

Desarrollo de un Aislante Térmico en Base a Fibras Naturales para Mitigar el Impacto de las Heladas en las Viviendas de la Sierra Sur del Perú

Oscar R PEÑA

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Surco, Lima, 51, Perú

Rosalay E ROMAN

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Surco, Lima, 51, Perú

Grimaldo W QUISPE

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Surco, Lima, 51, Perú

RESUMEN

En las zonas alto-andinas del Perú departamentos como Apurímac, hay una alta incidencia de enfermedades respiratorias a causa de las heladas y el friaje, donde las temperaturas llegan entre 0 a -20°C en promedio, los cuales representan un problema que la población de la sierra y selva del Perú tienen que lidiar, según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) se registró que el 74% de las emergencias ocurridas por fenómenos naturales fueron a causa de heladas y el 2% por friaje. Por ello, luego de realizar un diagnóstico en 240 familias alto andinas expuesta a heladas (95% de nivel de confianza) sobre las acciones que toman frente a las heladas, y el impacto que ellos perciben frente a estos fenómenos, se desarrolló un aislante de fibras naturales conformado por los residuos orgánicos de la cosecha, este diseño (0.6 m x 0.5m x 0.04 m) fue validado probándose en una casa de la comunidad logrando reducir el flujo de calor en 26% con respecto a la situación actual siendo así la propuesta más viable económicamente. La investigación busca un desarrollo sostenible para la población afectada y que el modelo planteado sea replicable a otras zonas del país.

Palabras Claves: Aislante térmico, Conductividad térmica, Flujo de calor, Residuos orgánicos.

1. INFORMACIÓN IMPORTANTE

Las heladas son un fenómeno que afectan a los países de la Comunidad Andina tanto en la salud como en sus actividades económicas (agricultura, ganadería, etc.) [1]. El periodo de ocurrencia de este fenómeno varía dependiendo de los regímenes climáticos de cada país. En el Perú, los meses de mayo y setiembre representan un período de frío intenso, especialmente en las zonas sur del país, registrándose temperaturas bajo cero acompañadas de nevadas y granizadas; en estas viven poblaciones rurales quienes sufren la pérdida de sus animales y graves enfermedades principalmente en niños [2]. A estas bajas temperaturas se suma las condiciones precarias de las viviendas de las zonas rurales, estas no cuentan con las estructuras necesarias para mantener una temperatura adecuada (confort térmico) y enfrentar ese fenómeno natural; esta situación agrava los efectos de las heladas causando enfermedades respiratorias muy graves como la neumonía,

causando inclusive pérdidas humanas. En la actualidad existen diferentes tecnologías para mantener el confort térmico en las casas. Entre ellas se encuentran los sistemas de calefacción y los materiales aislantes; estas tecnologías se pueden usar en conjunto o de manera independiente, de acuerdo a las condiciones del lugar y las condiciones térmicas que se quieran tener. Los aislantes térmicos pueden ser materiales de diferentes orígenes: sintéticos, de origen mineral y naturales; además se caracterizan por tener un coeficiente de conductividad térmica bajo, es decir la conducción del calor es la menor posible, esta propiedad permite utilizarlos como aislantes frente a las bajas temperaturas en las construcciones de las viviendas, entre los más importantes encontramos:

Poliestireno Expandido y extruido En 1925, se realizó la primera expansión del poli estireno creando el Poli estireno expandido [3]. El poliestireno expandido se presenta en pequeñas esferas con diámetros de 0,3 y 2 mm. Su conductividad es de 0.025-0.04 W/m.K.[4].El poliestireno extruido es un material que viene de la extrusión del poliestireno con una estructura rígida celular y contiene aire en su interior. El coeficiente de conductividad de este material oscila entre 0.031y 0.036 W/m.K [5]. **Poliuretano:** consigue aislar con un menor espesor que el resto de materiales, su conductividad térmica comienza desde 0.022 W/m.K [6]. **Fibra de vidrio:** Está conformado por vidrio reciclado y arena. Su conductividad es de 0,03- 0.05 W/m.K [7]. **Fibra mineral:** Dentro de estos materiales se encuentran la perlita expandida y la lana de roca. La perlita expandida se realiza mediante la granulación y se calienta hasta llegar a expandirse y tiene una conductividad de 0.04 – 0.06 W/m.k [8]. Otro aislante, con una capacidad mayor de aislamiento son los aerogeles que son uno de los últimos avances tecnológicos en materiales aislantes, cuentan con capacidad superior al resto de materiales, sin embargo, tiene un alto costo de producción por el precio de la materia prima y los bajos volúmenes de producción [10]. Por ejemplo se tienen los aerogeles de sílice que tienen baja densidad, menos porosidad y un valor de aislamiento de 0.005 W/m.k [9]

También existen materiales de orígenes naturales que son usados como aislantes: la lana de oveja, el algodón y materiales que vienen de fibras vegetales

Uno de estos materiales son los paneles de agro fibras que se fabrican a partir de residuos agrícolas y sus propiedades estructurales superan a los paneles hechos a base de madera.

Asimismo, existen casos de éxito de la utilización de este tipo de materiales como el de la compañía Ekodesky Strsmi s.r.o (República Checa) quienes produce 150,000 m² de paneles de residuos de cereales o paja que son apreciados por su capacidad de aislamiento. [11-12].

Otra experiencia de uso se da en otros países europeos como en Francia la cual produce este tipo de aislante y lo exporta mediante la empresa CESA a España y Alemania. La empresa Puig-reig localizada en España, productora de estos aislantes tuvo problemas en este país debido a la escasez de residuos de fibras naturales, por otro lado, en Alemania esta propuesta surgió como una gran oportunidad tras la prohibición de la fibra de vidrio como material de construcción [13]. En países sudamericanos también se han utilizado las fibras, en Chile el cultivo más importante es el trigo, el cual cuenta con una superficie de 420 mil ha/año, seguido del maíz con 135 mil ha y arroz con 25 mil ha.

Esto le ha permitido utilizar los rastrojos producto de los cultivos en la producción de “agro fibras” utilizadas como aislantes térmicos y materiales de construcción. [14].

Las “agro fibras” representan una alternativa interesante en el campo energético mediante la obtención de etanol [15].

Asimismo, en Brasil se utiliza los residuos de fibras de curauá como un material aislante, asimismo los residuos de fibra de coco poseen propiedades térmicas que les dan la función de aislantes térmicos.

La universidad de Minas Gerais se encuentra desarrollando un estudio sobre las propiedades de este material y su eficiencia mecánica como aislante en edificios residenciales [16]

En el caso los sistemas de calefacción se encuentran paneles eléctricos, paneles fotovoltaicos, paneles solares y otros aparatos que requieren una fuente de energía.

2. METODOLOGIA

Diagnóstico

Se realizó una investigación en una comunidad alto-andina con el fin de recoger la información necesaria para desarrollar la propuesta del aislante. Se entrevistó a 240 familias (95% de nivel de confianza), se elaboraron preguntas sobre la intensidad del frío, métodos para enfrentar las heladas, materiales para contrarrestar el frío, material de construcción de las viviendas, formas de mantener el calor dentro de las viviendas, estructura de las viviendas para enfrentar las heladas, actividades económicas, pérdidas por producto de las heladas y cantidad de residuos sólidos de las cosechas, en la Tabla 1 se muestran los resultados de las principales preguntas a los habitantes de la comunidad.

Tabla 1

Resumen de las Principales Preguntas Realizadas a la Comunidad sobre su actuar en épocas de heladas

Utiliza algún material para contrarrestar el frío		
No Precisa	No usa	Si Usa
5%	85%	5%

Apreciación de la intensidad del frío durante la época de heladas		
Regular Frío	Frío Moderado	Frío Intenso
17%	41%	42%

Tipos de Cultivos de la comunidad de Cupisa				
Maíz	Papa	Cebada	Avena	Trigo
37%	39%	11%	8%	5%

Tratamiento de los desechos de los post-cultivos		
Los Quema	Los Desecha	Otros
41%	28%	31%

Se puede apreciar que la población de Cupisa de manera general si considera que el frío registrado es intenso. Por otra parte, se preguntó si suele utilizar algún material o métodos para enfrentar las heladas, donde el 85% de la población contestó que no utiliza ningún material, Solo el 5% de viviendas encuestadas utilizan algún material o métodos en las estructuras de sus casas para contrarrestar el frío lo que evidencia la falta de planificación que existe. Luego se analizó los tipos de cultivos de la comunidad, La información relevante de esta pregunta es que salvo la papa el resto de productos generan fibras como residuos las cuales pueden ser utilizadas para el material aislante. La comunidad suele tratar a los desechos de sus cultivos, con esta pregunta se puede corroborar que la mayoría de personas queman los residuos generando contaminación del aire. Tras este diagnóstico se elaboró un panel con las fibras de la comunidad junto a otros aglomerantes, el cual paso por 2 validaciones, Se elaboró los aislantes, en base a un plan de desarrollo como se muestra en la figura 1

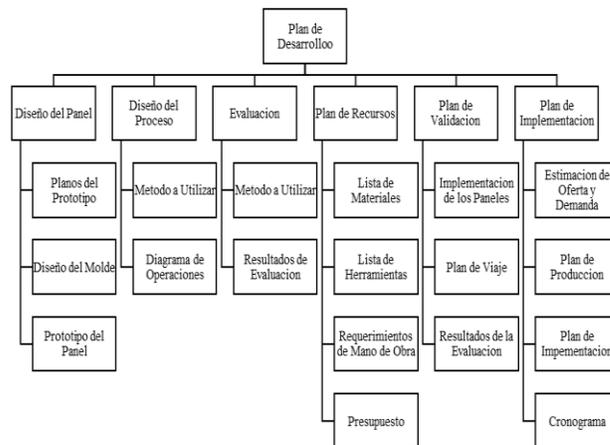


Figura 1. Estructura del Desarrollo del Panel de Agro fibra.

Diseño del Panel:

Para elaborar el diseño del prototipo se tomó en cuenta 2 factores: las dimensiones de las casas de la zona alto andinas (la mayoría de ellas son pequeñas aproximadamente 50 m²) y que la elaboración de los paneles será de manera manual.

Concluyendo que cada uno de ellos debe contar con las siguientes medidas:

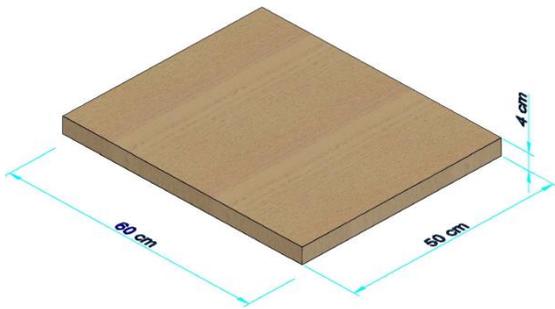


Figura 2: Medidas de Panel de fibra final

Se elaboró un procedimiento en base a los recursos y herramientas que poseen las comunidades teniendo así el siguiente diagrama de operaciones que se muestra en la figura siguiente.

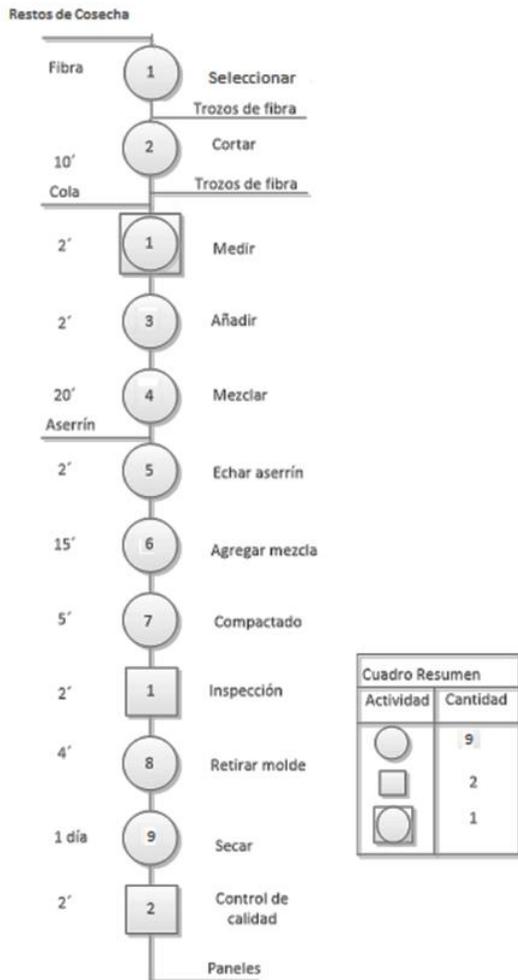


Figura 3: Diagrama de Operaciones de un panel de fibra

Para evaluar la propiedad de aislamiento, se midió la conductividad del material a través de la Ley de Fourier Ec. (1, 2 y 3)

Ley de Fourier

$$Ec (1) \quad Q_{cond} = KA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -KA \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

Dónde: Qcond es el Flujo de calor (W), K es la conductividad térmica, A es el área de transferencia, T1- T2 es la diferencia de temperatura y Δx es el espesor de la pared o aislante

Transmisión de calor en una pared compuesta

$$Ec (2) \quad Q = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}}$$

$$Ec(3) \dots R_{total} = R_{conv.1} + R_{pared.1} + R_{pared.2} + R_{conv.2} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A}$$

Dónde: Q cond es el Flujo de calor (W), K es la conductividad térmica del pared plana, A es el área de transferencia, T∞1 - T∞2 es la diferencia de temperatura que existe entre las superficies y Ln es el espesor de la pared "n" y Rpared.n es la resistencia de la pared "n". La primera prueba realizada evaluó el coeficiente de conductividad, para ello se realizaron varios prototipos con diferentes composiciones y de esta manera se llegó a la conductividad esperada: 0.099(w/m.k). Se presentan dos muestras seleccionadas en las tablas 2 y 3.

Tabla 2: Probetas con Cola

	Probeta 1	%	Probeta 2	%
Fibra	0.243	27%	0.068	8%
Cola	0.486	54%	0.594	66%
Aserrín	0.171	19%	0.238	26%
Agua	0	0%	0	0%
Total	0.9	100%	0.9	100%

Tabla 3: Probetas con Yeso

	Probeta 3	%	Probeta 4	%
Fibra	0.036	4%	0.1729	20%
Yeso	0.539	62%	0.44954	52%
Aserrín	0.02	2%	0.01729	2%
Agua	0.2695	31%	0.22477	26%
Total	0.8645	100%	0.8645	100%

Las mediciones se realizaron usando un termómetro láser y una fuente calor (cocina eléctrica). El procedimiento consistió en prender la cocina y colocar una bandeja de aluminio para que el calor se distribuya uniformemente, se esperó hasta que llegue a una temperatura estable, y se midió la temperatura de la bandeja, luego se colocó el panel de prueba y se tomó los tiempos respectivos: 1', 1'15'', 2' 30'' y 4', finalmente cuando concluye el tiempo se tomó la temperatura en la cara superior del panel.

También se evaluaron propiedades fueron consideradas tomando en cuenta los productos que se fabrican actualmente, y que se necesita que el prototipo diseñado las posea: Densidad Ec. (4), módulo de elasticidad (5) y absorción de agua (6) y resistencia a la flexión (7,8 y 9)

$$\text{Ec (4)} \quad \rho = \frac{m}{v}$$

Dónde: ρ es densidad, m es masa (kg) y volumen (m3)

$$\text{Ec (5)} \quad E = \frac{\rho L^3}{48If}$$

Dónde: E es el módulo de elasticidad, L es la distancia entre centros de apoyo, f es la flecha e I es el momento de inercia

$$\text{Ec (6)} \quad \% \text{ absorcion} = \frac{\text{Masa}_{\text{agua}} - \text{Masa}_{\text{seca}}}{\text{Masa}_{\text{seca}}} * 100$$

$$\text{Ec (7)} \quad \sigma = \frac{M_{flec}}{W_x}$$

$$\text{Ec (8)} \quad M_{flec} = \frac{Pl}{4}$$

$$\text{Ec(9)} \quad W_x = \frac{Ix}{\frac{h}{4}}$$

Dónde: σ es el esfuerzo de tracción, M_{flec} es el momento flector, módulo de resistencia, Ix es el momento de inercia con respecto al eje neutro x y h es la altura de la sección.

Luego de evaluar la conductividad, la segunda prueba realizada fue la medición del flujo de calor del prototipo (una habitación recubierta con los paneles aislantes, en el lugar de estudio). Esta evaluación consistió en medir las temperaturas de las superficies de las paredes (interior y exterior), la temperatura ambiental (interior y exterior) de la habitación. Este procedimiento se realizó antes de que la habitación sea recubierta por el aislante y después. Los datos fueron registrados en diferentes horas del día. Los equipos utilizados fueron un termómetro ambiental y un termómetro laser.

3. DESARROLLO

Los resultados obtenidos en la primera evaluación de la conductividad se presentan la tabla 3 y otras propiedades en la tabla 4.

Tabla 3: Mediciones de la Conductividad

Panel	CT1	CT3	CT5	CT5	CT5	Promedio de Conductividad Térmica
Fibra y Cola	0.084	0.101	0.162	0.18	0.021	0.1095
Fibra y Yeso	0.133	0.127	0.174	0.19	0.274	0.1799
Potencia (W)						

Dónde: CT = Conductividad térmica

En el cuadro se observa que el panel de fibra y cola es el que más se acerca a la conductividad esperada (0,099 w/m. °C), luego de evaluar la conductividad en las versiones pequeñas de

los aislantes, se elaboraron los aislantes con las medidas diseñadas para colocarla en la habitación.

Tabla 4: Propiedades Evaluadas

Ficha de Propiedades	
Densidad	489 Kg/m ³
Resistencia a la Flexión	7.8 N/mm
Módulo de Elasticidad	1041.9 N/mm
Absorción de Agua por 2 horas	3.10%

Las propiedades evaluadas se realizaron en el en la probeta con cola y se obtuvo los resultados que se muestra en la tabla.

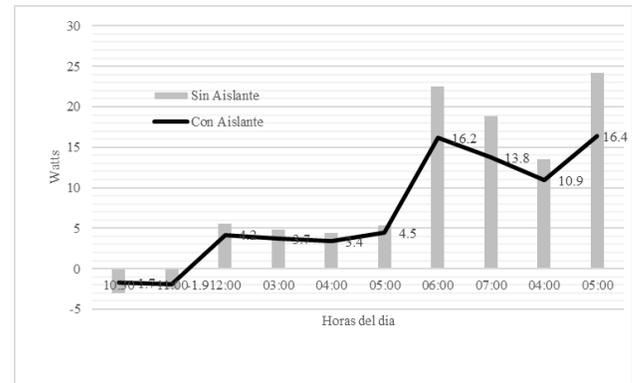


Figura 4: Muestra 1. Compara el flujo de calor de la habitación

En la segunda evaluación realizada se recopiló todos los datos registrados, en la figura (4 y 5) se muestra la variación del flujo de calor sin y con aislante. En las primeras horas del día el flujo es negativo porque el calor ingresa a la casa y posterior al medio día positivo porque el flujo sale de la casa. La línea que representa la temperatura con el aislante se encuentra por debajo de la línea sin el aislante, esto indica que el flujo es menor cuando se usa este el aislante corroborando que el panel de fibras tiene la capacidad de aislamiento.

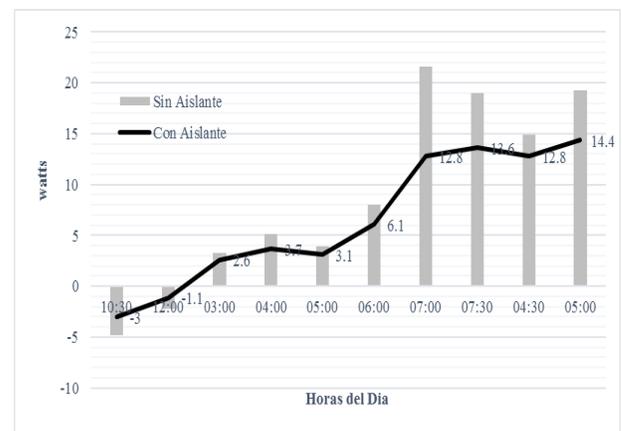


Figura 5: Muestra 2. Compara el flujo de calor de la habitación con y sin aislante

En base a los gráficos anteriores se elaboró un diagrama para determinar en cuanto el aislante ayudaba a disminuir el flujo del calor. En la figura 6 se observa como ha disminuido el flujo de calor cuando se usa el aislante, que en promedio está en 25%.

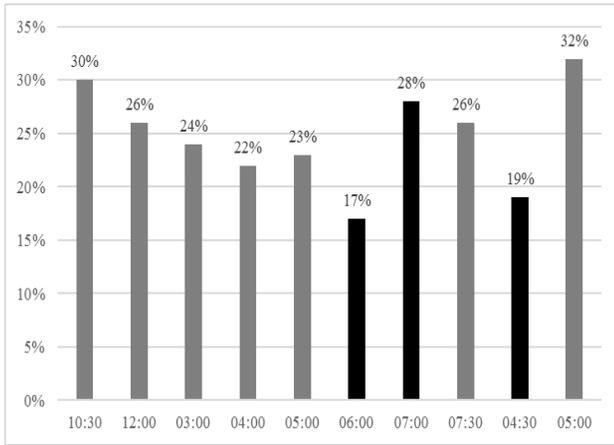


Figura 6: Disminución del Flujo de Calor en diferentes horas del día

Las barras negras son muestras tomadas con fuente de calor, es decir al interior de las casas a esas horas la población prende su cocina de leña

Para un mayor análisis y proyectar escenarios futuros, se utilizó las series de tiempo para pronosticar temperaturas en los días posteriores y calcular como sería el comportamiento para los siguientes días.

En la figura 7 se calculó 50 registros más y se observa que el comportamiento es similar a los días anteriores, es aislante siempre mantiene un menor flujo.

En la figura 8, la disminución del flujo de calor también se mantiene en un 35%, sin embargo se debe considerar el error de las ecuaciones del pronóstico que es la 95% de confianza, es decir $\pm 5\%$ de error.

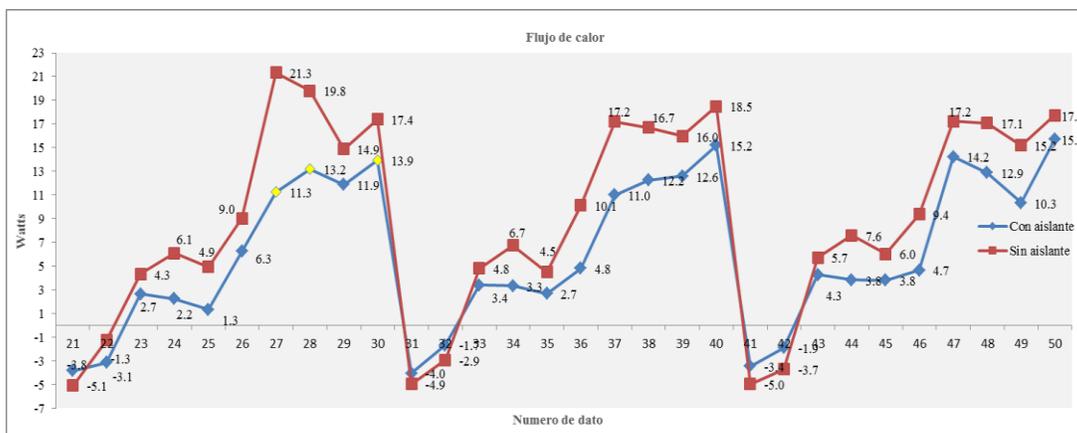


Figura 7: Flujo de Calor con Temperaturas Pronosticadas

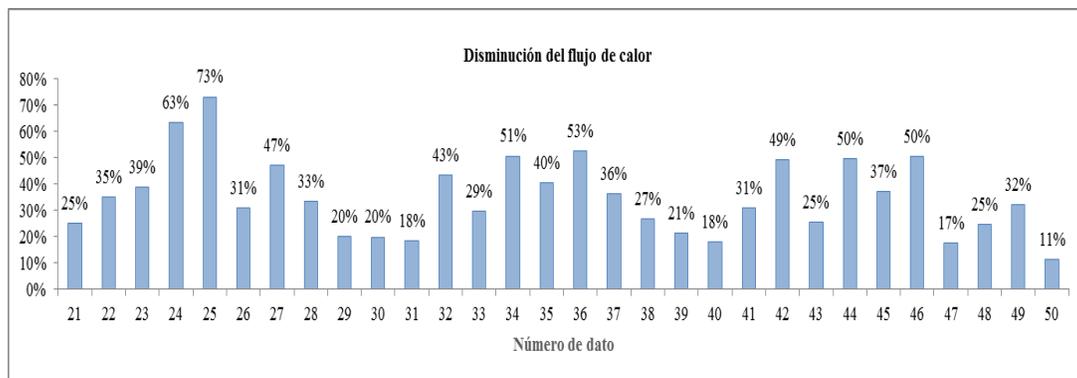


Figura 8: Porcentaje de Disminución de Calor cuando se usa el Aislante

En base al desarrollo la prueba de validación en la misma comunidad se obtuvo aproximadamente una reducción del flujo de calor del 25%, por lo cual el aislante cumple con los valores estimados.

Corroborando la funcionalidad se realizó un plan de implementación de la propuesta en toda la comunidad y cuánto sería la inversión en un proyecto a nivel macro.

4. RESULTADOS

Se realiza una evaluación actual de la casa hecha con adobe y cuando este recubierta con la fibra. Se toma en cuenta que una tiene 90 m² de pared, el coeficiente de conductividad del adobe y del panel de fibra es de 0,25 w/m. °C, 0,099 w/m. °C respectivamente. El espesor del adobe es de 21 cm además la

temperatura más baja en época de las heladas es de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura ideal al interior de una casa es de $21\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El resultado del estudio tiene un impacto social, económico y ambiental:

Nivel social va permitir la reducción de enfermedades respiratorias.

El tener bajas temperaturas aumenta la probabilidad de afectación de neumonía debido a lo siguiente. La explicación podría estar en que el frío paraliza la acción de limpieza de los cilios de la mucosa respiratoria.

Estos cilios son como un cepillo que tapiza los bronquios y que va arrastrando hacia el exterior todos los cuerpos extraños (entre ellos gérmenes patógenos) que penetran en el árbol respiratorio. [17]

Una de las tomas realizadas en el cuarto donde se realizó la validación muestra que la temperatura registrada con el aislamiento es considerablemente mayor que sin él, reduciendo así el frío en la habitación.

Tabla 5: Registro de temperaturas

Hora	Antes sin Aislante		Después con Aislante	
	Temp Ambiental Interior	Temp Ambiental Exterior	Temp Ambiental Interior	Temp Ambiental Exterior
6:00 pm	12	10	14	10
7:00 pm	11	9	17	9
4:30 am	3	-10	8	-10

Económico. Generación de ingresos para la población (S/. 35 soles por día), el equivalente a un día de trabajo y lo que da la posibilidad a que personas que no trabajan normalmente tengan un ingreso.

Tabla 6: Ingresos a la población por participación en proyecto

Mano de Obra	Cant.	Unidad	P.U	Total
Alimentación	50	Trabajador	S/. 10.	S/. 500.0
Trabajo	50	Trabajador	S/. 35.	S/. 1750.0
Subtotal				S/. 2250.0

Se incrementaría en un 20% su ingreso semanal para las personas que trabajan siendo S/./210.00

Impacto Ambiental La generación de residuos sólidos se disminuye la cantidad de residuos orgánicos generados por la comunidad al ser utilizados como elemento principal del aislante propuesto.

Tabla 7: Fibras Disponibles

Destinada	%	Cantidad (ton)	Cantidad por Distrito (ton)
Alimentos para los animales	30%	31,688.80	1,667.83
Incinerado	50%	52,814.66	2,779.72
Almacenado	20%	21,125.87	1,111.89
Total	100%	105,629.33	5,559.44

Fibras Disponibles. Hay una reducción de desperdicios quemados en San Jerónimo y Cupisa.

$$Ec (10) \quad RD = \frac{1,1143kg}{Panel} * \frac{300Paneles}{Casa} = 142073.25kg$$

Reducción de desperdicios quemados (San Jerónimo):
142.07325 ton/2,779.72 ton= 6%

Reducción de desperdicios quemados (Cupisa):
142.07325 ton/277.971907 ton= 51%

Emisión de CO2: del cálculo realizado en la reducción de desperdicios se desprende que al disminuir esa cantidad de fibra que en su mayoría era quemada se reducirán las emisiones de CO2 considerablemente en la comunidad porque dentro de las actividades que generan gases contaminantes la quema de fibras era la principal.



Figura 9: Fibras acumuladas fuera de una casa

Impacto Económico

Se realizó comparaciones frente a propuestas desarrolladas por el gobierno.

Tabla 8: Presupuesto del Ministerio de la Mujer

Propuestas	Presupuesto Total a 4 años
Aislantes Térmicos	S/. 44,147,020.05
Kit de Abrigos y Frazadas	S/. 44,200.000.00

La diferencia que existe entre el plan del Ministerio de la Mujer y la propuesta del aislante es mínima a favor de esta última, por lo que se evidencia que una propuesta a largo plazo y sostenible costaría aproximadamente igual, con la observación de que para el año siguiente (año 5) se continuaría con la entrega de kits a las mismas localidades en tanto con los aislantes se requeriría una menor inversión para gastos de inspección de las viviendas.

Tabla 9: Propuesta del Ministerio de Vivienda, , Construcción y Saneamiento

Propuestas	Total por Vivienda
Ministerio de Vivienda	S/. 20,000.00
Aislante Térmico con MO	S/. 2,882.99
Aislante Térmico sin MO	S/. 986.56

La cantidad de dinero que destina el Ministerio de Vivienda en el plan multisectorial 2015 contra el friaje y las heladas para cada una de las casas a mejorar es aproximadamente 8 veces

más. Para las 425 viviendas de la comunidad de Cupisa correspondería S/. 8,500,000.00.

5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se logró determinar que el desarrollo de un aislante con las fibras que suelen desechar las comunidades permite darles una opción viable para mitigar el impacto de las heladas debido a que no cuentan con otros medios para hacerlo.

La propuesta del aislante térmico es una alternativa sostenible que permitirá a la comunidad alto-andina hacer frente a las heladas utilizando los residuos de fibras que generan y suelen quemar. El presupuesto para una casa es de S/. 1302.05.

La cantidad de dinero que destina el Ministerio de Vivienda en el plan multisectorial 2015 contra el friaje y las heladas para cada una de las casas a mejorar es aproximadamente 8 veces más (S/. 20,000.00) que la cantidad que se requiere para implementar una casa con aislantes térmicos en base de fibra (S/. 2,882.99) concluyendo que esta propuesta es más económica y viable de trabajar por este organismo.

La cantidad necesaria de dinero para implementar el aislante en la comunidad alto andina (S/.44,147,020.05) es equivalente al costo que dedicaría el Ministerio de la Mujer en la entrega de kits en la comunidad (S/.44,200,000.00), siendo la primera la alternativa más sostenible porque se basa en la prevención y en brindarle a la población una solución permanentemente en sus paredes.

Con la propuesta se logra reducir la cantidad de fibras desechadas en un 51% en las comunidades alto-andinas lo que a su vez genera una disminución de gases contaminantes como el CO₂.

En comparación con otros tipos de aislantes térmicos naturales y sintéticos la propuesta en base a fibra resulta como la opción más viable debido al fácil acceso que se tiene al material y que registra un precio menor al elaborarlo.

La disminución del flujo del calor con el panel es de 26% en promedio, acercándose al 30% planificado.

6. REFERENCIAS

- [1] CAN Comunidad Andina de Naciones. “Cuando Huela”, pp. 134, 2011. URL: http://www.comunidadandina.org/public/Atlas_11_Cuando_huela.pdf, Fecha de consulta: 15 de Agosto del 2015
- [2] UNICEF (2012) . “Emergencias UNICEF PERÚ”. 2011. URL: http://www.unicef.org/peru/spanish/abou_tu_4131.htm . Fecha de consulta: 29 de agosto del 2015
- [3] Abc Pack “Historia del poliestireno expandido” 2016. URL: <http://www.abc-pack.com/enciclopedia/historia-del-poliestireno-expandidoeps/>, Fecha de consulta: 20 de Mayo del 2016
- [4] Sundolit “Poliestireno expandido”, PP. 4 2016. URL: http://www.sundolitt.es/download.aspx?object_id=4BCFE258DD1E4AB3B4F0FA8BA5DE434F.pdf .Fecha de consulta: 15 de abril del 2016
- [5] Comité Ejecutivo Aipex “Poliestireno extruido”, pp 3-4 2012 .URL: http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/12-10-04_Jornada%20sobre%20Materiales%20Aislantes%20y%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica%20en%20los%20Edificios/Poliestireno-extruido-AIPEX-fenercom-2012. Fecha de consulta: 15 de abril del 2016.
- [6] Pu Europe Excellence Insulation “Aplicaciones del aislamiento con Poliuretano”, pp.4 2016. URL: http://www.sundolitt.es/download.aspx?object_id=4BCFE258DD1E4AB3B4F0FA8BA5DE434F.pdf. Fecha de consulta: 16 de abril del 2016.
- [7] Ol.Arq “Materiales Aislantes”, pp. 1 2016. URL: http://www.excellence-in-insulation.eu/site/fileadmin/user_upload/PDF/library/facts/Applications_for_polyurethane_insulation_-_Today_s_solution_for_tomorrow_s_needs_-_ES_version_2011_.pdf .Fecha de consulta: 16 de abril del 2016.
- [8] Materiales Navarro “Perlita expandida”, pp. 1 2016 URL: http://www.materialesnavarro.es/catalogo/CARACTER_TECNICAS/00950550.pdf Fecha de consulta: 16 de abril del 2016
- [9] E. In y H. E. Naguib. "Development of mechanically stable polymer-based silica aerogel. Cellular Polymers”, pp.1-11 2011. URL: <http://search.proquest.com/docview/857746568?accountid=43860>. Fecha de consulta: 20 de abril del 2016
- [10] N. Shukla, A. Fallahi, y J. Kosny.. “Aerogel thermal insulation-technology review and cost study for building enclosure applications. .ASHRAE Transactions, 120, pp. 294-307 2014. URL: <http://search.proquest.com/docview/1537064727?accountid=43860>. Fecha de consulta: 20 de abril del 2016
- [11] Ekopanley “Pagina web: Servicios y Productos” 2016 URL: <http://www.ekopanely.com/services-and-products/ekopanely-boards/>. Fecha de consulta: 20 de agosto del 2015.
- [12] Informativos. Net “una compañía checaofrecerá paneles de construcción ecológicos fabricados en paja” 2016. URL: <http://informativos.net/noticia.aspx?noticia=46410>. Fecha de consulta: Fecha de consulta: 20 de agosto del 2015.
- [13] Infonomia “(2006) Agrofibras, innovar a partir del cáñamo” 2006. URL: <http://www.infonomia.com/agrofibras-innovar-a-partir-del-camo/>. Fecha de consulta: 16 de agosto del 2015.
- [14] R. Garay, F. Mac Donald , B. Calderón y M. Acevedo “Potencialidades de empleo de rastrojos agrícolas en la fabricación de tableros”. URL: <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=0CDgQFjAEahUKEwiQm4X0kcTIAhVKooAKHY-FBzY&url=https%3A%2F%2Fwww.u->

ursos.cl%2Fforestal%2F2008%2F1%2FTM033%2F1%2Fmaterial_docente%2Fbajar%3Fid_material%3D478787&usg=AFQjCNHLAp4TxBA4-0J1r2e026HjjIHISw Fecha de consulta: 20 de agosto del 2015.

- [15] Umoar “Agrofibras: alternativas a la madera para la fabricación de tableros” 2006. URL: <http://umoar.edu.sv/biblio/biblio/agricultura/forestal/construccion/tableros%20sin%20madera.pdf>. Fecha de consulta: 16 de agosto del 2015.
- [16] R. Engler y O. Gama, “Curauá fiber as alternative thermal insulation. IIE Annual Conference.Proceedings” pp. 1-8. 2012.`
- [17] P. Frisancho, “El frío y la neumonía” 2009. URL: <http://larepublica.pe/columnistas/con-buena-salud/el-frio-y-la-neumonia-08-06-2009>. Fecha de consulta: 10 de mayo del 2016