

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“PROPUESTA DE MATERIALES ECOLÓGICOS
NO TRADICIONALES PARA CONSTRUCCIONES
SEGÚN LA NORMA EM.110”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Maycol Jhorbin Moro Palomino

Asesor:

Ing. Mg. Jane Elizabeth Álvarez Llanos

Cajamarca - Perú

2020



DEDICATORIA

- Esta Tesis la dedico a Dios, que siempre nos da la fuerza para seguir adelante en nuestras vidas.
- A mis abuelos Orfelinda y Rogelio, que me dieron la fuerza para seguir adelante y guiándome por el buen camino para cumplir mis metas.
- A mis tíos, Jaime, Gladys y Nilton que siempre me han apoyado para progresar en la vida.
- A mi hermano Paúl que me acompaña en todo momento de alegría y tristeza que hemos pasado juntos.
- A mi familia y a los verdaderos amigos por motivaciones que me impulsan para crecer como persona y profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a la Ing. Jane Álvarez Llanos, asesora de mi investigación, por su tiempo y orientación con mi tesis, ya que sin su experiencia y aportes no hubiese sido posible esta investigación.

Agradezco al director de carrera Ing. Orlando Aguilar Aliaga por la confianza ofrendada en el proceso de esta tesis, también al Gerente de la empresa Derima SRL por su cooperación y apoyo para el desarrollo de la investigación.

A la plana docente por sus aportes y enseñanzas durante los ciclos de estudios de la carrera profesional.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema	55
1.3. Objetivos	56
1.4. Hipótesis.....	56
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	57
2.1. Tipo de investigación	57
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	57
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	58
2.5. Procedimiento.....	58
En esta etapa se tuvo acceso al módulo de la Institución Educativa N° 101026 Morán Alto,	59
CAPÍTULO III. RESULTADOS	73

3.1.	Selección de Materiales Aislantes Ecológicos	73
3.2.	Coefficientes de Transmitancia Térmica	73
3.3.	Características de los materiales verificados en campo	74
3.4.	Elección de Zona Bioclimática	75
3.5.	Tipos de envolventes para el modulo de la Institución Educativa N° 101026 Morán Alto.....	75
3.6.	Cálculo de Envolvente Tipo 1A de Muros con aislante de celulosa de la I.E. N° 101026 Morán Alto	77
3.7.	Cálculo de Envolvente Tipo 1A de Muros sin aislante de la I.E. N° 101026 Morán Alto.....	82
3.8.	Envolvente Tipo 1A de Muros con Poliestireno de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 33).....	87
3.9.	Envolvente Tipo 1A de Muros con Corcho de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 36).....	87
3.10.	Envolvente Tipo 1A de Muros con Cáñamo de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 37).....	88
3.11.	Envolvente Tipo 3A de Techos de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 34)	89
3.12.	Envolvente Tipo 4A en Pisos de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 35)	90
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		91
4.1.	Limitaciones	91
4.2.	Discusión.....	91
4.4.	Conclusiones	92
REFERENCIAS		94

ANEXOS	99
1. ANEXO I: Panel Fotográfico	99
2. ANEXO II: Fichas de Calculo para cada Tipo de Envolverte.....	104
3. ANEXO III: Resultados del Cálculo para cada Tipo de Envolverte	110
3.13. Aislamiento de Corcho en Muros.....	117
3.14. Aislamiento de Cábano en Muros	122
4. ANEXO IV: Fichas Técnicas	127
Figura 26:Ficha Técnica del Cábano	127
Figura 27:Ficha Técnica de la Celulosa.....	128
Figura 27:Ficha Técnica de la Cobertura.....	128
5. ANEXO IV: Plano Arquitectónico	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Zonificación bioclimática del Perú.....	23
Tabla 2: Ubicación de las Provincia de Cajamarca por zona bioclimática	24
Tabla 3: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m ² K	24
Tabla 4: Impacto Ambiental de los Principales Materiales de Construcción.....	28
Tabla 5: Materiales Aislantes (Baja Conductividad Térmica)	35
Tabla 6: Propiedades del Corcho.....	43
Tabla 7: Propiedades Generales	46
Tabla 8: Comparación de materiales más Utilizados	46
Tabla 9: Bloque Autoportante de Cádizamo	47
Tabla 10: Comparación del Bloque de Cádizamo con otros Materiales	47
Tabla 11: Muros conformados por mezclas y engrudo	47
Tabla 12: Propiedades del Cádizamo	50
Tabla 13: Propiedades de la Celulosa.....	54
Tabla 14: Acceso a Moran Alto.....	59
Tabla 15: Ubicación de las Provincia de Cajamarca por zona Bioclimática.....	61
Tabla 16: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m ² K.....	61
Tabla 17: Características Higrométricas de los Materiales de Construcción	65
Tabla 18: Características higrométricas de los materiales de construcción-Maderas	65
Tabla 19: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco en muros Tipo 1A....	65
Tabla 20: Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A.....	66
Tabla 21: Características Higrométricas de los materiales de construcción-Maderas	66
Tabla 22: Características Higrométricas de los Materiales de Construcción-Concreto	69
Tabla 23: Características higrométricas de los materiales de construcción	72
Tabla 24: Parámetros del Ciclo de Vida (ACV).....	73

Tabla 25: Capacidad Térmica.....	73
Tabla 26: Características de los Componentes	74
Tabla 27: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 1A con Celulosa .	77
Tabla 28: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 1A sin aislante	82
Tabla 29: Resumen Transmitancia térmica de la Envolverte tipo 1A - Muros	88
Tabla 30: Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 1	104
Tabla : Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) – Envolverte Tipo 3.....	108
Tabla 33: Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) – Envolverte Tipo 4.....	109
Tabla 34: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 1A	110
Tabla 35: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 3A	115
Tabla 36: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 4A	116
Tabla 37: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 1A con Corcho..	117
Tabla 38: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 1A con Cáñamo	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Ubicación del Proyecto-Morán Alto.....	60
Figura 2 :Envolvente tipo 1A y 1B.....	62
Figura 3: Envolvente tipo 2A y 2B.....	62
Figura 4:Envolventes tipo 3A, 3B, 3C	63
Figura 5:Envolventes tipo 4A, 4B, 4C	63
Figura 6: Corte en planta de los componentes del muro.	74
Figura 7: Plano en planta de arquitectura del Módulo de la I.E. N°101026 Morán Alto....	75
Figura 8: Corte del Módulo de la I.E. N°101026 Morán Alto	76
Figura 9: Gráfico de la Transmitancia en muros sin aislamiento en función de la Transmitancia Térmica máxima.....	86
Figura 10: Gráfico de la Transmitancia en muros con poliestireno en función de la Transmitancia Térmica máxima.....	87
Figura 11: Gráfico de la Transmitancia en muros con corcho en función de la Transmitancia Térmica máxima.....	87
Figura 12: Gráfico de la Transmitancia en muros cáñamo en función de la Transmitancia Térmica máxima.....	88
Figura 13: Gráfico de las Transmitancias térmicas de cada Material Aislante seleccionado en Muros.....	88
Figura 14: Gráfico de las Transmitancias térmicas de cada Material Aislante en muros en función de su espesor según la zona bioclimática.....	89
Figura 15: Gráfico de las Transmitancias térmica en techos con respecto al valor máximo en techos.....	89
Figura 16: : Gráfico de las Transmitancias térmica en pisos con respecto al valor máximo en pisos.....	90

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuacion 1 : Transmitancia Térmica U1 en muros.....	67
Ecuacion 2 : Transmitancia Térmica U1 final en sobreciemintos.....	68
Ecuacion 3: Transmitancia Térmica – Envolverte Tipo 1A Muros.....	69
Ecuacion 4: Transmitancia Térmica U3 en techos o cubiertas	70
Ecuacion 5: Transmitancia Térmica – Envolverte Tipo 3A Techos.....	71
Ecuacion 6: Transmitancia Térmica U4 en pisos.....	71
Ecuacion 7: Transmitancia Térmica – Envolverte Tipo 4A Pisos.....	72

RESUMEN

Esta Investigación tuvo como objetivo proponer materiales ecológicos no tradicionales para alcanzar la transmitancia térmica en muros para la I.E. Morán Alto – Cajamarca, según la EM.110, mediante una investigación exploratoria en la búsqueda de materiales aislantes sostenibles, explicativa al relacionar los efectos de la transmitancia térmica con el confort térmico. Los materiales de aislamiento térmico no tradicionales seleccionados fueron corcho, cáñamo y celulosa los cuales cumplen con las condiciones de transmitancias térmica en muros de: 1.76 W/m² K, 1.72 W/m² K, 1.71 W/m² K respectivamente; con un espesor de 2 cm para una zona Mesoandina según lo establece la norma EM.110, donde se encuentra ubicado el módulo de la I.E. N° 101026 Morán Alto.

Palabras clave: Materiales ecológicos de aislamiento Térmico no tradicionales, Norma EM.110.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Con la revolución industrial y el posterior desarrollo de las nuevas tecnologías, aparece una nueva concepción de la edificación y las obras de ingeniería. Se puede transportar un material de un lado del mundo al otro, se produce calor y frío artificialmente, se sintetizan materiales más agresivos y contaminantes. Aparece una inconsciencia generalizada que deriva en el abuso de energías procedentes de combustibles fósiles. Tras 150 años de consumo de petróleo, carbón y gas desmesurado -creando elevadísimos índices de emisiones de CO₂- comprobamos con estupor las terribles consecuencias. Un planeta recalentado, árido y en continuo conflicto por los escasos recursos fósiles que quedan. Es por ello que es hora de mirar hacia atrás, pero también hacia delante. Aprender de las técnicas milenarias y aprovechar los recursos tecnológicos que nos ofrece el presente (Ghoreishi, 2011).

A nivel Mundial la construcción es, sin duda, el protagonista del desarrollo de las sociedades, ya que es responsable de la creación de infraestructura, transporte, entre otros proyectos, así mismo es uno de los principales contaminantes, pues es un gran consumidor de recursos y generador de desechos. El 40% de las materias primas en el mundo, son destinadas para la construcción, esto mismo sucede con el 17% de agua potable, el 10% de la tierra y el 25% de la madera cultivada, así mismo los residuos sólidos y agentes contaminantes están asociados al sector construcción ya que es el principal generador de los gases de efecto invernadero en muchos países, todo esto ha llevado a que los sectores públicos y privados generen normativas de manejo ambiental en la construcción, buscando lograr iniciativas gubernamentales y la implementación de tecnologías nuevas y más eficientes, una construcción sostenible puede generar una

reducción del 35% en las emisiones de CO₂ , un ahorro en el consumo de agua y energía del 30 al 50%, y una disminución de los costos por disposición de residuos sólidos de hasta el 90% (Acevedo, et al., 2012).

En el Perú, según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) los niveles del mar se incrementarán, lo que pondrá en riesgo a las poblaciones costeras y los ecosistemas de humedales. Habría una mayor frecuencia de eventos de clima extremos, como el fenómeno de El Niño que ocasionaría olas de calor prolongadas, ante lo cual muchos edificios que no han sido planificados para ventilar naturalmente o protegerse de los rayos solares tendrán que usar mecanismos de mayor consumo de energía para calentar o refrigerar. También se daría una mayor frecuencia de olas de frío en zonas altoandinas, que al contar con muchas viviendas urbanas y rurales que no han sido pensadas para afrontar temperaturas muy bajas, favoreciendo a las enfermedades respiratorias y una pésima calidad de vida (Miranda, et al., 2018).

En la política de vivienda en el Perú aún no se han identificado esfuerzos significativos ni masivos por promover el uso de materiales y procesos constructivos ecoeficientes, ni ambiental ni socialmente más ventajosos. Es poco lo avanzado en la eliminación, reducción y/o sustitución del uso de materiales peligrosos, dañinos y tóxicos para la salud humana y los ecosistemas. (Miranda, et al., 2018)

Es importante rescatar que el incipiente desarrollo de la construcción sostenible en el Perú tiene su origen en el conocimiento ancestral del manejo de materiales naturales locales, como arena, barro, carrizo, madera, piedra, adobe y quincha, utilizados por las poblaciones originarias de cada región del país. La diversidad cultural, orográfica y

climática ha facilitado la creación de una amplia variedad de fórmulas y soluciones arquitectónicas vernaculares. Lamentablemente, los tradicionales sistemas locales de construcción han ido cediendo paso al ladrillo de arcilla, al cemento, a la varilla de acero, al concreto armado, al vidrio, las láminas de zinc y a otros materiales sintéticos modernos que muchas veces no son apropiados para el medio, y dan lugar a diseños y construcciones artificiales (Miranda, et al., 2018).

En Cajamarca con el proyecto de un Centro Educativo Público con Arquitectura Sostenible, donde nos indica la problemática e importancia de una infraestructura eficiente con condiciones de salubridad para un correcto desarrollo académico, fomentando conciencia sobre el cuidado con el medio ambiente, proveyendo confort térmico, acústico, visual y reduciendo las emisiones de CO₂, y en lo económico, aplicando mecanismo de ahorro ya sea por la eficiencia energética, uso responsable del agua, entre otros. Es por ello la realización de este trabajo para poder aplicar lineamientos de sostenibilidad para la población de Cajamarca con el objetivo de proyectar una edificación de calidad para el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje, en un marco con el cuidado y respeto del medio ambiente (Gabriel & Sulca, 2018, p. 3-4).

Los antecedentes que sirven de fundamentos teóricos para esta investigación son:

Condor (2017) en su investigación “Diseño de Vivienda Bioclimática para Zonas Altoandinas del Perú” para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad de los Andes, nos presenta una alternativa de diseño de una vivienda con tecnologías limpias, que permiten conservar un confort térmico y lumínico apto para la habitabilidad.

Cuellar (2017) en su tesis “Estudio para el Acondicionamiento Térmico de Viviendas Sometidas a Heladas del Centro Poblado de Santa Rosa (Puno)” para optar el título de Ingeniero Agrícola de la Universidad Agraria la Molina, nos indica la sensación térmica de frío en Puno se acrecienta, por lo cual busca evaluar el comportamiento térmico de las viviendas construidas por el Plan Nacional de Vivienda Rural y locales para proponer alternativas de acondicionamiento térmico, para eso realizó un monitoreo de temperaturas, con la cual se determinó que la viviendas pierden calor por conducción de materiales y pudo orientar las medidas correctivas de acondicionamiento térmico en muros, ventanas y puertas, además adicionando materiales aislantes como: poliestireno expandido en muros, poliblock y torta de barro en el techo, protección de ventanas, considerando estas modificaciones la envolvente de la vivienda logra aumentar a una temperatura interior en 1.7 °C.

Umán & Méndez (2019) en su tesis “Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta – Cusco” para optar el Grado Académico de Maestro en Arquitectura y Sostenibilidad de la Universidad Ricardo Palma, nos indica las bajas temperatura en el Perú en las poblaciones que viven por encima de los 3000 m,s.n.m., cómo es Anta en Cusco con la cual busca mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad con estrategias de climatización mediante sistemas naturales, debido a que no presentan condiciones de confort térmico, estas estrategias son de climatización activas y pasivas que determinan las mejoras térmicas producidas en las viviendas de la zona de estudio para luego aplicar una encuesta y registro de viviendas para definir parámetros de confort térmico, y finalmente procesar la información y determinar criterios de intervención sobre la vivienda.

Garza en su investigación “Análisis del Ciclo de Vida de Aislantes Térmicos para la Aplicación en Edificaciones” para obtener el grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Orientación a en Energías Térmicas y Renovables de la Universidad Autónoma de Nuevo León, nos indica la sostenibilidad en edificaciones a través de la utilización de materiales respetuosos con el medio ambiente en la planeación, diseño, ubicación. construcción y operación de viviendas, ya que hoy en día el consumo de energía contribuye a la contaminación y degradación del medio ambiente, es por eso que plantea el uso de materiales para el aislamiento térmico ya que es un paso lógico para reducir la energía necesaria para mantener una temperatura interior adecuada y por lo tanto lograr una eficiencia energética, como ejemplo de materiales aislantes térmicos tenemos: el poliestireno expandido (ESP), el Poliestireno Extruido (XPS), Fibra de roca (lana mineral), Fibra de vidrio, Espuma de Poliuretano (PUR), Polisocianurato, Concreto Celular, Vidrio Celular, Aglomerados de Corcho y Mezclas de Perlita Mineral. (Garza, 2016)

En el proyecto de investigación “Desarrollo de Aislantes Térmicos Empleando Rastrojos de maíz para la Construcción de Viviendas” para obtener el título de Ingeniero Civil Mecánico de la Universidad de del Bio-Bio, nos propone la utilización de residuos agrícolas como el rastrojo de maíz para la generación de aislantes térmicos, esto con el fin de generar un aporte a la construcción de viviendas, ya que estas viviendas deben proveer de adecuadas, estables y permanentes condiciones de habitabilidad a sus ocupantes, con prioridad en el confort higrotérmico, requerimiento básico e imprescindible para la actividad humana, así mismo concluye que la utilización del rastrojo de maíz presentó buenas propiedades de aislación térmica y,

se pueden desarrollar materiales de construcción con buenas propiedades aislantes, teniendo grandes ventajas medioambientales, principalmente por reducir la quema de estos residuos y todo el impacto negativo que este proceso asocia, y permitiendo mejores y más cómodas prácticas. Las principales ventajas de este proyecto es la reducida huella ecológica que este producto presenta, principalmente por lo sencillo de su proceso y la biodegradabilidad de los materiales. (Loyola, 2012)

En el proyecto de fin de grado “Aislantes Térmicos. Criterios de selección por Requisitos Energéticos, para obtener el grado de Arquitecto de la Universidad Politécnica de Madrid nos propone herramientas para la distintas alternativas de materiales de aislamiento térmico como: Método de Optimización Multicriterio, CES EDUPACK, Análisis y estudio de Mercado, Parámetros y clasificación de grupos, estas herramientas posibilitan al usuario poder seleccionar a base de conocimiento la mejor opción de materiales aislantes de construcción ya que poco a poco están siendo sustituidos por nuevos que ofrecen condiciones de sostenibilidad y ahorro energético, que cumplan con las exigencias del confort térmico deseado para las edificaciones (Palomo, 2017).

La investigación “Análisis medioambiental de los Aislamientos Térmicos en la Construcción” de la Universidad de Coruña, nos indica la preocupación que se tiene pro la conservación del medioambiente, es por eso que a través de distintas fuentes bibliográficas y fabricantes de materiales aislantes ha recogido información acerca de los aspectos como: Composición, procesos de fabricación, impactos ambientales y valorización que debemos considerar para construir viviendas respetuosas con el medio ambiente y sanas para las personas que la habitan, así mismo nos da a conocer

las distintas propiedades físicas y mecánicas de los aislamientos para evitar grandes gastos en climatización, además de una evaluación de cada una de las características como la conductividad térmica, densidad, resistencia a la difusión de vapor de agua o calor específico para comparar cada material en función de sus propiedades (Rivero ,2016).

La Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética de la Consejería de Economía y Hacienda de Madrid (Comunidad de Madrid, 2012), nos da a conocer a soluciones de aislamiento para mejorar la eficiencia energética de los edificios, equipos en la edificación e instalaciones industriales, así mismo los materiales más habituales como: la espuma de poliestireno expandido (EPS), espuma de poliuretano (PU), espuma de poliestireno extruido, lana mineral, unidades de vidrio aislante y espumas flexibles. El aislamiento térmico contribuye a la eficiencia energética que consiste en disminuir el consumo energético sin disminuir el confort por lo que las ventajas que tienen son: Reducen la factura energética del usuario, Mejoran el rendimiento de las instalaciones térmicas, Mejorar el confort y bienestar, Disminuir las emisiones de gases, Eliminar condensaciones y mejorar el aislamiento acústico, por todo esto el aislamiento térmico es la medida más sostenible en las edificaciones.

En la tesis “Diseño de un Aislante térmico a base de fibras naturales para mitigar el Impacto de las heladas en la comunidad de Cupisa”, para optar el título profesional de Ingeniero Industrial de la Universidad de Ciencias Aplicadas, concluyen que la propuesta del aislante térmico a base de fibra natural es una alternativa sostenible para enfrentar las heladas, además logra reducir en cincuenta y uno por ciento los residuos de fibras así como la disminución de gases CO₂, desde el punto económico se hizo una

comparación con los kits que entrega el Ministerio de la mujer para el friaje siendo el aislante térmico la alternativa más sostenible porque se basa en la prevención y en brindarle a la población de Cupisa una solución permanentemente en su paredes. (Peña & Roman. 2018)

Las Guías FVS – Edificación Sostenible; Aislamiento (Vida Sostenible, 2010), nos menciona la importancia de la protección de las viviendas frente a las variaciones de temperatura, el ruido y el fuego, puesto que no solo afectan a la salud de los propios habitantes de la vivienda si no determina el coste económico que tiene para ellos la falta de aislantes efectivos o un mal uso de ellos, así como la durabilidad de los materiales de construcción, un buen aislamiento no solo evitará pérdidas de energía sino que además ayudará tu bolsillo a no gastar más de la cuenta. Los aislamientos térmicos pueden colocarse en puertas, ventanas, cerramientos y muros, los aislamientos acústicos son colocados en falsos techos, suelos, muros y paredes, los aislamientos anti - incendios son colocados en techos, suelos y paredes.

El Manual de Aislamiento nos menciona la importancia del aislamiento ya que es la principal alternativa para mejorar la eficiencia energética en las edificaciones, el aislamiento es eficiente en costes, tienen un enorme potencial para afrontar el cambio climático y la dependencia energética, así mismo de un desarrollo sostenible es aquel que permite satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias, en la que nos indica que una vivienda mal aislada pierde su demanda energética en un 25% en techos, ventanas 10%, muros 35% y suelos 15%. (URSA, 2009)

Tecnología de la Construcción – Técnicas de Aislamiento e impermeabilización (Fundación Laboral de la Construcción, 2014), nos da a conocer que el desarrollo de la tecnología de la construcción ha facilitado materiales y técnicas de aislamiento e impermeabilización que permiten mejorar la calidad constructiva de los edificios y que un adecuado aislamiento térmico no solo mejora el confort térmico dentro de una edificación al minimizar la temperatura de las superficies como paredes, techos y suelos, sino que contribuye al ahorro de energía global al mismo de reducir las pérdidas de calor, evita la aparición de condensaciones de vapor de agua, es importante un grosor adecuado, que varía según las condiciones climáticas de la zona donde está situada la edificación. El aislamiento acústico atenúa la propagación de ruido de un ambiente hacia el interior y exterior de la edificación.

Esparza (2015), en su artículo “Mejora de una envolvente mediante SATE de Corcho), analiza las ventajas de usar aislamiento en las fachadas, mediante placas de aglomerado negro de corcho, donde demuestra que el corcho y las fibras de celulosa son los aislantes más eficientes tanto para consumo de energía como por menor generación de gases de efecto invernadero, obteniendo los siguientes resultados en u de un cerramiento tipo: 1.162 W/m²K sin ningún aislante, un cerramiento mejorado con corcho 0.28 W/m²K.

Velasco et al. (2015), en su investigación “Investigación y Desarrollo de Aislantes Térmicos Naturales Basados en Residuos de Biomasa para su Aplicación en la Mejora de la Eficiencia Energética de las Edificaciones en América Latina”, indica la situación actual de insostenibilidad energética de los sistemas constructivos convencionales latinoamericanos. Así como la ineficiencia de las edificaciones mediante productos y materiales aislantes que son útiles en toda envolvente edificatoria en climas fríos o

cálidos de alta radiación solar, el propósito de la reducción de la demanda energética requerida para alcanzar las condiciones de habitabilidad interior mediante la utilización de materiales de bajo costo y limitada huella ecológica basadas en el aprovechamiento de recursos naturales, las técnicas ancestrales y la mejora de las técnicas constructivas contemporáneas, se basa en el análisis exhaustivo de los potenciales de las materias primas o residuos no valorizados para el desarrollo de productos constructivos adecuados mediante características mecánicas, térmicas e higroscópicas.

Viegas et al. (2016), en su investigación “Evaluación cuali-cuantitativa de aislaciones térmicas alternativas para viviendas” sobre la problemática de condiciones de hábitat y accesibilidad a recursos energéticos por parte de las familias, nos indica la insuficiencia de aislación higrotérmica de construcciones de maderas, en su mayoría simples o de bloques con cubiertas de chapas si aislación alguna, manifestando condiciones de intenso calor en verano e intenso frío en invierno, lo que genera deficiencias en las envolventes, en la cual se realizó ensayos con probetas de madera obtuvo los resultados de transmitancia térmica de diferentes materiales de aislamiento como las fibras naturales y pajas que son $1.25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La investigación “La utilización del corcho como material de Aislamiento Térmico para una Construcción Sostenible en el Primer Congreso sobre Investigación en Construcción y Tecnología Arquitectónica, nos indica que el corcho es un material ligero y maleable, aislante, ignífugo e impermeable, por ello ha sido muy utilizado como material de aislamiento térmico. Su origen es natural, renovable y apto para ser reciclado, por lo que parece obvio que pueda ser un material con un buen

comportamiento ambiental. Además, el 80% de la producción de corcho existente en el mundo se encuentra en la Península Ibérica, generando alrededor de 200.000 toneladas, así mismo nos muestra las etapas del corcho en su ciclo de vida. (Carabaño, et al., 2014)

Las bases teóricas en cuales se enmarca esta investigación se muestran a continuación:

- **El impacto ambiental asociado a la construcción y ocupación del territorio**

En el Perú, el consumo de energía en las edificaciones está relacionado al diseño arquitectónico, al tipo de artefactos que la edificación alberga (para iluminación, calefacción, refrigeración, etc.) y a los hábitos de las familias o usuarios, es por ellos que se debe hacer un diseño de edificaciones con eficiencia energética de acuerdo a los criterios modernos de sostenibilidad, para que a lo largo de la vida de la edificación se consuma menos energía. (Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética, 2014, p. 1)

Según la Norma EM.110 (2014) nos brinda los siguientes beneficios:

- **Beneficios Económicos:**

- Reducción de gastos de operaciones y mantenimientos para usuarios
- Creación de valor agregado a la edificación
- Mejora productividad de trabajadores
- Revaloración de materiales locales

- **Beneficios Ambientales**

- Protección de hábitats naturales.
- Mejora de la calidad de aire y agua.
- Reducción de residuos sólidos.
- Conservación de recursos naturales.

- Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

➤ **Beneficios Sociales y en salud**

- Mejora del ambiente térmico y lumínico.
- Aumento del confort y salud de usuarios.

• **Zonas Bioclimáticas del Perú**

“La clasificación determina 9 zonas climáticas del Perú a la que se le ha incluido parámetros de altura, radiación, inversión térmica, arquitectura tradicional, entre otros factores, su importancia radica en que, en base a esta clasificación, se darán las orientaciones necesarias para el diseño. Cada zona tendrá recomendaciones apropiadas a las condiciones medioambientales. (Rayter, 2008, p.12)

Tabla 1: *Zonificación bioclimática del Perú*

Zona Bioclimática	Definición Climática
1	Desértico costero
2	Desértico
3	Interandino bajo
4	Mesoandino
5	Altoandino
6	Nevado
7	Ceja de Montaña
8	Subtropical húmedo
9	Tropical húmedo

Fuente: (Norma EM.110, 2014)

➤ **Selección de la Zona Bioclimática**

De Acuerdo con La Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos (2008), “nos menciona que la zona bioclimática Mesoandino se encuentra entre los 3000 y 4000 m.s.n.m., y la zona bioclimática de Ceja de Montaña se encuentra entre los 2000 y 3000 m.s.n.m.

Tabla 2: *Ubicación de las Provincia de Cajamarca por zona bioclimática*

Zona	Definición Bioclimática	Provincias
1	Desértico Marino	
2	Desértico	
3	Interandino Bajo	Contumazá, San Miguel
4	Mesoandino	Cajabamba, Cajamarca, Celendín, Chota, Contumazá, Hualgayoc, San Marcos, San Miguel, San Pablo
5	Alto Andino	
6	Nevado	
7	Ceja de Montaña	Cajabamba, Cajamarca, Celendín, Chota, Contumazá, Cutervo, Hualgayoc, Jaén, San Marcos, San Ignacio, San Pablo, Santa Cruz
8	Subtropical Húmedo	
9	Tropical Húmedo	

Fuente: (Norma EM.110, 2014)

➤ **Valores de Transmitancia Térmica por Zona Bioclimática**

Tabla 3: *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m² K*

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U muro)	Transmitancia térmica máxima del techo (U techo)	Transmitancia térmica máxima del piso (U piso)
1. Desértico Marino	2.36	2.21	2.63
2. Desértico	3.20	2.20	2.63
3. Interandino Bajo	2.36	2.21	2.63
4. Mesoandino	2.36	2.21	2.63
5. Alto Andino	1.00	0.83	3.26
6. Nevado	0.99	0.80	3.26
7. Ceja de Montaña	2.36	2.20	2.63
8. Subtropical Húmedo	3.60	2.20	2.63
9. Tropical Húmedo	3.60	2.20	2.63

Fuente: (Norma EM.110, 2014)

- **El impacto ambiental de los materiales de construcción**

Edwards & Hyett (2004), en su guía “Guía básica de la sostenibilidad” analiza el ciclo de vida de los materiales y las diferentes fases que lo configuran, como:

- La fase de extracción de los materiales y considerar la transformación del medio.
- La fase de producción, las emisiones que se generan y el consumo de energía.
- En la fase de transporte, el consumo de energía será más elevado si provienen de lugares lejanos.
- En la puesta en obra, los riesgos sobre la salud humana y la generación de desperdicios.
- En la producción, las emisiones contaminantes y la transformación del medio.

De acuerdo con la Guía básica de sostenibilidad de Edwards (2004), los métodos de Análisis de Ciclo de Vida pretenden analizar el impacto que ocasionan en cada una de las fases de su vida. Lo fundamental es cuantificar en magnitudes comparativas dicho impacto (por ejemplo, las emisiones de gases invernadero se traducen en cantidades equivalentes de CO₂). Y a continuación proceder a la elección de materiales de construcción las que se detallan a continuación:

- Procedan de fuentes renovables y abundantes;
- No contaminen;
- Consumen poca energía en su ciclo de vida;
- Sean duraderos;
- Puedan estandarizarse;
- Procedan de producción justa;
- Tengan valor cultural en su entorno;
- Tengan bajo costo económico.

Según, Villegas (2012) para valorar el impacto ambiental que produce al utilizar un material específico, es indispensable es conocer el ciclo de vida de éste; con esto en mente, a continuación, se proporciona información relevante de los materiales que se utilizan más comúnmente:

- **Materiales Pétreos:** Proviene de una fuente abundante, sin embargo, su obtención y transporte requieren grandes cantidades de energía. El impacto ambiental se puede medir en la transformación de los paisajes y su repercusión en el equilibrio de especies vivientes.

El principal uso de los materiales pétreos es el de formar parte de mezclas de concreto. Para no desaprovechar la energía que se necesitó para producir concreto, la mejor opción, una vez que el elemento de concreto dejó de ser útil, es convertirlo en agregado y darle un nuevo uso. Como motivación adicional está el hecho de que el escombros representa la principal causa de colapso de los basureros municipales.

La ventaja de los materiales pétreos es que tienen la propiedad de absorber calor del ambiente, lo cual los hace útiles en lugares con climas templados, donde se pueden colocar elementos estratégicamente ubicados para recibir los rayos del Sol en el día y por la noche disminuir la necesidad de calefactores (inercia térmica).

- **Metales:** El acero y el aluminio, son los metales más encontrados entre los suministros de una obra. Ofrecen ventajas al conformar elementos ligeros y que permiten tiempos de entrega breves; pero para llegar a obtener un producto utilizable, la demanda de energía es grande. Vale la pena recuperar estos

materiales después de haber sido usados, ya que mediante esta práctica se suman menos toneladas de CO₂ que si se busca usar materiales de primera mano.

- **Maderas:** Se les consideran materiales sostenibles dado que son recursos renovables, pueden transformarse en elementos estandarizados y se puede reciclar dándole forma de tableros aglomerados o como fuente de energía. Su cualidad de material sostenible depende de factores como el control en la explotación forestal.

- **Materiales Aislantes:** Los aislantes térmicos son materiales de gran importancia ya que su uso permite controlar la temperatura de los espacios, lo cual se traduce en ahorro energético para los sistemas de aire acondicionado y calefacción. Las presentaciones son muy variadas, así como los orígenes de estos elementos. Podemos encontrar aislantes sintéticos en forma de espumas plásticas, también fibras minerales, vidrio celular, etc. Los aislantes de origen renovable como el corcho, cáñamo o la celulosa, tienen implícito un valor adicional que deberá ser considerado si se busca incrementar la sostenibilidad en la producción del inmueble.

- **Plásticos:** Para obtener los diferentes compuestos plásticos se requiere una gran inversión de energía y estas industrias producen muchos agentes contaminantes. Sin embargo, las aplicaciones que tienen los plásticos en la industria de la construcción son muy variadas y poseen propiedades por demás útiles, como una alta resistencia, estabilidad, ligereza y baja conductividad térmica y eléctrica.

- **Pinturas:** Estos productos son muy diversos y están compuestos por: aglutinante, disolvente, pigmento y material de relleno.

Las pinturas permiten la durabilidad y la protección a otros materiales, lo que conlleva a gastar más recursos energéticos y provocar daño al medio ambiente, dado que la gran parte de compuestos derivan del petróleo, por eso al momento de elegir una pintura debemos tomar en cuenta su fabricación para elegir una pintura ecológica libre de hidrocarburos.

Tabla 4: *Impacto Ambiental de los Principales Materiales de Construcción*

Material	Efecto Invernadero	Acidificación	Contaminación Atmosférica	Ozono	Metales Pesados	Energía	Residuos Solidos
Cerámica	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Piedra	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Acero	++	++	+	+++	++	++	+++
Aluminio	+	+	++	+++	+	+	+++
PVC	++	++	+	+++	++	++	++
Poliestireno	++	+	+	++	+	+	++
Poliuretano	+	++	+	+	++	++	+++
Pino	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Fuente: (Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida,2012)

- **Habitad ecológica, Arquitectura y bioconstrucción**

- **El bienestar y la salud de los espacios**

La salud es como un estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades, un lugar de trabajo saludable es aquel donde los trabajadores o personas tienen un entorno para la promoción de salud no solo con el objeto de prevenir accidentes laborales sino de bienestar de vida. (OMS, 2010)

La calidad de vida de los actuales habitantes del planeta, es una referencia directa a la modificación del medio ambiente natural, actividad inherente a los arquitectos e ingenieros. Es un enfoque de carácter multifocal, que implica aspectos tecnológicos, políticos, sociales, económicos, ecológicos y éticos. (Acosta, 2009)

➤ **La Geobiología: El lugar**

La Geobiología es un campo científico interdisciplinar que explora las interacciones entre la vida, por un lado, y el ambiente fisicoquímico de la Tierra. Es la ciencia que nos ayudará a elegir la ubicación correcta para una vivienda sana en un terreno. Para disfrutar de un descanso reconfortante necesitamos dormir sobre un lugar sano que nos refuerce y no nos debilite. La geobiología nos ayuda a detectar campos electromagnéticos o corrientes de agua en los estratos inferiores a la corteza terrestre, entre otros accidentes geológicos que afectan directamente a nuestra salud. (Ghoreishi, 2011)

➤ **La arquitectura: El diseño**

Con la arquitectura y un correcto diseño bioclimático podremos aprovechar los recursos del entorno para crear viviendas sanas y saludables. En una edificación se debe detallar el diseño bioclimático para una construcción sostenible. En los siguientes ejemplos podemos observar diseños adaptados a distintas ubicaciones y climas. (Ghoreishi, 2011)

Ching, F. & Shapiro, I. (2014), en su Manual Ilustrado “Arquitectura Ecológica” nos menciona los objetivos de una arquitectura Ecológica que son: Mitigar el calentamiento global mediante ahorro de energía, reducir contaminaciones de agua y suelos, reducir la contaminación lumínica que puede perturbar los ecosistemas nocturnos, proteger hábitats naturales y la diversidad biológica, evitar uso de vertederos de basura. Todo esto permitirá una calidad, confort en nuestras vidas.

➤ **La bioconstrucción**

Según el profesor e ingeniero alemán Lotz, autor del manual Ecobioconstrucción y principal pionero en ese término, bioconstrucción significa la correcta integración de la construcción en el paisaje, la conservación y configuración del habitat, la correcta concepción del edificio en sí mismo, la correcta selección de los materiales de construcción y el apropiado programa de disposición de los ambientes, todo en función de criterios de salud y medio ambiente, de la exposición energética natural y de la adaptación de las necesidades de los habitantes.

- **Confort Térmico**

De acuerdo con la Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con eficiencia energética (2014). “el confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado” (p.5).

De acuerdo con la ISO 7730 Ergonomía del ambiente térmico (2006) “el confort térmico es una condición mental que expresa satisfacción con el medio ambiente”.

- **Eficiencia Energética**

De acuerdo con la ISO 50001 Sistema de Gestión Energética (2018) “la eficiencia energética es la relación entre la energía aprovechada y la energía consumida, así mismo se refiere a la utilización de tecnologías que requieran una menor cantidad de energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función”.

- **Aislante**

Según la RAE (2020), el aislamiento se define como: “aquella acción de impedir el paso o la transmisión de la electricidad, el calor, el sonido, la humedad, etc.” A esto podíamos añadir sus efectos, la posibilidad de habitabilidad, confort según unas condiciones de humedad, temperatura y velocidad del viento adecuadas, sin ser molestas. Por ello podemos clasificar el aislamiento en térmico, acústico o térmico-acústico según atañe a una u otra función.

- **Aislamiento Sostenible**

En la investigación “Materiales Aislantes Sostenibles” para obtener el Grado en Edificación de la Universidad de Extremadura, no indica que aislamiento sostenible es proporcionar al edificio los elementos necesarios para mantener en el mismo una temperatura confortable, estos aislantes deben ir en los muros, las cubiertas y otros elementos sólidos del cerramiento llevarán incorporado un aislante térmico para reducir la pérdida de calor y para mantener los espacios interiores a una temperatura agradable. El aislamiento y el diseño térmico pueden reducir de forma considerable las pérdidas de calor del edificio. La demanda de energía para calefacción/aire acondicionado en edificios existentes se puede reducir del 30% al 50% mediante modificaciones en comparación con la media actual. En edificios nuevos se puede reducir del 90 al 95% utilizando tecnología y diseño, y especificando los niveles de aislamiento. (Velásquez, 2015)

➤ **Aislamiento Térmico en Cerramientos:**

Un cerramiento aislado reduce a una cuarta parte las transferencias de calor que se producen a través de él. En la actualidad existen materiales aislantes adecuados para aislar el cerramiento por el exterior, para ser inyectados en las cámaras de aire, proyectados sobre superficies horizontales o moldeados para recubrir superficies horizontales. El aislamiento deberá ser de un material adecuado, en espesores adecuados y en el cual la colocación también será un factor preponderante. (Velásquez, 2015)

➤ **Eliminación de Puentes Térmicos:**

Casi un 20% de la energía que pierde un edificio se va a través de los puentes térmicos. Resulta imprescindible, por tanto, poner en práctica medidas constructivas encaminadas a su eliminación o a reducir sus efectos, tales como el aislamiento por el exterior, la eliminación de hornacinas, los capialzados y las carpinterías compactas. (Velásquez, 2015)

➤ **Eliminación de Condensaciones Intersticiales:**

Es recomendable el aislamiento por el exterior, emplear materiales aislantes equilibrados higrotérmicamente, como el poliestireno extruido o el vidrio celular y colocarlos cerca de la cara fría o complementarlos con una barrera de vapor. (Velásquez, 2015)

➤ **Vidrios y Carpinterías:**

Los huecos acristalados representan los elementos térmicamente más débiles en el cerramiento exterior de un edificio. Los vidrios aislantes son actualmente

utilizados de forma generalizada, y dentro de esta categoría también pueden utilizarse los bajo emisivos. Si las condiciones son las adecuadas, o para situación de alta radiación, combinando lunas convencionales con lunas reflectantes o coloreadas. Las carpinterías pueden convertirse en los puentes térmicos de las ventanas sino se cuidan eligiendo aquellas suficientemente aislantes: PVC, aluminio con ruptura del puente térmico, madera o poliuretano. (Velásquez, 2015)

➤ **Ventilación Higiénica Controlada:**

La renovación de aire es absolutamente necesaria para mantener unas condiciones del ambiente interior adecuadas, por lo cual los intercambios se corresponderán exactamente a las necesidades. Para ello se utilizará calentadores de tiro natural en los cuartos húmedos y sistemas de ventilación regulables. (Velásquez, 2015)

• **Importancia del Aislante Térmico en Edificaciones**

El correcto acondicionamiento térmico de los inmuebles no sólo repercute en algo tan importante como el confort de sus habitantes, sino que también es crucial a la hora de reducir el consumo energético. Este aspecto siempre ha sido muy importante pero hoy lo es aún más, tanto por el aumento del coste de la energía como por la creciente tendencia hacia la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente. Así, en el seno de la Unión Europea, para 2020 se plantea el desafío de los Edificios de consumo casi nulo, los edificios con consumo energético casi nulo. (Promateriales, 2013)

- **Aislante Térmico**

Los aislantes térmicos no existen en sí como tal, en realidad son materiales que son malos conductores del calor, por lo tanto, pueden frenar el flujo de calor. (Rougeron, 1977)

Un material se considera aislante térmico cuando tiene un coeficiente de conductividad térmica menor a 0.060 W/m.K y una resistencia mayor a $0.25 \text{ m}^2.\text{K/W}$, (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011).

- **Envolvente Térmica**

La envolvente térmica está compuesta por todos los cerramientos que limitan los recintos habitables del exterior. Estos cerramientos pueden ser pisos, muros opacos o traslúcidos, además es esencial para lograr el bienestar interior, ya que es la principal barrera que protege a los habitantes del clima “adverso” exterior, lo ideal es que la envolvente térmica pueda adaptarse a las distintas condiciones ambientales diarias (día-noche) y estacionales (Invierno – verano). (Manual de Reacondicionamiento Térmico, 2016)

- **Transmitancia y Resistencia Térmica**

La principal función de la envolvente térmica es limitar el flujo de energía, o transmitancia térmica, entre el interior y el exterior de la vivienda, o viceversa, esto significa, reducir la pérdida de calor en épocas invernales que se da a través del piso, los muros y techumbre de la vivienda por medio de la conducción de energía. Para ello, es importante que las soluciones constructivas consideren materiales de baja conductividad térmica en su conformación, es decir, materiales que tengan la

capacidad de oponerse al paso del calor. (Manual de Reacondicionamiento Térmico, 2016)

La resistencia térmica depende directamente del espesor del material e indirectamente de la conductividad térmica, es decir si el espesor del material es mayor, la resistencia es mayor; caso contrario si la conductividad es mayor, la resistencia es menor. (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011).

Tabla 5: *Materiales Aislantes (Baja Conductividad Térmica)*

Material	Conductividad Térmica	Formatos Comunes
Poliestireno Expandido (Densidad 10kg/m ³)	0.043	Placas
Lana Mineral (Densidad 40 kg/m ³)	0.042	Colchonetas y Rollos
Lana de Vidrio (Densidad 18 kg/m ³)	0.040	Colchonetas y Rollos
Celulosa Proyectada	0.041	Granulada (Para proyectar)

Fuente: (Manual de Reacondicionamiento Térmico, 2016)

- **Materiales Aislantes Térmicos**

“Los materiales de aislamiento térmico, aíslan a los edificios de las temperaturas externas y a los distintos espacios de una construcción de las diferentes temperaturas que se producen en su interior”. (Velásquez, 2018, p.48)

- **Propiedades de los materiales Aislantes térmicos**

De acuerdo con Velásquez (2018), “establece que los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas se definen mediante las siguientes propiedades higrométricas: (p. 49).

Conductividad Térmica (λ): Propiedad física que mide la capacidad de conducción de calor, es decir el paso de calor a través de ellos, se expresa en

W/mk, y lo más importante es que sea lo más bajo posible, eso sí siempre debajo de 0.1.

Resistencia térmica (Rt): Propiedad física que mide la capacidad de oponerse al flujo de calor, se obtiene realizando el cociente entre el espesor y la conductividad térmica del material, se expresa en $m^2.K/W$ y cuando mayor sea este valor, mayor será la capacidad aislante del material, un buen aislante tendrá una resistencia entre 2 y 2.5 $m^2.K/W$; un aislante básico entre 1 y 1.5 $m^2.K/W$.

Transmitancia Térmica (U): Propiedad física que mide la cantidad energía que fluye por unidad de tiempo y superficie, mide el calor que se pierde o gana a través de un elemento, este coeficiente es la inversa de la resistencia térmica ($U=1/R$) y se mide en $W/m^2.K$, cuando menos sea este valor, mejor capacidad aislante tendrá el material.

Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua: Es la relación entre la permeabilidad del aire y la del material aislante, su valor es adimensional, mientras mayor sea el factor, más impermeable y duradero será al vapor de agua.

Calor específico: Es la cantidad de energía necesaria para aumentar en $1^\circ C$ la temperatura de 1 Kg de material, los materiales con un elevado calor específico serán buenos aislantes, se expresa en $J/kg.K$, aunque también se expresa como $kcal/Kg.^{\circ}C$; siendo $1\text{ cal} = 4.184\text{ J}$.

Densidad: Masa de material pro unidad de volumen.

- **Selección de un Material Aislante**

La conductividad térmica es bastante parecida entre los materiales aislantes, por lo que no es esta característica la principal diferencia entre ellos. La diferencia radica en sus características físico - químicas.

Por lo que se deben tener en cuenta lo siguiente.

- Las contracciones y dilataciones del aislante.
- Su resistencia al fuego.
- La acción de disolventes y agentes atmosféricos.
- Las sollicitaciones mecánicas.
- Máxima temperatura de empleo.

- **Materiales Aislantes Ecológicos**

- **El Corcho como Material Aislante**

Fernández (2013), en su investigación “El corcho en la Construcción” nos indica, el corcho ha sido empleado en la construcción desde la más remota antigüedad, por su capacidad de aislamiento, su ligereza y resistencia a los agentes exteriores, se usaba como flotadores para la pesca y a modo de tejas naturales.

Sin embargo, la aparición del aglomerado de corcho permite disponer de una extensa gama de materiales con suficiente homogeneidad y con dimensiones concretas, cualquiera que sea el sistema de aglomeración del corcho sus características siempre derivan de la materia prima. El corcho es un tejido vegetal formado por células en forma de poliedro regular de 14 caras, agrupadas de tal forma que no dan espacio intercelular, se encuentran en número de 30 a 40 millones por cm^3 , el corcho presenta fibras celulósicas, de la suberina, la cera y la lignina, se encuentran perfectamente ordenadas para

actuar como una membrana de gran tenacidad y resistencia, absolutamente impermeable, de gran resistencia química y con adecuada resistencia en sentido axial

➤ **Propiedades del Corcho**

No existe un material natural o artificial que presenta las siguientes características:

- **Ligereza:** Presenta Aire recluso de 89.7%, esto permite un peso específico entre 0.12 y 0.25.
- **Elasticidad:** Una probeta de corcho es sometida al 6.350 kg/s si romperse, e inmediatamente de ser liberada la presión recupero el 90% de su altura, así mismo su ensayo de resistencia es de 1000kg/cm² esto es gracias las paredes celulares, a su impermeabilidad, líquidos y gases.
- **Comprensibilidad:** la Capacidad de ser comprimido sin dilatación lateral es decir su módulo de Poisson es cero, y en la construcción tiene marcado interés en las juntas de dilatación.
- **Impermeabilidad:** Debida a la abundancia de suberina, coroides y su estructura de células cerradas, esta propiedad es de la mayor importancia en gran parte de las utilidades del corcho, conjugándose con otras características en el campo de la construcción nos permite conservar inalterables las propiedades de aislantes de aglomerado expandido puro.
- **Aislante térmico:** El corcho por su enorme número de células rellenas de un gas muy parecido al aire encerrado sin posibilidad de moverse o renovarse, junto con su bajo poder de absorción de humedad, cumple con precisión los requerimientos para ser un aislante de inmejorable calidad

- **Absorbente Acústico:** El efecto de aislamiento acústico viene determinado ineludiblemente por la Ley de masa que significa que el sonido transmitido será tanto menor cuanto mayor es la masa por m² del material, el corcho puede jugar un papel fundamental en el confort acústico de las edificaciones
- **Retardador de Fuego:** Los productos corcheros, como regla general, se encuentran dentro de la clasificación M-2, Combustible – Difícilmente Inflamable.
- **Durabilidad:** El corcho se encuentra, naturalmente expuesto durante cientos de años a todas las influencias climáticas que sufre el alcornoque, al que protege, sin sufrir daño alguno
- **Ausencia de Toxicidad:** El corcho es un producto absolutamente natural, carente de cualquier tipo de producto toxico tratándose de un tejido muerto, es un material inerte.

➤ **Aplicación del corcho**

- **Aislamiento de Pisos**

La necesidad del aislamiento acústico en los forjados entre piso es muy importante dado que las viviendas modernas, con forjados ligeros, el nivel de ruido provenientes de viviendas colindantes, por el normal uso doméstico es muy importante.

El aislamiento térmico es tanto más importante cuanto al sistema de calefacción, ambos objetivos aislamiento térmico y acústico pueden ser conseguidos, en forma fácil y económica mediante la utilización del corcho y por varios sistemas.

En primer lugar, la utilización de aglomerado expandido puro de corcho, ya que por su resistencia a los esfuerzos mecánicos consigue reducir el sonido transmitido en forma muy importante, así mismo puede utilizarse la técnica de pavimentos flotantes, el corcho tiene un papel importantísimo como láminas o granulados expandidos naturales para las superficies pisables reduciendo el nivel de ruido.

- Aislamiento de paredes exteriores e interiores

Desde el punto de vista Constructivo la enorme ventaja de poder solucionar problemas acústicos o térmicos en edificaciones, como por ejemplo el centro de Europa que recubrieron sus fachas con aglomerado térmico de 50 - 60 mm que son recubiertas con malla platica.

- Aislamiento de Cubiertas y Techos

El aglomerado de corcho permite solucionar el aislamiento de cubiertas de todo tipo planas o inclinadas.

➤ Tipos de materiales de Corcho

El corcho se comercializa en forma sólida, en forma de láminas, en forma de placas o tableros, también en bloques o de forma granular. A granel se puede conseguir de distintos tamaños, desde gránulos grandes hasta harina molida.

Se presenta en bruto, como fruto directo de la extracción de la corteza del árbol o elaborado para su utilización en diferentes áreas como las variantes del corcho que son aglomerados. (Velasquez, 2015)

- **Aglomerados Puros:**

Los aglomerados puros están constituidos por granos de corcho aglutinados por medio de la resina natural del corcho. El producto obtenido es de baja densidad, muy mal conductor del calor, absolutamente impermeable a la humedad, de gran ligereza, mal conductor del sonido, compacto, no alterable, poco dilatado por la acción calorífica e incombustible. Sus aplicaciones en construcción son múltiples, sirve para recubrir los pisos, paredes, cielos rasos, etc. (Del Rio, 2005)

- **Aglomerados Compuestos:**

Están constituidos por granos de corcho aglutinados por medio de una cola apropiada ajena al corcho, obteniéndose por lo general según proceso de cocción en moldes cúbicos o cilíndricos adecuados o bien de forma continua con temperatura suave, la conveniente para determinar el fraguado de la cola sin que el granulado de corcho sufra ninguna modificación, a compuestos deben de considerarse también aquellos en los que además del corcho entren a formar parte de su constitución no sólo aglutinantes sino también distintos materiales como caucho, plástico. (Del Rio, 2005)

Las aplicaciones son muchas destacando la de recubrimientos de paredes y suelos decorativos. (Del Rio, 2005)

- **Regranulados:**

Deben de considerarse como un subproducto, pues proceden de los aglomerados como desperdicio de los mismos, bien a resultar de su propio proceso de fabricación, como de aquellos bloques que han presentado

alguna imperfección. Los regranulados más importantes son los denominados negros, proceden de los aglomerados expandidos puros se emplean en el relleno de huecos irregulares como aislamiento térmico, así como en aquellos lugares donde se desee un aislamiento térmico más barato. (Del Rio, 2005)

➤ **Ciclo de vida**

- **Extracción:**

Su origen procede del Alcornoque. El alcornoque es pelado la primera vez a los 30 años después cada 12-15 años. Por tanto, es un recurso limitado. En cada descorchado pueden extraerse de 8 a 10 kg por árbol. La primera extracción, denominada “saca”, se realiza cuando el árbol tiene unos 20-25 años, normalmente en el mes de julio. Las siguientes, siempre en verano, cada 8-9 años hasta que el árbol tenga unos 150 años. (Velásquez, 2015)

- **Puesta en obra:**

Colocado con fuerza en una estructura de madera, o mejor, para evitar los puentes térmicos, encolado o clavado directamente sobre la pared. Puede recibir directamente un enlucido o ristreles para la colocación de un revestimiento de entablado natural. Este aislante es apropiado para los medios ambientes húmedos.

Se recomienda llevar una máscara y gafas de protección para la colocación de todo aislante. (Velásquez, 2015)

Para el buen funcionamiento de este aislante es preciso respetar las normas de puesta en obra de las paredes que poseen cualidades de permeancia. La

colocación de una impermeabilidad al aire (pero no al vapor) mejora las
cualidades térmicas del aislante

- Durabilidad:

Posee una durabilidad ilimitada, no le atacan los insectos y presenta una
gran resistencia a los agentes químicos.

- Recuperación:

En el caso de convertirse en un residuo es totalmente biodegradable.

Tabla 6: *Propiedades del Corcho*

Descripción	Corcho
Origen	Vegetal
Conductividad Térmica	0.034-0.1
Factor de Resistencia al Vapor de Agua	5-30
Densidad	95-130
Inflamable	NO
Formatos	Paneles, rollos y a granel
Producto reciclado	0
Biodegradable	SI

Fuente: (Velásquez, 2015)

➤ **El Cáñamo como Material Aislante**

Brummer (2014), en su Artículo “El Cáñamo en la Construcción: Antecedentes, Materiales y Técnicas” nos indica que, el cáñamo tiene una versatilidad única en el mundo vegetal. Debido a que se puede dar uso a su fibra, paja, semillas, hojas y flores, existen unos 10.000 derivados de la planta: entre ellos productos medicinales, de diseño industrial, biocombustibles, papeles, textiles y cordelería, cosmética natural, alimentación humana y animal, productos de jardinería, sin olvidarnos de diversos materiales para la construcción.

El tallo de cáñamo se compone de fibra y paja, ambos son aptos para la construcción, aunque la paja (cañamiza) es aquella parte menos aplicada en usos históricos y también industriales actuales y que representa unos dos tercios del volumen del tallo de cáñamo. Por esta razón y por ser el derivado más económico de la planta, es de principal interés para la construcción

Posee unas cualidades excelentes en cuanto a aislamiento térmico, con una conductividad térmica muy baja. Es además libre de nutrientes para parásitos, lo que ahorra tratamientos previos de ningún tipo.

➤ **Propiedades de Cáñamo**

- **Excelente aislamiento térmico:** El cáñamo es un material poroso que ocluye el aire dando lugar a una baja conductividad térmica.
- **Excelente aislamiento térmico:** El producto proporciona la amortiguación suficiente para que pierdan energía las ondas sonoras que incidan.
- **Regulación Higrométrica:** Buena capacidad de regulación higrométrica sin pérdida de las cualidades aislantes.
- **Transpirable:** Es un producto transpirable, evitándose la formación de condensaciones en el interior del cerramiento.
- **Adaptable:** Se adapta perfectamente a las irregularidades del armazón para garantizar un aislamiento de calidad.
- No irritable, Reciclable, Buena resistencia mecánica.
- **Estable en el tiempo:** Puesto que el cáñamo es una fibra natural que no contiene albúmina, desaparece el riesgo de ser atacado por parásitos, así como de podredumbre.

➤ **Aplicación del Cáñamo**

El abanico de aplicaciones de morteros de cáñamo va desde prefabricados (bloques y paneles) hasta hormigones y morteros aislantes para toda clase de aplicaciones en obra, como soleras, capas de compresión entreplanta y bajo cubierta y revocos aislantes. Aparte de morteros existen paneles aislantes de lana de cáñamo, fieltros de cáñamo en función de amortiguadores acústicos, y granulado prensado para soleras secas. (Brummer, 2014)

➤ **Tipo de materiales con Cáñamo**

Montelongo & Vidal (2015) en su Investigación “El Cáñamo; Una Alternativa de Construcción en Uruguay” de la Universidad de la República, nos indica los materiales y sistemas constructivos derivados del cáñamo ya que este es un material sostenible y ecológico

Las materias primas del cáñamo son las semillas y el tallo, de este último se obtiene fibras que se utilizan para el uso de los materiales para la construcción como:

- **Aislantes:** El producto más habitual que podemos obtener a partir de las fibras de cáñamo, están compuestas por un gran porcentaje de fibra fusionadas con otros productos, se comercializan en rollos o mantas, se utiliza para el aislamiento de cerramientos horizontales de muros o tabiques, que tienen las siguientes propiedades. (Montelongo & Vidal, 2015)

Tabla 7: *Propiedades Generales*

Conductividad térmica (W/mk)	0.041
Permeabilidad al vapor de agua	1 a 2
Capacidad Higroscópica	15% de su peso
Absorción Acústica	0.70

Fuente: Propiedades de los Aislantes (Montelongo & Vidal, 2015)

- **Tableros:** Son utilizados para conformar cerramientos verticales u horizontales, tanto interiores como exteriores, tienen diversas dimensiones, tenemos el tablero cannapel y hempboard. (Montelongo & Vidal, 2015)

Tabla 8: *Comparación de materiales más Utilizados*

Material	Densidad media (Kg/m ³)	Conductividad térmica (W/mk)
Placa de yeso	800	0.37
Tablero contrachapado	300	0.09
Tablero OSB	650	0.13
Tablero Mdf	800	0.18
Paneles de cañamo	1121	0.40-0.45

Fuente: Propiedades de los Tableros (Montelongo & Vidal, 2015)

Bloques: Son productos de una mezcla de cañamiza con aglutinante de cal y agregados minerales, la mezcla se prensa en forma de bloque y se deja secar al aire libre, los minerales le aportan resistencia e inercia térmica. (Montelongo & Vidal, 2015)

Tabla 9: *Bloque Autoportante de Cáñamo*

Composición del Bloque	Fibras de cáñamo con cal hidráulica natural y minerales reciclados
Densidad (Kg/m ³)	130 30 x 14.5 x 1.5 – bloque entero
Dimensiones (cm) – tres tamaños	14.5 x 14.5 x 10.5 - medio bloque 21.5 x 14.5 x 10.5 - tres cuartos bloque
Resistencia a la Compresión (Kpa)	1372
Resistencia Térmica (m ² K/W)	0.78
Conductividad Térmica (W/mK)	0.1875
Calor Especifico (J/kgK)	1.103
Índice de absorción acústica	RA:54

Fuente: Propiedades de los Tableros (Montelongo & Vidal, 2015)

Tabla 10: *Comparación del Bloque de Cáñamo con otros Materiales*

Material	Densidad Kg/m ³	Conductividad	Resistencia a la compresión (kPa)
Ladrillo macizo de campo	1300	0.65	40
Ladrillo de Prensa	18000	0.92	120
Bloque Cannabric de cáñamo	130	0.1875	1372
Bloque Technichavre	300	0.065	100

Fuente: Comparación del Bloque de Cáñamo (Montelongo & Vidal, 2015)

Mezclas y engrudos: Material constructivo compuesto por una mezcla de cáñamo, cal o cemento y agua. La resistencia del material se crea mezclando cañamiza, parte leñosa de la planta y rica en celulosa y cal para la realización de muros. (Montelongo & Vidal, 2015)

Tabla 11: *Muros conformados por mezclas y engrudo*

Densidad	400-420 kg/m ³
Elasticidad	16-30 Mpa pasados los 90 días
Resistencia a la compresión	0.2 Mpa pasados los 90 días

Fuente: Muros (Montelongo & Vidal, 2015)

➤ **Ciclo de vida**

- **Extracción**

La Cañamiza es viruta del tronco de la planta del cáñamo. A partir de las fibras del cáñamo unidas se fabrica un excelente aislante térmico y acústico, además de regulador de la humedad, empleado en construcción.

La fibra de cáñamo se obtiene de una subcategoría de la planta Cannabis. Ésta crece fácilmente, hasta una altura de 4 metros. Una vez obtenida la planta se enriada: esta consiste en la putrefacción de la parte leñosa sin que resulten dañadas las fibras. El proceso de fermentación se puede producir a través del rocío, el vapor o el agua. Después le sigue una operación secado y ensamblado. Posteriormente se machaca la parte leñosa en pequeños pedazos y agraman las fibras, es decir, se separan las fibras cortas de las largas. Finalmente se ensamblan con la mezcla de diversos aditivos y pigmentos. (Ecohabitar, 2013)

Como la materia prima de este material proviene de una planta, y las mismas contribuyen en la descomposición del CO₂, lo cual favorece en el ciclo de vida del producto final, es decir compensa la producción de CO₂ que se puede llegar a emitir por la producción del aislante térmico, y afectando al final el ciclo de vida del edificio y compensando la producción de CO₂ del mismo. (Ecohabitar, 2013)

- **Puesta en Obra**

La presentación en paneles minimiza los cortes. Corte con amoladora de disco abrasivo o con un cuchillo de dientes muy finos. Idealmente sujetado con grapas sobre un armazón de madera. Prever un sistema de grapas murales para las estructuras metálicas. Se recomienda llevar una máscara y gafas de protección para la colocación de todo aislante. Para el buen funcionamiento de este aislante es preciso respetar las normas de puesta en obra de las paredes que poseen cualidades de permeancia. La colocación de una impermeabilidad al aire (pero no al vapor) mejora las cualidades térmicas del aislante. Mientras se espera a su colocación su almacenamiento debe ser en un lugar seco. En resumen, ya sea en planchas o en otro formato debe protegerse de la humedad y de las condiciones meteorológicas extremas. (Velásquez, 2015)

- **Recuperación**

Es una materia prima renovable que tiene la cualidad de retener la contaminación ambiental, así como mejorar la calidad de los suelos en los que se cultiva.

“Es un material 100% reciclable. Incluso tras la demolición de un edificio, puede molerse y ser reutilizado para la producción de bloques de fibra o morteros aislantes. Como desecho es un material 100% biodegradable. (Velásquez, 2015)

Tabla 12: *Propiedades del Cábano*

Descripción	Cábano
Origen	Vegetal
Conductividad Térmica	0.037-0.045
Factor de Resistencia al Vapor de Agua (μ)	1-2
Densidad (ρ)	25
Inflamable	NO
Formatos	Paneles, rollos, proyectado y a granel
Producto reciclado	0
Biodegradable	SI

Fuente: Propiedades del Cábano (Velásquez, 2015)

➤ **La Celulosa como Material Aislante**

Los materiales aislantes de celulosa se producen a partir de papel de desecho, obteniéndose los copos o ‘escamas’ directamente de la molienda del mismo.

Para producir las tablas, los copos se mezclan con fibras y aglutinantes, se presionan juntos en vapor y se cortan a la medida después del secado.

Otros constituyentes son, en un porcentaje de 8-20% en peso, sales en polvo bórico, lo que mejora la reacción al fuego, y en la fabricación de tableros, resina y sulfato de aluminio o sulfonato de lignina como un ligante más, y fibras de poliolefina o cordel de yute como estabilizadores. (Antalla, 2012)

➤ **Propiedades de la Celulosa**

Los materiales aislantes de celulosa logran un buen aislamiento térmico, están abiertos a la difusión y pueden compensar las fluctuaciones de humedad menores.

Sin embargo, ya que son altamente hidrófilos y se hinchan, deben ser protegidos contra la humedad. Son dimensionalmente estables y elásticos, pero no pueden adaptarse a cualquier compresión. (Antalla, 2012)

Los ácidos y álcalis atacan las fibras de celulosa.

➤ **Aplicación de la Celulosa**

Las aplicaciones típicas para los ‘copos’ de celulosa consisten en llenar los huecos en los pisos o techos de vigas de madera y paredes de entramado de madera. Los tableros de celulosa son relativamente flexibles y son adecuados para el montaje entre las vigas y postes de madera, y con unos tornillos separadores apropiados también se pueden colocar en la parte superior de las vigas. (Antalla, 2012)

- Aislamiento exterior protegido de la intemperie, por debajo de cubierta
- Aislamiento entre las vigas
- Aislamiento interno suspendido por debajo de piso, vigas o estructura portante
- Entramado de madera y madera-panel
- Aislamiento interno para la pared
- Aislamiento de las paredes de separación

➤ **Tipos de Material de Celulosa**

- **Paneles de Celulosa**

Lo interesante de este producto es que su aplicación en seco y su elasticidad que le permite amoldarse perfectamente a los elementos constructivos colindantes. La celulosa prensada en placas tiene propiedades similares a la

celulosa insuflada. Para su adaptabilidad es sencillo cortarla y la mayoría de recortes puede ser utilizados para el relleno en otros lugares. Su aplicación está recomendada para pequeñas obras de acondicionamiento térmico y acústico, relleno de tabiques, trasdosados y falsos techos tipo pladur y relleno de cubiertas de madera. (Velásquez, 2015)

- **Guata de Celulosa**

Actualmente considerado uno de los más famosos de materiales aislantes orgánicos. Es un material de madera, planta a un estado de lana. Producido en forma granular o en losas. Se utiliza para soplar en las paredes de la cavidad. Se utiliza como aislante térmico en cubiertas, forjados y cerramientos verticales y como protector antiincendios. Su uso más habitual será en espacios cerrados, en los que se necesite aislamiento y no podamos llegar si no es por métodos destructivos o de desmontaje. (Velásquez, 2015)

➤ **Ciclo de vida**

- **Extracción**

Se fabrica a partir de papel de periódico reciclado tratado con hidróxido de aluminio, lo que lo hace de forma natural resistente al moho y al fuego. La materia prima es la celulosa. Para producir las planchas, se mezcla con fibras y aglutinantes, se solidifican en vapor y se cortan a la medida después del secado. (Velásquez, 2015)

- Puesta en Obra

Insuflado en seco: En esta forma de aplicación, el aire a presión sopla las fibras del material aislante, seco, en las cámaras de la fachada, rellenando su totalidad. Este método permite aplicar la celulosa en una sola capa y sin puentes térmicos. Espacio aislado, con la celulosa conserva un valor térmico uniforme, en todo el perímetro aislado y su elasticidad impide su asentamiento. Con esta técnica conseguimos una densidad de insuflado de celulosa entre 45kg/m^3 a 65kg/m^3 . (Velásquez, 2015)

Proyectado en húmedo: Este método utiliza una bomba de agua adicional y boquillas de pulverización. Las fibras de celulosa se humedecen mediante agua. La celulosa está proyectada directamente sobre la superficie a aplicar, sin dejar puentes térmicos. Esta aplicación está muy apropiada para obra nueva. Con esta técnica se consigue una densidad de aplicación de celulosa entre 35kg/m^3 a 60kg/m^3 . (Velásquez, 2015)

Soplado de celulosa seca en manta: El producto está aplicado en seco en forjados con tabiques palomeros, sobre el techo de pladur, escayola o madera. Con esta forma de aplicación conseguimos que aire expande las fibras de celulosa sobre una superficie abierta (idóneo para desvanes) rellenando homogéneo e integral la superficie, con una densidad de aplicación de celulosa entre 30kg/m^3 a 35kg/m^3 . (Velásquez, 2015)

- Recuperación.

El material es reciclable en las fábricas de celulosa, por lo que no se tienen por qué crear residuos que puedan afectar al agua, al aire o a la tierra.

Tabla 13: *Propiedades de la Celulosa*

Descripción	Celulosa
Origen	Vegetal
Conductividad Térmica	0.034-0.069
Factor de Resistencia al Vapor de Agua (μ)	1-2
Densidad (ρ)	30-60
Inflamable	NO
Formatos	Paneles, rollos, proyectado y a granel
Producto reciclado	3
Biodegradable	SI

Fuente: Propiedades de la Celulosa (Velásquez, 2015)

• **Criterios para la selección de los materiales en la construcción**

➤ Material Biodegradable:

Se considera material biodegradable a todos aquellos materiales que se descomponen gracias a la intervención de microorganismos, esto favorece a la transformación del producto inicial en elementos más simple para la absorción gradual del suelo. (Pascual, 2020)

➤ Material Reciclable

Un material de construcción reciclable es desde que se extraen las materias primas para ser fabricados hasta que son desechados genera un gran impacto ambiental. (Dobón,2018), además presentan las siguientes características:

- Materiales Producidos con energía renovables
- Materiales diseñados para su reutilización al final del ciclo de vida

- Materiales fabricados a partir de recursos renovables
- Materiales que reduzcan la cantidad de residuos

➤ Material Compostable

Un material compostable se puede degradar por la acción de organismos es decir biológicamente produciendo CO², agua, compuestos inorgánicos y biomasa en un periodo de tiempo controlado y bajo condiciones determinadas. (Estévez, 2019)

➤ Material Tóxico

La toxicidad de un material está referida a la fabricación del material, la manipulación del material ya sea en la construcción de viviendas o en el mantenimiento de las mismas y a la exposición de los trabajadores en la fabricación del material. Existen sustancias químicas que, en determinadas concentraciones, pueden dañar en forma inmediata la salud de las personas, pudiendo incluso producir la muerte. Debido a esto se consideran peligrosas, si pueden producir daño mediato o retardado al medio ambiente. (Borsani, 2004)

1.2. Formulación del problema

La falta de información de materiales aislantes ecológicos no tradicionales para generar una construcción sostenible mediante la Norma EM.110.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer materiales ecológicos no tradicionales para alcanzar la transmitancia térmica en muros para la I.E. Morán Alto – Cajamarca, según la EM - 110.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar los materiales ecológicos no tradicionales, para alcanzar la transmitancia térmica en muros en la I.E. Morán Alto - Cajamarca.
- Seleccionar el espesor del material de aislamiento térmico no tradicional en función de la zona bioclimática para la Institución Educativa N°101026 Morán Alto.
- Verificar que la envolvente de muros cumpla con los parámetros de transmitancia térmica para zona bioclimática de la I.E. Morán Alto - Cajamarca.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El corcho, cañamo y celulosa son materiales ecológicos no tradicionales que logran el confort térmico en muros en la I.E. Morán Alto ubicada en la provincia de Hualgayoc.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Se evaluó los materiales ecológicos, logrando una transmitancia térmica dentro de los parámetros exigidos para los muros en la I.E. N° 101026 Morán Alto.
- Según la investigación se puede manejar el espesor de los materiales seleccionados según la zona bioclimática.
- La edificación cumple con los parámetros para la envolvente en muros, según la zona bioclimática de la I.E. N° 101026 Morán Alto.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Por su profundidad es exploratoria en la búsqueda de materiales aislantes sostenibles, explicativa al relacionar los efectos de la transmitancia térmica con el confort térmico. Por su propósito es una investigación aplicada ya que el objetivo es el diseño y construcción de una edificación con materiales sostenibles que alcancen un confort térmico. Por la naturaleza de los datos es cualitativa al describir las características de los materiales aislantes térmicos sostenibles y cuantitativa con la obtención de los resultados del confort térmico; por la manipulación de las variables es no experimental ya que no se logró obtener resultados del confort térmico en campo por la coyuntura actual COVID-19.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

- **Población:**

Los materiales de aislamiento térmico ecológicos no tradicionales.

- **Muestra**

El método de muestreo es no probabilístico por conveniencia eligiendo el corcho, cáñamo y la celulosa por ser materiales aislantes ecológicos no tradicionales según el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y por su accesibilidad.

- **Materiales**

Información Bibliográfica (libros, revistas, normas, tesis y manuales) relacionadas con materiales ecológicos y medio ambiente, Arquitectura

ecológica y proyectos de centros vinculados al desarrollo sostenible y/o
tecnologías apropiadas.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La selección y búsqueda de la información existente se realizó en fuentes bibliográficas en páginas web según las palabras claves materiales sostenibles y aislantes térmicos obteniendo artículos, tesis. Normas, guías y manuales, y evaluarlas en un módulo de la Institución Educativa N°101026 Morán Alto. Se realizó el levantamiento arquitectónico con ayuda de libreta de campo y cámara fotográfica.

2.4. Aspectos Éticos

Se realizó la toma de información en campo del proyecto de construcción de un módulo de la I.E. N°101026 Morán Alto con el permiso de la empresa ejecutora, para luego realizar los cálculos de la envolvente térmica de muros siguiendo la metodología que indica el Reglamento Nacional de edificaciones en el apartado EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética con ayuda de la hoja de cálculo Microsoft Excel – Licencia Educativa, y la elaboración del plano arquitectónico en AutoCad 2019 – Licencia Educativa.

2.5. Procedimiento

1. Recopilación de Información

Se realizó la búsqueda de información de fuentes bibliográficas de los materiales aislantes térmicos ecológicos no tradicionales en artículos, guías, tesis, manuales, normas y páginas web.

2. Selección de los materiales aislantes

Para la investigación se utilizó la “Guía para la selección de materiales de construcción sostenible”, base de datos de la European Platform on Life Cycle Assessment (<http://eplca.jrc.ec.europa.eu/>), utilizada de la Unión Europea basada en el análisis de Ciclo de Vida (ACV), ya que no se cuenta con una normativa nacional. Sin embargo, se analizó el transporte como una variable adicional para completar el ciclo de vida en el Perú. Se seleccionó los materiales ecológicos no tradicionales que presentan menor coeficiente de transmitancia térmica y que se encuentren dentro del mercado nacional y en Latinoamérica.

3. Reconocimiento de la Zona de estudio

En esta etapa se tuvo acceso al módulo de la Institución Educativa N° 101026 Morán Alto, ubicada en el Departamento de Cajamarca, Provincia y Distrito de Hualgayoc, Centro Poblado de Morán Alto, en la cual se evaluarán los materiales de aislamiento térmico seleccionados (corcho, cáñamo y celulosa) en los muros, para verificar si cumplen los parámetros de transmitancia térmica de la norma E.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética del 2014.

- Accesos:

Tabla 14: *Acceso a Morán Alto*

Ruta	Tiempo	Ubicación del Proyecto
Asfaltada: Cajamarca – Hualgayoc	2 horas	C.P. Morán Alto Altura:3650
Afirmado: Hualgayoc – Coimolache - Moran Alto	1 hora	



Figura 1: Ubicación del Proyecto-Morán Alto.

4. Arquitectura y características de los materiales del Módulo de la Institución Educativa

- Se tuvo acceso a los planos arquitectónicos del módulo educativo.
- Se verificó las dimensiones de muros, pisos y coberturas con la toma de medidas con la toma de mediadas en el lugar del proyecto, así como espesores de los materiales que los conforman (Tabla 26).

5. Metodología para hallar las transmitancias térmicas de las envolventes del Módulo de la I.E. N° 101026 Morán Alto.

- a. Identificamos la Zona Bioclimática donde se encuentra el Proyecto.

Tabla 15: *Ubicación de las Provincia de Cajamarca por zona Bioclimática*

1	Desértico Marino	
2	Desértico	
3	Interandino Bajo	
4	Mesoandino	Contumazá, San Miguel Cajabamba, Cajamarca, Celendín, Chota, Contumazá, Hualgayoc, San Marcos, San Miguel, San Pablo
5	Alto Andino	
6	Nevado	
7	Ceja de Montaña	Cajabamba, Cajamarca, Celendín, Chota, Contumazá, Cutervo, Hualgayoc, Jaén, San Marcos, San Ignacio, San Pablo, Santa Cruz
8	Subtropical Húmedo	
9	Tropical Húmedo	

b. Se identifica los valores de las transmitancias térmicas máximas

Transmitancias para muros, techos y pisos de la zona bioclimática donde se ubica el proyecto.

Tabla 16: *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m² K*

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U muro)	Transmitancia térmica máxima del techo (U techo)	Transmitancia térmica máxima del piso (U piso)
1. Desértico Marino	2.36	2.21	2.63
2. Desértico	3.20	2.20	2.63
3. Interandino Bajo	2.36	2.21	2.63
4. Mesoandino	2.36	2.21	2.63
5. Alto Andino	1.00	0.83	3.26
6. Nevado	0.99	0.80	3.26
7. Ceja de Montaña	2.36	2.20	2.63
8. Subtropical Húmedo	3.60	2.20	2.63
9. Tropical Húmedo	3.60	2.20	2.63

c. Se selecciona el tipo de envoltente del proyecto según la Norma EM.110.

- Tipo 1: Envoltentes en contacto con el ambiente exterior.

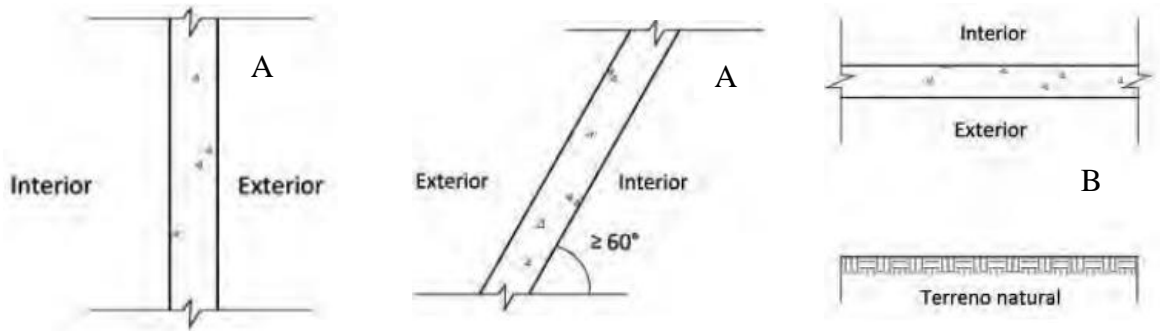


Figura 2 :Envoltente tipo 1A y 1B

- Tipo 2: Envoltentes de separación con otros edificios o con ambientes no habitables.

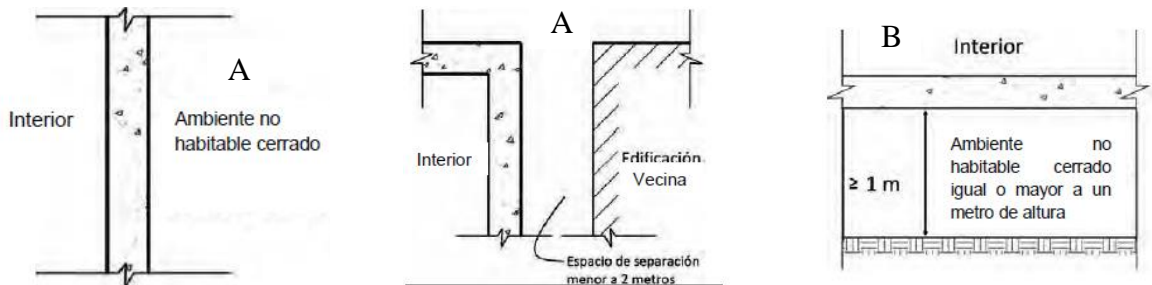


Figura 3: Envoltente tipo 2A y 2B

- Tipo 3: Envoltentes de techo o cubierta.

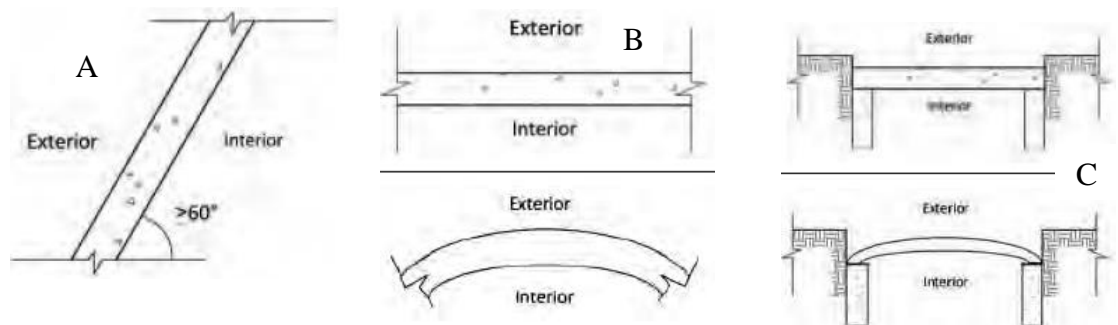


Figura 4: Envoltentes tipo 3A, 3B, 3C

- Tipo 4: Envoltentes de separación con el terreno o ambiente no habitable.

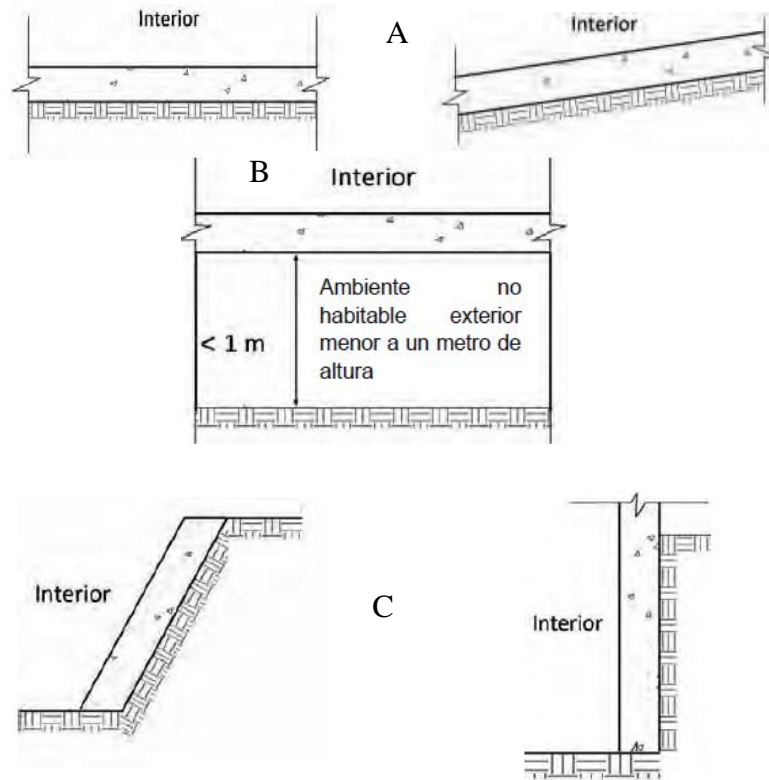


Figura 5: Envoltentes tipo 4A, 4B, 4C

d. Cálculo de las transmitancias térmicas de cada envolvente

- Envoltente Tipo 1A- Muros

Para esta envolvente se utiliza la Ficha de Cálculo de la norma EM.110 (Tabla 30) analizando los siguientes componentes:

- ✓ Tipo de vidrios de ventanas

- Se verifica el tipo de vidrio, su espesor y la transmitancia térmica (U) del material (Tabla 17).
- Se obtiene el área del vidrio (S1) sin el marco.
- Se realiza el producto del área (S1) por la transmitancia térmica (U1).

- En caso existan más tipos de vidrios se colocarán a continuación realizando el mismo procedimiento.

✓ **Marcos de madera**

- Se obtiene el espesor del material (Tabla 26).

- Se calcula el área del marco de madera (S_1)

- Se verifica la densidad de la madera con la que está hecha el marco (Tabla 18), para a continuación encontrar su transmitancia térmica (U) del material (Tabla 19).

- Luego se realiza el producto del área (S_1) por la transmitancia térmica (U_1).

✓ **Puertas**

- Se verifica el tipo de material de la puerta (Tabla 26).

- Se calcula el área de la puerta (S_1).

- Para hallar la transmitancia térmica (U) del tipo de puerta se precisa el material de la hoja de puerta, así como su marco (Tablas 20)

- Luego se realiza el producto del área (S_1) por la transmitancia térmica (U_1).

Tabla 17: *Características Higrométricas de los Materiales de Construcción*

N°	Material	Densidad ρ (kg/m ³)	Coefficiente de Transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/m K)	Transmitancia térmica U (W/m ² K)	Calor Específico (J/kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
Vidrio Insulado						
125	Incoloros (4) 4 – 6 – (4,,,,,10)	---	---	3.3	---	---
126	Incoloros (4) 4 – 9 – (4,,,,,10)	---	---	3.0	---	---
127	Incoloros (4) 4 – 12 – (4,,,,,10)	---	---	2.8	---	---

Tabla 18: *Características higrométricas de los materiales de construcción-Maderas*

N°	Material	Densidad ρ (kg/m ³)
Maderas		
40	Maderas livianas: Alamo, Avellano. Aliso, Zapote, Bolaina blanca, Tornillo, Casho Moena, Diablo Fuerte, Huimba, Maquisapa, Ñagcha, Marupa, Panguana, Ucshaquiro Blanco	200-565
41	Maderas de densidad media: Abedul, Canelo, Castaño, Laurel, Roble, Olmo. Caoba, Lagarto, Copaiba, Chemicua, Huayruro, Machinga, Fresno, Nogal, Cerezo, Palosangre Amarillo, Palosangre Negro, Pumaquino	565-750
42	Maderas densas; Capirona, Estoraque	750-870
43	Maderas muy densas: Algarrobo, Eucalipto, Shihuahuaco	≥870

Tabla 19: *Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco en
muros Tipo IA*

Material	U (W/m ² K)
Madera	
Madera de densidad media alta. Densidad: 700 kg/m ³	2.2
Madera de densidad media alta. Densidad: 500 kg/m ³	2.0

Tabla 20: Transmitancia térmica de puertas en muros tipo IA

Tipo de puerta	Transmitancia térmica (U) W/m ² K
Carpintería o marco de madera	
Hoja maciza de madera (cualquier espesor)	3.5
Hoja contra placada de fibra MDF (espesor 4cm)	4.7
Hoja de vidrio simple < 30% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.0
Hoja de vidrio simple en 30% a 60% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.5

Tabla 21: Características Higrométricas de los materiales de construcción-Maderas

N°	Material	Densidad ρ (kg/m ³)	Coefficiente de Transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/m K)	Transmitancia térmica U (W/m ² K)	Calor Especifico (J/kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
Maderas						
44	Coníferas livianas: Cedro	≤ 435	0.13	---	1600	20
45	Coníferas de densidad media: Pino insigne	435-520	0.15	---	1600	20
46	Coníferas densas: Pino Oregón, Ciprés, Alerce	520-610	0.18	---	1600	20
52	Tablero de virutas, tipo OSB	≤ 650	0.13		1700	30
Materiales Aislantes						
	Aire	1.2	0.026	---	1000	---
	Corcho	100-150	0.049	---	1560	5

Poliestireno Expandido (EPS)	30	0.033	---	1700	150
Cáñamo	30	0.041	--	--	1-2
Celulosa	--	0.039	--	--	1

Nota: Los coeficientes de la celulosa y cáñamo se encuentran en el Anexo IV

✓ Muros

- Primeramente, se halla las resistencias superficiales que te indica la norma EM.110 que son: $RSE=0.11W/m^2k$ y $RST=0.06W/m^2k$.
- Se calcula el área de cada uno los muros, restando los vanos que presenta.
- Para hallar la transmisión térmica (U) se utiliza la ecuación (1) donde se colocan los espesores de todos los componentes del muro (Tabla 26), con sus respectivos coeficientes de transmisión térmica (Tabla 21), además se suma las resistencias superficiales.

$$U1 - \text{muro sin camara} = \frac{1}{\frac{0.015}{0.18} + \frac{0.01}{0.13} + \frac{0.10}{0.039} + \frac{0.015}{0.18} + \frac{0.01}{0.13} \dots + 0.06 + 0.11} = 0.33$$

Donde:

e_{material} : espesor del material, componente del muro

k_{material} : coeficiente de transmisión térmica del material, componente del muro, etc.

Rsi: Resistencia Térmica Superficial Interna.

Rse: Resistencia Térmica Superficial Externa.

✓ **Sobrecimientos**

- Primero se identifica que los sobrecimientos pertenezcan a los muros Tipo 1A.
- Se determina la composición de cada sobrecimiento para determinar sus espesores (Tabla 26).
- Se halla el área del sobrecimiento donde va el muro.
- Se halla sus coeficientes de transmisión térmica (k) según indica la norma EM.110 (Tabla 22).
- Se calcula la transmitancia térmica con la siguiente ecuación:

$$U_{1 - sobrecim} = \frac{1}{\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

$e_{material1}$: espesor del material 1 componente del sobrecimiento

$k_{material1}$: coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

Tabla 22: *Características Higrométricas de los Materiales de Construcción-Concreto*

N°	Material	Densidad ρ (kg/m ³)	Coefficiente de Transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/m K)	Transmitancia térmica U (W/m ² K)	Calor Especifico (J/kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
Concreto						
17	Concreto armado	2400	1.63	---	1000	80
18	Concreto simple	2300	1.51	---	1000	80
19	Concreto pulido (e=5 cm)	---	0.53	---	---	---
Morteros y enlucidos						
27	Mortero cemento- arena	2000	1.40	---	1000	10
28	Mortero cemento y cal o yeso	1850	0.87	---	1000	10
29	Enlucido de yeso	≤1000	0.40	---	1000	6

- Finalmente se encuentra la transmitancia térmica final de la envolvente tipo

1A con la ecuación 3:

$$U_{1A} - final = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

$\sum S_i$: Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente

$\sum S_i \times U_i$: Suma total de todos los productos de “S1 x U1” encontrados:

S x U de los tipos de ventanas

S x U de los tipos de carpinterías de los marcos

S x U de los tipos de puertas

S x U de los muros sin cámara de aire

S x U de los puentes térmicos “Sobrecimientos”

• **Envolvente Tipo 3 A - Techos**

Para esta envolvente se utiliza la Ficha de Cálculo de la norma EM.110 (Tabla 31) que considera dentro de ella lo siguiente:

✓ **Techos**

- Primeramente, se halla las resistencias superficiales que te indica la norma EM.110 que son: $RSE=0.05W/m^2 k$ y $RST=0.09W/m^2 k$.
- Se colocan los espesores de los componentes de la cubierta (Tabla 26), así mismo sus coeficientes de transmisión térmica(k) (Anexo IV).
- Se calcula el área del techo y de la cubierta.
- Para hallar la transmisión térmica (U3A) se utiliza la ecuación (4).

$$U_{3A} - \text{techo sin camara} = \frac{1}{\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots + R_{si} + R_{se}} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$e_{material1}$: espesor del material 1 componente del muro.

$k_{material1}$: coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del muro, etc.

R_{si} : Resistencia Térmica Superficial Interna.

R_{se} : Resistencia Térmica Superficial Externa.

- Finalmente se encuentra la transmitancia térmica máxima con la ecuación 5.

$$U_{3final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

$\sum S_i$: Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente

$\sum S_i \times U_i$: Suma total de todos los productos de “ $S_i \times U_i$ ” encontrados:

- Envoltente Tipo 4 A

Para esta envolvente se utiliza la Ficha de Cálculo de la norma EM.110 (Tabla 31) que considera dentro de ella lo siguiente:

✓ **Pisos**

- Primeramente, se halla las resistencias superficiales que te indica la norma EM.110 que son: $R_{SE}=0.09W/m^2 k$ y $R_{ST}=0.09W/m^2 k$, por la zona bioclimática 4 (Mesoandino).
- Se colocan los espesores de los componentes del piso o losa (Tabla 26), así mismo sus coeficientes de transmisión térmica(k) (Tabla 23).
- Se calcula el área del piso.
- Para hallar la transmisión térmica (U_{4A}) es el resultado de la suma de se utiliza la ecuación superficial, mediante la siguiente fórmula:

$$U_{4A} - \text{piso sin cámara} = \frac{1}{\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots + R_{si} + R_{se}} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

$e_{material1}$: espesor del material 1 componente del muro

$k_{\text{material1}}$: coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del muro, etc.

R_{si} : Resistencia Térmica Superficial Interna.

R_{se} : Resistencia Térmica Superficial Externa.

- Finalmente se realiza el producto del área (S_1) por la transmitancia térmica (U_1) con la ecuación 7:

$$U_4 - final = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

$\sum S_1$: Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente

$\sum S_1 \times U_1$: Suma total de todos los productos de “ $S_1 \times U_1$ ” encontrados:

Tabla 23: Características higrométricas de los materiales de construcción

N°	Material	Densidad ρ (kg/m ³)	Coficiente de Transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/m K)	Transmitancia térmica U (W/m ² K)	Calor Especifico (J/kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
	Revestimientos homogéneos para pisos, techos y muros					
44	Baldosa cerámica	2000	1.00	---	800	30
45	Concreto					
46	Concreto simple	2300	1.51	---	1000	80
52	Concreto Armado	2400	1.63	---	1000	80

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Selección de Materiales Aislantes Ecológicos

Los materiales seleccionados con la metodología del Análisis de Ciclo de vida (ACV) son el corcho, el cáñamo y la celulosa, complementando el transporte para el ámbito nacional, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 24: *Parámetros del Ciclo de Vida (ACV)*

Material	Materias Primas	Transporte	Puesta en Obra	Uso y mantenimiento	Fin de vida
Corcho	Material renovable	Origen Local	Material ligero y comprensible	Resistente a la acción de un gran número de compuestos químicos	Fácilmente valorizable como nueva materia prima
Cáñamo	Material renovable	Origen internacional	Material ligero y comprensible	Resistente a la acción de un gran número de compuestos químicos	Fácilmente valorizable como nueva materia prima
Celulosa	Material renovable	Origen Local	Material ligero y comprensible	Resistente a la acción de un gran número de compuestos químicos	Fácilmente valorizable como nueva materia prima

3.2. Coeficientes de Transmitancia Térmica

En la investigación se analizó las transmitancias térmicas de cada tipo de envolvente de los materiales ecológicos y del material con el que se ejecutó el proyecto.

Tabla 25: *Capacidad Térmica*

Tipo	Coeficiente de transmisión térmica k (w/m °C)
Corcho	0.049
Cáñamo	0.041
Celulosa	0.039

3.3. Características de los materiales verificados en campo

Tabla 26: Características de los Componentes

Muros			
Material	Espesor(m)	Largo (m)	Ancho(m)
Madera machimbrada de pino	0.015	variable	0.10
Tableros OSB	0.010	2.44	2.22
Material Aislante	0.010	variable	variable
Vidrio	0.006	1.42	1.07
Marco de madera pino	0.040	1.42	1.15
Puerta (Madera tornillo)	0.05	2.4	1.2
Sobrecimiento de muros			
Mortero arena y cemento	0.015		
Concreto simple	0.15		
Techos o cubiertas			
Madera machimbrada de pino	0.015	variable	0.10
Plancha termoacústica trapezoidal – M5	0.002	5.00	0.83
Pisos			
Cerámico porcelanato	0.010	0.60	0.60
Falso piso	0.040	Variable	variable
Losa de cimentación	0.30	Variable	variable

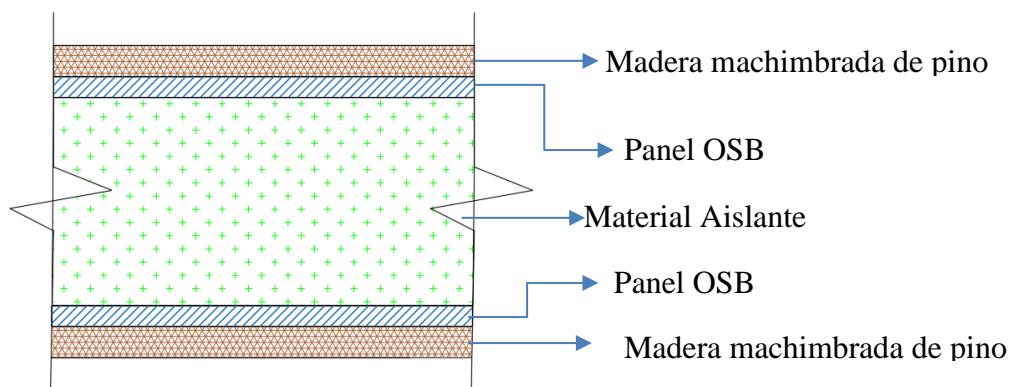


Figura 6: Corte en planta de los componentes del muro.

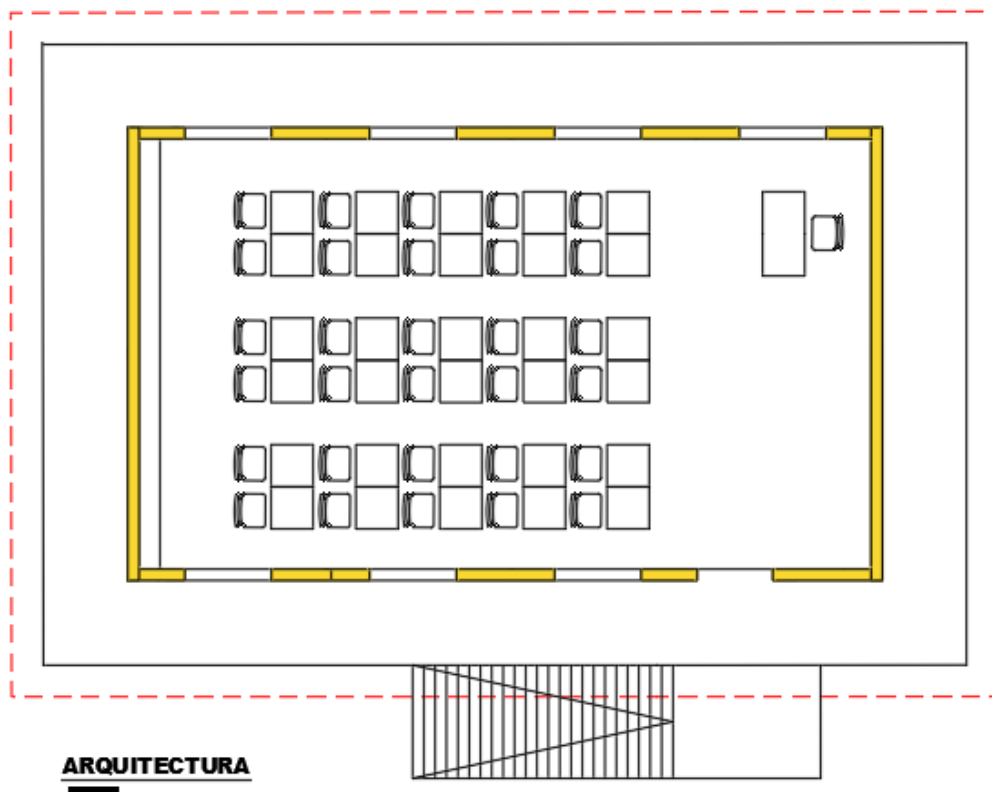
3.4. Elección de Zona Bioclimática

Para el Proyecto del Módulo de la I.E. N° 101026 Morán Alto las zonas bioclimáticas son Mesoandino y Ceja de Montaña, dado que se encuentra a una altitud de 3650 m.s.n.m., y según la Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos se eligió la zona bioclimática Mesoandino que está entre las alturas de 3000 a 4000 m.s.n.m.

3.5. Tipos de envolventes para el modulo de la Institución Educativa N° 101026 Morán Alto

En el proyecto presenta las siguientes envolventes:

- Tipo 1A
- Tipo 3A
- Tipo 4A



ARQUITECTURA

Figura 7: Plano en planta de arquitectura del Módulo de la I.E. N°101026 Morán Alto.

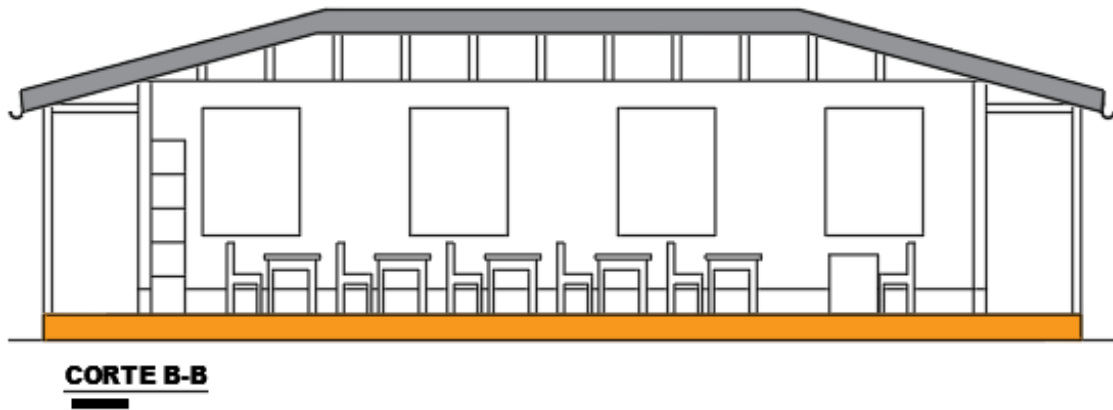


Figura 8: Corte del Módulo de la I.E. N°101026 Morán Alto

3.6. Cálculo de Envolverte Tipo 1A de Muros con aislante de celulosa de la I.E. N° 101026 Morán Alto

Tabla 27: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 1A con Celulosa

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)	
1	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o traslucidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas									
		Tipo de vidrio									
		Vidrio insulado	0.006						12.16	3.30	40.13
		Tipo de carpintería de marco									
		Madera de pino	0.04		41.12				1.64	2.00	3.29
		Puertas									
		Tipo de puerta: Puerta de madera tornillo y marco						2.88	3.5	10.08	

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Perímetro Cantidad	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)		
1	Envolventes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Resistencias Superficiales								
			Resistencia superficial externa (Rse)			0.11					
			Resistencia superficial externa (Rsi)			0.06					
			Muro sin cámara de aire N° 1								
			Composición del muro								
			Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
			Paneles OSB	0.01				0.13			
			Celulosa	0.1				0.039	16.38	0.33	5.41
			Paneles OSB	0.01				0.13			
			Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			
			Muro sin cámara de aire N° 2								
			Composición del muro								
			Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
			Paneles OSB	0.01				0.13			
			Celulosa	0.1				0.039	15.98	0.33	5.27
			Paneles OSB	0.01				0.13			
			Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Tipo 1	Envolventes Tipo 1A y 1B Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Muro sin cámara de aire N° 3								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Celulosa	0.1				0.039	14.40	0.33	4.75
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			
		Muro sin cámara de aire N° 4								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Celulosa	0.1				0.039	14.40	0.33	4.75
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)	
Tipo 1	Envolventes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 1								
			Composición								
			Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
			Concreto arena y cemento.	0.15			1.51	2.91	8.28	24.10	
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				
			Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 2								
			Composición								
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				
			Concreto arena y cemento.	0.15			1.51	2.54	8.28	21.03	
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				
			Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 3								
			Composición								
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				
			Concreto arena y cemento.	0.15			1.51	1.8	8.28	14.90	
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² K)	S1 x U1 (W/K)
Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 4									
Composición									
		Mortero arena y cemento	0.015			1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15			1.51			
			0.015			1.40	1.80	8.28	14.90
	Muros 1A				Transmitancia (U1final) = $\sum SxU/\sum S$			1.71 < 2.36	OK

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).
 Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

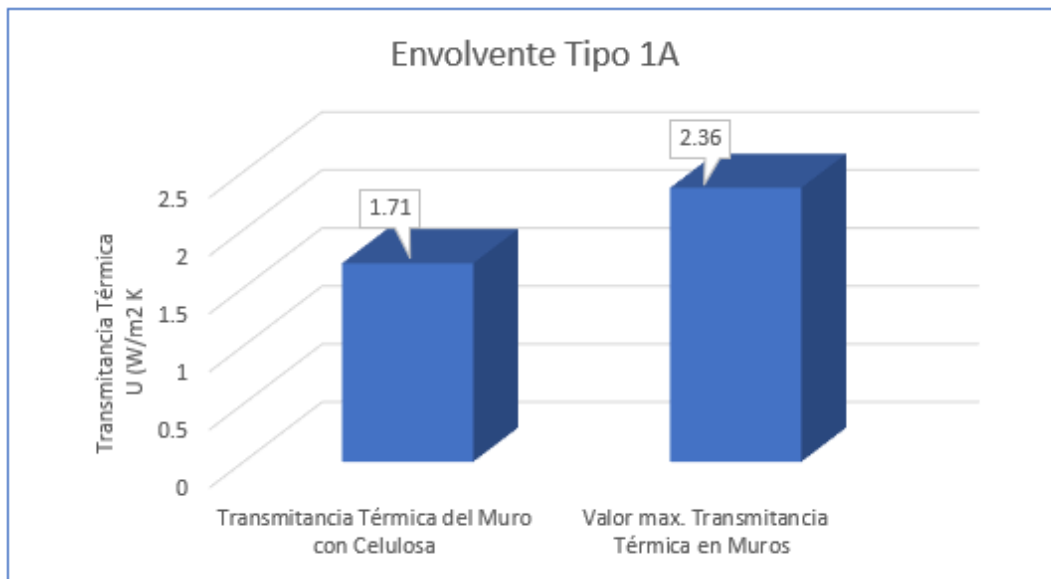


Figura: Gráfico de la Transmitancia en muros con aislamiento de celulosa en función de la Transmitancia Térmica máxima.

3.7. Cálculo de Envoltente Tipo 1A de Muros sin aislante de la I.E. N° 101026 Morán Alto

Tabla 28: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envoltente Tipo 1A sin aislante

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² K)	S1 x U1 (W/K)
1	Envoltentes Tipo 1A y 1B Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o traslucidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas								
		Tipo de vidrio								
		Vidrio insulado	0.006					12.16	3.30	40.13
		Tipo de carpintería de marco								
		Madera de pino	0.04		41.12			1.64	2.00	3.29
		Puertas								
		Tipo de puerta: Puerta de madera tornillo y marco						2.88	3.5	10.08

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).
Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)	
1	Envoltantes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Resistencias Superficiales								
			Resistencia superficial externa (Rse)			0.11					
			Resistencia superficial externa (Rsi)			0.06					
			Muro sin cámara de aire N° 1								
			Composición del muro								
			Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
			Paneles OSB	0.01				0.13	16.38	2.04	33.42
			Paneles OSB	0.01				0.13			
			Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			
			Muro sin cámara de aire N° 2								
			Composición del muro								
			Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
			Paneles OSB	0.01				0.13	15.98	2.04	32.59
			Paneles OSB	0.01				0.13			
			Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolventes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Muro sin cámara de aire N° 3								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13	14.40	2.04	29.38
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			
		Muro sin cámara de aire N° 4								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13	14.40	2.04	29.38
		Paneles OSB	0.01			0.13				
		Tablas de pino horizontales	0.015			0.18				

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)	
Tipo 1	Envolventes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 1								
			Composición								
			Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
			Concreto arena y cemento.	0.15			1.51	2.91	8.28	24.10	
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				
			Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 2								
			Composición								
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				
			Concreto arena y cemento.	0.15			1.51	2.54	8.28	21.03	
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				
			Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 3								
			Composición								
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				
			Concreto arena y cemento.	0.15			1.51	1.8	8.28	14.90	
			Mortero arena y cemento	0.015			1.40				

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² K)	S1 x U1 (W/K)	
Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 4										
Composición										
Mortero arena y cemento			0.015			1.40				
Concreto arena y cemento.			0.15			1.51				
			0.015			1.40	1.80	8.28	14.90	
Muros 1A							Transmitancia (U1final) = $\sum SxU/\sum S$		2.91 > 2.36	OK

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).
 Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

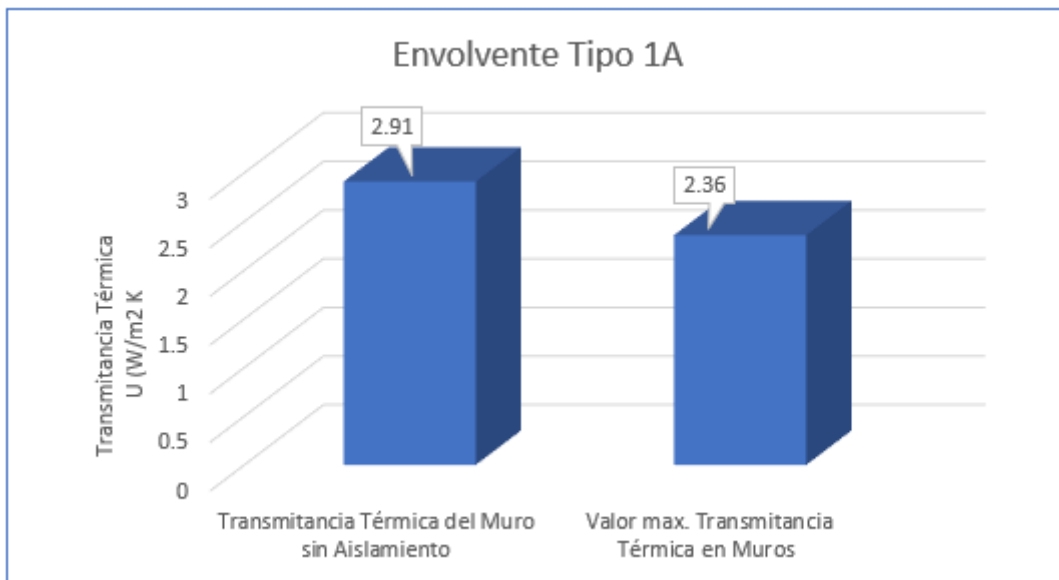


Figura 9: Gráfico de la Transmitancia en muros sin aislamiento en función de la Transmitancia Térmica máxima.

3.8. Envoltente Tipo 1A de Muros con Poliestireno de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 33)

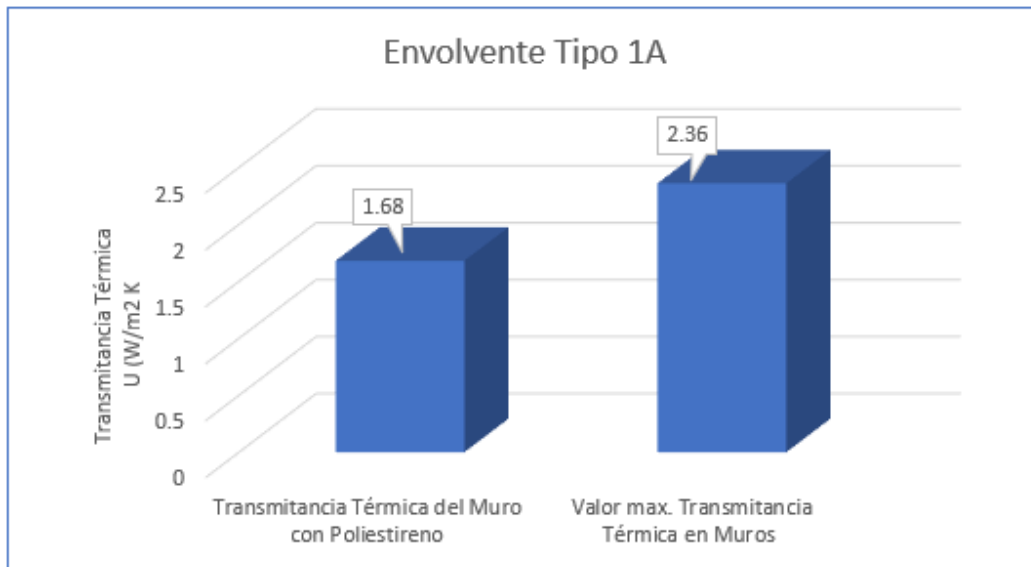


Figura 10: Gráfico de la Transmitancia en muros con poliestireno en función de la Transmitancia Térmica máxima.

3.9. Envoltente Tipo 1A de Muros con Corcho de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 36)

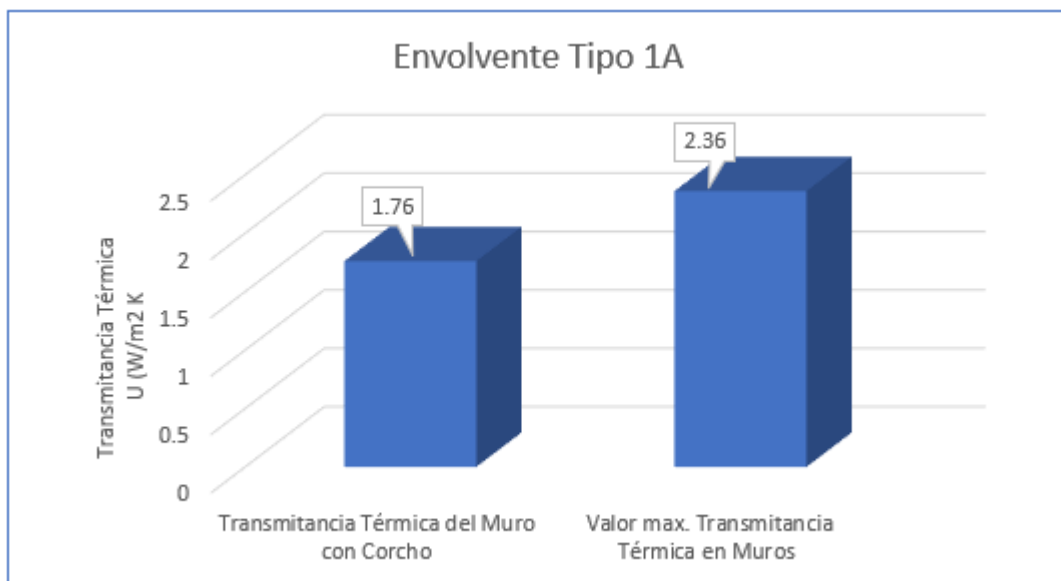


Figura 11: Gráfico de la Transmitancia en muros con corcho en función de la Transmitancia Térmica máxima.

3.10. Envoltente Tipo 1A de Muros con Cádiz de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 37)

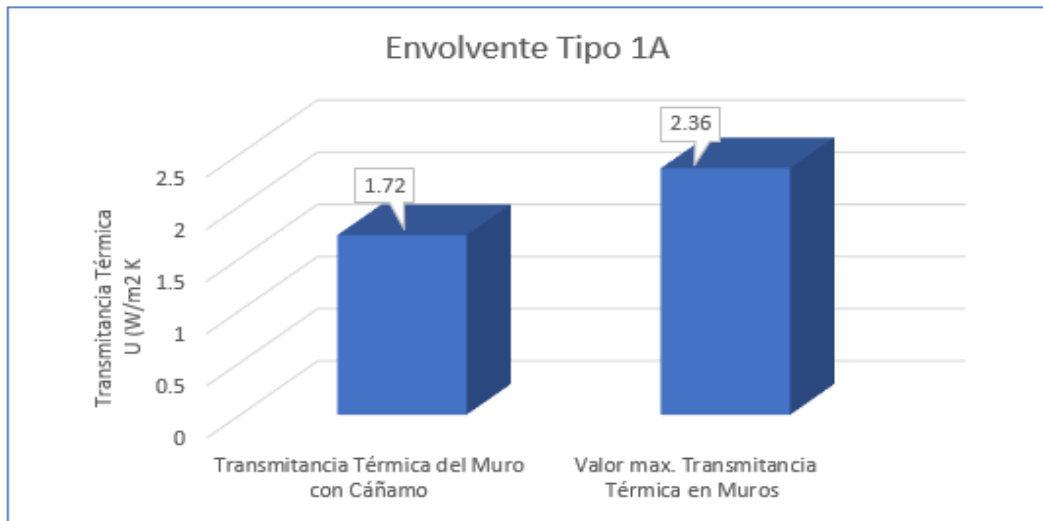


Figura 12: Gráfico de la Transmitancia en muros cádiz en función de la Transmitancia Térmica máxima.

Tabla 29: Resumen Transmitancia térmica de la Envoltente tipo 1A - Muros

Material de Aislamiento Térmico	Transmitancia térmica U1 (muros) final W/m²K	Transmitancia térmica máx. U1 (muros) W/m²K
Corcho	1.76	2.36
Cádiz	1.72	2.36
Celulosa	1.71	2.36

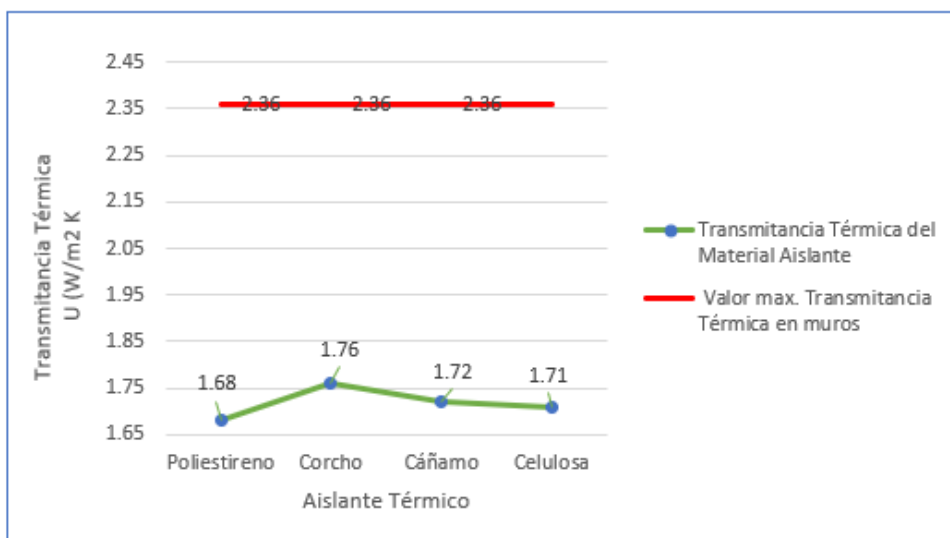


Figura 13: Gráfico de las Transmitancias térmicas de cada Material Aislante seleccionado en Muros

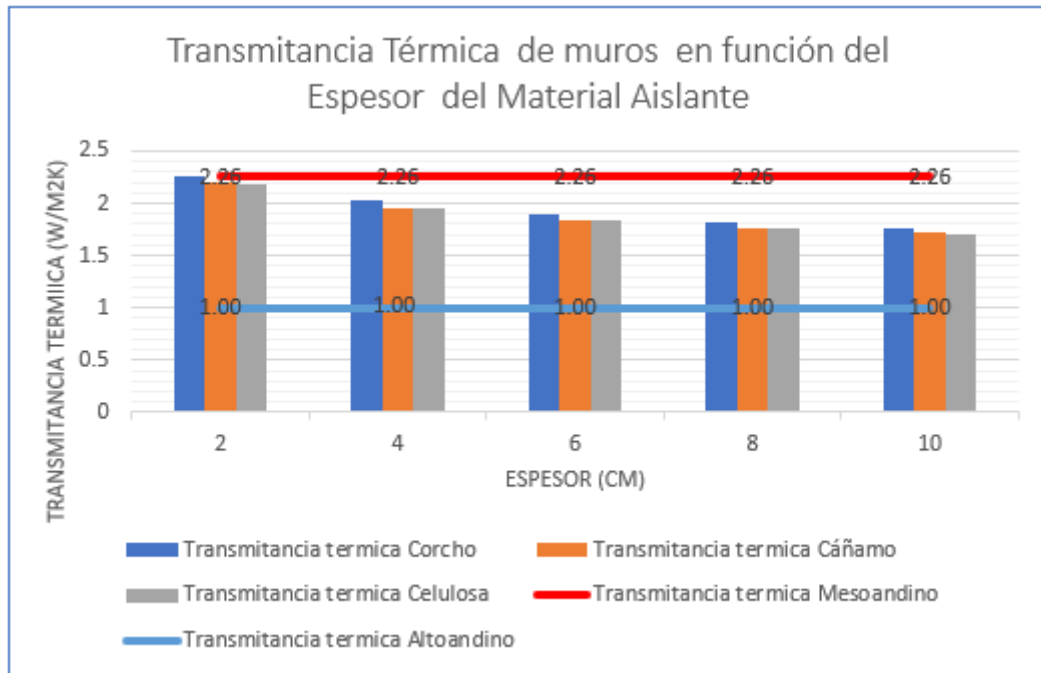


Figura 14: Gráfico de las Transmitancias térmicas de cada Material Aislante en muros en función de su espesor según la zona bioclimática.

3.11. Envoltente Tipo 3A de Techos de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 34)

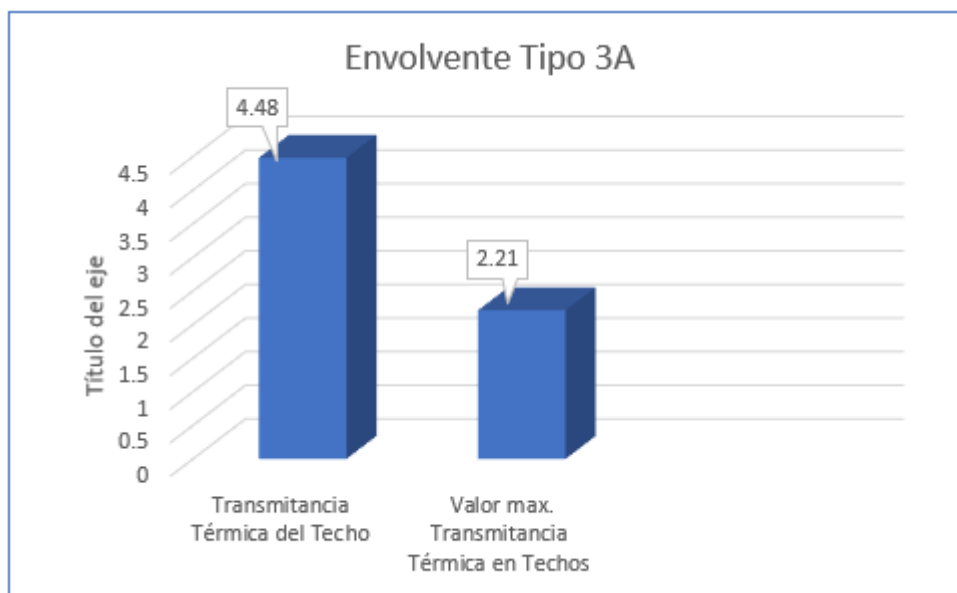


Figura 15: Gráfico de las Transmitancias térmica en techos con respecto al valor máximo en techos.

3.12. Envoltente Tipo 4A en Pisos de la I.E. N° 101026 Morán Alto (Tabla 35)

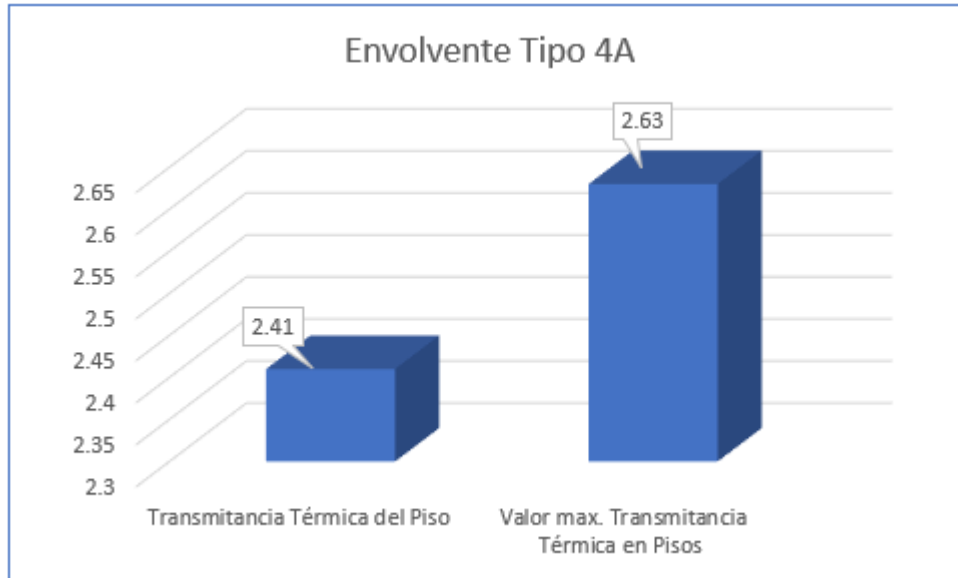


Figura 16: : Gráfico de las Transmitancias térmica en pisos con respecto al valor máximo en pisos.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Limitaciones

La presente investigación presentó limitaciones por la escasa información de materiales aislantes ecológicos no tradicionales en el Perú. Así también la coyuntura actual del COVID-19 no se logró verificar las temperaturas interna y externas del Módulo de la I.E. N° 101026 Morán Alto.

4.2. Discusión

Esparza (2015), en su artículo “Mejora de una envolvente mediante SATE de Corcho”, donde “analiza las ventajas de usar aislamiento en las fachadas, mediante placas de aglomerado negro de corcho, obteniendo los siguientes resultados en un tipo de cerramiento: 1.162 W/m²K sin ningún aislante, y con un cerramiento mejorado con corcho 0.28 W/m²K” obteniendo una disminución de 75%; en la presente investigación se tiene una variación de 2.91 W/m²K sin aislante a 1.76 W/m²K con aislamiento de corcho, con una disminución de 40%, lo que corrobora que el corcho aporta a disminuir la transmitancia térmica. estando de acuerdo con la investigación de Esparza.

Viegas et al. (2016), en su investigación “Evaluación cuali-cuantitativa de aislaciones térmicas alternativas para viviendas” sobre la problemática de condiciones de hábitat y accesibilidad a recursos energéticos por parte de las familias, realizó “ensayos con probetas de madera obteniendo los resultados de transmitancia térmica de diferentes materiales de aislamiento como las fibras naturales y pajas que son 1.25 W/m²K” según nuestro resultado el panel de madera y cáñamo alcanza una transmitancia térmica de 1.72 W/m²K muy cercano a los resultados de Viegas.

Velasco et al. (2015), en su investigación “Investigación y Desarrollo de Aislantes Térmicos Naturales Basados en Residuos de Biomasa para su Aplicación en la Mejora de la Eficiencia Energética de las Edificaciones en América Latina”, afirma la “ineficiencia de las edificaciones mediante productos y materiales aislantes que son útiles en toda envolvente edificatoria en climas fríos o cálidos de alta radiación solar, el propósito de la reducción de la demanda energética requerida para alcanzar las condiciones de habitabilidad interior mediante la utilización de materiales de bajo costo y limitada huella ecológica basadas en el aprovechamiento de recursos naturales”, según los resultados los materiales seleccionados en la investigación para la envolvente Tipo 1A de muros a una altura de 3750 m.s.n.m.(Clima frío), cumplen con una buena transmitancia térmica para la edificación, alcanzado condiciones de habitabilidad interior o confort térmico.

4.3. Implicancias

- Es necesario ampliar el campo de la investigación para materiales ecológicos tradicionales y no tradicionales aplicados a la construcción sostenible, ya que se tiene una limitada información para el diseño de una edificación confortable y sostenible.
- Para el Ministerio de Construcción y Saneamiento fomentar la aplicación de la norma EM.110 en los proyectos de infraestructura que correspondan.
- Para la empresa constructora de la I.E N°101026 Morán Alto se requiere solicitar un adicional para mejorar la transmitancia de la envolvente en cobertura.

4.4. Conclusiones

- Según los resultados de la investigación los tres materiales ecológicos no tradicionales: el corcho, cañamo y la celulosa cumplen con las condiciones de transmitancias térmica

de $1.76 \text{ W/m}^2\text{K}$, $1.72 \text{ W/m}^2\text{K}$ y $1.71 \text{ W/m}^2\text{K}$ respectivamente en muros para el módulo de la I.E. N° 101026 Morán Alto según la Norma EM.110.

- Concluimos que el espesor del material es inversamente proporcional a la transmitancia térmica. Para el proyecto de construcción de la I.E. N° 101026 Morán Alto los espesores de 2 cm de material aislante térmico no tradicional (corcho, cáñamo y celulosa) cumplen para la zona Mesoandina; sin embargo, no cumpliría para una zona Altoandina.
- Se verificó en el proyecto del módulo de la I.E. N° 101026 Morán Alto, que los muros de paneles de madera y aislante térmico ecológico no tradicional cumple con los parámetros de transmitancia térmica máxima exigida por la norma EM.110.

REFERENCIAS

- Acevedo, H., & Vásquez, A. & Ramírez, D. A. (2012). Actualidad y necesidad en el sector de la Construcción Colombia: Sostenibilidad. *Revista Gestión y Ambiente*, 15(10), 105-118. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169424101009.pdf>
- Acosta, D. (2009). *Arquitectura y Construcción Sostenibles: Conceptos, Problemas y estrategias*. Anual (4), 14-23.
- Aislamiento Térmico Hacia el consumo energético casi nulo. (23 de enero de 2013). *Promateriales*, p. 69.
- Antalla, L. (14 de abril de 2014). *Fibras de Celulosa como material Aislante*. Recuperado de <https://www.printfriendly.com/p/g/GvMsun>
- Brummer, M. (2014). *El Césped en la Construcción: Antecedentes, Materiales y Técnicas*. *Construcción Sostenible*, 24 – 24.
- Carabaño, R., Galván, J., Bedoya, C., & Ruiz, D. (junio de 2014). *Utilización del Corcho como Material de Aislamiento Térmico para una Construcción Sostenible*. I Congreso Internacional sobre Investigación en Construcción y Tecnología Arquitectónica, Madrid, España.
- Ching, F. & Shapiro, I. (2014). *Manual Ilustrado Arquitectura Ecológica*. España: Editorial Gustavo Gili.
- Comunidad de Madrid. (2012). *Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética*. Recuperado de <https://www.caloryfrio.com/>
- Condor, F. M. (2017). *Diseño de Vivienda Bioclimática para Zonas Altoandinas del Perú*. (Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Los Andes, Lima. Perú).

- Cuellar, J. N. (2017). Estudio para el Acondicionamiento Térmico de Viviendas sometidas a Heladas. (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú).
- Del Rio, M. (octubre de 2005). Nuevas Aplicaciones del Corcho en el campo de la Edificación. III Encuentro Eurocork, Madrid, España.
- Diccionario de la Lengua Española. (2020). Real Academia Española. España: RAE.
Recuperado de <https://dle.rae.es/aislar>
- Dobón, B. (2018). Materiales de Construcción Reciclados y Reutilizados para la Arquitectura Sostenible. (Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España).
- Ecohabitar Actualidad. (2013). Aislamiento e Impermeabilización Ecológica. Navarra, España: Bioconstrucción. Recuperado de <https://ecohabitar.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-ecologicos/>
- Edwards, B., Hyett, P. (2004). Guía Básica de la Sostenibilidad. España: Editorial Gustavo Gili.
- Escuela de Organización Industrial. (2011). Ecomateriales y Construcción Sostenible.
Recuperado de <http://www.eoi.es>.
- Escuela de Organización Industrial. (2011). Ecomateriales y Construcción Sostenible.
Recuperado de <http://www.eoi.es>.
- Estévez, R. (2019). ¿Es lo mismo biodegradable que compostable? Recuperado de <https://www.ecointeligencia.com/2019/05/biodegradable-compostable/>
- Fernández, L. (2013). El corcho en la Construcción. Cataluña, España: PEFC España.

- Gabriel, J. E., & Sulca, M. (2018). Centro Educativo Público con Arquitectura Sostenible en la Ciudad de Cajamarca. (Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú).
- Garza, V. J. (2016). Análisis del Ciclo de Vida de Aislantes Térmicos para la Aplicación en Edificaciones. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolas de los Garza, México).
- Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (2019). Guía para la Selección de materiales de Construcción Sostenible. Recuperado de: <http://www.degren.eu/wp-content/uploads/2020/05/DEGREN-SMCS.pdf>
- Instituto Valenciano de la Edificación (2011). Productos y materiales: Propiedades de aislantes térmicos para rehabilitación energética. Recuperado de: http://www.five.es/descargas/archivos/P1_portada.pdf
- La Organización Mundial de la Salud. (2010). Ambientes de Trabajo Saludables: un modelo para la acción. Recuperado de https://www.who.int/phe/publications/healthy_workplaces/es/
- Loyola, F. E. (2012). Desarrollo de Aislantes Térmicos Empleando Rastrojos de Maíz para la Construcción de Viviendas. (Tesis de Pregrado, Universidad del Bio – Bio, Concepción, Chile).
- Miranda, L., Neira, E., Torres, R., & Valdivia, R. (2018). La Construcción Sostenible en el Perú. *Economía & Sociedad*, 95, 38-40.
- Montelongo, M., & Vidal, A. (2015). El Cábano una Alternativa de Construcción en Uruguay. (Tesis de Pregrado, Universidad de la Republica, Uruguay, Uruguay)
- Palomo, M. (2017). Aislantes Térmicos-Criterios de Selección por Requisitos Energéticos. (Tesis Pregrado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España).

- Pascual, E. (2020). ¿Qué son los materiales biodegradables? Recuperado de <https://elblogverde.com/materiales-biodegradables/>
- Peña, O., Román, R. (2018). Diseño de un Aislante Térmico a base de fibras naturales para mitigar el Impacto de las Heladas en la Comunidad de Cupisa. (Tesis de Pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú).
- Presidencia de la Republica del Perú. (13, mayo 2014). Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. [006]. Recuperado https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/04_EM/DS006-2014_EM.110.pdf
- Rayter, D. G. (2008). Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos. Perú. Editorial Ministerio de Educación.
- Rivero, V. (2016). Análisis Medioambiental de los Aislamientos Térmicos en la Construcción. (Tesis de Pregrado, Universidad de Coruña, Coruña, Madrid.)
- Rougeron, C. (1977). Aislamiento Acústico y Térmico en la Construcción. Barcelona, España: Editores Técnicos Asociados.
- Schepp, F. (2016). Manual de [Re] Acondicionamiento Térmico. Concepción Confortable, 1. 22 – 40.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015-2020). SEMARNAT. México: Gobierno de México, Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat>.
- Tecnología de la Construcción. (2014). Técnicas de Aislamiento e Impermeabilización. Recuperado de <http://libreria.fundacionlaboral.org/>
- Umán, S. J., & Méndez, M. T. (2019). Estrategias de Climatización Pasiva y Confort Térmico en la Vivienda de Adobe en la Zona Rural de Anta – Cusco. (Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú).

Ursa Uralita. (2012). Manual de Aislamiento. Recuperado de <https://www.ursa.es/>

Velasco, L., Goyos, L., Nicolas, F., & Naranjo, C. (2015). Investigación y Desarrollo de Aislantes Térmicos Naturales basados en residuos de Biomasa para su Aplicación en la Mejora de la Eficiencia Energética de las Edificaciones en América Latina. ESPE, 10(1), 08-21.

Velásquez Rodríguez, M. (2015). Materiales Aislantes Sostenibles. (Tesis inédita de Pregrado, Universidad de Extremadura, España.).

Vida Sostenible. (2010). Edificación Sostenible: Aislamiento. Recuperado de <https://www.vidasostenible.org/>

Villegas, A. (2012). Uso de Materiales Reciclados para la Construcción. (Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana, Veracruz, México).

ANEXOS

1. ANEXO I: Panel Fotográfico



Fotografía 1: Llegando al Centro Poblado de Morán Alto.



Fotografía 2: En la Institución Educativa N°101026 Moran Alto.



Fotografía 3: Proyecto de Construcción de dos Módulos Educativos de Madera.



Fotografía 4: Ingreso al Módulo de la Institución Educativa N°101026 Moran Alto.



Fotografía 5: Dentro del Módulo Institución Educativa N°101026 Moran Alto



Fotografía 6: Verificando Medidas de marcos y ventanas.



Fotografía 7: Verificando medidas de alturas del Módulo.



Fotografía 8: Verificando medidas del Sobrecimiento del Muros.



Fotografía 9:Foto panorámica del modulo

2. ANEXO II: Fichas de Cálculo para cada Tipo de Envolverte

Tabla 30: *Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 1*

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolvertes Tipo 1A y 1B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o traslucidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas								
		Tipo de vidrio								
		Vidrio 1	X					X	X	X
		Vidrio 2	X					X	X	X
		Tipo de carpintería de marco								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puertas								
		Tipo de puerta:								
		Puerta 1							X	X
Puerta 2, etc.							X	X	X	

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1 (Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)	
Envolventes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Resistencias Superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)				X					
		Resistencia superficial externa (Rsi)					X				
		Muro sin cámara de aire									
		Composición del muro									
		Material 1	X					X	X	X	X
		Material 2, etc.	X					X	X	X	X
		Muro sin cámara de aire									
		Composición del muro									
		Material 1	X						X	X	X
Material 2, etc.	X						X	X	X		

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)	
Envolventes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Resistencias Superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)				X					
		Resistencia superficial externa (Rsi)					X				
		Muro sin cámara de aire									
		Composición del muro									
		Material 1	X					X	X	X	X
		Material 2, etc.	X					X	X	X	X
		Muro sin cámara de aire									
		Composición del muro									
		Material 1	X						X	X	X
Material 2, etc.	X						X	X	X		

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolventes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N°1								
		Composición								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X	X	X	X
		Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N°1								
		Composición								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X	X	X	X

Muros 1A

$$\text{Transmitancia (U}_{\max} t) = \frac{\sum SxU}{\sum S}$$

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Fuente: (Norma EM.110, 2014)

Tabla 31: *Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) – Envoltente Tipo 3*

Tipo 3	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S3 (m ²)	U3 (W/m ² k)	S3 x U3 (W/K)		
Envoltentes Tipo 3A, 3B, 3C	Techos Tipo 3 A inclinados menos de 60° con la horizontal	Resistencias Superficiales										
		Resistencia superficial externa (Rse)										X
		Resistencia superficial externa (Rsi)										X
		Techo sin cámara de aire										
		Composición del techo										
		Material 1	X				X	X	X	X		
		Material 2, etc.	X				X	X	X	X		

Techos 3A

$$\text{Transmitancia (U}_{\max} \text{ t)} = \sum SxU / \sum S$$

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1 (Área del elemento).

Fuente: (Norma EM.110, 2014)

Tabla 32: Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) – Envoltente Tipo 4

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² K)	S1 x U1 (W/K)	
4	Envoltentes Tipo 4A, 4B, 4C Pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con terreno natural	Resistencias Superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)				X					
		Resistencia superficial externa (Rsi)					X				
		Piso sin cámara de aire									
		Composición del piso									
		Material 1	X					X	X	X	X
		Material 2, etc.	X					X	X	X	X
		Piso con cámara de aire									
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)					X				
		Composición del piso									
Material 1	X					X	X	X	X		
Material 2, etc.	X					X	X	X	X		

Pisos 4A

$$\text{Transmitância (U}_{\max t}) = \sum SxU / \sum S$$

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Fuente: (Norma EM.110, 2014)

3. ANEXO III: Resultados del Cálculo para cada Tipo de Envolvente

Tabla 33: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolvente Tipo 1A

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Tipo 1	Envolventes Tipo 1A y 1B Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o traslucidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas								
		Tipo de vidrio								
		Vidrio insulado	0.006					12.16	3.30	40.13
		Tipo de carpintería de marco								
		Madera de pino	0.04		41.12			1.64	2.00	3.29
		Puertas								
		Tipo de puerta: Puerta de madera tornillo y marco						2.88	3.5	10.08

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).
Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² K)	S1 x U1 (W/K)	
Tipo 1	Envoltentes Tipo 1A y 1B Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Resistencias Superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)				0.11					
		Resistencia superficial externa (Rsi)					0.06				
		Muro sin cámara de aire N° 1									
		Composición del muro									
		Tablas de pino verticales	0.015					0.18			
		Paneles OSB	0.01					0.13			
		Tecnopor o poliestireno expandido	0.1					0.033	16.38	0.28	4.59
		Paneles OSB	0.01					0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015					0.18			
		Muro sin cámara de aire N° 2									
		Composición del muro									
		Tablas de pino verticales	0.015					0.18			
		Paneles OSB	0.01					0.13			
		Tecnopor o poliestireno expandido	0.1					0.033	15.98	0.28	4.47
		Paneles OSB	0.01					0.13			
Tablas de pino horizontales	0.015					0.18					

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1 (Área del elemento).

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolventes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Muro sin cámara de aire N° 3								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tecnopor o poliestireno expandido	0.1				0.033	14.40	0.28	4.03
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			
		Muro sin cámara de aire N° 4								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tecnopor o poliestireno expandido	0.1				0.033	14.40	0.28	4.03
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1 (Área del elemento).

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolturas Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N°1								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	2.91	8.28	24.10
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N°2								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	2.54	8.28	21.03
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N°3								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	1.8	8.28	14.90
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
		Puente								
		Térmico:								
		Sobrecimiento								
		Tipos N°4								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	1.80	8.28	14.90
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			

Muros 1A

Transmitancia (U1-final) = $\sum SxU/\sum S$

1.68 < 2.36

OK

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U (Transmitancia térmica), S1 (Área del elemento).

Tabla 34: *Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 3A*

Tipo	Componentes		Espesor	Perímetro	RST/RCA	S3	U3	S3 x U3	
3		Elementos	(m)	(m)	(m ² °C/W)	(m ²)	(W/m ² k)	(W/K)	
Envolvertes Tipo 3A, 3B, 3C	Techos Tipo 3 A inclinados menos de 60° con la horizontal	Resistencias Superficiales							
		Resistencia superficial externa (Rse)			0.05				
		Resistencia superficial externa (Rsi)			0.09				
		Techo sin cámara de aire							
		Composición del techo							
		Tablas de pino inclinadas	0.015			0.18	58.80	4.48	263.42
		Calaminón	0.002			237			
Techos 3A									
									Transmitancia (U3-final) = $\sum SxU/\sum S$
							4.48 > 2.21		No cumple

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).
Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U3 (Transmitancia térmica), S3(Área del elemento).

Tabla 35: *Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 4A*

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)	
Envolventes Tipo 4A, 4B, 4C	Pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con terreno natural	Resistencias Superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)				0.09					
		Resistencia superficial externa (Rsi)					0.09				
		Piso sin cámara de aire									
		Composición del piso									
		Cerámica Porcelanato	0.01					1.00	60	2.41	144.60
	Falso piso	0.04									
	Losa de cimentación	0.3									
Pisos 4A	Transmitância (U4-final) = $\sum SxU/\sum S$							2.41 < 2.63	OK		

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U3 (Transmitancia térmica), S3(Área del elemento).

3.13. Aislamiento de Corcho en Muros

Tabla 36: *Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envoltente Tipo 1A con Corcho*

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)	
1	Envoltentes Tipo 1A y 1B Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o traslucidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas									
		Tipo de vidrio									
		Vidrio insulado	0.006						12.16	3.30	40.13
		Tipo de carpintería de marco									
		Madera pino	de	0.04		41.12			1.64	2.00	3.29
		Puertas									
		Tipo puerta:	de								
		Puerta madera tornillo marco	de de y					2.88	3.5	10.08	

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)	
Tipo 1	Envolventes Tipo IA y IB Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Resistencias Superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)				0.11					
		Resistencia superficial externa (Rsi)					0.06				
		Muro sin cámara de aire N° 1									
		Composición del muro									
		Tablas de pino verticales	0.015					0.18			
		Paneles OSB	0.01					0.13			
		Corcho	0.1					0.049	16.38	0.40	6.55
		Paneles OSB	0.01					0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015					0.18			
		Muro sin cámara de aire N° 2									
		Composición del muro									
		Tablas de pino verticales	0.015					0.18			
		Paneles OSB	0.01					0.13			
Corcho	0.1					0.049	15.98	0.40	6.39		
Paneles OSB	0.01					0.13					
Tablas de pino horizontales	0.015					0.18					

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolventes Tipo 1A y 1B Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)		Muro sin cámara de aire N° 3								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Corcho	0.1				0.049	14.40	0.40	5.76
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			
		Muro sin cámara de aire N° 4								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Corcho	0.1				0.049	14.40	0.40	5.76
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolturas Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 1								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	2.91	8.28	24.10
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 2								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	2.54	8.28	21.03
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 3								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	1.8	8.28	14.90
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
		Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 4								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	1.80	8.28	14.90
			0.015				1.40			
Muros 1A						Transmitância (U1-final) = $\sum SxU/\sum S$			1.76 < 2.36	OK

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

3.14. Aislamiento de Cáñamo en Muros

Tabla 37: Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte Tipo 1A con Cáñamo

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolvertes Tipo 1A y 1B Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o traslucidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas									
		Tipo de vidrio								
		Vidrio insulado	0.006					12.16	3.30	40.13
		Tipo de carpintería de marco								
		Madera pino	0.04		41.12			1.64	2.00	3.29
		Puertas								
	Tipo puerta: Puerta madera tornillo marco	de de y						2.88	3.5	10.08

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).
Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolventes Tipo 1A y 1B Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Resistencias Superficiales									
	Resistencia superficial externa (Rse)					0.11				
	Resistencia superficial externa (Rsi)					0.06				
	Muro sin cámara de aire N° 1									
	Composición del muro									
	Tablas de pino verticales		0.015				0.18			
	Paneles OSB		0.01				0.13			
	Cáñamo		0.1				0.041	16.38	0.34	5.57
	Paneles OSB		0.01				0.13			
	Tablas de pino horizontales		0.015				0.18			
	Muro sin cámara de aire N° 2									
	Composición del muro									
	Tablas de pino verticales		0.015				0.18			
	Paneles OSB		0.01				0.13			
	Cáñamo		0.1				0.041	15.98	0.34	5.43
	Paneles OSB		0.01				0.13			
	Tablas de pino horizontales		0.015				0.18			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolventes Tipo 1A y 1B Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)		Muro sin cámara de aire N° 3								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Cáñamo	0.1				0.041	14.40	0.34	4.9
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			
		Muro sin cámara de aire N° 4								
		Composición del muro								
		Tablas de pino verticales	0.015				0.18			
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Cáñamo	0.1				0.041	14.40	0.34	4.90
		Paneles OSB	0.01				0.13			
		Tablas de pino horizontales	0.015				0.18			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
Envolventes Tipo 1A y 1B	Muros Tipos 1 ^a (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 1								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	2.91	8.28	24.10
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 2								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	2.54	8.28	21.03
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 3								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	1.8	8.28	14.90
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

Tipo	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	k (w/m °C)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² k)	S1 x U1 (W/K)
		Puente Térmico: Sobrecimiento Tipos N° 4								
		Composición								
		Mortero arena y cemento	0.015				1.40			
		Concreto arena y cemento.	0.15				1.51	1.80	8.28	14.90
			0.015				1.40			
Muros 1A									1.72 < 2.36	OK
									$\text{Transmitancia (U1-final)} = \sum S \times U / \sum S$	

Nota1: Las abreviaturas RST (Resistencia Superficial seca y RCA (Resistencia de la cámara de aire).

Nota2: k es el coeficiente de transmisión térmica, U1 (Transmitancia térmica), S1(Área del elemento).

4. ANEXO IV: Fichas Técnicas

FICHA TÉCNICA AISLANAT (ROLLO AISLANTE DE CÁÑAMO, AISLAMIENTO DE CÁÑAMO, TÉRMICO Y ACÚSTICO)	
Aplicaciones:	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento de cáñamo de los desvanes vacíos, de las vertientes de la techumbre, de las paredes o tabiques, de los forjados. Aislante acústico-térmico de cáñamo.
Propiedades:	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente aislamiento térmico. • Buena capacidad de regulación higrométrica sin pérdida de las cualidades aislantes. • Se adapta perfectamente a las irregularidades del armazón para garantizar un aislamiento de calidad. • No irritante. Reciclable. Buena resistencia mecánica. • Estable en el tiempo. Resistencia natural a los insectos y roedores.
Acondicionamiento:	<ul style="list-style-type: none"> • Anchura (cm): 60 • Longitud (m): 10 • Espesores (mm): 60, 80 y 100 • Saco de 2 rollos (= 12 m²/saco)
Puesta en obra:	<ul style="list-style-type: none"> • La presentación en rollos minimiza los cortes. Corte con amoladora de disco abrasivo o con un cuchillo de dientes muy finos. • Idealmente sujetado con grapas sobre un armazón de madera. Prever un sistema de grapas murales para las estructuras metálicas. • Se recomienda llevar una máscara y gafas de protección para la colocación de todo aislante. • Para el buen funcionamiento de este aislante es preciso respetar las normas de puesta en obra de las paredes que poseen cualidades de permeabilidad.
Almacenamiento:	<ul style="list-style-type: none"> • En lugar seco.
Características técnicas:	<ul style="list-style-type: none"> • Composición: 85% fibra de cáñamo, 15% fibra termofusión • Densidad (kg/m³): 30 • Conductividad térmica: 0,041 (W/m·°C) • Permeabilidad al vapor de agua: 1 a 2 μ • Capacidad higroscópica: hasta 15% de su peso

Fotografía 10: Ficha Técnica del Cáñamo

Fuente: www.cannabric.com

Celulosa
ecogreenhome
el aislamiento para su hogar

Descripción:

Nodulos de celulosa a granel, obtenido por el proceso reciclado y triturado de fibras de papel reciclado y aditivos propiedades ignifugas y antifugas, presentado en sacos comprimidos de 10 kg.

Aplicaciones:

- ✓ Insuflado mediante maquina neumática
- ✓ Soplado mediante maquina neumática
- ✓ Proyectados mediante maquina neumática

Ficha técnica

Celulosa

VALOR	
COMPOSICIÓN	90% papel reciclado, 10% acido borico
CONDUCTIVIDAD TERMICA ESPECIFICA	0.039 w/m*k
CAPACIDAD TERMICA ESPECIFICA	2110 kj/kg*k
REACCIÓN AL FUEGO	Euroclase B S2 d0 (100 mm)
RESISTENCIA AL VAPOR DE AGUA	1u
RESISTENCIA AL FLUJO DE AIRE	25.1 Pa.s/m² (d.50 kg/m³)
CALIDAD DE AIRE INTERIOR	A+


Valores de resistencia térmica celulosa (según conductividad térmica 0.039 w/m*k)

ESPESOR (mm)	VALOR
25	0.64 m² k/w
50	1.28 m² k/w
75	1.92 m² k/w
100	2.56 m² k/w
125	3.20 m² k/w
150	3.84 m² k/w
200	5.12 m² k/w
250	6.41 m² k/w
300	7.69 m² k/w
350	8.97 m² k/w
400	10.25 m² k/w


Fotografía 11:Ficha Técnica de la Celulosa

Fuente: <https://ecogreenhome.es/>

PLANCHA TERMOACUSTICA TRAPEZOIDAL -M5



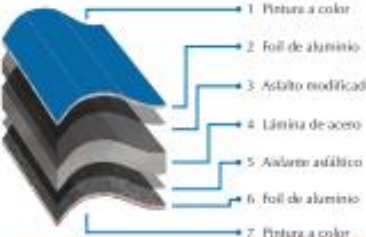
Colores Disponibles



Verde Blanco Rojo Terracota Plateado Azul

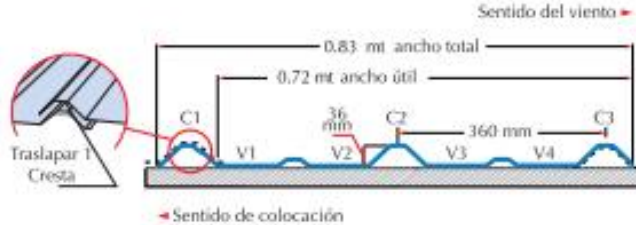
Color interno blanco

ESTRUCTURA DE CAPAS



- 1 Pintura a color
- 2 Foil de aluminio
- 3 Asfalto modificado
- 4 Lámina de acero
- 5 Aislante asfáltico
- 6 foil de aluminio
- 7 Pintura a color

TRASLAPE LONGITUDINAL



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Características	Plancha Thermoacustica Trapezoidal -30
Largos a Fabricar	1.00 mt a 11.00 mt
Largo Comercial	5.00 mt
Ancho Útil	0.72 mt
Ancho Total	0.83 mt
Espesor Total de la Plancha	2.00mm
Espesor Alma de Acero	(0.30±0.01)mm (ASTM 366)
Peso Metro Cuadrado	3.60 Kg / m ²
Voladizo Máximo	0.30 mt
Distancia Máxima entre Apoyos	1.60 mt
Trapezios por plancha	5 und.
Altura del Trapecio	36 mm
Traslape Longitudinal	0.10 - 0.15 mt
Traslape Transversal	1 Trapecio
Pendiente Mínima	5%
Aislamiento Acústico, en Decibeles (dB)	Hasta 20 dB
Aislamiento Termico	Rechaza 75% rayos del Sol
Conductividad Térmica (λ)(2)W(m ⁻² k)	0.120
Coefficiente de Dilatación Térmica - mm/(m ⁻² C)	0.011
Procedencia de la plancha	Fabrica Ajover - Colombia

Fotografía 12: Ficha Técnica de la Cobertura.

Fuente: <http://vencorperu.com/planchas-termoacusticas/>

5. ANEXO IV: Plano Arquitectónico