grosor determinado debe ser óptimo.

Tabla 5: *Espesor de Materiales.*

Material	Espesor Recomendado CM
COB	20-30
Ladrillo	25-35
Hormigón	30-45

Fuente: *Juan Manuel Bohórquez Peñuela, Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia. Departamento de Ingeniería Mecánica.*

Concluimos que para un buen confort, debemos buscar el óptimo en el grosor preciso del Muro Trombe. Se establece una relación de materiales y espesor ya que en el muro Trombe para aumentar la conductividad se debe aumentar el espesor. Es por ello conveniente determinar el punto de equilibrio entre el espesor y la cantidad que se va a transmitir calor; sin embargo en aquel momento que el muro trasmite calor de manera rápida, nos determinará que no cumple con la necesidad de estudio que es calentar en las horas de la noche. Obtendremos los rendimientos en el muro a medida de que se determine la capacidad de conductibilidad. Si mayor es la conductividad, al calor será mayor cuando se trasfiera mediante el muro.

Se hace mención que es importante determinar 3 puntos del cálculo de rendimiento:

Perdidas de calor del espacio.

Ganancias de calor del espacio.

Determinación de la temperatura media interior y su variación.

Las proporciones varían de acuerdo a la superficie habitable que se requiere calefactor, ya que debe variar entre $\frac{1}{2}$ en climas fríos y $\frac{1}{4}$ en climas templados respecto a la proporción del vidrio, obteniéndose así un dimensionamiento oportuno en una vivienda confortable evitando la generación de consumo energético por calefacción.

En el presente proyecto de investigación para la elaboración del muro se ha empleado el COB que se describirá a continuación:

- El COB

Técnica compuesta de tierra cruda que ha sido empleada por mucho tiempo, por sus características proporciona el calor en viviendas. Esta técnica constructiva natural, se origina mediante la fusión de arena, arcilla y paja (fibra vegetal).

Existe una diferencia fundamental entre una pared de adobe y una de COB, es el mecanismo por el cual está construido, el COB seca en sitio, luego de que la mezcla haya secado, la paja interna forma una red y los muros se vuelven una sola pieza. Es así como la paja se convierte en fibras que trabajan a tracción y la arcilla a compresión.

Composición:

- Arcilla.

Componente factible de conseguir más aun en sectores andinos del Perú, por encontrarse abundantemente bajo la capa vegetal. Está constituida por arena y limos, partículas minerales microscópicas menores a dos micras, formando capas que acumulan pequeñas cantidades de agua entre ellas, formando así adhesión y generando una característica mecánica.

Se resalta que la arcilla tiene propiedades adherentes, elásticas y al secarse se convierte en un cuerpo duro y consistente. El contenido de arcilla debe ser una mezcla de no más la mitad de arcillas expansivas o con caolinita. Si se excede en cuanto a expansiva y caolinita se dará un agrietamiento en la pared el muro.

Están clasificadas según:

El tamaño de las partículas.

Su textura.

Su estabilidad.

- Arena.

Es un material que presenta gran espesor, además de ser pesado y tener poca retención de humedad, también contiene material aluvial que no sobrepasa los

3.8 mm para construir el COB. Los granos son de diversas dimensiones para que así pueda llenar los espacios dentro de la mezcla. Proporciona la ventaja de resistencia, fortaleza y dureza para soportar peso.

- Paja o fibras vegetales.

Debe ser cortada cuidadosamente, no posee semillas y evitar ser expuesta a la humedad. Las dimensiones de los tallos deben oscilar entre 2 y 4 mm.

Para su aplicación debe realizarse una mezcla de un 60% de arena y un 40% de arcilla más la fibra vegetal, luego se deja secar al sol aproximadamente unos 25 a 30 días, teniendo en cuenta que las dimensiones deben ser adecuadas para poder manejarlas.

Se hace mención que se puede aplicar el barro, cal o estuco, con la finalidad de proteger interiores y exteriores del muro. Son importantes los acabados en el muro ya que en ocasiones se presentan daños por el agua u otros factores. Es por ello que no es recomendable enlucir el muro de adobe con cemento, ya que es frágil y quebradizo, así como muy elástico lo cual tiende a crear grietas por las cargas térmicas que expanden y contraen el material y por impactos mecánicos.

En su composición termodinámica tenemos:

La conductividad Térmica que responde a un valor R:	
$RO = 0,41 \text{ hr} * \text{ft}^2 * \text{F} /$	
Determinamos el Valor de R, por el espesor de la pared de adobe	
La conductividad se encuentra para ser:	
$K = 0,20 \text{ Btu/}$ o de $0,35\text{W} /$	
La capacidad calorífica se cita comúnmente como:	
$Cp = 0,20 \text{ Btu/}$ o $840 \text{ julios} /$	
La densidad es de:	
95 lbm/pies^3 o $1,520 \text{ g/m}^3$	
La difusión térmica se calcula:	
$0,0105 \text{ pies}^2/\text{hora}$ o $2,72 * 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.	

- Vidrio

El vidrio, material compuesto por una sustancia dura, en la mayoría de los casos son brillantes y transparentes. El vidrio cumple varias utilidades en nuestra vida como: ventanas, vasos, enfrasques de todo tipo, y sobre todo desempeña un papel principal dentro de la industria de la construcción. Debido a su composición y sus características exclusivas se ha convertido en un producto complicado de reemplazar.

Se estructura de sílice, cal y carbonato de sodio, concentrados en altas temperaturas. Además se puede utilizar materiales adicionales para dar un agregado especial al vidrio y a la vez facilitar su fabricación, dando como resultados una variedad de clases de vidrio de acuerdo a la composición química de este.

Se requiere que el vidrio brinde un efecto invernadero, con esto se evita que la radiación rebote al exterior unas ves que haya sido captada. Se opta por un vidrio de alta transmisión, buscando que aumente el calor en la pared y que sea aislante para que retenga la energía capturada.

Para la aplicación en la construcción del muro Trombe se debe emplear el vidrio Sodocálcico (Vidrio Común); esta clase de vidrio es comúnmente empleada dentro de la industria de la construcción siendo así económico. Su característica principal es la capacidad térmica y la transmisión de luz solar.

Para su elaboración se debe fundir la sílice, a una temperatura de 1700°C exactamente. Si queremos reducir la temperatura y hacer que la masa sea maleable debemos agregarle soda y si buscamos aumentar su dureza y durabilidad se agrega cal; y no olvidar del aluminio ya que con el incrementa su resistencia del vidrio en rangos a temperaturas bajas.

Su composición química es:

71 a 75% en peso de arena.

12 a 16% de soda.

10 a 15% de cal.

10 a 20% de aluminio.

Se hace mención que el vidrio debe tener un aproximado de 7% del área de la habitación y no debe exceder el 12%.

De las características químicas mencionadas cabe resaltar que el vidrio Sodocálcico es un buen transmisor del calor, es por ello que se debe de seleccionar el vidrio analizando la efectividad ante los mecanismos de transmisión de calor, además de la conducción, convección y radiación. Ya que esta propiedad es primordial para la construcción de este muro Trombe ya que este tipo de vidrio presenta el comportamiento invierno y a la vez no compromete la temperatura en la estación de verano.

➤ Cámara de aire.

Es el componente, cual se toma muy en cuenta para determinar la distancia entre el vidrio y el muro, cabe resaltar que si el espacio entre estos es muy angosto más o menos unos 2cm, se producirá notables pérdidas de calor; mientras que si el espacio de separación lo encontramos a un rango de 30 cm, se ocasionará una desproporción de convección térmica en la superficie del muro, lo que igual tendremos reducción de calor. Resaltamos que la cámara de aire es la que amortigua aquellas condiciones térmicas y acústicas del muro.

Es por ello que como regla general, debe haber espacios de 3 a 15 cm entre el vidrio y la pared, ya que en 9 cm su espesor es óptimo.

➤ Volumen y diseño de los espacios a calentar.

Para pérdidas horarias se calculan de la siguiente forma:

$$P_h = \Delta T \cdot S / (R_1 + R_2) = \text{BTU/h}$$

Para el diseño los espacios a calentar, necesitamos determinar las temperaturas, es por ello que se establece la temperatura interior y la exterior donde analizamos que la temperatura interior sería la mayor a la exterior siendo estas muy bajas sin el Muro Trombe.

Tabla 6: *Tabla de Temperaturas del Espacio a Calentar.*

Temperatura Interior	Temperatura Exterior
57.2	35.6
14	2

Fuente: *Elaboración Propia.*

Concluimos que con la determinación de la temperatura más alta en el espacio establecido, será donde se realice la calefacción.

Se toma la diferencia de temperatura en las distintas áreas tal como: Área de vidrio, área del cuarto, área de espacio tanto del vidrio como del muro, obteniendo la diferencia de sus cantidades para determinar cuánto calor se gana en cada espacio.

Tabla 7: *Tabla de Diferencia de Temperatura.*

$\Delta T=$	Diferencia de Temperatura	21.6
Scaptora=	Área vidrio	42.6243886
Sutil=	Área cuarto	355.203238
S=	Área espacio	455.388767
R1=	R del vidrio	2.19833871
R2=	R del muro	34.0192916
Ph=		271.591413
		6518.1939

Fuente: *Elaboración Propia.*

Con las diferencias de temperaturas de las distintas áreas, con sus cantidades se determinaran para calcular las ganancias de calor en cada espacio.

Para los orificios del muro se debe establecer 1decímetro cuadrado x metros cuadrados, obteniendo de la recolección de datos los radios de los orificios.

Tabla 8: *Tabla de las Dimensiones de los Orificios.*

Orificios		
1dm2 x m2 de muro		
=	0.0404352	m2
=	404.352	cm2
Orificios radio=	6.30989816	cm

Fuente: *Elaboración Propia.*

Concluimos que con estos datos determinados por las dimensiones de los radios de orificios, datos que aportaran al cálculo de las ganancias de calor en el espacio del muro Trombe.

Calculo para las ganancias de calor en el espacio.

$$A_s = S \times I \times P$$

S = Superficie captora de vidrio

I = Intensidad o aporte solar recibido

P = Porcentaje de energía transferido por el muro (según tabla)

Coeficiente de aportación térmica.

Establecemos los datos de la superficie captadora del vidrio, el aporte solar recibido y el porcentaje de energía transferida por el muro valor obtenido según tabla de las longitudes de los orificios.

Tabla 9: *Tabla de Aportación Térmica.*

S (m^2)	I	P	A_s (Wh/día)
4.04352	4500	40%	7278.336

Fuente: *Elaboración Propia.*

Obteniendo los datos en cantidades de la superficie de captora de vidrio, aporte solar que se recibe y el porcentaje recibido se obtendrá el cálculo del coeficiente de aportación térmica para ser empelada en el sistema de calefacción solar (Muro Trombe).

Coeficiente de aportación térmica.

Ecuación 1: *Coeficiente de Aportación Térmica.*

$$C = \frac{A_s}{S_{util}} = 216 \quad (wh/día m^2)$$

Formula despejada para el obtener el coeficiente de aportación térmica para el cálculo de volumen y diseño de los espacios a calentar.

Determinación de la temperatura media interior.

Ecuación 2: *Determinación de la Temperatura Media Interior.*

$$T_i = \frac{C}{F} \times T_0 = 7.24$$

$$45.02 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Formula despejada para la determinación de la temperatura media interior, ejecutada en el cálculo del volumen y diseño de los espacios a calentar.

Variación de la temperatura interior presente en el muro.

Se establece la temperatura del muro interiormente, además de la difusividad térmica del material, para el análisis de la variación de la temperatura en el muro.

Tabla 10: *Tabla de Variación de Temperatura Interior del Muro.*

e muro =	0.302	m
	0.980519481	ft
Kmaterial =	0.87	(W/(m.c))
	0.502773	$\frac{BTU. \text{ } ^\circ\text{F}}{h. ft}$
Difusividad térmica		
$\alpha \text{ material} =$	0.36	mm^2/s
	3.87302E-06	ft^2/s
Kvidrio =	0.95	
	0.549005	$\frac{BTU. \text{ } ^\circ\text{F}}{h. ft}$

Fuente: *Elaboración Propia.*

Mediante estos datos de temperatura interna del muro, se analizará la variación que se produzca en el muro.

Para la situación tomamos la posición de cierre y sentido del flujo de calor en relación a la separación del espacio externo o del local abierto para determinar las resistencias superficiales.

Tabla 11: *Tabla de Variación de Temperatura Interior del Muro.*

Posición de cierre y sentido del flujo de calor	Situación		
	De separación con espacio externo o local abierto.		
	1/h _i	1/h _e	1/h _i + 1/h _e
Cierre vertical o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal.	0.13	0.07	0.2
	0.11	0.06	0.17
Cierre horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤ 60° y flujo ascendente.	0.11	0.06	0.17
	0.09	0.05	0.14
Cierre horizontal y flujo descendente.	0.20	0.06	0.26
	0.17	0.05	0.22
Resistencias térmicas superficiales.			

Fuente: *Bohórquez Peñuela, pág. 100.*

Concluimos con los datos tomados en situación de la separación con espacios externos o local abierto las resistencias térmicas superficiales máximas y mínimas según la posición de cierre del espacio y el sentido del flujo de calor en relación al espacio.

Tabla 12: Resistencias de Separación con Espacio Externo o Local Abierto.

hi=	11.111	w/m °C
	6.421	Btu. °F/h .ft
he=	11.111	w / m. °C
	6.421	Btu. °F/h. ft

Fuente: *Elaboración Propia.*

Establecemos las resistencias internas y externas del espacio para el muro Trombe.

Se empleara una diferencia nodal.

$$\Delta x = 0.196 \text{ ft}$$

Determinamos:

- La transferencia de calor en uní-dimensional.
- La constante conductividad térmica.
- El constante coeficiente de transferencia.

Ecuaciones para los nodos interiores (1 a 4) son:

Ecuación 3: *Nodo 1*

$$T_1^{i+1} = \tau(T_0^i + T_2^i) + (1 - 2\tau)T_1^i$$

Ecuación 4: *Nodo 2*

$$T_2^{i+1} = \tau(T_1^i + T_3^i) + (1 - 2\tau)T_2^i$$

Ecuación 5: *Nodo 3*

$$T_3^{i+1} = \tau(T_2^i + T_4^i) + (1 - 2\tau)T_3^i$$

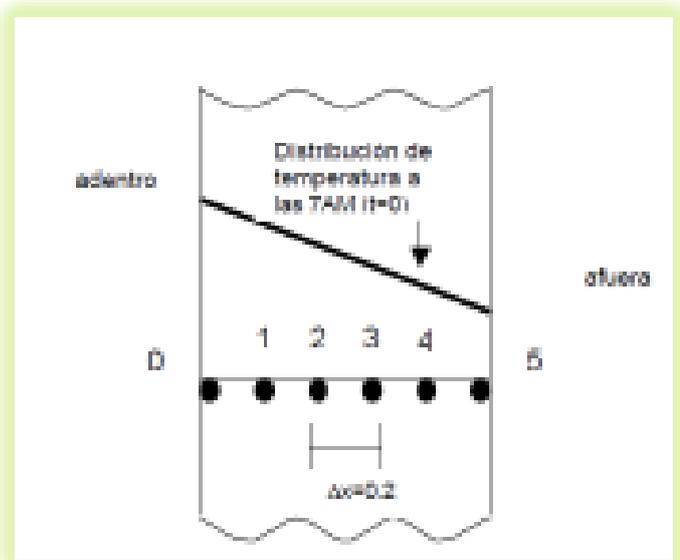
Ecuación 6: Nodo 4

$$T_4^{i+1} = \tau(T_3^i + T_5^i) + (1 - 2\tau)T_4^i$$

Ecuación 7:

$$T_0^{i+1} = \left[1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_{in}\Delta x}{K}\right]T_0^i + 2\tau T_1^i + 2\tau \frac{h_{in}\Delta x}{K}T_{in}$$

$$T_5^{i+1} = \left[1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_0\Delta x}{K}\right]T_5^i + 2\tau T_4^i + 2\tau \frac{h_0\Delta x}{K}T_0^i + 2\tau \frac{kg_{solar}^i \Delta x}{k}$$



Fuente: Bohórquez Peñuela, pág. 140.

Si los nodos exteriores (0 y 5) son más limitantes, se debe analizar solo las condiciones de frontera de ellos. Por ello es primordial establecer el coeficiente restrictivo de T_o , se aprecia que para el nodo 0 queda como restricción de la siguiente forma: $1 - 6.9T < 1 - 7.01T$, entonces el criterio de estabilidad sería:

$$T < 1/6.59$$

Lo cual sustituiremos los valores, al máximo valor de tiempo o paso permisible quedando:

$$\Delta t = \frac{\Delta x^2}{3.8\alpha} =$$
$$\Delta T = 2612.99 \text{ S}$$

Tomaremos como valor un múltiplo de 5 para ser más sencillo el proceso, por ello el número de malla de Fourier viene a ser:

$$\Delta T = 900 \text{ S}$$
$$\tau = \frac{\alpha \times \Delta t}{(\Delta x)^2} = 0.09 \text{ S}$$

Se tomó día 1 y día 2 para determinar las temperaturas externas e internas tanto como en pared y como en el Muro de Trombe, con 24 horas establecidas.

Tabla 13: *Día 1 para Establecer Temperaturas Externas e Internas con Pared y con Muro Trombe.*

DIA 1				
HORAS	PARED		MURO TROMBE	
	TEMPERATURA EXTERNA	TEMPERATURA INTERNA	TEMPERATURA EXTERNA	TEMPERATURA INTERNA
7 am – 10 am	3,08	13,87	9,21	17,54
10 am – 1 pm	6,89	11,7	17,62	15,7
1 pm – 4 pm	4,37	15,3	8,49	17,8
4 pm – 7 pm	5,42	13,48	4,14	18
7 pm – 10 pm	5,58	12,22	4,1	18,05
10 pm – 1 am	4,34	11,93	3,89	17,23
1 am – 4 am	2,19	10,37	2,19	16,42
4 am – 7 am	1,25	9,24	1,25	15,12

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 14: Día 2 para Establecer Temperaturas Externas e Internas con Pared y con Muro Trombe.

DIA 2				
HORAS	PARED		MURO TROMBE	
	TEMPERATURA EXTERNA	TEMPERATURA INTERNA	TEMPERATURA EXTERNA	TEMPERATURA INTERNA
7 am – 10 am	1,95	9,05	10,4	12,72
10 am – 1 pm	3,15	10,91	9,26	14,91
1 pm – 4 pm	7,24	15,68	11,36	18,18
4 pm – 7 pm	7,59	14,86	6,35	19,23
7 pm – 10 pm	6,11	12,75	4,34	17,56
10 pm – 1 am	4,75	12,34	4,1	17,57
1 am – 4 am	2,49	10,66	2,36	17,23
4 am – 7 am	1	12,15	-0,9	15,14

Fuente: *Elaboración Propia.*

Concluimos con estos datos la variación de las temperaturas internas y externas con pared COB y Muro Trombe.

Establecemos los promedios de temperaturas del muro trombe con cantidades obtenidas en la recolección de datos, complementamos los cálculos de volumen y diseño de los espacios a calentar.

Tabla 15: *Temperaturas Promedio del Muro Trombe Según el Programa.*

NODO	0h	6h	12h	18h	24h
	Temperatura ($^{\circ}$)				
T_0^0	57.2	61.91127	64.2158	63.752	60.386
T_1^0	52.88	70.26364	60.04595	58.83998	55.328
T_2^0	48.56	69.11173	55.8761	53.92796	50.27
T_3^0	44.24	64.79173	51.70625	49.01594	45.212
T_4^0	39.92	60.47173	47.5364	44.10392	40.154
T_5^0	35.6	56.15173	43.36655	39.1919	35.096

Fuente: *Elaboración Propia.*

Concluimos que con los datos de los promedios de temperatura, se emplearan para el cálculo de volumen y diseño de los espacios a calentar.

La temperatura con muro se ha analizado tanto externa como internamente, durante las 48 horas, para con ello obtener una temperatura promedio del muro.

Tabla 16: *Resumen de Temperatura Promedio del Muro Trombe.*

Temperatura con Muro		
	Temperatura Externa	Temperatura Interna
6h	13.418	16.617
12h	6.315	17.898
18h	3.996	17.64
24h	1.72	15.77
30h	9.845	13.812
36h	8.856	18.705
42h	4.22	17.565
48h	0.73	16.185

Fuente: *Elaboración Propia.*

Concluimos que se con los datos de las temperaturas del muro internas y externas, se obtendrá la máxima y la mínima durante las 48 horas de análisis de las temperaturas promedio del muro.

4.3. Calcular el costo de fabricación del sistema de calefacción solar (muro trombe).

Se analizó los costos para la construcción del sistema de calefacción, en la cual tenemos los costos para la construcción de la pared COB como base para el muro trombe y así mismo el costo de este.

Tabla 17: *Tabla de Costos para la Fabricación del Sistema de Calefacción Solar.*

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO						
Proyecto: Diseño de un sistema de calefacción solar (Muro Trombe) para optimizar el confort en viviendas rurales alto andinas en la región Cajamarca						
Elaborado por: Jimmy Raphael Cachi Zambrano						
Ubicación: Cajamarca						
#	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total	
1	Pared de COB					
2	Estructura de Guadua	m2	20.7	3.64	75.41	
3	Transporte de material	m3	6	5.76	34.56	
4	Revocado y Colocado de COB	m2	20.7	18.5	382.95	
5	Muro Trombe					
6	Estructura de Madera	m2	4.8	16.39	78.67	
7	Pintura de Caucho tipo Latex	m2	4.8	3.32	15.94	
				TOTAL PRESUPUESTO		587.53
				REAJUSTO ESTIMADO (2%)		11.75
				PRESUPUESTO MAS REAJUSTO		599.28

Fuente: *Elaboración Propia.*

Con ello se realiza un análisis del sustento económico que se tendrá que invertir para ejecutar dicho sistema de calefacción solar (muro trombe).

4. DISCUSIÓN

Este estudio se desarrolló de acuerdo a la realidad problemática de las bajas temperaturas en las que están expuestas más aun por las noches los pobladores las zonas rurales alto andinas de la región Cajamarca, es por ello que se tuvo para bien cubrir la necesidad y problemática mediante un diseño de calefacción solar (Muro Trombe) para buscando así optimizar el confort de las viviendas de las zonas rurales de Cajamarca, se tuvo como alternativa de solución la construcción del muro Trombe porque es un sistema sustentable económicamente adecuado para comunidades que están en un nivel alto de pobreza, y más aún donde no hay fácil acceso para optar por otras redes e instalaciones alámbricas que permitan generar energía eléctrica.

La investigación inicia con la recolección de datos para determinar el tipo de vivienda con las que cuentan los pobladores, el tiempo que llevan habitando la zona, las condiciones en las que viven, la demanda de energía que se requiere para dicho sistema de calefacción solar, la ubicación o la dirección de donde se obtendrá mayor radiación solar para suministrar a cada vivienda, es por ello que se realizó una encuesta, mediante la cual se obtuvo el análisis de los resultados en tablas, y gráficos para mejor estudio.

La elección de los materiales que serán empleados para la construcción del muro Trombe se analizó el costo de cada uno de ellos y la fácil disponibilidad para adquirirlos ya que es una zona donde no es fácil el acceso a equipos pesados o redes de instalaciones eléctricas, análisis con el cual se determinó una sustentable condición económica de optar por este sistema y todos sus componentes. Así mismo la mano de obra se propone reducir a costo cero sí los habitantes de la zona contribuyeron en la construcción de este muro trombe, ya que será para su propio beneficio a un largo plazo.

Por último se determinó que debe tener un mayor espesor para obtener una mejor conductividad de la radiación solar en el muro trombe; así mismo se estableció un

cronograma de los costos y comparación que se analiza con otro sistema muy similar al muro trombe, siendo este el más rentable y eficaz.

Se constata lo mencionado por Bucheli (2017) en su investigación, diseño, construcción y posterior modelamiento de un muro Trombe mediante CFD para generar una optimización en los estudios sobre calefacción solar pasiva, ya que mediante las formas de transferencia de calor de sus elementos y usando el aire libre como fluido. Tras diseñar y construir el modulo interactivo de muro Trombe nos ayuda a observar cómo se comporta físicamente este sistema por medio de la medición de temperatura. Este módulo también abarca modelaciones de procesos de calefacción.

También encontramos una similar conclusión a la que llega Abarca (2014) donde en su investigación realizada en el distrito de Langui - Cusco, cuya intención fue establecer variables, técnicas, cálculos y dimensiones de un sistema de calefacción solar (muro Trombe), donde establece que las variables principales de la ingreso de esta tecnología sean las condiciones geográficas y climáticas del estudio.

Según Espinoza (2015) son similares sus conclusiones, debido a que la investigación también se basó con el aporte tecnológico y nivel aplicado, haciendo uso de la línea de Energía Solar, donde se permitió determinar la configuración del sistema de calefacción solar, donde ello ayudará a minimizar el frío en las viviendas, estableciendo la medición de las temperaturas de la cámara y de la habitación donde se controla a través de un asilamiento de la habitación.

5. CONCLUSIONES

Se resalta la falta de servicios básicos en las viviendas, debido al alto nivel de pobreza en el que se encuentran las comunidades de las zonas rurales alto andinas de la región Cajamarca, además de su aislamiento y la desinformación en cuanto a propuestas y ejecución de proyectos con finalidad de proveerles energía, es por ello que salió de una necesidad la construcción de un (Muro Trombe); siendo este un proyecto económico, eficiente y renovable para estas zonas andinas del Perú.

Los costos analizados de los materiales que se emplean en la construcción del muro Trombe así mismo la mano de obra son precios reales, siendo estos indispensables para afianzar un presupuesto de acorde a las comunidades de esta región cajamarquina, si por metro cuadrado hablamos en cuanto a la construcción de una pared COB sería de S/. 23.86 en cuanto al costo de un muro Trombe en estas zonas rurales alto andinas sería S/. 19.51.

Nuestro país cuenta con una excelente ubicación geográfica, y con una cantidad de recursos humanos que hacen posible el desarrollo de nuestros proyectos de energías alternas, ya que en los últimos años esta región del Perú ha tenido un incremento de radiación solar, resaltando que es una región con temperaturas muy bajas comúnmente, es así como la radiación solar fue tomada en cuenta para este tipo de proyecto ya que es el factor principal para el funcionamiento del muro trombe.

Los materiales, el espesor de la pared estarán llevados de la mano en un muro Trombe ya que si requerimos de aumentar la conductividad se deberá de incrementar el espesor, por ello se recomienda determinar el punto de equilibrio en relación del espesor y la capacidad de transmitir calor, ya que si el muro nos transmite calor en seguida, determinaremos que no va a cumplir la necesidad según lo estudiado que se requiere cubrir y en las hora de la noche se debe tener calentura; en el proyecto se ha empleado y acoplado un espesor de 30 cm, con el que se trabajó sin ningún inconveniente durante todo el proceso de análisis y estudio.

Durante el desarrollo del trabajo se observó el comportamiento térmico de la vivienda de la zona rural alto andina de Cajamarca, es donde obtenemos un orden típico regulable, en cuanto al análisis horario mensual, como en el análisis horario diario, siendo su permanencia constante.

Se llegó a cumplir exitosamente con los objetivos del trabajo generar energía, brindar un confort mediante el sistema de calefacción, energía natural, limpia, a bajo costo, todo ello gracias a la información adquirida en las distintas etapas de la investigación, hasta puede ser posible el análisis de que es una solución inmediata.

Este muro Trombe puede ser un instrumento que permitirá valorar la idoneidad de emplear la técnica del COB, tomando en cuenta las condiciones climatológicas, expandiéndose para ser ejecutadas en otras comunidades de las regiones de nuestro país.

Este tipo de proyectos donde la aplicación del muro trombe, puede optarse como una alternativa de solución para sectores aislados con difícil acceso a redes eléctricas para instalación con otro tipo de generación.

6. RECOMENDACIONES

Este tipo de muro Trombe, se destaca por ser un sistema de calefacción solar alternativo de tipo pasivo, no muy reconocido y no muy desarrollado. Es por ello que se debe de promover este tipo de proyectos ya que su factibilidad se basa en su reducido costo para construcción cuyo valor en soles corresponde a S/. 32.02 por metro cuadro, por lo cual las diferentes organizaciones internacionales que ayuden a financiar o a incentivar el desarrollo de las zonas rurales en nuestro país, así mismo realizando charlas o capacitaciones informativas acerca de este sistema de calefacción.

Se diseñó el sistema de calefacción solar Muro Trombe para optimizar el confort en las viviendas rurales alto andinas de la región Cajamarca, debe de contar con una gran capacidad para filtración y almacenamiento de calor, ya que son factores que dependen de la conductividad térmica y la resistencia del muro, por lo cual el muro trombe deberá determinar un grosor preciso para la temperatura que se necesitará.

Es muy recomendable para sectores con un alto índice de pobreza y donde el gobierno es ajeno a sus peticiones para su bienestar.

Es recomendable fomentar como propuesta sustentable económicamente como un tipo de proyecto que generará el desarrollo de una comunidad alto andina o de zonas rurales, pues con el financiamiento del estado se podría llevar a cabo en muchas partes de nuestro Perú, así mismo no dejar pasar por desapercibido a los profesionales que se involucran o hacen este tipo de proyecto para que con becas o programas de especialización en energías alternativas o renovables no dejen de prepararse e indagar más de las ventajas y beneficios que podemos obtener al utilizar este tipo de energía.

REFERENCIAS

- Abarca mora, daniel. 2014. *Calculo y dimensionamiento de un sistema de calefacción solar (muro trombe) para viviendas rurales al toandinas de la region cusco. cusco - Perú : universidad nacional san antonio abad del cusco, 2014.*
- Aqualimpia. 2019. *Válvulas de seguridad - control de presiones. [en línea] 2019. [citado el: 29 de setiembre de 2019.]*
- Arrieta palacios, winston. 2016. *Diseño de un biodigestor domestico para el aprovechamiento energetico del estiércol de ganado. facultad de ingeniería, univrsdiad de piura. piura : s.n., 2016. pág. 251, tesis pregrado.*
- Atencio, pablo enrique. 2014. *Ahorro energetico desde el área. buenos aires : s.n., 2014, pág. 7.*
- Bahamonde burgos, pablo. 2017. *Curso de formación especializado en biogas para profesionales. diseño de plantas pequeñas. talca, españa : s.n., 2017.*
- Bbc noticias. 2010. *Sudamérica: ¿por qué muere la gente de frío?. 20 de julio de 2010. [citado el: 20 de junio de 2019.]*
- Beltrán, marcelo. 2018. *Biorremediacion de los recursos naturales. bueno aires : argentina , 2018. pág. 521.*
- Bucheli naranjo, José Luis y Torres Santos, Eduardo Rodrigo. 2017. *Construcción y modelamiento de un módulo didactico de muro trombe mediante CFD para fomentar los estudios de calefacción solar pasiva. quito - Ecuador : escuela politécnica nacional, 2017.*
- Caldeira Brant, Leonardo Nemer, y otros. 2016. *Desarrollo sostenible y matriz energetica en America latina. Belo Horizonte : Design e Diagramacion, 2016. pág. 400.*
- Canal N. 2018. *Indeci alertó de presencia de heladas y friaje en diferentes departamentos. 08 de mayo de 2018. [citado el: 20 de junio de 2019.]*
- Correo. 2014. *Senamhi: cajamarca soportará heladas de entre -7 y -4 grados. 22 de octubre de 2014. [citado el: 20 de junio de 2019.]*
- Corrales, Lucia Constanza. 2015. *Bacterias anaerobicas: proceso que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. Bogotá : Nova, 08 de junio de 2015, vol. 13, pág. 10.*

- Cordero, ximena y guillén, vanesa. 2013. *Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de cuenca*. Cuenca - Ecuador : s.n., 2013, estoa, vol. 1.
- Dirección general de eficiencia energética - men. 2014. *Plan estratégico nacional 2010-2025. documento de trabajo*. Lima, Perú : s.n., 2014. pág. 140.
- Espinoza montes, ciro abelardo. 2015. *Sistema de calefacción solar para reducir el friaje en viviendas alto andinas*. arquipa -perú : xxii simposio peruano de energía solar y del ambiente (xxii- spes), 2015.
- Gómez, claudio daniel miguéz. 2014. *Eficiencia energética en el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica: optimización energética y exergética*. ciencias ambientales , universidad complutense de madrid . madrid : s.n., 2014. pág. 405 .
- Gonzales guerra, exequiel frantz. 2017. "Sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos de. piura : creative commons atribución-nocomercial-sinderivar 4.0 internaciona, 2017. pág. 129.
- Hachi, germán ramiro rodríguez. 2015. *Diagnóstico documental para estudio de la calidad*. quito : universidad tecnológica equinoccial., 2015. pág. 137.
- Huancas, José Oblise Jaramillo. 2016. *Evaluación técnico económica para abastecer con. chiclayo : s.n., 2016. pág. 73.*
- Imperworld. [En línea] [citado el: 24 de 09 de 2019.] <http://www.impermeabilizacion.com.pe/venta-de-geomembrana-pvc-lima-peru.html>.
- Instituto nacional de estadística e informática. Inei: población y vivienda. [en línea] [citado el: 15 de 09 de 2019.]
- Liébard, a. y de herde, a. 2005. *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. paris : observatoire, 2005.
- Luna león, aníbal, y otros. 2014. *Desempeño térmico en variaciones de muro trombe en clima cálido seco extremo*. palapa, enero de 2014, palapa, vol. ii, págs. 3-17.
- Marta, santa. 2014 . *Microbiología del suelo . ciencias agrícolas y del medio ambiente , universidad nacional abierta y a distancia . 2014 . pág. 246.*

- Mata, cristina perez. 2017. *Comparaciòn del efecto fertilizante de productos derivados del digestado obtenido en la digestiòn anaerobia de residuos de supermercado. s.l. : meta, 2017. pág. 149.*
- Mesa grajales, dairo h, ortiz sanchez, yesid y pinzon, manuel. 2006. *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. 3, mayo de 2006, scientia et technica año xii, pág. 6.*
- Ministerio de energía. 2014. *manual de biogas. [ED.] Remocion de barreras para la electrificaciòn rural con energias. chile: renovables. santiago de chile : global environment facility, 2014, pág. 119.*
- Ministerio de energía. 2014. *Santiago de chile : global environment facility, 2014, pág. 119.*
- Ministerio de economía y finanzas - direcciòn general de política de inversiones. 2011. *Identificaciòn, formulaciòn y evaluaciòn social de proyectos de inversiòn pública de electrificacion rural. tacna, peru : s.n., 2011. pág. 183.*
- Moreno, maría teresa varnero. 2011. *Manual del biogas. [ed.] ministerio de energía, y otros. santiago de chile : s.n., 2011. pág. 119.*
- Muñoz, alejandra catalina baquero. 2017. *Efecto de diferentes medios de soporte en la producciòn de hidrógeno a partir del. bogotá : programa de ingeniería civil, 2017. pág. 88.*
- Orbegozo, c. y arivilca, r. 2010 a. *Energía solar fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones domiciliarias. 2010a.*
- Pareja aparicio, miguel. 2010. *Energía sola fotovoltaica: cálculo de una instalaciòn aislada. Barcelona : marcombo s.a., 2010.*
- Retema. 2017. *Recursos y energia de los rsu. Madrid: technical magazine about the environmental industry, 21 de 02 de 2017, revista tecnica de medio ambiente , pág. 100.*
- Romero, diana marcela antolinez. 2015. *Y bacterias anaerobias: procesos que realizan. [ED.] Anaerobic bacteria: processes they perform and their contribution to life. bogotá : s.n., 2015, pág. 27.*
- Salazar salazar, perci. 2017. *Diseño e instalacion del biodigestor tipo laguna cubierta del establo de la universidad nacional toribio rodriguez de mendoza, chachapoyas, amazonas. facultad de ingenieria civil y ambiental, universidad*

- nacional toribio rodriguez mendoza de amazonas. chachapoyas : s.n., 2017. pág. 75.*
- Seferis, p. 2008. *Investigation of the ventilated wall. glasgow : university of strathclyde., 2008.*
- Tovar, luis. 2014. *Propuesta de diseño de una planta de biogàs para la generaciòn de potencia electrica en zonas pecuarias de venezuela a travès del programa biodigestor. Valencia : revista ingenieria uc, agosto de 2014, vol. 21, pág. 6.*
- Viel, jorge eduardo. 2016. *Lineamientos para la eficiencia y la planificacion energetica de la provincia de la rioja, republica argentina. escuela tecnica superior de ingenieria industrial, universidad de la rioja. argetnina : s.n., 2016. pág. 291, tesis doctoral.*
- Vinicio, baculima pintado mario. 2015. *Estudio para la determinaciòn de la producciòn de energìa elèctrica a partir del aprovechamiento del biogàs de una granja porcina ubicada en la ciudad de azogues. cuenca : s.n., 2015. pág. 107.*

ANEXOS

**ANEXO 01.- ENCUESTA REALIZADA PARA FACTIBILIDAD DEL MURO
TROMBE**

Sexo: M..... o F.....

Edad:

1. ¿Cuánto tiempo habita en la zona?
 - a) Menos de 5 años
 - b) Más de 5 años
 - c) Temporal

2. ¿Cuál es el material de su vivienda?
 - a) Adobe
 - b) Ladrillo
 - c) COB

3. ¿Su vivienda cuenta con servicios básicos?
 - a) Si
 - b) No
 - c) A veces

4. ¿Su vivienda tiene energía eléctrica?
 - a) Si
 - b) No
 - c) A veces

5. ¿Está expuesto a bajas temperaturas?
 - a) Siempre
 - b) Casi siempre
 - c) Nunca

6. ¿Tiene complicaciones con su salud por causa de las bajas temperaturas?
- a) Si
 - b) No
7. ¿Con que frecuencia presenta enfermedades respiratorias?
- a) Siempre
 - b) Casi siempre
 - c) Nunca
8. ¿conoce sobre algún medio de calefacción para su vivienda?
- a) Si
 - b) No
9. ¿Le gustaría tener un sistema de calefacción en su vivienda?
- a) Si
 - b) No
10. ¿Le gustaría participar en un proyecto para instalar un sistema de calefacción a bajo costo para su vivienda?
- a) Si
 - b) No

ANEXO 02.- PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DEL MURO TROMBE

Para realizar un estudio experimental para contrastar la investigación se propone diseñar la estructura a estándar para el soporte de la pared COB, se empleará una estructura de caña guadua, con un traslape de 15 x 30 cm, dándole forma como una malla y de esta forma facilitar la colocación del COB, siendo los pencos de madera será la estructura principal de 10 cm de diámetro.



Se tendrá por necesidad transportar 6 m³ cúbicos de arcilla-arenosa a 500 metros cercanos a la primera vivienda donde se ejecutara la construcción del sistema de calefacción solar (muro Trombe).



Se realizó el corte de 50 kg de fibra vegetal para ser utilizada en la mezcla del muro trombe. Es por ello que se tuvo como precaución homogenizar los materiales con presencia de agua para así evitar que la mezcla pierda características de adherencia y plasticidad.



Se procede a la mezcla en donde la arcilla arenosa se va adherir hasta obtener una plasticidad para formar el muro trombe.



Procedemos al amasado del material para con ello continuar a la colocación del material en la pared COB.



Una vez ya amasado el material se procedió a colocarlo entre los espacios de la caña guadua, de esta manera se formara la pared de COB. Después de ello se esperará un plazo de 30 días para que proceda el secado del COB, y así poder avanzar con el siguiente paso que sería la instalación del muro trombe.



Como se determinó en los cálculos del capítulo 3.2., las dimensiones ya establecidas para el muro Trombe sería 4.8 m².



Procedemos al montaje de la estructura de madera para pasos finales de la culminación en la construcción del muro trombe.



Ya anclada la estructura de madera en la pared COB ubicamos los puntos a perforar en los orificios con ayuda de dos herramientas un cincel y martillo. Estos orificios deben contar con un diámetro según lo estipulado en el capítulo 3.2.



Después de anclar y perforar la estructura de madera, para evitar el desmoronamiento del COB se coloca un tubo en los orificios. Para evitar el paso de flujo se debe colocar una capa de COB esto alrededor de la estructura de madera y en los orificios.



Se realiza una limpieza de pared, para luego pintar con látex de color negro. Y para culminar sería la colocación del vidrio y sellar aquellos bordes en general todos con silicona, pues así se busca no tener fugas de calor por el muro Trombe.



Finalizamos la construcción de la pared COB y el muro trombe, para luego realizar la instalación del sistema de calefacción solar en cada vivienda.

a) Mano de Obra.

Establecemos la mano de obra para la construcción del Muro Trombe, describiendo el tipo de trabajo y la persona encargada de ello, además de la categoría del personal y las horas operativas de trabajo.

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
Proyecto: Diseño de un sistema de calefacción solar (Muro Trombe) para optimizar el confort en viviendas rurales alto andinas en la región Cajamarca			
Elaborado por: Jimmy Raphael Cachi Zambrano			
Ubicación: Cajamarca			
MANO DE OBRA			
#	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	HORAS TO
1	Peón	Categoría E1	83.52
2	Albañil	Categoría D2	20.7
3	Maestro de Obra	Categoría C2	0.96
4	Inspector	Categoría B3	3.16
5	Chofer Licencia "C"	Chofer Licencia "C"	0.18
6	Carp Interno	Categoría D2	5.1
7	Ayudante de Albañil	Categoría E2	10.86

Concluimos con estos datos de la mano de obra para la ejecución del proyecto, para el análisis del costo para buscar financiamiento o presupuesto planteado para su construcción del Muro Trombe.

b) Equipos.

Determinamos los equipos que se emplearán en la construcción del Muro Trombe, la cantidad que se empleará y el precio de estas.

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
Proyecto: Diseño de un sistema de calefacción solar (Muro Trombe) para optimizar el confort en viviendas rurales alto andinas en la región Cajamarca.			
Elaborado por: Jimmy Raphael Cachi Zambrano			
Ubicación: Cajamarca			
EQUIPO DEL PROYECTO			
#	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO
1	Herramienta menor	Hora	1
2	Camioneta 2000CC Doble Tracción	Hora	5
3	Andamio	Hora	0.25
4	Equipo de protección Industrial	Hora	0.1

Con la descripción, cantidad y precio de los equipos que se utilizarán en la construcción del Muro Trombe, nos permite analizar cuanto, que y costo del material para buscar financiamiento.

c) Materiales.

Determinamos los materiales del proyecto, las cantidades que se requerirán y la cantidad de estos.

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
Proyecto: Diseño de un sistema de calefacción solar (Muro Trombe) para optimizar el confort en viviendas rurales alto andinas en la región Cajamarca.			
Elaborado por: Jimmy Raphael Cachi Zambrano			
Ubicación: Cajamarca			
MATERIALES DEL PROYECTO			
#	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Tabla de Minte ancho 25 cm	m	12
2	Agua	m3	0
3	Lija	hoja	28
4	Alambre Galvanizado N° 12	kg	0.41
5	Arcilla Arenosa	m3	6.21
6	Cana Guadua L=7m	m	32.91
7	Clavos	kg	0.26
8	Cola Blanca de Carpintero	gl	0.24
9	Pala Paramo	Kg	49.99
10	Pingo D=10cm	m	26.91

Concluimos con estos datos de los materiales que se emplearán en el proyecto el análisis y evaluación de su presupuesto para dicho financiamiento.

d) Cronograma.

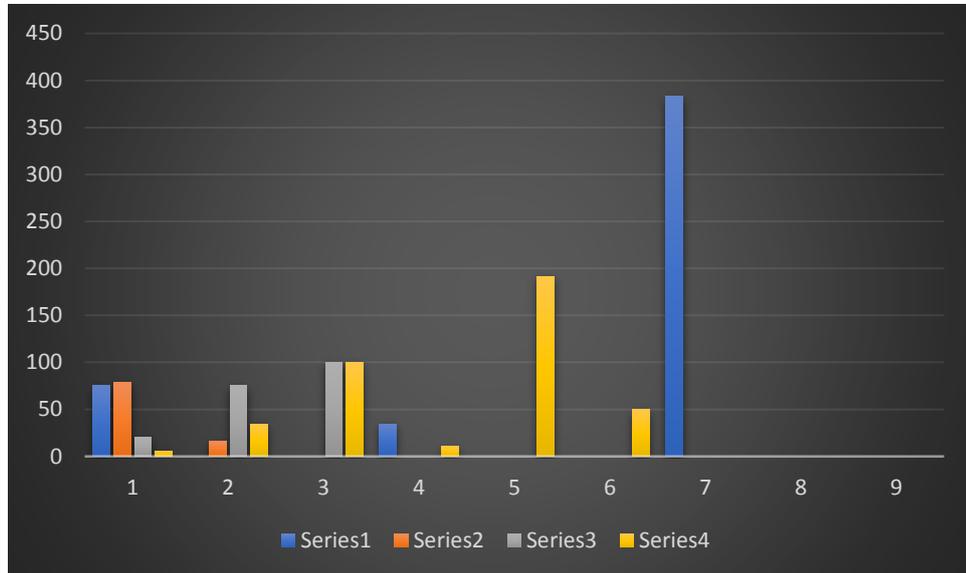
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO							
Proyecto: Diseño de un sistema de calefacción solar (Muro Trombe) para optimizar el confort en viviendas rurales alto andinas en la región Cajamarca.							
Elaborado por: Jimmy Raphael Cachi Zambrano							
Ubicación: Cajamarca							
MATERIALES DEL PROYECTO							
#	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	SEMANA 1	SEMANA 2
PARED DE COB		492.92					
1	Estructura Cana Guadua	m2	20.7	3.64	75.41	20.7	
						75.41	
							100
2	Transporte de material arcilla arenosa	m3	6	5.76	34.56		6
							34.56
							100
3	Revocado y Colocado de COB	m2	20.7	18.5	382.95		10.35
							191.48

							50
MURO TROMBE		94.61					
4	Estructura de madera para Muro Trombe	m2	4.8	16.39	78.7		
5	Pintura de Cacho Tipo Látex	m2	4.8	3.32	15.94		
MONTO PARCIAL						75.41	226.04
% PARCIAL						12.84	38.47
MONTO ACUMULADO						75.41	301.45

Establecemos los materiales para la construcción tanto de pared de COB como para el muro de Trombe, determinando las cantidades y precios durante dos semanas para ambos.

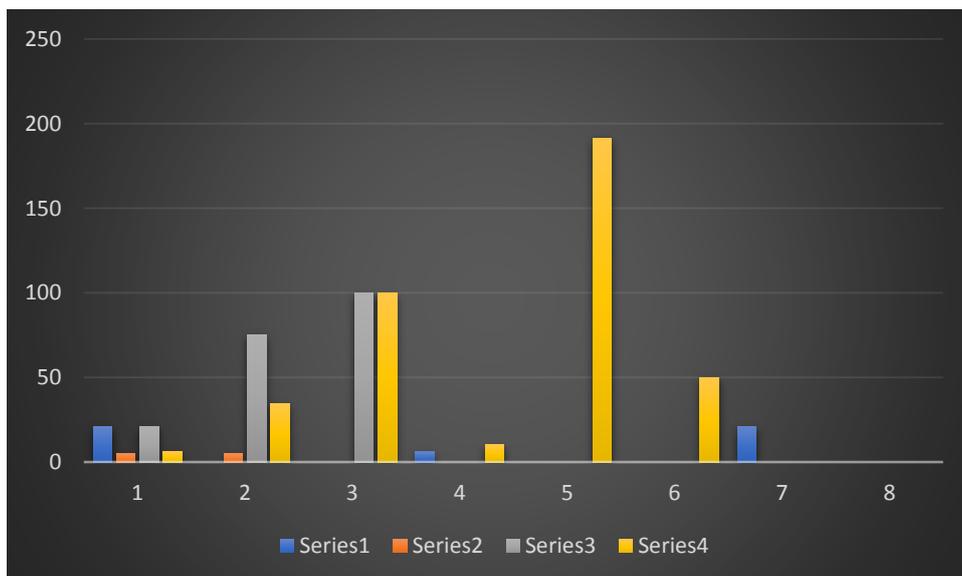
Concluimos a una evaluación y análisis del costo que se realizara para la construcción de la pared COB y el Muro Trombe para las zonas rurales alto andinas de la región Cajamarca.

Gráfico donde establecemos el avance del proyecto en las dos semanas para su construcción. Datos tomados del cronograma para los materiales del proyecto.



Concluimos con este grafico el tiempo de avance en que se ejecutará la construcción del Muro de Trombe.

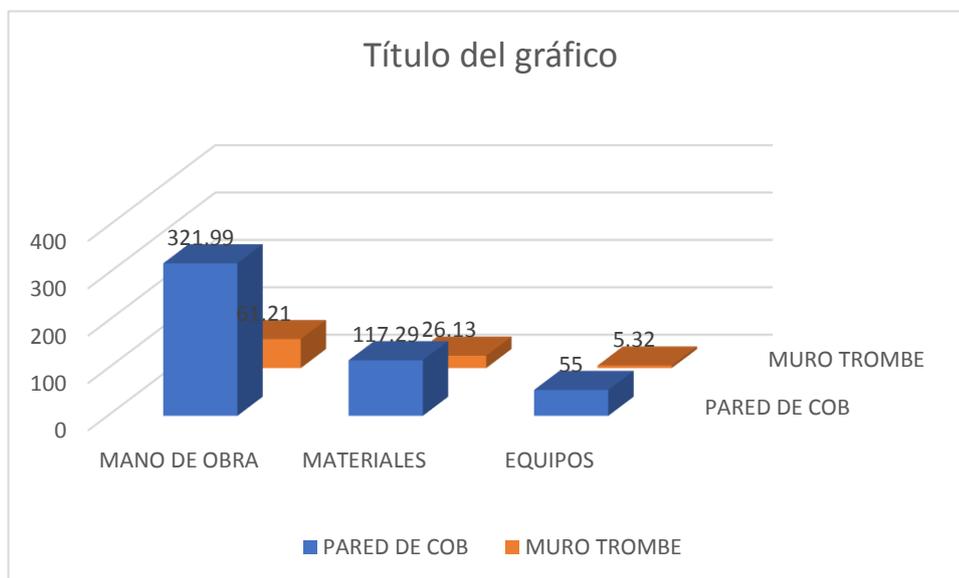
Determinamos los mediante el Gráfico los Costos realizados durante las dos semanas para la ejecución del proyecto. Datos adquiridos del cronograma para los materiales empleados en el proyecto.



Mediante este gráfico se concluye el total del costo del proyecto a ejecutarse.

e) Costo de Pared de COB vs Muro Trombe.

Cabe resaltar de que el costo más alto en este tipo de proyecto es la mano de obra, pero si este será un proyecto comunitario, entonces los costos bajan totalmente a cero, ya que la población entra a contribuir en la actividad sin un costo por ser un beneficio para ellos mismos, sin embargo al ser un proyecto que se realizará mediante una empresa pública o privada se tendrá que considerar los valores establecidos en cuanto al análisis de precios.



Según lo demostrado en el gráfico mediante la toma de los datos de gastos que se realizarán por materiales, equipos y mano de obra, tendremos un pequeño elevado presupuesto en cuanto la construcción de la Pared de COB, aun así esta propuesta de prototipo de diseño de un sistema de calefacción solar (Muro Trombe) se encuentra en lo sustentable económicamente para ejecutarlo en zonas rurales alto andinas de la región Cajamarca o cualquier otra región de escasos recursos económicos e indiferentes por su gobierno.

f) Costo por metro cuadrado.

El costo de S/. 19.51 establecido por metro cuadrado es de un sistema de calefacción totalmente sustentable, cuyo nombre responde a "Muro Trombe", este tipo de sistema es económicamente accesible más para personas con escasas condiciones económicas, como las que tenemos en esta ocasión las zonas rurales alto andinas de la región Cajamarca.

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
Proyecto: Diseño de un sistema de calefacción solar (Muro Trombe) para optimizar el confort en viviendas rurales alto andinas en la región Cajamarca.			
Elaborado por: Jimmy Raphael Cachi Zambrano			
Ubicación: Cajamarca			
TABLA DE COSTOS POR m2			
#	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO TOTAL
1	Pared de COB	m2	S/. 19.51
2	Muro Trombe	m2	S/. 19.51

Mediante los datos determinados en la tabla de costos por metros cuadrados se concluye que el sistema de calefacción solar (Muro Trombe) es sustentablemente económico.

g) Financiamiento.

Hoy en día existen organizaciones cuya función principal tienen por ayudar con financiamientos de proyectos que sean basados en energías renovables no convencionales. Ya que con ello estas empresas buscan cuidar y mejorar el medio ambiente, es más hay instituciones que facilitan y apuestan por

reembolsar a países de desarrollo, países que apuestan y desean ejecutar este tipo de proyectos basados en energías alternativas.

Entre las organizaciones destacadas con la finalidad de financiar estos proyectos tenemos:

- El programa de Pequeñas Donaciones
- Environmental Enterprises Assistance Fund.
- Renewable Energy and Energy Efficiency Fund – REEF.
- Solar Development Group – SDG.
- Terra Capital Investors Limited.
- Corporación CarbonFund PCF.
- Corporación Andina de Fomento CAF.

Para la encuesta a los pobladores se estableció una serie de preguntas entre ellas las condiciones básicas en las que están, las bajas temperaturas a las que están expuestos, tiempo de habitar en la zona, enfermedades respiratorias producto de las bajas temperaturas, entre otras más, con estos datos determinamos las cantidades de alto índice de necesidad de confort para los habitantes de las zonas rurales alto andina de la región Cajamarca.

Resultados de la encuesta																																
Preguntas/Personas	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	30	Sumatoria				
1. Cuanto tiempo habita en la zona?																																
a) Menos de 5 años				1																							2					
b) Ma de 5 años	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	28				
c) Temporal																												0				
2.Cuál es el material de su vivienda?																																
a)COB	1		1	1		1		1			1	1		1			1	1		1		1			1	1		1		15		
b)Adobe					1				1	1			1		1			1			1		1	1			1		1		10	
c)Ladrillo		1						1							1					1							1		5			
3. Su vivienda cuenta con servicios básicos?																																
a) Si		1												1		1											1		1		5	
b) No	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		25
c) A veces																															0	
4. Su vivienda tiene energía eléctrica?																																
a) Si		1				1	1								1					1	1								1		7	
b) No	1									1																1					3	
C) A veces			1	1	1			1	1			1	1	1	1	1		1	1	1			1	1		1	1	1	1	1	20	
5. Está expuesto a bajas temperaturas?																																

