



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

*Trabajando por
el Desarrollo
Rural del
Perú*



¿Qué es GRUPO -PUCP?



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

Unidad Operativa del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, que fue fundado en 1985.

- Investigación científica aplicada.
- Difusión y promoción de tecnologías apropiadas a través de proyectos de desarrollo.
- Proyectos de protección al medio ambiente.



Mejorar la calidad de vida del poblador rural

Casa Ecológica: campo científico de experimentación y validación



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL



- Contamos con el aporte de profesores, profesionales y estudiantes de diversas especialidades (equipo multidisciplinario).
- Contamos con más de 50 (tecnologías expuestas en el Campo Científico la casa Ecológica (PUCP)
- Laboratorio de cocinas , sistemas de calentamiento y aslamiento.



Ámbito de acción: zonas rurales del Perú



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL



Difundimos
conocimiento de las
tecnologías
apropiadas en las
zonas rurales del
Perú



Desarrollo Rural

Tecnologías Apropriadas



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

- Satisface un necesidad (WEAHB).
- Bajo costo.
- Accesible al poblador.
- Contribuye a no dañar el medio ambiente.(tecnologías limpias)
- Los pobladores se puedan apropiar de los conocimientos tecnológicos.
- En muchos caso puede se replicado (tanto el conocimiento para realizar la tecnología como la practica , mantenimiento y el uso)
- En otros casos puede ser difundido a través de estrategias empresariales



Desarrollo



PAQUETES TECNOLÓGICOS GRUPO PUCP

PARA COMBATIR LAS BAJAS TEMPERATURAS Y MEJORAR LA SALUD
EN ZONAS ALTO ANDINAS



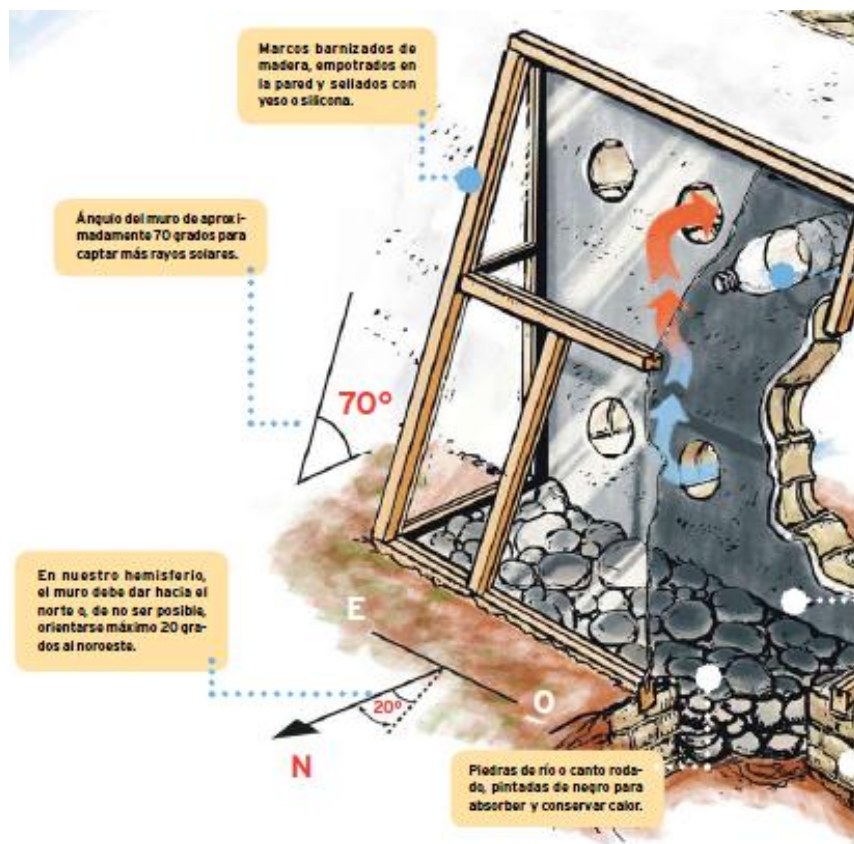
Langui - Cusco

Desarrollo Rural

MURO CALIENTE PARA LA CALEFACCION DE VIVIENDAS



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL



material elaborado por:

Miguel A. Hadzich Marín

Andrés A. Mendoza Ruiz

Expositor:

Eduardo Anibal Pino Samalvides

epinos@pucp.edu.pe

Desarrollo Rural

INTRODUCCION



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

- El presente trabajo realiza un **estudio** y una **optimización** del **Muro Caliente** - **GRUPO PUCP** para el sector rural y urbano marginal de nuestro país, principalmente para las zonas andinas y alto andinas, en donde se producen temperaturas muy bajas y heladas.
- El proceso de **optimización** del muro Trombe se realizará a partir de los **materiales de las zonas** rurales y urbano marginales; mediante **cálculos, análisis y pruebas experimentales** de transferencia de calor para su eficaz proceso de captación, almacenamiento y distribución de la radiación solar.

Desarrollo Rural

INTRODUCCION



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

- Por ello, el objetivo principal de este trabajo es **incrementar la temperatura en un valor de 10°C** en el interior de la vivienda y así **mejorar las condiciones de habitabilidad** de los pobladores que residen en las zonas alto andinas de nuestro país, lugares donde están expuestos a temperaturas muy bajas y a heladas meteorológicas.

Desarrollo Rural

OBJETIVOS



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

Objetivos general

- Optimización del muro Trombe a partir de los materiales que se cuentan en el lugar mediante cálculos de transferencia de calor, análisis y pruebas experimentales

Desarrollo Rural

OBJETIVOS



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

Objetivos Específicos

- Este sistema mejorado **aprovechara** de la **mejor manera la radiación solar y almacenamiento de ella.**
- Este sistema será de **fácil construcción** y de **materiales económicos** lo cual garantizará la mejora de las condiciones de habitabilidad de las viviendas de las familias expuestas a las heladas meteorológicas.

Desarrollo Rural

OBJETIVOS



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

- **Estudio del comportamiento térmico** de diversos diseños y materiales típicos del lugar.
- **Promover el uso de tecnologías alternativas de calefacción**, y tecnologías alternativas en general.

Desarrollo Rural

Metodología de Optimización



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

- Selección del captador óptimo
- Cálculos de radiación
- Simulación del muro Trombe
- Pruebas experimentales del muro Trombe
- Comparación de resultados y Conclusiones

MATERIAL CAPTADOR



- Objetivo

Análisis del comportamiento de materiales transparentes y translucidos en el proceso de almacenamiento de calor y transmisión de radiación solar.

- Materiales

- Armazón de madera
- Vidrio 6mm
- Vidrio de 4mm
- Vidrio doble
- Policarbonato doble
- Plástico
- Calamina
- Acrílico
- Plástico 'Vinifan'

MATERIAL CAPTADOR



- Proceso de construcción

El armazón de madera tiene las siguientes medidas:

20x52 cm² y 60 cm de altura con un espesor de madera de 21mm



El área de material transparente o translucido es de 39x49.5 cm²

El espacio entre el material transparente o translucido y el muro de adobe es de 18cm.

La pared de adobe fue pintada del color negro para así garantizar mas absorción de calor.

MATERIAL CAPTADOR



- El material plástico fue el que más temperatura llegó alcanzar durante las evaluaciones con respecto a la temperatura ambiente que fue de 26°C.
- Resultado del mejor material en captar la radiación solar:

1	vinifan
2	plástico
3	vidrio 6 mm
4	vidrio 4 mm
5	vidrio doble
6	mica
7	calamina
8	Policarbonato

Material Captador



- En conclusión el material para el captador óptimo será un polímero (agrofil), debido a que los resultados muestran que la captación es similar a la del vidrio, su manipulación, costo, transporte y adquisición es mucho más cómodo y accesible en las zonas alto andinas.

Detalles del Prototipo



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

Prototipos de muro solar para el análisis de materiales captadores de radiación solar:

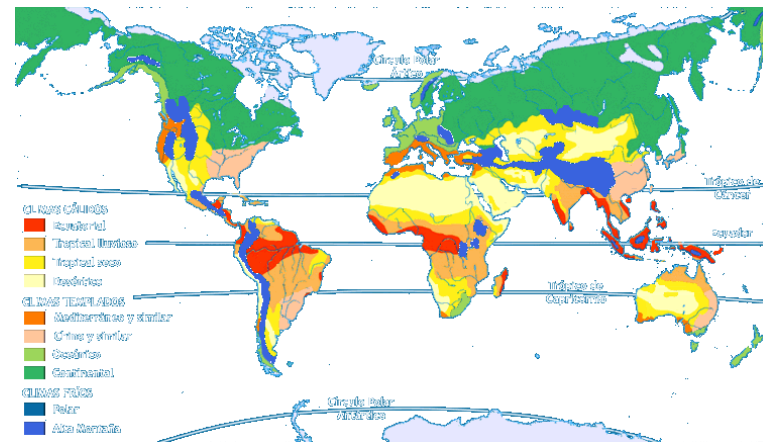
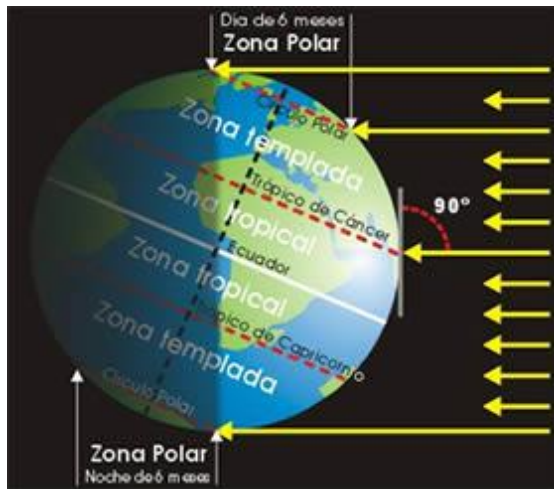


Desarrollo Rural

Inclinación de la superficie captadora



Comportamiento del sol



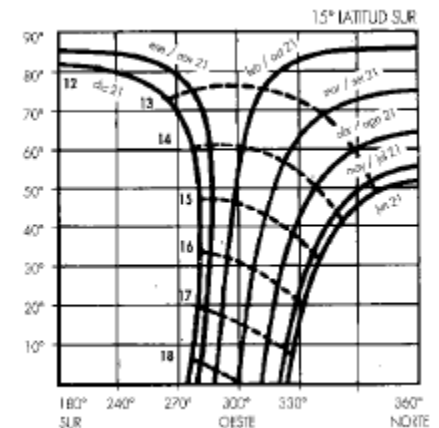
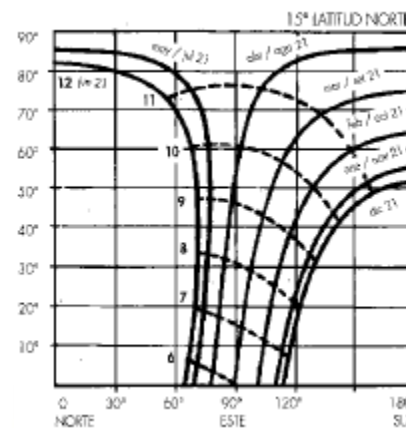
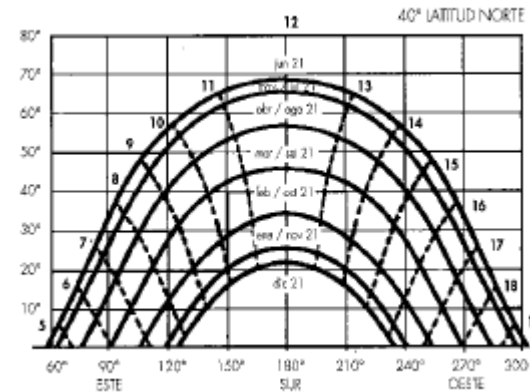
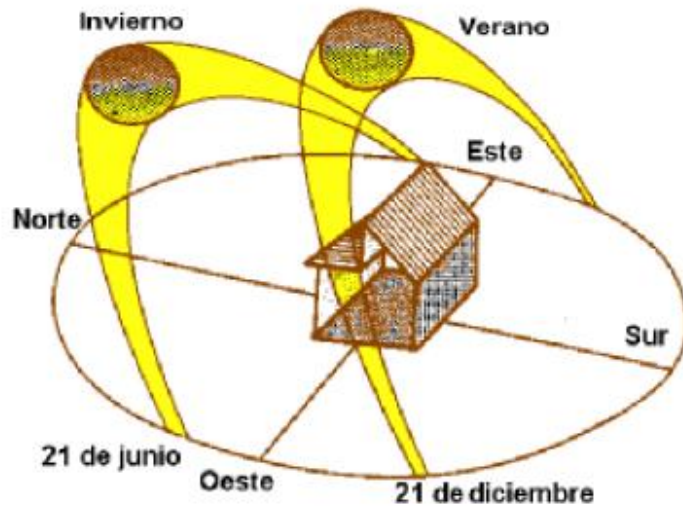
- Latitud y orientación:

El muro caliente debe de apuntar hacia el sur para latitudes por encima del ecuador y apuntar hacia el norte para latitudes por debajo del ecuador.

Inclinación de la superficie captadora



Comportamiento del sol



<http://www.susdesign.com/solpath/index.php>

Cálculos de Radiación



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

El muro Trombe se analizara tomando las siguientes consideraciones:

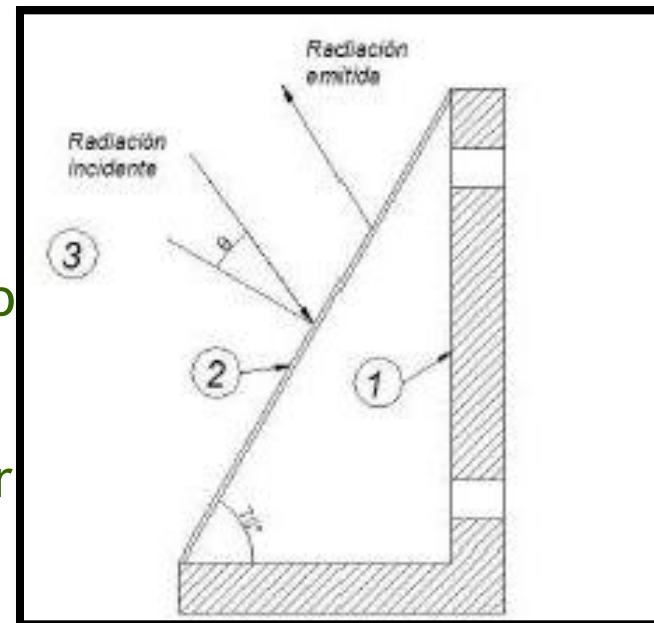
- El captador será un cuerpo transparente.
- Se asumirá que el coeficiente convectivo es constante en el exterior.

El flujo solar será de $700\text{W}/\text{m}^2$ (Mapa solar

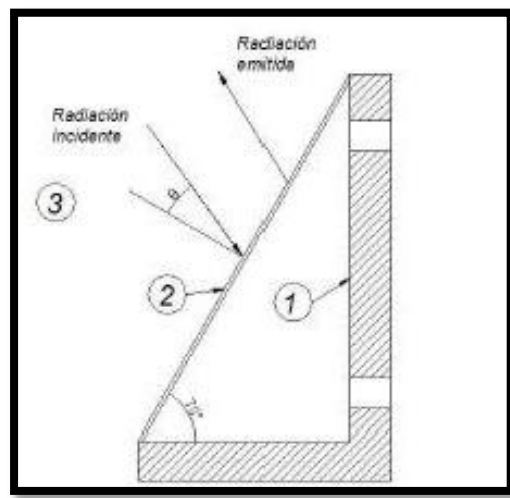
$T_{amb}: 10^\circ\text{C}$

$h=20\text{ W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

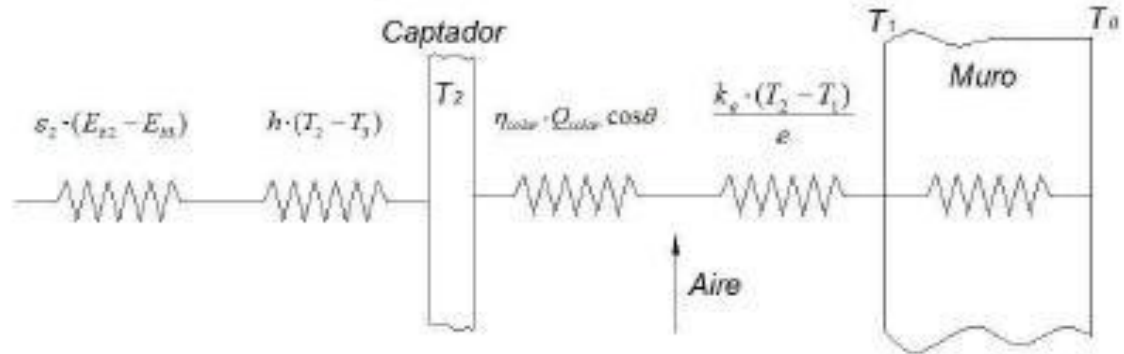
$\Delta x: 40\text{cm}$



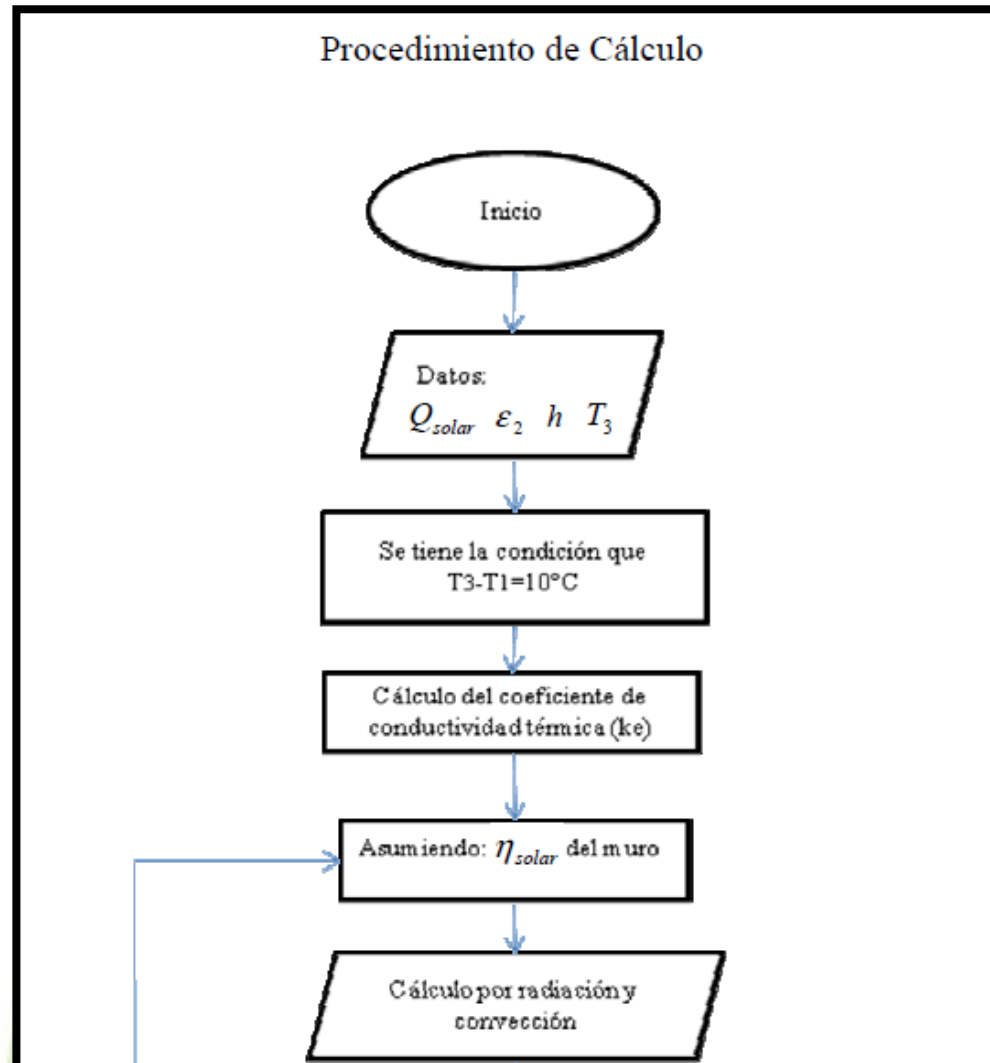
Temperatura de superficies

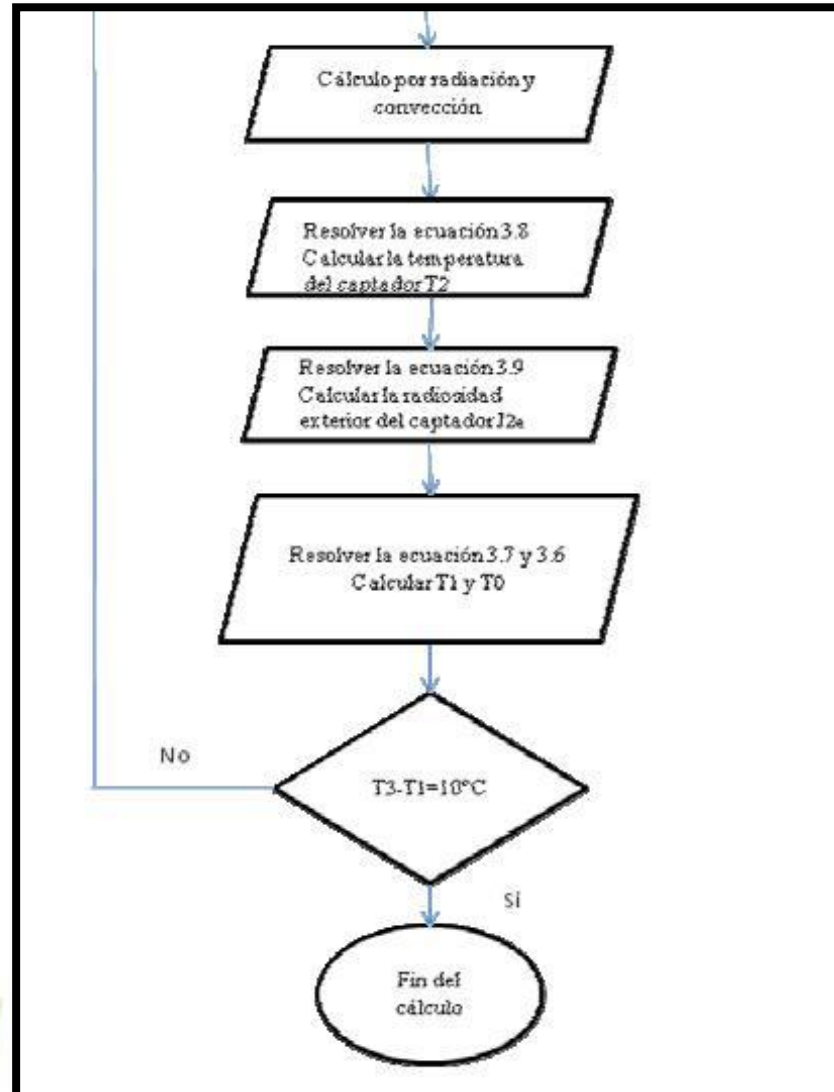


Medio Ambiente



Procedimiento de Cálculo



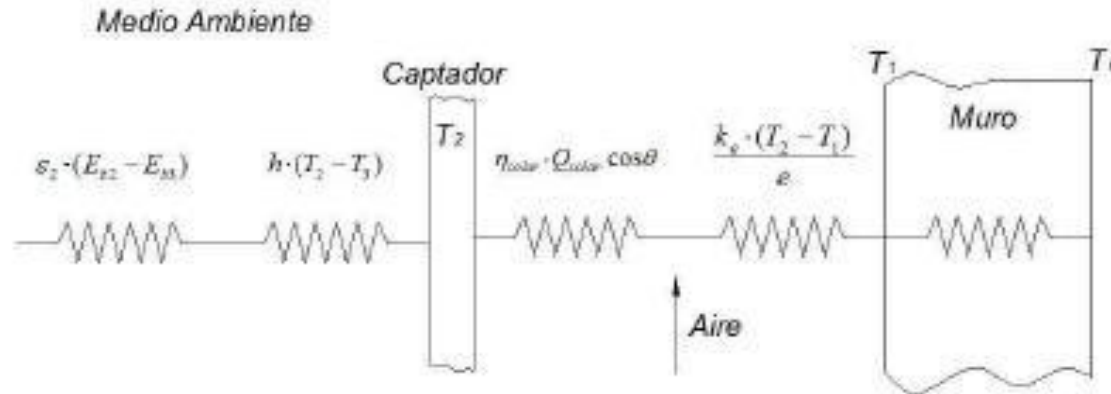


$$Q_{solar} = h \cdot (T_2 - T_3) + \varepsilon_2 \cdot (E_{b2} - E_{b3}) \quad (3.8)$$

$$Q_{muro1} = \frac{k_e \cdot (T_2 - T_1)}{e} + \eta_{solar} \cdot Q_{solar} \cdot \cos \theta + k_{adobe} \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{e_{muro}}$$

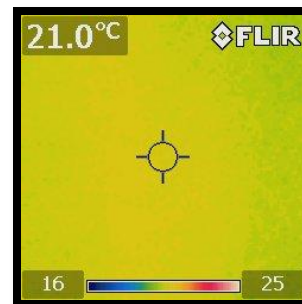
$$Q_{muro1} = E_{01} - F_{12} \cdot J_{21} = \frac{k_e \cdot (T_2 - T_1)}{e} + \eta_{solar} \cdot Q_{solar} \cdot \cos \theta + k_{adobe} \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{e_{muro}}$$

Temperatura de superficies



En la superficie del muro interior habitación (0):

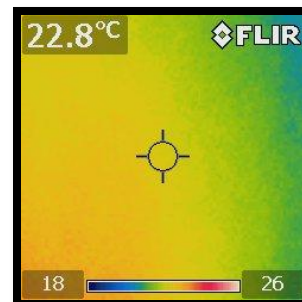
$$T_0 = 294K = 21^{\circ}C$$



En la superficie del muro interior muro Trombe (1):

$$E_{b1} = 527.7 \cdot W / m^2$$

$$T_1 = 340K = 76^{\circ}C$$



En el captador (2):

$$E_{b2} = 527.7 \cdot W / m^2$$

$$T_2 = 310K = 37^{\circ}C$$

$$T_a = 314K = 41^{\circ}C$$

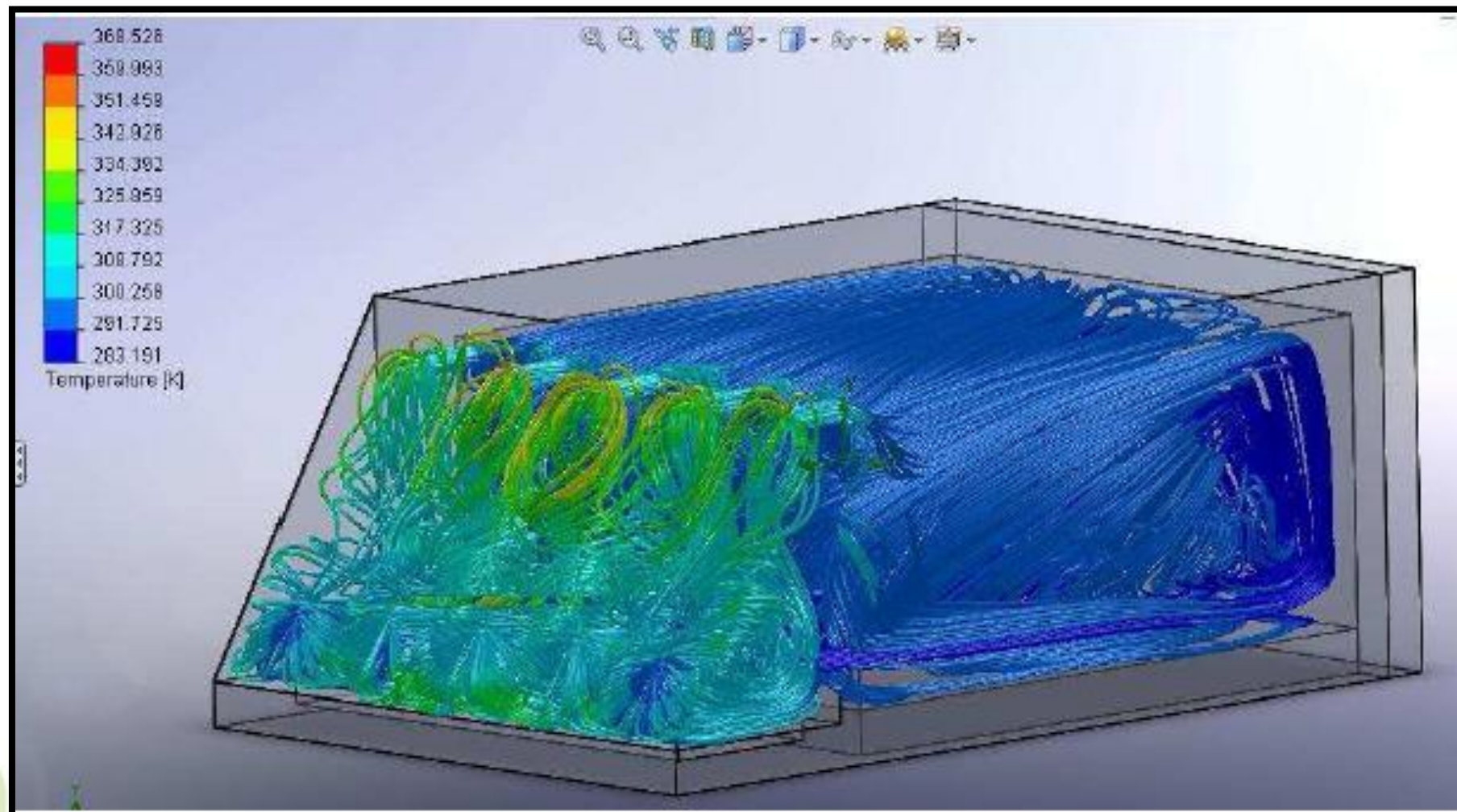
Simulación del muro Trombe



Para la simulación se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Propiedades físicas
- Flujo interno
- Dirección y valor de la radiación solar
- Aire como flujo en la habitación
- Condiciones ambientales de la zona

Simulación del muro Trombe



Simulación del muro Trombe



Tabla 3.1: Punto interno de la habitación

x [m]	y [m]	z [m]	Pressure [Pa]	Temperature [K]	Density [kg/m ³]	Velocity [m/s]
0	0	0.4	60670.03	293.41 (20.4°C)	0.72	0.00665

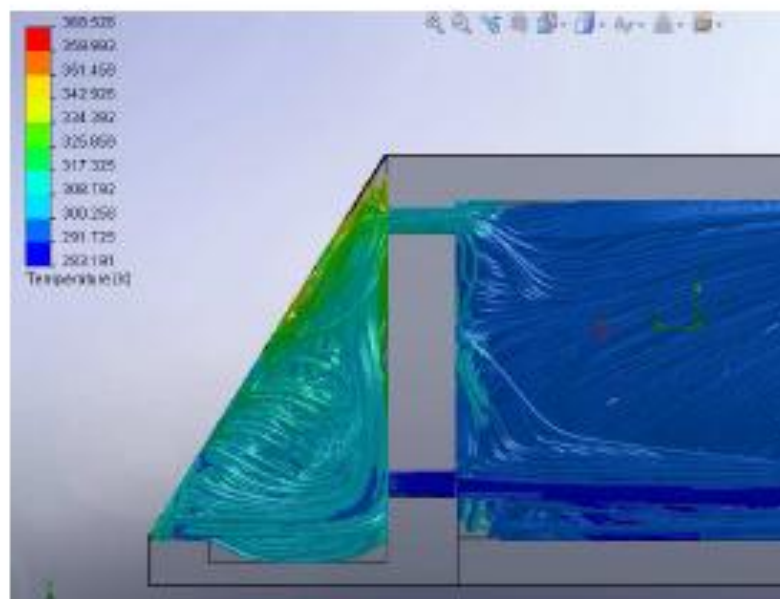
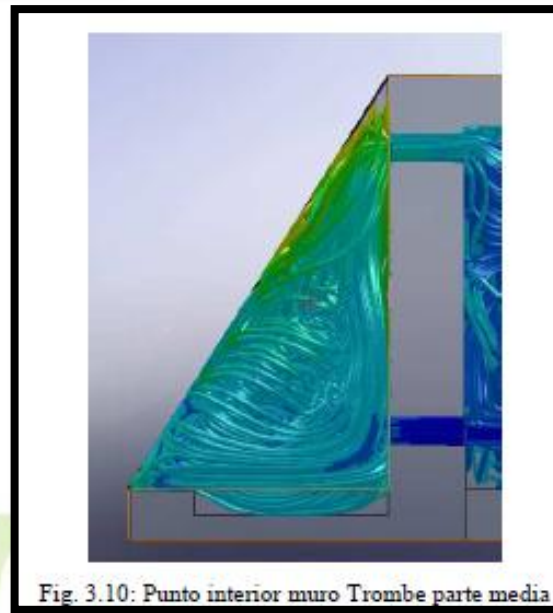
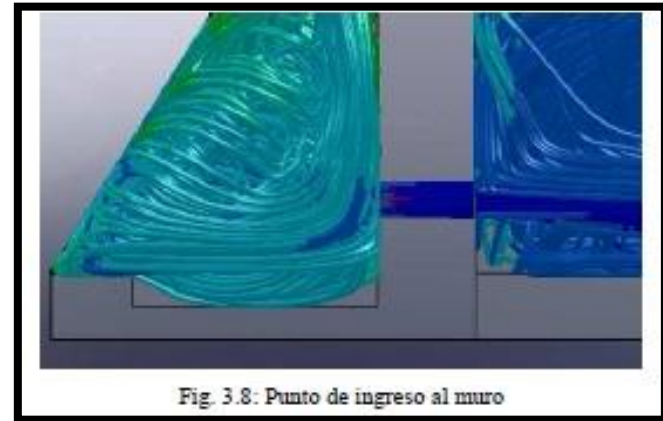
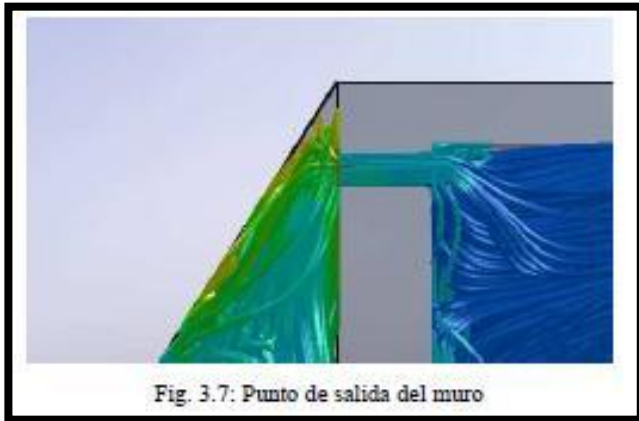


Fig. 3.6: Punto interior habitación

Toma de resultados



Resultados



Tabla 3.7: Resultados obtenidos en la simulación

Ubicación	Temperatura	
Punto habitación interior	293K	20°C
Punto salida Muro	332k	59°C
Punto entrada Muro	285k	12°C
Punto muro interior promedio	321K	48°C

PRUEBAS EN LANGUI



- Se encuentra a una altura de 3969 m y una latitud de 14° 25' 47”.
- EL Muro Trombe tiene las siguientes dimensiones de 3m x 2m y 70° de inclinación.

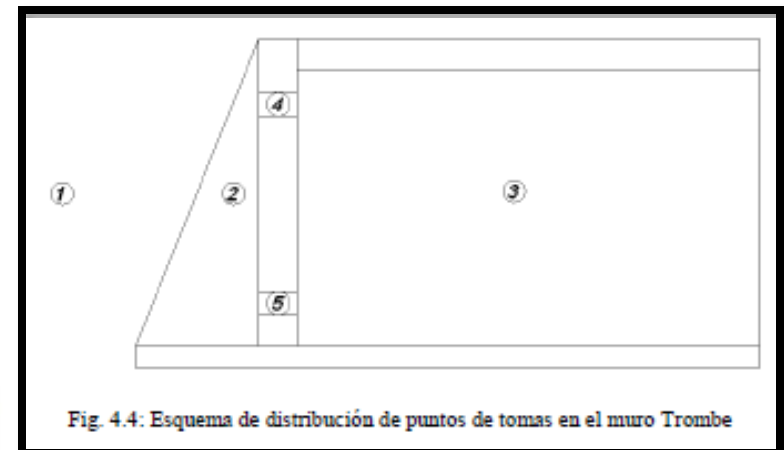
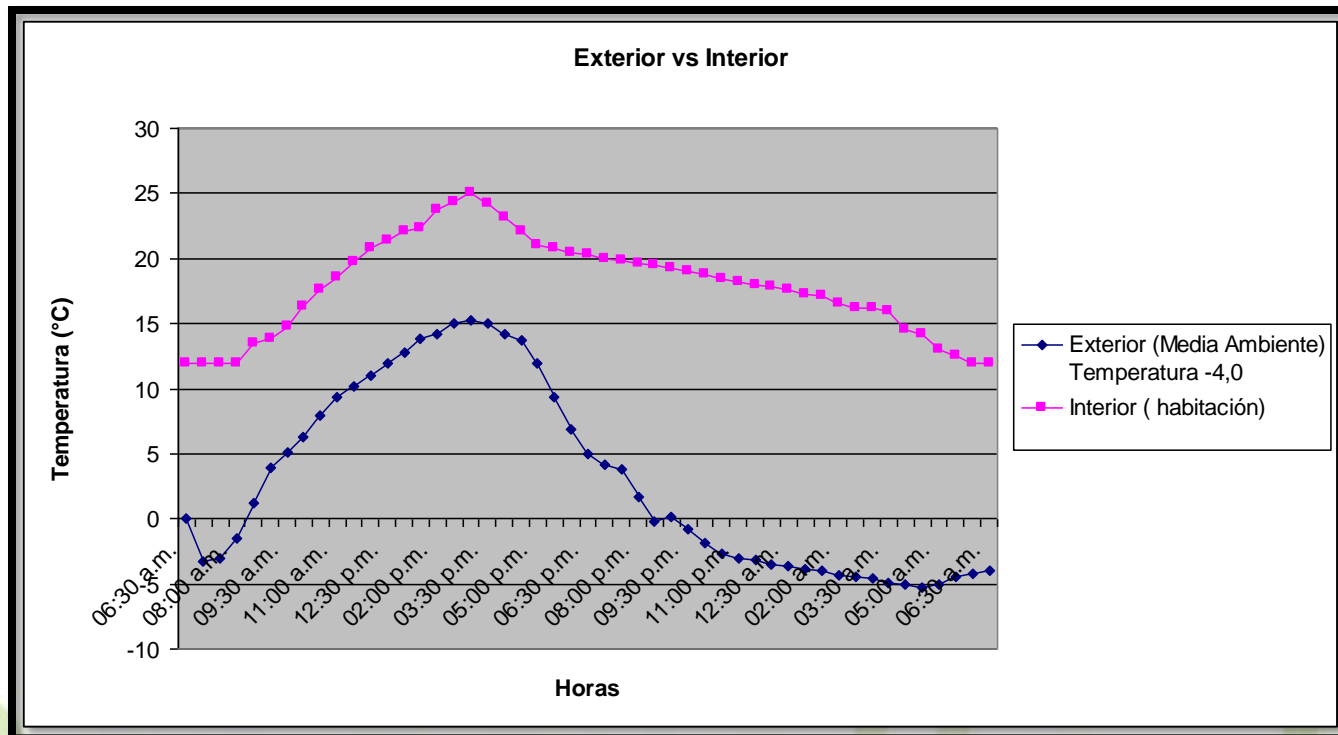


Fig. 4.4: Esquema de distribución de puntos de tomas en el muro Trombe

RESULTADOS PRUEBAS EXPERIMENTALES LANGUI



- Gráfica de la temperatura del aire en el exterior, interior con muro Trombe:

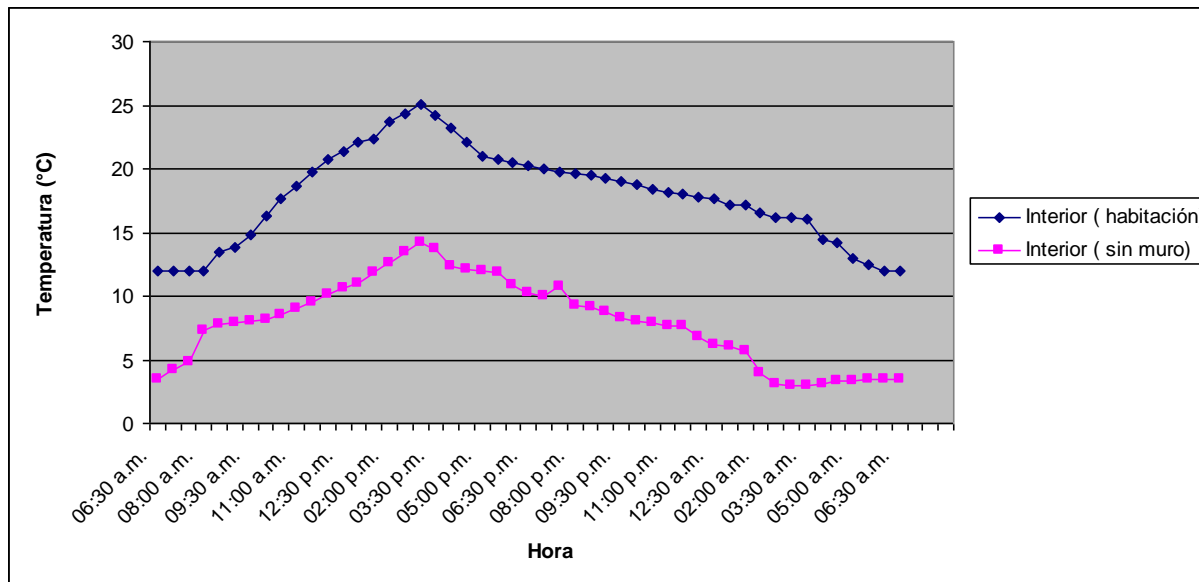


El ΔT promedio es de 14.4°C.

RESULTADOS PRUEBAS EXPERIMENTALES LANGUI



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

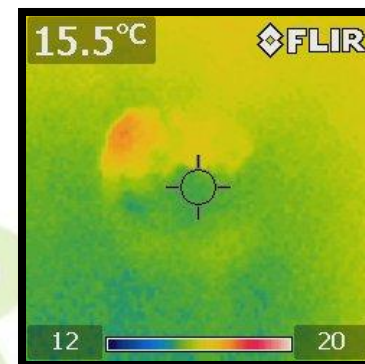
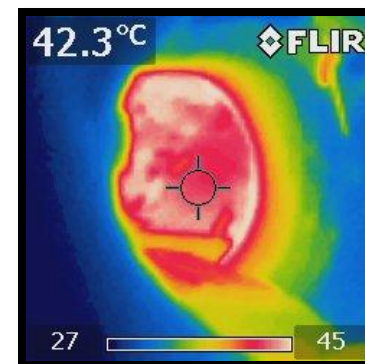
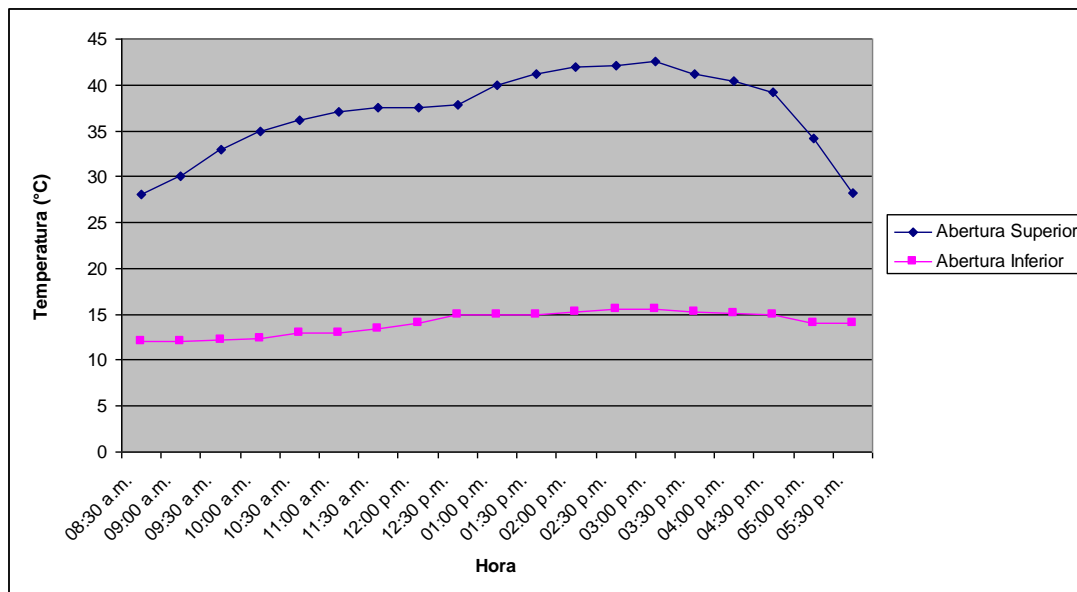


El ΔT promedio es de 10°C aproximadamente

RESULTADOS PRUEBAS EXPERIMENTALES LANGUI



- Gráfica de la temperatura del aire de la abertura superior e inferior:

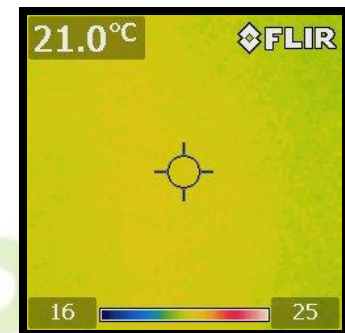
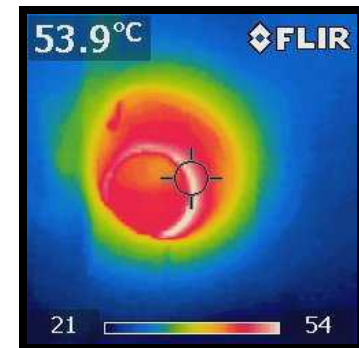
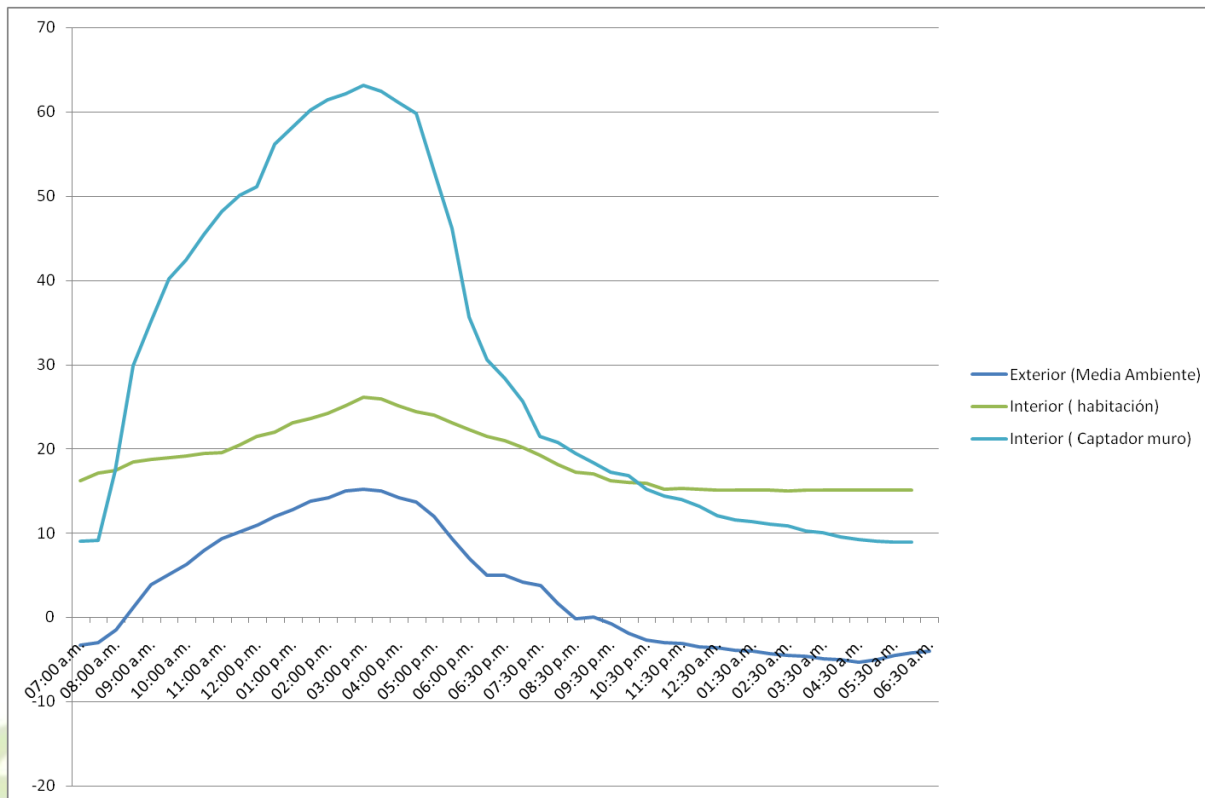


El ΔT promedio es de 23°C.

RESULTADOS PRUEBAS EXPERIMENTALES LANGUI



- Temperatura del aire del exterior, interior (muro Trombe) e interior (habitación):



Comparación de resultados



Tabla 4.8: Resultado por cálculo

Punto	Ubicación	Temperatura	
1	Punto habitación interior	293K	21°C
2	Punto salida Muro	335k	62°C
3	Punto entrada Muro	283k	10°C
4	Punto muro interior promedio	314K	41°C

Tabla 4.9: Resultado por simulación

Punto	Ubicación	Temperatura	
1	Punto habitación interior	293K	20°C
2	Punto salida Muro	332k	59°C
3	Punto entrada Muro	285k	12°C
4	Punto muro interior promedio	321K	48°C

Tabla 4.10: Resultado por pruebas experimentales

Punto	Ubicación	Temperatura	
1	Punto habitación interior	297K	24°C
2	Punto salida Muro	323k	50°C
3	Punto entrada Muro	288k	15°C
4	Punto muro interior promedio	323K	50°C

CONCLUSIONES



- El muro Trombe resultó una *tecnología renovable apropiada, económica y de buena eficiencia* para la calefacción de las viviendas en las zonas andinas y alto andinas.
- Se comprobó que los cálculos y la simulación realizada cumplen de forma satisfactoria los resultados de las pruebas experimentales; con un porcentaje de error del 8% aproximadamente.

CONCLUSIONES



GRUPO
GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL

- Este sistema es de *fácil construcción y de materiales económicos* lo cual garantizará la mejora de las condiciones de habitabilidad de las viviendas.
- En la habitación acondicionada, el incremento de temperatura llega a sobrepasar *los 10° C* con respecto al ambiente.

Desarrollo Rural



Koñi-wasi

Videos

<http://videos.pucp.edu.pe/videos/ver/56cf74fe33e49f38b2fcc6cb38e8bf23>

<http://videos.pucp.edu.pe/videos/ver/644cc3e72ee0e0ca1e7572eb6b4b0a9d>

Desarrollo Rural



- Muchas gracias por su atención

Desarrollo Rural