

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA LANA DE OVEJA
COMO AISLANTE EN CHILE**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en CONSTRUCCIÓN

Alumno:

Alan Andres Pizarro Cisternas

Profesor Guía:

Sr. Rodrigo Figueroa Oyarzún

2020

RESUMEN

El creciente aumento de los gases de invernadero en el planeta es un tema que nos concierne a todos, el medioambiente se está viendo perjudicado por el efecto invernadero. La industria de la construcción usa alrededor del 40% de la energía global, el 25% del agua global, 40% de los recursos globales, y emiten aproximadamente 1/3 de las emisiones de gas de invernadero, el uso indiscriminado de materiales que tienen una alta huella de carbono en su ciclo de vida ha contribuido en gran parte.

Para lograr reducir los efectos negativos al medioambiente y por consecuencia al cambio climático, debemos enfocarnos en los cambios más eficientes dentro de nuestros estándares actuales, como lo son los materiales aislantes.

Gran parte del problema radica en mantener el confort térmico dentro de una edificación, se puede evitar la pérdida de aproximadamente un 30% de energía térmica, solo con usar materiales aislantes en la envolvente de éstas.

En Chile aproximadamente un 25% de la energía es utilizada por residencias de las cual un 56% es destinada para calefacción, estos costos usados en regulación térmica residencial pueden verse disminuidos a largo plazo, gracias al uso e implementación de materiales aislantes bajo la reglamentación térmica. Esto supone un gasto elevado para familias de bajos recursos, por lo que es necesario el uso de materiales de bajo costo y de procedencia local.

Estos problemas medioambientales y económicos nos ponen como desafío reducir la huella de carbono al construir, usando materiales aislantes, buscando soluciones económicas y locales, es ahí donde las fibras naturales tienen un nicho asegurado en el futuro de la industria, debido a sus múltiples características y baja emisión de contaminantes, llegan a ser igual o más eficientes que los materiales convencionales.

La lana de oveja es una solución aislante con múltiples características como sus capacidades higroscópicas que ayudan a purificar el aire y mantener niveles de humedad sin cambios bruscos, su capacidad de autoextinguirse, el bajo costo en Chile y la posibilidad de reciclarse al final de su ciclo de vida por nombrar algunas.

El escenario en Chile sobre la cría de ovinos va en caída, la cantidad de cabezas de ganado ha disminuido aproximadamente un 70% en los últimos 50 años, debido a los bajos precios de la lana. La mayoría de los grandes productores locales optaron por el cambio de rubro hacia la industria de la carne ovina, mientras que los pequeños y medianos productores son los que más pérdidas han tenido, debido a la baja demanda de la lana, la poca especialización en la crianza y los altos costos que significan para ellos el almacenar y procesar dicho material, que muchas veces pasa a ser un desecho del sector ovino.

La lana de oveja como material aislante ha sido estudiado en la literatura científica actual a causa de su potencial uso en el sector construcción.

Los datos acerca del comportamiento térmico de este material van entre los rangos de 0,035 W/mK y 0,060 W/mK para la conductividad térmica, mientras que para la inercia térmica el rango descrito se encuentra entre los 900 J/kg K y los 1300 J/kg K, en el caso de la capacidad de retención de agua se dice que va entre el 20% al 35% de su peso seco y por último la densidad optima se alcanza sobre los 11 kg/m³ para usos aislantes.

Según la legislación térmica actual, la lana de ovino es una solución aislante que cumple con la mayoría de los estándares establecidos en el artículo 4.1.10 OGUC de la actual reglamentación térmica.

las enormes cantidades de lana de descarte que se producen en Chile no tienen uso, son quemadas o enterradas, es por esto, que existe aquí una oportunidad de contribuir al sector ovino más vulnerable, ayudar de igual manera tanto al medioambiente como a las personas en los gastos necesario para la obtención del confort térmico residencial e industrial.

KEYWORDS: Lana de oveja, aislación, transmitancia térmica, fibras naturales, regulación térmica.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
SIGLA Y SIMBOLOGÍA.....	viii
SIGLA.....	viii
SIMBOLOGÍA.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	x
OBJETIVOS.....	xii
OBJETIVO GENERAL.....	xii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xii
1 CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1 CONCEPTOS SOBRE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA TÉRMICA.....	2
1.1.1 Conductividad térmica.....	2
1.1.2 Resistencia térmica.....	2
1.1.3 Transmitancia térmica.....	2
1.2 LA LANA DE OVEJA.....	3
1.2.1 Definición de la lana de oveja.....	3
1.2.2 Composición de la lana ovina.....	3
1.2.3 Composición química de la lana ovina.....	3
1.2.4 Características físicas de las fibras de la lana de oveja.....	5
1.2.5 Lana de oveja material poroso.....	6
1.2.6 Primeros usos humanos.....	6
1.2.7 Calidad de la lana.....	7
1.2.8 Efectos adversos lana de oveja.....	8
1.2.9 Propiedades higroscópicas de la lana de oveja.....	8
1.2.10 Proceso de obtención y transformación.....	8
1.2.10.1 Recolección de la materia prima.....	9
1.2.10.2 Lavado de las lanas ovinas.....	10
1.2.10.3 Fregado.....	10
1.2.10.4 Cardado.....	11
1.2.10.5 Estirado con alfileres.....	11
1.2.10.6 Tratamiento de las lanas.....	12
1.2.10.7 Permetrina.....	12
1.2.10.8 Sales de bórax.....	13
1.2.11 Fabricación de mantas de lana ovina.....	13

1.2.12	Impacto medioambiental en la producción de aislantes basados en lana ovina	13
1.3	LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	14
1.3.1	Consumo energético mundial.....	14
1.3.2	Efecto invernadero.....	14
2	CAPITULO 2: LA LANA OVINA COMO AISLANTE EN LA CONSTRUCCIÓN	15
2.1	LANA DE OVEJA COMO AISLANTE TÉRMICO.....	16
2.2	LANA DE OVEJA, MATERIAL SUSTENTABLE.....	16
2.3	VENTAJAS CONSTRUCTIVAS DE LA LANA DE OVEJA	17
2.4	PROCEDIMIENTOS Y PROTOCOLOS DE LA UTILIZACIÓN DE LANA DE OVEJA.....	18
2.5	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL AISLAMIENTO BASADO EN LANA DE OVEJA	18
2.5.1	Propiedades de resistencia al fuego de la lana de oveja	18
2.5.2	Índice de oxígeno limitante.....	19
2.5.3	Capacidad purificadora de aire.....	19
2.5.3.1	Síndrome del Edificio Enfermo	20
2.5.4	La lana de oveja como aislante acústico	20
2.5.5	Conductividad térmica de la lana ovina.....	21
2.5.6	Variaciones en la conductividad térmica de la lana ovina	23
2.5.7	Retención de agua versus humedad relativa en lana ovina.....	23
2.5.8	Conductividad térmica vs densidad en lana ovina	24
2.6	COMPARACIÓN DE LA LANA OVINA CON OTROS MATERIALES AISLANTES	25
2.6.1	Lana de oveja versus poliestireno.....	25
2.6.2	Lana de oveja versus fibras naturales	26
2.6.3	Lana de oveja versus materiales aislantes actuales	27
2.7	IMPACTO EN LA SALUD HUMANA ASOCIADO AL USO DE AISLACIÓN EN BASE A LANA DE OVEJA	28
2.8	DESVENTAJAS O INCONVENIENTES	28
3	CAPITULO 3 APLICACIÓN EN CHILE	30
3.1	HISTORIA DEL RUBRO OVEJERO EN CHILE	31
3.2	ESCENARIO CHILENO INDUSTRIA TEXTIL LANAS	31
3.3	CANTIDAD DE CABEZAS DE GANADO OVINO EN CHILE	32

3.4	COSTOS ASOCIADOS EN CHILE A LA COMERCIALIZACIÓN DE LANA OVINA.....	33
3.5	ANTECEDENTES DE LA COMERCIALIZACIÓN DE LANA OVINA EN CHILE.....	34
3.6	AISLACIÓN EXISTENTE EN EL MERCADO CHILENO EN BASE A LANA DE OVEJA.....	35
3.7	GASTO ENERGÉTICO EN CHILE DESTINADO A CALEFACCIÓN RESIDENCIAL.....	35
3.8	ESCENARIO ACTUAL EN CHILE SOBRE AISLACIÓN.....	35
3.9	REGLAMENTACIÓN TÉRMICA EN CHILE.....	36
3.9.1	Grados/día	37
3.9.2	Factor R100.....	38
3.10	Artículo 4.1.10.....	38
3.10.1	Complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados.....	38
3.10.2	Exigencias	38
3.10.3	Techumbres	39
3.10.4	Muros	40
3.10.5	Pisos ventilados	41
3.10.6	Alternativas para cumplir las exigencias térmicas definidas en el presente artículo 41	
3.11	ARTÍCULO 4.1.10 BIS.	42
3.12	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	42
3.13	ZONIFICACIÓN TÉRMICA.....	44
3.13.1	La zonificación térmica y su relación con la zonificación climático habitacional de la norma NCh1079-2008.	45
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Composición química promedio de lana de ovino. (Korjenic, Klarić, Korjenic , & Hadžić, 2015)	4
Tabla 2-1 Tablas de datos recopilados sobre coeficientes de conductividad de lana ovina. (Rivero Nogueiras, 2016).....	22
Tabla 2-2 Tabla de datos recopilados sobre coeficientes de conductividad de lana ovina, según empresas del rubro. (Rivero Nogueiras, 2016).....	22
Tabla 2-3 Tabla de datos y grafico interpretando los datos obtenidos en el incremento de la conductividad versus la humedad absorbida en lana de ovino. (Ye & Wells, 2006)...	23
Tabla 2-4 Tabla de datos comparativa. (Dénes, Florea, & Manea, 2019)	26
Tabla 2-5 Tabla de parámetros medidos en materiales naturales respecto a sus capacidades aislantes. (Volf, Diviš, & Havlík, 2015)	26
Tabla 2-6 Tabla comparativa entre materiales usados para aislación. (Benedí Oliver, 2013)	27
Tabla 2-7 Tabla de posibles riesgos asociados al crecimiento de hongos. (Volf, Diviš, & Havlík, 2015).....	28
Tabla 3-1 Numero de ovinos faenados en chile por año. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2020).....	32
Tabla 3-2 Existencias de ganado ovino en explotaciones con rebaños de 60 cabezas y más.	33
Tabla 3-3 Existencias ovinas según año en Chile. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2007).....	33
Tabla 3-4 Costos promedio de esquila, porcentaje de agricultores que vende la lana, kilos de lana producida por animal y precio de venta de lana en las explotaciones ovinas entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2014).....	34
Tabla 3-5 Porcentaje de lana que se vende en predio y/o a intermediarios y/o a empresas industriales de lana; y porcentaje que acondiciona el vellón, porcentaje que clasifica la lana entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2014).....	34
Tabla 3-6 Grados/días por zona de acuerdo con la OGUC	37
Tabla 3-7 Tabla 1 del artículo 4.4.10 OGUG. (Instituto de la Construcción , 2006)	39
Tabla 3-8 Tabla 2 del artículo 4.4.10 OGUC. (Instituto de la Construcción , 2006)	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Formula de la resistencia termica de una placa. (Rosas Rivera , 2016)	2
Figura 1-2 Estructura interna de la fibra de lana ovina. (Elvira, 2009)	4
Figura 1-3 Estructura de una fibra de lana ovina. (Dénes, Florea, & Manea, 2019).....	5
Figura 1-4 Detalles de fibras de lana de oveja bajo microscopio electrónico a 50 µm. (Parlato & Porto, 2020).....	7
Figura 1-5 Esquema sobre el análisis de ciclo de vida de la lana ovina. (Societat Orgànica (SO), 2008).....	9
Figura 1-6 Proceso de fregado. (Tuzcu, 2007)	11
Figura 1-7 Proceso de cardado. (Tuzcu, 2007).....	11
Figura 1-8 Proceso de estirado con alfileres. (Tuzcu, 2007).....	12
Figura 2-1 Grafico contenido de agua versus humedad relativa. (Volf, Diviš, & Havlík, 2015)	24
Figura 2-2 Gráfico sobre conductividad térmica contra densidad en lana ovina. (Ye & Wells, 2006)	25
Figura 2-3 Gráficas representando los valores obtenidos para la conductividad térmica y el calor específico en materiales aislantes naturales. (Volf, Diviš, & Havlík, 2015)	26
Figura 3-1 Ejemplificación de la medida grados/días. (Bustamante Gómez, 2012)	37
Figura 3-2 Etiquetas de precalificación energética y de clasificación energética. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción., 2015) .	44

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

CEV : Calificación energética de viviendas

DIN : Deutsches Institut für Normung

ISO : Organización Internacional de Normalización

INE : Instituto Nacional de Normalización de Chile

ODEPA : Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

LOI : Índice limitante de oxígeno

UNEP : Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

VOC : Compuesto orgánico volátil

\$: Peso chileno

% : Porcentaje

SIMBOLOGÍA

kg : Kilogramos

cm : Centímetro

CO₂ : Dióxido de carbono

gr : Gramo

J : Joule

km : Kilómetro

m : Metro

m³ : Metro cúbico

N : Newton

s : Segundo

λ : Conductividad térmica

U : Transmitancia térmica

cm³ : Centímetro al cubo

gr/cm³ : Gramo dividido por centímetro al cubo

MJ / kg : Megajulios de energía necesaria para hacer un kilogramo de producto

W/mK : Coeficiente de conductividad térmica

°C : Grados Celsius

Hz : Hertz

Db : Decibelios

J/kg K : Inercia térmica

t : Toneladas

ppm/kg : Partículas por millón dividido en kilogramos

ΔL_w : Diferencia de potencia acústica

μ : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua

J/kg.K : Calor específico

OGUG : Ordenanza general de urbanismo y construcciones

NCh : Norma chilena

INTRODUCCIÓN

Resulta evidente comenzar con cambios en nuestros actuales estándares de edificación debido a la necesidad de un desarrollo sostenible con miras a combatir el cambio climático. Existen gran cantidad de literatura que demuestra el gran impacto que tenemos con nuestros actuales estándares, por ejemplo, la UNEP afirma que:

La industria de la construcción es responsable por gran uso de los recursos del planeta, Los edificios usan alrededor del 40% de la energía global, el 25% del agua global, 40% de los recursos globales, y emiten aproximadamente 1/3 de las emisiones de gas de invernadero. (UNEP)

Estos números son alarmantes pensando en el futuro de la industria y nuestro planeta, los recursos son limitados y se están haciendo uso de ellos como si no lo fuesen. Son muchos los factores que juegan un rol en este gasto energético, como los materiales de construcción, en específico los que se utilizan como aislantes, ya que el principal gasto energético en el tiempo de vida útil de una edificación es el control de temperatura, con el fin de mantener el confort térmico interno; si se estandarizara el uso de materiales con baja huella de carbono, reciclables, amigables con el medio ambiente, eventualmente podríamos reducir estos números.

“La eficiencia energética del edificio, el rendimiento térmico y la eficiencia del material se consideran tres medidas principales de los edificios sostenibles.” (Canada Green Building Council, 2012)

Durante décadas en el área de la construcción se han utilizado infinidad de materiales como barreras aislantes, algunas con más éxito que otras, todas con un ciclo de vida determinado, que al acabar pasan a convertirse en desechos, sin importar las características que brindó durante su tiempo de uso.

“La sostenibilidad y la innovación se han convertido en los impulsores del siglo XXI de la administración responsable de los recursos y la utilización de materiales. La industria de la construcción no es la excepción.” (Kibert, 2008)

Debido a esto, es que como futuros profesionales nos hemos visto en la necesidad de buscar soluciones, incorporando materiales sustentables dentro de la construcción, que rompan el esquema de vida útil, los cuales tengan un nulo impacto a largo plazo, que provengan de fuentes naturales que aseguren su continuidad o renovación o bien recicladas de origen industrial asegurando su reciclaje.

“En este sentido, el aporte mínimo de energía, el consumo sostenible de recursos y la contaminación minimizada deben ser parte de la producción, instalación y uso de materiales aislantes.” (Berge, 2001)

Entre los materiales naturales más utilizados como aislamiento térmico se encuentra la lana de ovino, siendo una opción muy eficaz y fácil de utilizar.

La lana es un subproducto valioso de la producción de carne animal. La lana ha sido una fuerza principal en la economía de la civilización occidental, al proporcionar elementos esenciales básicos, pero también al proporcionar bienes de capital y de lujo.” Hoy en día el consumo de lana es más limitado en el uso final debido a la introducción de fibras artificiales.” (Tuzcu, 2007).

Es por este factor de cambio hacia materiales minerales y plásticos en la actualidad, que se han olvidado las grandes características aislantes, que poseen las fibras naturales como la lana de oveja, que han ayudado al hombre desde hace miles años en la batalla por el confort térmico.

Debido a sus múltiples propiedades este material se ha utilizado durante muchos años por nuestros antepasados como un eficiente aislamiento, siendo la opción favorita de los mongoles que vivían como nómadas y utilizaban la lana de oveja como aislante, cubriendo del frío sus yurtas.

Hoy en día existe una gran oportunidad en Chile de hacer uso de los llamados desechos de la industria textil ovina, la lana de oveja de descarte, la cual muchas veces no es aprovechada dentro de todo en el proceso, convirtiéndola en un subproducto sin mucho valor, el cual es almacenado por largos periodos, muchas veces es enterrada o quemada provocando daños al medio ambiente, incluso suele desecharse como basura.

Es, por consiguiente, tomando en cuenta factores tales como la producción ovina del país, la necesidad de mejorar condiciones térmicas para viviendas rurales, edificaciones de industrias de producción animal o vegetal, almacenaje, etc., la capacidad de utilizar materias primas locales, rentar la merma de la industria textil ovina, disminuir considerablemente la huella de carbono y dar uso a materiales amigables con el medio ambiente, por dar algunos ejemplos, es que se propone el uso de la lana de oveja como una solución aislante, acompañada de muchos beneficios y muy pocas desventajas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- El objetivo general de este estudio es compilar información científica disponible sobre las características como material aislante de la lana de oveja aplicadas en el sector de la construcción para su posible utilización como solución energética en Chile.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar datos técnicos de la lana de oveja y comparar estos con otros materiales aislantes.
- Recopilar datos técnicos acerca de la población ovina en Chile.
- Recopilar datos técnicos acerca de consumo de energía y emisiones en el sector de la construcción en Chile y el mundo.
- Cotejar los datos obtenidos sobre la lana de oveja como material aislante de acuerdo con el marco legal chileno sobre reglamentación térmica.

**1 CAPÍTULO 1:
ANTECEDENTES GENERALES**

1.1 CONCEPTOS SOBRE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA TÉRMICA

1.1.1 Conductividad térmica

La conductividad térmica es quien mide la capacidad de los materiales para conducir el calor cuando existe una diferencia de temperatura en sus caras. Se mide en W/mK. Mientras más bajo sea este valor, el material es más aislante.

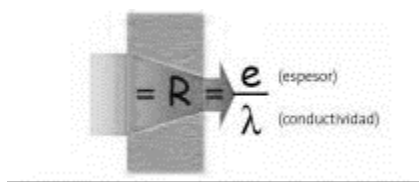
Se define como la cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en una unidad de tiempo a través de una unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras.

1.1.2 Resistencia térmica

Relacionada a la transmisión de calor, se define como el porcentaje en que un elemento constructivo se opone al paso del calor.

Si se expresa como ecuación, es igual al espesor del material por el coeficiente de conductividad térmica (λ).

Como se ve en la fórmula la resistencia térmica es igual al espesor por el coeficiente de conductividad del material.


$$= R = \frac{e}{\lambda}$$

(espesor)
(conductividad)

Figura 1-1 Formula de la resistencia termica de una placa. (Rosas Rivera , 2016)

1.1.3 Transmitancia térmica

La transmitancia térmica (U) de un elemento corresponde al flujo de calor que pasa, en una unidad de tiempo, por una unidad de superficie del material homogéneo y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho

elemento. Se conoce también como “valor U” y su unidad es W/m^2K . Mientras más bajo sea su valor, más aislante es el elemento.

Es el inverso de la resistencia térmica (R), que corresponde a la oposición al paso de calor que presentan los elementos de construcción. Se determina experimentalmente según la norma NCh 851 o bien por cálculo como se señala en la norma NCh 853.

1.2 LA LANA DE OVEJA

1.2.1 Definición de la lana de oveja

Se conoce como lana a una fibra animal típica de ciertos animales caprinos, como la oveja y camélidos, como la llama, la vicuña y la alpaca, obtenidos mediante un proceso llamado esquila.

La lana podemos obtenerla de la piel de los animales vivos que la utilizan para abrigarse y poder así preservar su calor natural. La misma se produce a través de los folículos internos de la piel del animal. Esto lo que hace es que penetren y por lo tanto se las vincula con las glándulas sebáceas y sudoríparas.

Durante miles de años, las ovejas han podido sobrevivir a los elementos utilizando sus abrigos de lana para protegerlas del frío y el calor extremos. Debido a la naturaleza ondulada de las fibras de lana, forman millones de pequeñas bolsas de aire que atrapan el aire y ayudan a proporcionar una barrera térmica.

1.2.2 Composición de la lana ovina

La gran mayoría de la composición de la lana es de proteína animal. Esta proteína tiene el nombre de queratina. Es la que también permite que se puedan formar las uñas, pezuñas, plumas, el pelo y los cuernos, tanto en los animales como también en los seres humanos.

Se trata de una macromolécula resistente que la segregan las células epidérmicas del animal.

1.2.3 Composición química de la lana ovina

La composición química promedio que presentan las lanas ovinas, nos da a conocer su alto contenido en nitrógeno, esta característica hace de la lana un material

difícil de inflamar, ya que, al encenderse no genera grandes llamas, más bien se producen chispas que se autoextinguen.

Element	C	H	O	N	S
%	50	7	22-25	16-17	3-4

Tabla 1-1 Composición química promedio de lana de ovino. (Korjenic, Klarić, Korjenic, & Hadžić, 2015)

La capa inferior de la estructura interna es la responsable del comportamiento químico sumamente complejo de la lana. Las fibras textiles están compuestas de cadenas químicas (las moléculas), que se van encadenando hasta formar largas cadenas.

Estas estructuras químicas primarias se denominan aminoácidos, unidos en una larga cadena forman la proteína constitutiva de la lana. El análisis de las fibras de lana demuestra que químicamente es una proteína; en ella hay básicamente dos clases de proteínas combinadas que difieren por las cantidades de azufre que ellas contienen.

Las características diferenciales entre las lanas como la longitud, finura carácter, resistencia, densidad, color, suavidad y brillo, dependen de la raza ovina y su mejoramiento selectivo, clima, edad del animal, nutrición, sanidad y otros aspectos del manejo de la majada.

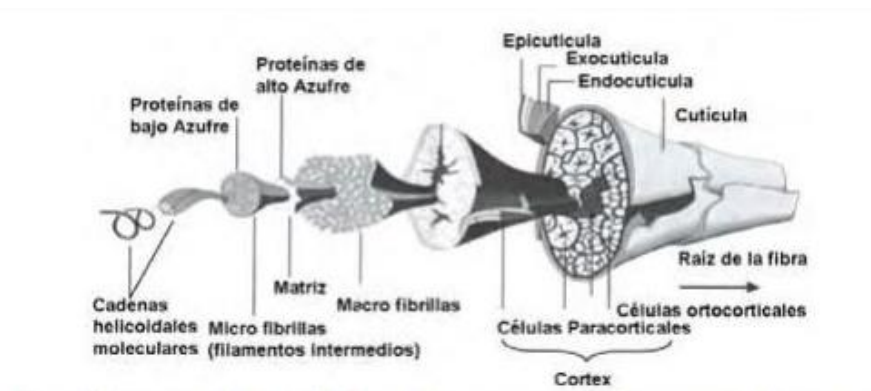


Figura 1-2 Estructura interna de la fibra de lana ovina. (Elvira, 2009)

Al mirar una fibra de lana a través de un microscopio, observamos que presenta una cutícula formada por diminutas escamas imbricadas como las tejas de un tejado y,

además, están atravesadas por numerosos canalillos que son los causantes de su capacidad de absorber humedad. Esta agua absorbida y su composición en queratina la convierten en un material poco combustible y con el punto de inflamación más elevado de todas las fibras naturales. La lana está compuesta, químicamente hablando, de proteínas y una fina capa de hidrocarburos de naturaleza grasa. Las proteínas son de dos tipos:

- Queratina: “es un polímero elemental que presenta la siguiente composición química: 51% de carbono, 17% de nitrógeno, 22% de oxígeno, 7% de hidrógeno y 3% de azufre.” (Rivero Nogueiras, 2016). Protege el cuerpo del medio externo y es por ello insoluble en agua. Esta proteína por su estructura aporta elasticidad, resistencia y hace que la lana sea esponjosa.

- Lanolina o grasa lanar: sustancia de aspecto graso con la misión de envolver cada fibra con una película impermeable dando una coloración amarillenta.

1.2.4 Características físicas de las fibras de la lana de oveja

En la literatura científica actual se describen las fibras de lana ovina con diferentes medidas acordes a las especies disponibles para estudiar según la zona geográfica del estudio, la mayoría concuerda en que “una sola fibra de lana puede tener un diámetro que mide entre 12 y 120 μm (micras) de espesor. La longitud suele variar entre los 20 y 350 mm” (Rivero Nogueiras, 2016), esta medida varía dependiendo de la raza y la frecuencia de esquila de la oveja. Las particularidades de la lana comprenden la finura, color, uniformidad, capacidad de engarzado debido a su longitud y las cantidades de grasa de la lana.

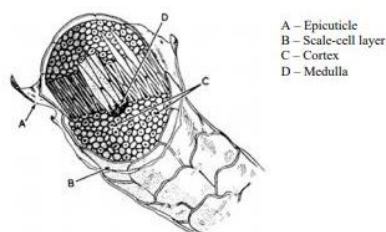


Figura 1-3 Estructura de una fibra de lana ovina. (Dénes, Florea, & Manea, 2019)

La lana limpia contiene un 82% de proteínas queratinosas, que contienen una alta concentración de azufre (3%). La cantidad de azufre en la queratina determina la resistencia de la lana debido a los fuertes enlaces disulfuro. La queratina no se disuelve en agua fría o caliente; y no se descompone en sustancias solubles.

La superficie externa de la fibra de lana es responsable de la capacidad húmeda, las propiedades físicas y el comportamiento de fieltro.

La fibra seca se rompe a aproximadamente un 30% de alargamiento, mientras que una fibra húmeda (100% de humedad) no se rompe hasta que se extiende un 70%, mientras que la fibra después del estiramiento regresa rápida y completamente a la longitud original. Los alargamientos de más del 70% causan grietas en la lana.

El agua (vapor) funciona como plastificante en la fibra. Cuanto mayor sea el contenido de humedad de la fibra, más se puede estirar. Además; La temperatura tiene el mismo efecto que el contenido de humedad. A medida que aumenta la temperatura, la fibra se debilita y se alarga fácilmente. Tanto los efectos del ácido como el álcali causan una disminución en la resistencia de la fibra de lana.

1.2.5 Lana de oveja material poroso

Los materiales porosos pueden absorber la humedad del aire dentro de su estructura. Depende principalmente del tamaño y la superficie interna de los poros. Los resultados muestran que los materiales aislantes naturales absorben más humedad del aire que material de referencia de lana mineral. “Esta capacidad se debe a una estructura orgánica más compleja de materiales naturales y puede contribuir a la creación de un ambiente interior más saludable en los edificios.” (Richter, 1994)

1.2.6 Primeros usos humanos

La lana de oveja es un aislamiento natural altamente eficaz que ha sido utilizado durante siglos como aislante térmico por parte de los seres humanos. Comenzó en el Neolítico, cuando se iniciaron las labores de agricultura y domesticación de animales.

Sin embargo, las ovejas y otros animales de la época no poseían siempre las características necesarias para la producción de lana, ya que ostentaban pelo corto y basto. Pero se realizó un proceso de selección de ovejas y otros animales especialmente cuidados por su lana, lo cual introdujo la oveja de Asia a Oriente Próximo y de allí a Europa y América.

Los nómadas mongoles ya utilizaban fieltro y tejidos almohadillados de lana de oveja como capa aislante en las paredes de sus yurtas.

Los antiguos pueblos del Cáucaso vestían mantos de lana denominados shal (de donde deriva la palabra chal).

Las ovejas se criaban por su lana, además de por su carne y su pie, en toda la zona mediterránea. Sicilia y el sur de Italia proporcionaban lana a Roma para la confección de prendas de vestir; durante los primeros siglos de la era cristiana se pusieron de moda los tejidos de seda importados de China. La mejor lana procedía de las ovejas merinas criadas en Castilla, España.

Posteriormente los belgas aprendieron a fabricar textiles de lana de gran calidad y enseñaron esta artesanía a los sajones de Gran Bretaña, que también fueron famosos por sus excelentes tejidos.

1.2.7 Calidad de la lana

Los tipos de lana se clasifican según el diámetro y la longitud de la fibra. La finura se considera el atributo de calidad más importante porque la lana fina tiene más rizado. El rizado significa la capacidad de ondulación de las fibras de lana que ayudan a que las fibras individuales se peguen durante el hilado y da como resultado un producto más fuerte. Cuanto más fina es la lana, más ondas y escamas están presentes por centímetro, lo que se puede llamar como la unidad del engarzado (ondas / centímetro). La propiedad de engarzado de la fibra también está influenciada por la humedad del medio ambiente. La lana fina a menudo tiene 38-40 rizos por centímetro; lana más gruesa tiene menos. “La longitud de la fibra es otro factor de calidad; cuanto más larga sea la fibra, mejor será la calidad de la lana. El tipo de lana con mayor demanda en el mercado actual es el Merino debido a la uniformidad y la finura de las fibras.” (Tuzcu, 2007)

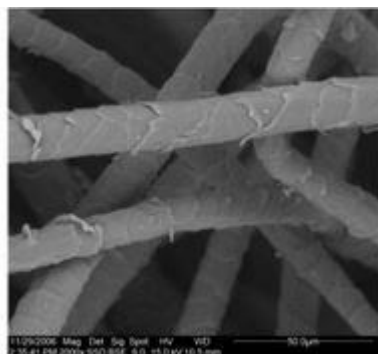


Figura 1-4 Detalles de fibras de lana de oveja bajo microscopio electrónico a 50 μm . (Parlato & Porto, 2020)

1.2.8 Efectos adversos lana de oveja

Lamentablemente hay personas que sufren de alergia a la lana, los malestares presentes incluyen picor en la piel, eccemas y dificultades respiratorias.

Otros síntomas son estornudos, tos, irritación ocular, nariz aguada o mucosidad.

1.2.9 Propiedades higroscópicas de la lana de oveja

Este material se considera como un termorregulador natural muy eficaz, conseguido gracias a sus características higroscópicas.

“Las fibras de lana exhiben un comportamiento higroscópico, lo que les permite absorber hasta 33-34% (kg / kg) de su peso seco.” (Tuzcu, 2007)

Se menciona que la densidad de la lana seca es de 1,307 gr/cm³, mientras que la densidad de la lana al 100% de humedad relativa es de 1,266 gr/cm³.

Debido a su carácter higroscópico no tiende a recoger electricidad estática, posee resistencia estática.

Truter menciona que “la fibra de lana se hincha en anchura donde la sección transversal aumenta hasta 40%; mientras que, por otro lado, el aumento de la longitud de la fibra fue solo del 1%.” (Truter, 1973)

Morooka y Niwa afirman que “la cantidad adsorbida es inversamente proporcional al diámetro de la fibra, lo que probablemente se deba a la superficie disponible para la absorción.” (Morooka & Niwa, 1976)

Mientras que Hearle menciona que “la fibra de lana contiene algunos grupos químicos, como las amidas, que atraen agua, siendo el valor de absorción tan alto como el 35%. La absorción de agua es seguida por la desorción, el fenómeno es que se manifiesta por histéresis, por lo tanto, la lana contribuye al control de la humedad del aire interior.” (Hearle, 2002)

1.2.10 Proceso de obtención y transformación

En este apartado veremos cómo se describe el proceso de fabricación del aislamiento de lana de ovino, que va desde la obtención hasta la transformación en un centro especializado.

Se analiza el proceso incluyendo al uso de transporte, los recursos energéticos usados para la fabricación y los materiales y sustancias que se utilizan. Cabe mencionar

que estos productos provienen de la esquila regular que el animal necesita durante su vida.

Se fabrican en formatos de mantos y a granel, sus dimensiones en cuanto a grosores y densidades pueden variar.

1.2.10.1 Recolección de la materia prima

Las ovejas generalmente se esquilan en los meses de primavera o verano; Esto puede ser dos veces al año o tres veces en dos años. El tiempo y la frecuencia del corte tiene un gran efecto en la calidad de la lana cosechada, ya que puede tener una gran influencia en las características importantes de la fibra.

Su extracción se realiza una vez al año, entre los meses de mayo y junio. Por naturaleza, la lana se desprende de la oveja en un intento de aclimatarse para la nueva estación.

La producción dependerá de la especie del animal esquilado, pero se calcula que una oveja Merina proporciona anualmente entre 3 y 5 kilos de lana.

Es importante tener en cuenta que para conseguir un kilogramo de lana limpia son necesarios dos kilogramos de lana sucia. Se llama lana sucia aquella que no ha tenido ningún tratamiento.

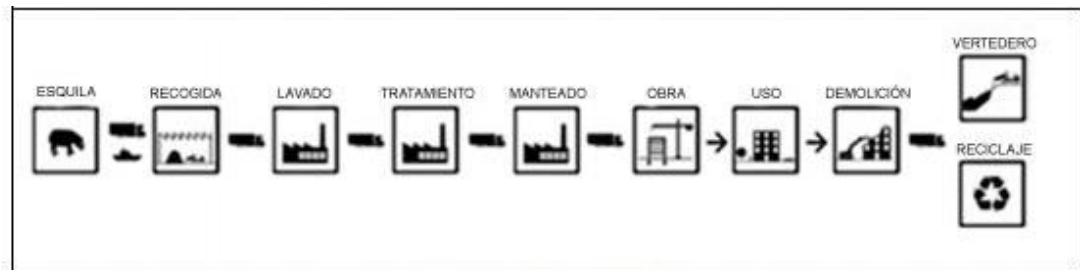


Figura 1-5 Esquema sobre el análisis de ciclo de vida de la lana ovina. (Societat Orgànica (SO), 2008)

La lana sucia se almacena en los centros de recolección, comprimida en sacos con una densidad aproximada de 1000kg/m^3 . Una vez en el centro de transformación pasa a través de una cargadora que abre la lana para poder proceder a la extracción de grasa.

Al tener exceso de lana puede suceder que la oveja acumule suciedad, excrementos y otras partículas que afectan el pelo del animal y que captan insectos.

La esquila durante la primavera permite que la oveja tenga una lana corta y limpia durante el verano, mejorando su calidad.

Durante el proceso de manufacturación la humedad es muy importante. Se trata de mantener la humedad relativa de 70 a 75 % con el fin de aumentar su elasticidad y eliminar los efectos de fricción entre las fibras.

Las lanas secas no dan tan buen resultado en el cardado, el peinado, el estirado y el hilado por lo que se le agrega humedad para reducir la rotura de las fibras, la electricidad estática y para conseguir un hilo más fino en la hilatura.

1.2.10.2 Lavado de las lanas ovinas

Una vez llega la lana al reactor o unidad de desengrasado, se somete a una circulación de baños de disolvente que lo que permite es extraer secuencialmente la grasa que estaba en la fibra.

Terminado el proceso, el disolvente se recupera, se filtra para volver a usarlo y la grasa se destina a usos cosméticos, farmacéuticos o usos técnicos industriales.

Así, desengrasada la lana, ésta se somete a un proceso térmico-mecánico de espolvoreado previo al proceso de aclarado acuoso que permite obtener, por un lado, el polvo de uso agrícola y la lana lavada para usos textiles y fabricación de aislamientos.

Se procede al lavado con jabón, proceso que consiste en un esponjado inicial mediante una máquina específica y posterior lavado con agua caliente con la incorporación de un detergente biodegradable. Es una etapa esencial para la eliminación de impurezas.

Según datos entregados por Wadel para la empresa RM-NITA, los gastos energéticos son los siguientes:

- Energía eléctrica: 1.026 MJ / kg lana "sucia"
- Energía Térmica (Gas Natural): 3,78 MJ / kg lana "sucia"
- Consumo de agua: entre 15 y 20 litros por kg / lana "sucia"
- Consumo de detergente: 0,010 a 0,008 kg / lana "sucia" (Wadel, 2011)

1.2.10.3 Fregado

Siempre se debe lavar la lana antes de seguir procesándola. El agua que se utiliza se encuentra aproximadamente a 65°C, que es lo suficientemente caliente como para disolver las grasas, se agrega detergente para ayudar a eliminar la suciedad de las fibras y para emulsionar las grasas, con el fin de que no se peguen nuevamente.

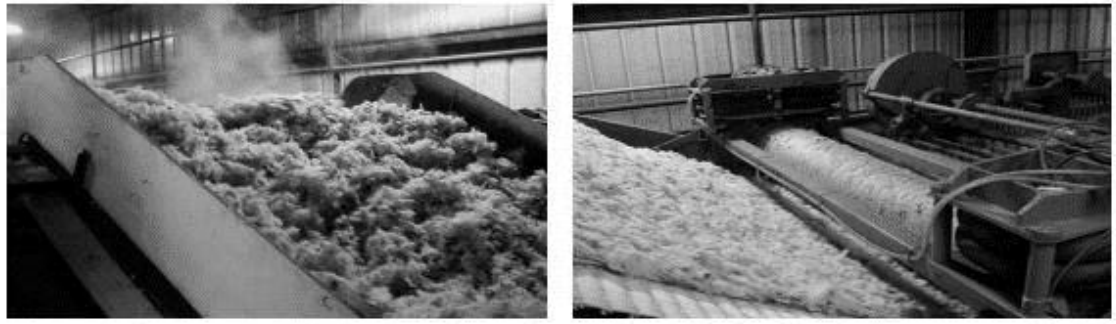


Figura 1-6 Proceso de fregado. (Tuzcu, 2007)

1.2.10.4 Cardado

Es el proceso en el que pasa la lana a través de una serie de rodillos cubiertos con cerdas finas o dientes de alambre fino. Esto separa la lana de enredos, grumos y grapas y pone las fibras paralelas formando una fina red.

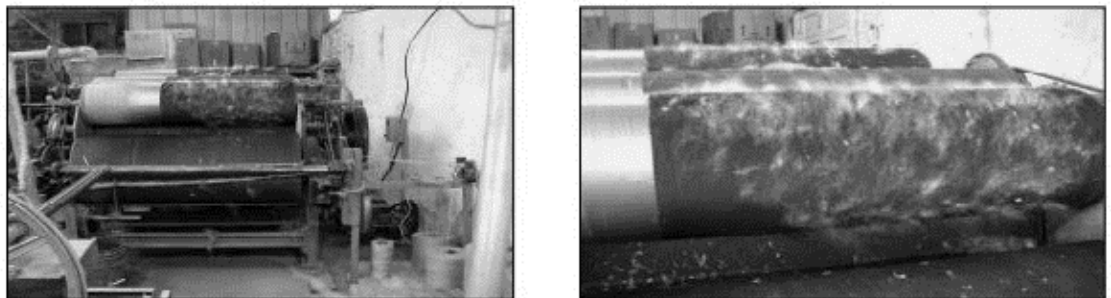


Figura 1-7 Proceso de cardado. (Tuzcu, 2007)

1.2.10.5 Estirado con alfileres

El estirador con alfileres se utiliza para alinear aún más las fibras a un estado más paralelo que el que puede producir el proceso de cardado, lo que permite la producción de un hilo semi-peinado a partir de la hiladora.

En segundo lugar, el estirador toma varias hebras la vez, las combina y estira la fibra para producir una hebra que es más uniforme que las hebras que generalmente produce el cardado.



Figura 1-8 Proceso de estirado con alfileres. (Tuzcu, 2007)

1.2.10.6 Tratamiento de las lanas

En esta etapa se agregan retardantes para aumentar los valores de resistencia a las llamas y hongos.

Contra insectos hay dos tratamientos, uno basado en los biocidas, consiste en agua oxigenada en 2% y permetrina en 0,350 ppm/kg y otro en compuestos minerales, sales de bórax 13%, que también sirve como retardante del fuego, aunque la lana debido a la presencia de nitrógeno en su composición aproximadamente de un 17%, ya tiene cierta resistencia al fuego, su punto de inflamación es de 560°C lo que le da otro punto adicional a su gran gama de características.

1.2.10.7 Permetrina

La permetrina es una sustancia química sintética que se utiliza mundialmente como insecticida y acaricida, así como repelente de insectos y piojos.

Se degrada rápidamente en suelos y agua por vía microbiana en aproximadamente 38 días.

1.2.10.8 Sales de Bórax

El Bórax se biodegrada naturalmente, es soluble en agua y lixivia normalmente en el suelo. Este producto es tóxico a peces y vida silvestre y no se debe aplicar directamente al agua.

El boro es una micro sustancia nutritiva esencial para el crecimiento sano de plantas; sin embargo, puede ser dañino para plantas sensibles al boro en altas cantidades.

Puede producir gases tóxicos y vapores cuando se expone al fuego. La sustancia es una base débil. Se descompone al calentarla intensamente por encima de 400°C produciendo meta boratos.

1.2.11 Fabricación de mantas de lana ovina

Se realiza mediante un proceso de termofijación, sirve para fijar las características finales del manto de lana; como la estabilidad, el peso final, aspecto y tacto. Se logra mediante el control de la temperatura en una cámara de termofijación, el tiempo de tratamiento y la tensión del tejido. El proceso comprende el calentamiento, penetración térmica, transformación, estiramiento y enfriamiento.

Según datos entregados por Wadel, los gastos energéticos son los siguientes:

- Energía eléctrica: 0,27 MJ/kg lana en manto
- Energía Térmica (Gas Natural): 1,8 MJ/kg lana en manto

Básicamente, la lana es introducida a una cámara en condiciones reguladas para que absorba calor hasta el punto en que el interior y la superficie esté caliente de manera uniforme. En este momento se produce la penetración térmica, esto permite que las uniones moleculares débiles, transformación por estiramiento, se suelten del sistema. A continuación, se reorganizan las cadenas moleculares de acuerdo a las nuevas condiciones mecánicas. Este proceso es inmediato y termina con el enfriamiento del manto que presenta las nuevas características como tejido (la estabilidad dimensional para su uso final, peso kg/m² y acabado)

1.2.12 Impacto medioambiental en la producción de aislantes basados en lana ovina

La lana de oveja es un recurso clasificado como bioproducto, su potencial va en aumento, debido a los nuevos hallazgos en sus capacidades, características y comportamiento, es que se le ha tomado más en cuenta en la industria de la construcción.

Respecto a las ventajas sobre el medio ambiente es necesario conocer si las ovejas han sido tratadas con insecticidas y fungicidas ya que esto deja un residuo en el vellón y puede provocar la contaminación de las aguas utilizadas en este proceso.

El uso de insecticidas y repelentes que no dañen el medio ambiente como los basados en soluciones vegetales, supone un nuevo desafío en la búsqueda por la independencia a los gases de invernadero.

1.3 LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

1.3.1 Consumo energético mundial

Desde el siglo pasado nos hemos estado enfrentando al incremento exponencial de los gases de invernadero, la creciente producción de CO₂ a lo largo de los años, producida en gran parte por la quema de combustibles fósiles, está afectando negativamente nuestro desarrollo como civilización, se requiere integrar cambios que aseguren un consumo eficiente de energía en todo ámbito, desde la obtención de la materia prima, pasando por los procesos de transformación, utilización, transporte, vida útil, reciclaje, etc.

En los últimos años se han publicado numerosos informes indicando el gran consumo que produce la construcción, en Europa el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente estima que:

“La industria de la construcción es responsable por gran uso de los recursos del planeta, el sector edificación usa alrededor del 40% de la energía global, el 25% del agua global, 40% de los recursos globales, y emiten aproximadamente 1/3 de las emisiones de gas de invernadero.” (UNEP)

1.3.2 Efecto invernadero

El medioambiente se está viendo perjudicado por el efecto invernadero uno de cuyas principales consecuencias es el aumento de los niveles de CO₂ en la atmósfera, que lleva al calentamiento global y la acidificación de los océanos, la industria es uno de los agentes que mayor influencia tiene en cuanto a la producción de CO₂. (CEM, 2014)

En los edificios, se puede evitar hasta el 30% de la pérdida de calor mediante el aislamiento de la pared externa, por esta razón el aislamiento de la envoltura externa es la acción más sostenible para reducir el consumo de energía, las pérdidas económicas, la contaminación y las emisiones de CO₂.

2 CAPITULO 2:
LA LANA OVINA COMO AISLANTE EN LA CONSTRUCCIÓN

2.1 LANA DE OVEJA COMO AISLANTE TÉRMICO

Durante los últimos años, en el mundo se ha brindado tiempo de estudio a la lana como material aislante, Benedí la describe como “la fibra tupida, suave y rizada que recubre la piel de algunos mamíferos como las ovejas, su presencia nos proporciona una extracción ininterrumpida.” (Benedí Oliver, 2013)

El aislamiento de lana de oveja es más fácil de instalar que otros tipos de materiales aislantes, no irrita la piel humana, tiene resistencia y alto rendimiento térmico, y tiene propiedades inherentes de resistencia al fuego.

“El aislamiento de lana puede incluso ayudar a regular y mejorar la humedad y la calidad del aire del hogar, al absorber las toxinas transportadas por el aire y mantenerlas "encerradas" químicamente” (Ye & Wells, 2006)

Entre las principales ventajas de utilizar la lana de oveja como aislamiento térmico natural está su transpirabilidad, además de su baja transferencia térmica, lo que permite una correcta respiración de la vivienda, por lo que mantiene un ambiente seco y agradable, ayudando a que no se dañen los materiales que acompañan a las construcciones.

2.2 LANA DE OVEJA, MATERIAL SUSTENTABLE

La lana es un subproducto de la industria ovina, muchas veces considerada desperdicio, esta fibra natural renovable ofrece una producción nula en contaminación, gran ahorro energético basados en la premisa de obtención de productores locales. “Una oveja Merino puede producir durante toda su vida entre 45 y 60 kg.” (Benedí Oliver, 2013)

Es un material natural y renovable ya que proviene de la esquila regular del animal, necesaria durante su ciclo de vida, más sostenible que otros, pues el consumo de energía necesario para su fabricación, así como las emisiones de efecto invernadero son menores que los de los aislantes convencionales.

Es reciclable ya que la lana utilizada para la fabricación de aislamiento es la lana descartada como residuo por otras industrias debido a su color o grado.

No genera residuos sólidos, pues es teóricamente totalmente biodegradable.

No pone en peligro la salud de las personas, ni del equipo de instalación ni de los ocupantes del edificio, siendo su toxicidad muy baja.

En cuanto a ventajas medioambientales, hay que destacar que la lana de oveja es un material natural y renovable. Este producto se obtiene directamente de la oveja. “Además, es uno de los aislamientos naturales más sostenibles del mercado, ya que para su producción no se requiere de un gran consumo de energía ni de la evacuación de gran cantidad de emisiones con efecto invernadero. Esto es gracias a que su producción está basada en un ciclo de reciclaje continuo.” (Wadel, 2011)

La diferencia importante que aporta el uso de material aislante natural es una sostenibilidad significativamente mejor.

“En comparación con la lana mineral, el aporte de energía primaria, el potencial de calentamiento global o el potencial de acidificación de los aislamientos naturales son aproximadamente un 95% más bajos.” (Volf, Diviš, & Havlík, 2015)

El punto final es que la lana de oveja es un producto 100% natural: dado que las ovejas producen naturalmente la lana, se requiere una fracción de la energía para producirla que los equivalentes de lana hechos por el hombre, y se requiere la mayor parte de esta energía para lavar la lana antes de usarla.

De hecho, la lana de oveja requiere menos del 15% de la energía utilizada para fabricar lana de vidrio, por lo que, desde un punto de vista sostenible son muy pocos sus competidores.

2.3 VENTAJAS CONSTRUCTIVAS DE LA LANA DE OVEJA

Es transpirable sin comprometer su eficiencia térmica, lo que permite que la vivienda respire ayudando a crear ambientes secos y a evitar daños en los materiales que conforman los cerramientos.

Es un termorregulador natural gracias a sus propiedades higroscópicas. Cuando aumenta la temperatura exterior, las fibras se calientan, liberan humedad y se enfrían, refrescando el ambiente. Por el contrario, cuando disminuye la temperatura exterior las fibras se enfrían, absorben humedad y se calientan.

Ayuda a prevenir la condensación en cámaras de aislamiento gracias también a sus propiedades higroscópicas.

Es uno de los aislamientos naturales que ofrece mayor vida útil siempre que su colocación haya sido correcta, mantiene su densidad y cohesión durante décadas.

Es de fácil colocación pues se adapta fácilmente al soporte pudiéndose sujetar con grapas en el caso de los mantos o por fricción en el caso de la lana a granel.

Además, los mantos son ligeros, trabajables y se recortan fácilmente con herramientas simples.

Se ha concluido que los resultados de la lana de oveja a granel son mejores que los de los mantos.

el aislante también cumple con los requerimientos técnicos exigidos por normativa internacionales, siendo un producto alternativo y de menor impacto con el medio ambiente.

2.4 PROCEDIMIENTOS Y PROTOCOLOS DE LA UTILIZACIÓN DE LANA DE OVEJA

A diferencia de otros materiales aislantes, la lana de oveja no elimina ningún tipo de partícula irritante o nociva durante su manipulación. Esta característica permite prescindir del uso de ropa de protección personal especial para los instaladores (buzo desechable, mascarilla, protección de ojos y manos), permitiendo una instalación en obra rápida, segura y económica.

También cabe destacar su facilidad de instalación, ya que se puede utilizar grapas para fijar el material a los soportes de madera o simplemente acopiar el material sin usar materiales adicionales. A su vez, es un material extremadamente ligero y fácil de transportar.

Tanto la lana de vidrio como la lana de roca causan irritación importante si las manipula con la piel desnuda y pueden dañar los pulmones y los ojos. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente que use una máscara y gafas protectoras al instalar cualquiera de estos. Sin embargo, el aislamiento de lana de oveja es muy fácil de usar, ya que es seguro e inofensivo.

2.5 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL AISLAMIENTO BASADO EN LANA DE OVEJA

2.5.1 Propiedades de resistencia al fuego de la lana de oveja

Una gran cosa acerca de la lana de oveja es que no se quema; es casi la única fibra que resiste naturalmente las llamas y, tan pronto como se elimina la llama, se autoextingue.

Como resultado del alto contenido de nitrógeno de la lana, simplemente arderá y se quemará en lugar de estallar en llamas. De hecho, deberá calentar la lana a una temperatura superior a 560 ° C antes de que se queme.

2.5.2 Índice de oxígeno limitante

El índice de oxígeno limitante (LOI) es la concentración mínima de oxígeno, expresada como un porcentaje, que soportará la combustión de un polímero. Se mide haciendo pasar una mezcla de oxígeno y nitrógeno sobre una muestra en combustión, y reduciendo el nivel de oxígeno hasta que se alcanza un nivel crítico.

La fibra de lana puede considerarse en la mayoría de las condiciones como razonablemente resistente al fuego. Las propiedades naturales de resistencia a la llama de la lana están relacionadas con su contenido relativamente alto de nitrógeno (16%), alto contenido de humedad (10-14%), alta temperatura de ignición (570-600 °C), bajo calor de combustión (20,5 kJ / g), baja temperatura de llama (680 °C) e índice de oxígeno limitante relativamente alto (valor LOI = 25-28%).

Este valor de LOI implica que para una combustión completa de lana es necesaria una cantidad de oxígeno de más del 25%. Sin embargo, nuestro aire circundante contiene 21% de oxígeno.

Según Tuzcu los tratamientos ignífugos para la lana se basaron en la impregnación de boratos, fosfatos y, en un grado limitado, los compuestos orgánicos de fósforo. “Con la introducción de requisitos de inflamabilidad más estrictos, los nuevos tratamientos ignífugos se basan en sales de titanio o circonio.” (Tuzcu, 2007)

2.5.3 Capacidad purificadora de aire

La lana de oveja purifica el aire, se ha comprobado que la lana de oveja absorbe y neutraliza sustancias nocivas.

La lana es una proteína natural compuesta de varias cadenas de aminoácidos diferentes, de las cuales el 60% tiene una cadena lateral reactiva.

Estas áreas reactivas permiten que la lana absorba sustancias nocivas y olorosas, como dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y formaldehídos, y las neutraliza a través de un proceso conocido como quimisorción.

Por lo tanto, usar la lana de oveja como aislamiento en realidad tiene beneficios para la salud y crea un clima interior para sentirse bien.

La lana de oveja puede absorber el 33% de su peso en humedad sin comprometer su capacidad de aislamiento. El núcleo de la fibra de lana de oveja es higroscópico, lo que significa que absorberá el vapor de agua, esto se refiere a que cuando estamos en una estación calurosa, la lana se calienta liberando humedad, enfriando el interior de la vivienda. Por otro lado, si estás atravesando el invierno, la fibra de la lana se enfría, absorbiendo un poco de humedad, por lo que el interior de las viviendas se calienta

agradablemente. Por lo tanto, este material ayuda a prevenir la condensación que puede ocurrir en las cámaras de aislamiento tradicionalmente.

Además, este material es uno de los aislantes naturales de mayor resistencia y durabilidad en comparación con otras alternativas.

Otras observaciones son que la absorción por la lana fregada es discriminatoria, lo que equivale a un porcentaje de la cantidad de compuestos orgánicos volátiles a la que están expuestas las fibras; Esto indicó que el aislamiento de lana de oveja no solo absorbe hasta un límite máximo y se detiene, sino que amortigua los niveles de compuestos orgánicos volátiles en interiores para suavizar los picos en las concentraciones a lo largo del tiempo. Por lo tanto, el uso de lana en el diseño de edificios puede tener un papel importante no solo en impartir eficiencia térmica sino también en la mejora de la calidad del aire interior” (E. Mansour, 2016)

2.5.3.1 Síndrome del Edificio Enfermo

Es un conjunto de molestias y enfermedades originadas en la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, las partículas en suspensión, la mala iluminación, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados.

La lana, un material natural y sostenible, es capaz de absorber una gama de productos químicos potencialmente dañinos del ambiente interior. Esto tiene consideraciones importantes para la prevención o reducción del síndrome del edificio enfermo en un momento en que este problema es cada vez más frecuente.

2.5.4 La lana de oveja como aislante acústico

La lana de oveja ofrece un aislamiento acústico fantástico, mucho mejor que los materiales de lana aislante comparables. Por lo tanto, se está volviendo cada vez más popular en las escuelas y oficinas para ayudar a la concentración en el aula y garantizar que las reuniones se lleven a cabo sin problemas.

La lana ovina presenta propiedades similares a la fibra de vidrio, pero adicionalmente la lana de oveja también aísla las vibraciones, reduciendo el índice de sonido por hasta seis decibelios. La lana de oveja también presenta absorción de sonido mejor que la lana mineral.

El aislamiento acústico de la lana de oveja también ha sido investigado por Korjenic y compañía, ellos concluyeron que la lana de oveja tiene buenas prestaciones acústicas, adecuadas como barreras acústicas, absorbentes acústicos de sonido dentro de

una habitación o aislantes de vibraciones. El coeficiente de absorción acústica de los paneles de lana de oveja probados en el estudio fue de entre 0,84 (Hz) y 2,00 (Hz), mayor que el coeficiente de absorción acústica de lana de vidrio, poliestireno, fibras de madera mineralizadas, y es ligeramente inferior al coeficiente de absorción acústica de la lana de roca y el poliéster. La reducción de ruido debajo de una losa de concreto no es muy alta ($\Delta L_w = 18$ dB) para la lana de oveja en comparación con la lana de vidrio ($\Delta L_w = 30$ dB) o el poliestireno expandido ($\Delta L_w = 31$ dB). Sin embargo, es similar a la reducción de ruido de celulosa ($\Delta L_w = 22$ dB) o fibra de coco ($\Delta L_w = 23$ dB). (Korjenic, Klarić, Korjenic , & Hadžić, 2015)

2.5.5 Conductividad térmica de la lana ovina

La conductividad térmica es la capacidad del calor para pasar de un lado de un material a otro. Se mide en W/mK, donde un valor más bajo significa un mejor aislante.

El aislamiento de lana de oveja tiene una conductividad térmica de entre 0,035 – 0,06 W/mK, mientras que la lana mineral típica tiene una conductividad térmica de 0.044 W/mK.

Benedí toma los datos presentados en los estándares DIN alemanes sobre economía aislamiento y energía térmica en edificios,

- Conductividad térmica (DIN 4108): 0,035 W/mK
- Inercia térmica: 1000 J/kg K
- Reacción al fuego (DIN 4102): clase B2. (Benedí Oliver, 2013)

Rivero Nogueira en su tesis, realiza un análisis de datos, recogidos desde fuentes científicas y empresas del rubro que actualmente comercializan soluciones aislantes en base a lana de oveja. Los datos varían mínimamente si comparamos todas las fuentes, por ejemplo, el coeficiente de conductividad térmica es descrito entre el rango de los 0,035 W/mK a los 0,050 W/mK.

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDADES	FIVE	ITeC	UNE 12524	BIBLIOGRAFÍA	
					Pastor, 2012	EcoHabitat
Coefficiente conductividad térmica (λ)	W/m.k	0,035-0,050	x	x	0,040	0,035
Granel		x	x	x	x	x
Mantos		x	x	x	x	0,035-0,040
Placas		x	x	x	x	x
Densidad	kg/m3	x	x	x	13,5 a 20	x
Granel		x	x	x	x	x
Mantos		x	x	x	x	x
Placas		x	x	x	x	x
Calor específico (Cp)	J/kg.k	x	x	x	1.000	x
Resist. a la difusión de vapor de agua (μ)	-----	1a2	x	x	1a2	1,66
Dilatación térmica	m3	x	x	x	x	x
Capacidad higroscópica	%en peso	x	x	x	33%	40%
Reacción al fuego	Euroclases	x	x	x	x	b2
Precios	€/m2	<25	x	x	x	x

Tabla 2-1 Tablas de datos recopilados sobre coeficientes de conductividad de lana ovina. (Rivero Nogueiras, 2016)

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDADES	EMPRESAS	
		RMT	Victermofitex
Coefficiente conductividad térmica (λ)	W/m.k	x	x
Granel		0,041-0,046	x
Mantos		0,043	0,037-0,043
Placas		0,035	x
Densidad	kg/m3	x	x
Granel		15-20	x
Mantos		15	15-30
Placas		35	x
Calor específico (Cp)	J/kg.k	x	900-1300
Resist. a la difusión de vapor de agua (μ)	-----	1	1-5
Dilatación térmica	m3	x	x
Capacidad higroscópica	%en peso	x	x
Reacción al fuego	Euroclases	D	D
Precios	€/m2	=3-4 / 6-15	5-20

Tabla 2-2 Tabla de datos recopilados sobre coeficientes de conductividad de lana ovina, según empresas del rubro. (Rivero Nogueiras, 2016)

Según Schiavoni “en condiciones normales, la conductividad térmica de la lana varía entre 0,038 y 0,054 W/mK, pero el valor de la conductividad térmica aumenta con el aumento del agua contenida en el material o con el aumento de la densidad aparente.” (S. Schiavoni, 2016)

La conductividad térmica es un factor importante en la elección del tipo de aislamiento térmico, que designa la capacidad de un material para conducir calor, por lo tanto, en el caso de los materiales de aislamiento térmico, su valor debe ser inferior a 0,065 W/mK. (Dénes, Florea, & Manea, 2019)

2.5.6 Variaciones en la conductividad térmica de la lana ovina

Ye y compañía realizaron mediciones en varias muestras de lana de oveja con diferentes espesores, recopilando datos sobre conductividad térmica, retención de agua, en condiciones controladas, a lo que concluyeron:

“La absorción de humedad produjo una disminución de menos del 5% en la resistencia térmica del aislamiento de lana de oveja para un aumento en el contenido de humedad absorbida del 20%. Este resultado da que la conductividad térmica del aislamiento de lana no se ve muy afectada por la absorción de humedad.” (Ye & Wells, 2006)

Added absorbed moisture (%)	Resistance horizontal ($m^2 K W^{-1}$)	Resistance vertical ($m^2 K W^{-1}$)	Average conductivity ($W m^{-1} K^{-1}$)
0	1.74	1.74	0.0471
10	1.69	1.71	0.0482
17	1.68	1.70	0.0485
20	1.65	1.67	0.0494

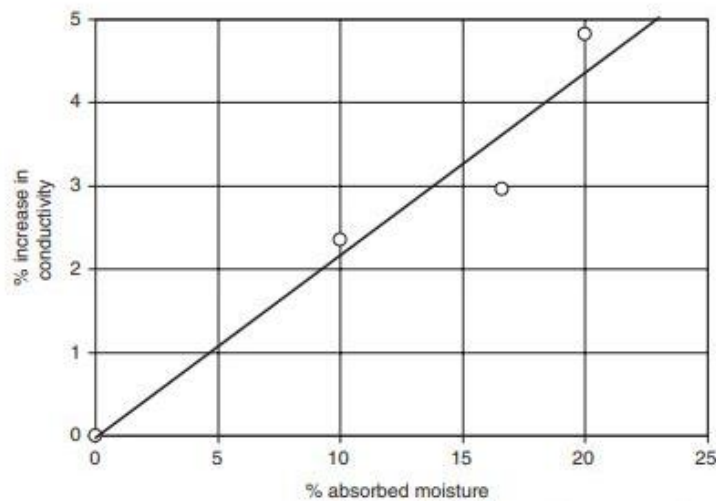


Tabla 2-3 Tabla de datos y gráfico interpretando los datos obtenidos en el incremento de la conductividad versus la humedad absorbida en lana de ovino. (Ye & Wells, 2006)

2.5.7 Retención de agua versus humedad relativa en lana ovina

Volf y compañía realizaron pruebas bajo normas ISO, donde midieron el contenido de humedad por volumen de masa de distintos materiales naturales, contra la humedad relativa ambiental, incluida la lana de oveja tratada y sin tratar, arrojando una gran diferencia en la cantidad de agua absorbida entre éstas, mientras que la lana tratada

arrojo sobre un 20%, su contraparte no logro sobrepasar el 5% de agua contenida en su volumen.

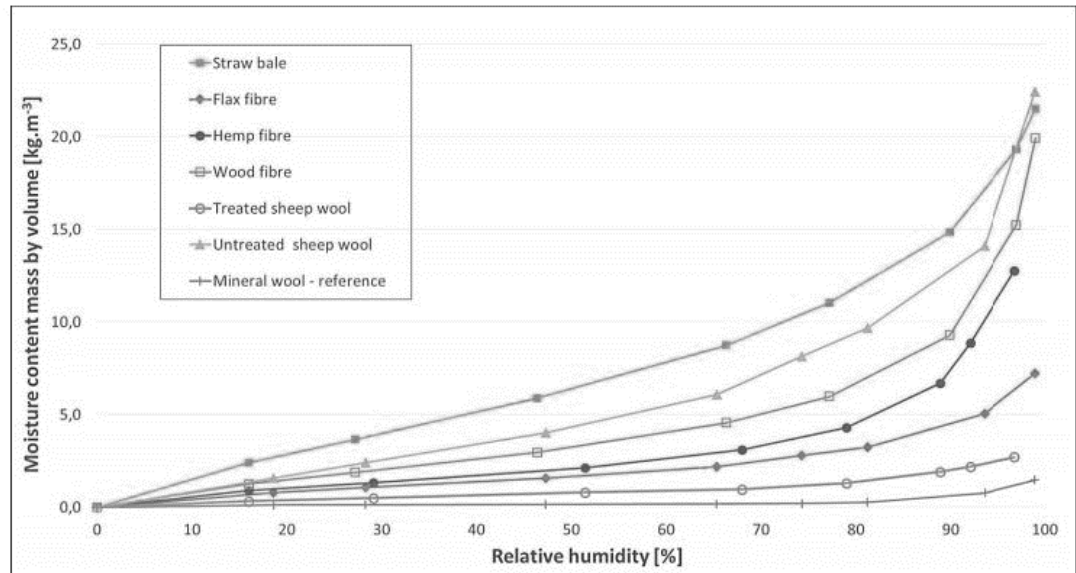


Figura 2-1 Gráfico contenido de agua versus humedad relativa. (Volf, Diviš, & Havlík, 2015)

2.5.8 Conductividad térmica vs densidad en lana ovina

Ye y conjunto, en cuanto a las mediciones correspondientes a la conductividad térmica, grosores y densidades de las muestras, concluyeron que “la correlación muestra que, para una masa dada de lana por unidad de área de superficie aislada, la resistencia térmica se maximiza cuando el espesor es lo más grande posible, siempre que la densidad no sea inferior a 11 kg/m^3 . Por lo tanto, aunque la conductividad térmica del aislamiento de lana aumenta a medida que disminuye la densidad, el beneficio de un mayor espesor de aislamiento supera el efecto de aumentar la conductividad cuando la masa de material de aislamiento por unidad de área es fija, para densidades superiores a 11 kg/m^3 ” (Ye & Wells, 2006)

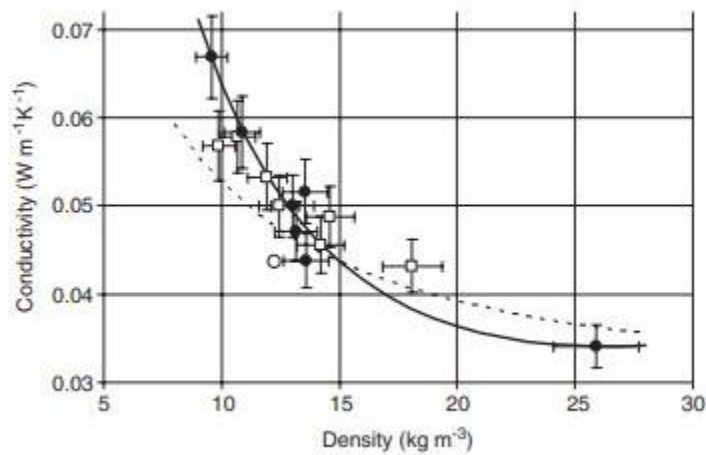


Figura 2-2 Gráfico sobre conductividad térmica contra densidad en lana ovina. (Ye & Wells, 2006)

También se ha encontrado que el grosor de la lana se relaciona positivamente con la resistencia térmica, condición que se debe a que la densidad se encontraba por encima de 11 kg/m³.” (Corcadden, 2014)

2.6 COMPARACIÓN DE LA LANA OVINA CON OTROS MATERIALES AISLANTES

2.6.1 Lana de oveja versus poliestireno

La comparativa de datos entre uno de los materiales más usados en aislación, el poliestireno y la lana de ovino, publicada por Dénes, Florea y Manea muestra datos bastante parecidos en la conductividad térmica y resistencia al fuego, mientras que la grandes diferencias radican en la capacidad de absorción de agua que poseen estos materiales, donde la lana de ovino puede absorber hasta un 35% de su peso en agua mientras que el poliestireno solo el orden del 2-3%, y en su factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, donde se indica que la lana posee un factor muy bajo de 1-3 μ , en contraste a los 20-70 μ del plástico, esto quiere decir que la lana casi no opone resistencia al paso de la humedad, actuando prácticamente como una membrana aislante.

Material	Density ρ [kg/m ³]	Thermal conductivity λ [W/mK]	Water vapour diffusion resistance factor μ [-]	Class of fire reaction	Water absorption [%]	GWP [kgCO ₂ eq/kg]	ODP [-]
Polystyrene	15-35	0.031-0.043	20-70	E	2-3	<5	0
Sheep wool	10-25	0.038-0.054	1.0-3.0	E	35	0	0

Tabla 2-4 Tabla de datos comparativa. (Dénes, Florea, & Manea, 2019)

2.6.2 Lana de oveja versus fibras naturales

Volf y compañía realizaron pruebas en varios materiales naturales recolectando data sobre sus capacidades aislantes, en el caso de la conductividad térmica, la lana ovina sin tratar dio 0,062 W/mK, para la lana de oveja tratada el resultado apenas varió a 0,063 W/mK, por otro lado, el calor específico de ésta última, supera por más del doble a la lana no tratada con valores de 4,55 J/kg.K y 2,02 J/kg.K.

Number	Sample	Thermal conductivity λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Thermal diffusivity a [m ² .s ⁻¹]	Dry density ρ [kg.m ⁻³]	Volume heat capacity c_p [J.m ⁻³ .K ⁻¹]	Specific heat capacity c_m [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
1	Straw bale	0,065	0,43	98,0	0,16	1,58
2	Flax fibre	0,052	0,54	27,0	0,10	3,60
3	Hemp fibre	0,052	0,52	36,2	0,10	2,75
4	Wood fibre	0,048	0,39	51,5	0,12	2,40
5	Treated sheep wool	0,063	1,23	11,3	0,05	4,55
6	Untreated sheep wool	0,062	1,03	29,7	0,06	2,02
7	Mineral wool - reference	0,039	0,43	14,9	0,09	6,04

Tabla 2-5 Tabla de parámetros medidos en materiales naturales respecto a sus capacidades aislantes. (Volf, Diviš, & Havlík, 2015)

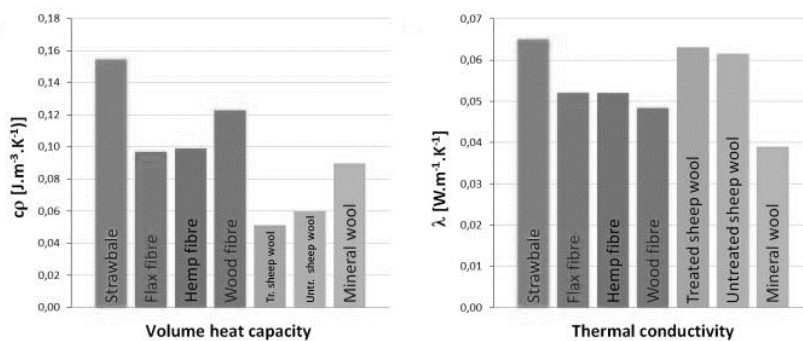


Figura 2-3 Gráficas representando los valores obtenidos para la conductividad térmica y el calor específico en materiales aislantes naturales. (Volf, Diviš, & Havlík, 2015)

2.6.3 Lana de oveja versus materiales aislantes actuales

La lana se puede utilizar exactamente de la misma manera que los productos habituales de aislamiento. Insertada en paredes, techos o tejados, permite mantener la estabilidad térmica en el edificio al proteger naturalmente contra el calor y el frío. Se puede aplicar a cualquier tipo de construcción, desde viviendas, espacios comerciales o industrias. A diferencia de los aislantes convencionales, la lana cuando se asienta se expande para eliminar los espacios vacíos y las bolsas de aire.

En este sector todavía no son tan populares como las conocidas lana de roca o lana de vidrio, pero a diferencia de éstas, la lana de oveja no necesita de un horneado a altas temperaturas. Dentro de los materiales aislantes naturales es uno de los más accesibles ya que se emplea materia prima local, abaratando el coste final del producto.

MATERIAL	DENSIDAD	COEF. CONDUCTIVIDAD	CALOR ESPECIFICO (c)	
	Kg/m ³	W/m.K	J/Kg.K	kW/m ²
Cáñamo	20-25	0,045	2100	679.7
Tablero de fibras de madera	160	0,040	2100	1403.2
Placa de fibra de madera	500	0,060	2100	2434.8
Lana	25	0,035	1000	595.2
Corcho	120	0,045	1500	5357.1
Algodón	60	0,041	840	3990.0
Vidrio celular	170	0,048	1000	5357.1
Perlita/Vermiculita	50/125	0,053	-	1.5
Arcilla expandida	50	0,073	879	-
Celulosa	-	0,035	2100	-

Tabla 2-6 Tabla comparativa entre materiales usados para aislación. (Benedí Oliver, 2013)

2.7 IMPACTO EN LA SALUD HUMANA ASOCIADO AL USO DE AISLACIÓN EN BASE A LANA DE OVEJA

Volf y compañía, dicen que existe un posible riesgo de crecimiento de moho en aislaciones basadas en lana ovina, cuando las condiciones superan la humedad relativa al 80% y la temperatura se sitúa sobre los 15° Celsius, principalmente en edificaciones realizadas por aficionados o con fallas estructurales; Este problema conlleva posibles riesgos tóxicos asociados a la salud humana.

Material	Mould Identification	Possible risks
Sheep wool	<i>Alternaria alternata</i>	pathogenic, frequent, highly toxic, causing allergy and asthma, cutaneous infections, paranasal sinusitis, osteomyelitis and peritonitis in patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD)
	<i>Stachybotrys sp.</i>	possibly toxic, causing stachybotryotoxicosis

Tabla 2-7 Tabla de posibles riesgos asociados al crecimiento de hongos. (Volf, Diviš, & Havlík, 2015)

La lana de oveja se usa tanto para aislar fachadas como para aislar techos, aunque se están realizando pruebas en alfombras de lana comprimida para uso aislante en pisos.

“Hay dos impactos importantes en la salud con respecto a la lana. Primero; Los granjeros pueden tener problemas de salud como resultado de sumergir a las ovejas dos veces al año con pesticidas. El segundo impacto está en la etapa de procesamiento de la lana, mientras se usan insecticidas, o tratamientos ignífugos.” (Tuzcu, 2007)

2.8 DESVENTAJAS O INCONVENIENTES

No debe de estar en contacto con agua en ningún momento del proceso, ni durante el transporte y el almacenaje ni durante su vida útil.

Respecto a las ventajas sobre el medio ambiente es necesario conocer si las ovejas han sido tratadas con insecticidas y fungicidas ya que esto deja un residuo en las fibras y puede provocar la contaminación de las aguas subterráneas, en el proceso de lavado, si se usa incorrectamente.

Por último y con respecto a la disminución de las emisiones de CO2, hay que aplicar el sentido común y tener claro que será cierto siempre y cuando la lana que utilizemos sea de origen local.

3 CAPITULO 3
APLICACIÓN EN CHILE

3.1 HISTORIA DEL RUBRO OVEJERO EN CHILE

La llegada de las primeras poblaciones ovinas en Chile se remonta a la colonización española en el siglo XVI. Existe, por ejemplo, registro del arribo de ovinos a Chiloé en 1568, durante la fundación de la ciudad de Castro. Estas ovejas, totalmente domesticadas por los europeos, fueron traídas para la producción y autoconsumo de sus tropas, y posteriormente, de los descendientes de éstas. En 1910, según registros históricos de riqueza pecuaria, era factible encontrar en Chile del orden de 4,1 millones de cabezas ovinas, siendo la especie ganadera más abundante, superando a los vacunos por casi 1,5 millones de cabezas y explotándose básicamente para la producción de lana, con una producción estimada de 4.255 t, vale decir, cerca de 1 kg por cabeza.

3.2 ESCENARIO CHILENO INDUSTRIA TEXTIL LANAS

Chile es una fortaleza debido a su ubicación geográfica en el contexto de la sanidad animal, rodeado por barreras naturales como el océano, la cordillera, el desierto y los fríos extremos.

Esta geografía ha permitido contener el ingreso de la mayor parte de las enfermedades animales consideradas de importancia en el ámbito internacional, todo ello a pesar del evidente riesgo sanitario que implica el proceso de globalización.

Esta gran diversidad climática y ecológica posibilita la crianza de todo tipo de especies y razas de animales. Esto a su vez se traduce en una alta variedad de la oferta de producción pecuaria.

En un estudio de la ganadería ovina nacional el INE, indica que en la temporada 2009-2010, las explotaciones ovinas con más de 60 animales entre las provincias de Cachapoal y Última Esperanza, produjeron más de 7.808.000 kilos de lana. El precio internacional de la lana se define en los remates abiertos del mercado australiano, es fluctuante y altamente correlacionado con las tasas de crecimiento del Producto Interno Bruto de los países desarrollados. Esta variabilidad es máxima en las lanas finas (21-23 micras), y mínima en las lanas más gruesas que se venden a bajos precios y cuyo consumo está liderado en forma predominante por China. Chile no alcanza volúmenes significativos de exportación de lana y de hecho el mercado de lana ha perdido participación debido a la competencia de grandes países productores como Australia y Nueva Zelanda.

3.3 CANTIDAD DE CABEZAS DE GANADO OVINO EN CHILE

De acuerdo con el Censo Agropecuario del año 2007, las existencias de ovinos en Chile superaban los 3,8 millones de cabeza, y en los últimos 50 años han presentado una tendencia a la baja. Se confirma una significativa reducción de las existencias ovinas desde 6,7 millones en 1965 a 3,9 millones en 2007, lo que representa una baja de 42% para el período.

En el último Censo Agropecuario del año 2017, el total de cabezas ovinas llegó a 2.037.516 a nivel nacional. La producción ovina se concentró, principalmente, en la Región de Magallanes, alcanzando 1.571.056 cabezas. La categoría más relevante correspondió a ovejas, con un total de 1.266.044 cabezas. (INE, 2018)

Mes	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	83.316	96.527	140.622	138.702	148.722	137.359	132.738	121.291	133.092	72.774	113.571	94.910	77.481	74.280	108.496	105.421	104.424
Febrero	130.511	97.212	136.808	138.725	158.888	150.144	167.468	170.749	141.635	121.876	138.372	137.420	137.674	125.889	137.472	117.488	115.709
Marzo	152.659	114.108	163.589	161.316	150.101	168.253	178.449	189.978	151.988	135.297	154.389	157.129	149.237	146.971	134.884	132.510	0
Abril	90.684	126.816	123.739	122.518	151.612	137.360	111.424	131.925	103.108	130.867	123.915	131.578	87.744	101.072	108.343	107.634	0
Mayo	61.183	58.686	39.087	47.164	45.858	47.370	36.788	58.738	63.070	44.229	76.612	51.768	41.618	44.021	57.846	42.337	0
Junio	8.810	10.570	12.636	18.594	17.027	19.909	26.009	8.202	8.533	16.625	14.518	9.928	3.945	6.423	3.238	6.876	0
Julio	7.063	6.927	7.732	11.253	13.633	4.712	2.249	1.645	2.213	8.438	3.575	4.166	1.794	3.685	905	1.510	0
Agosto	5.730	6.597	6.231	8.721	2.953	3.167	1.680	1.191	1.734	2.423	1.411	1.203	1.074	1.835	1.060	1.569	0
Septiembre	19.518	18.355	13.402	7.906	9.045	6.864	4.953	3.689	3.637	5.143	4.187	2.456	3.348	5.649	4.426	3.147	0
Octubre	15.457	10.197	13.180	12.212	11.374	9.883	6.359	5.818	4.799	5.905	8.794	2.971	3.784	4.408	3.625	3.567	0
Noviembre	17.976	17.306	19.607	21.744	22.791	26.799	21.518	25.165	7.844	9.812	14.179	6.908	9.002	11.417	7.061	5.809	0
Diciembre	70.931	94.040	92.044	74.029	64.006	68.032	76.979	73.086	53.089	53.976	51.256	51.524	49.649	53.674	44.260	46.097	0
Total	663.838	657.341	768.677	762.884	796.010	779.852	766.614	791.477	674.742	607.365	704.779	651.961	566.350	579.324	611.616	573.965	220.133

Tabla 3-1 Numero de ovinos faenados en Chile por año. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2020)

La última edición del informe Ficha Nacional elaborado por ODEPA, con fecha febrero del año 2020, no muestra nuevos datos más que los censados hasta el año 2017, por lo que existe una brecha de al menos 3 años sin datos sobre el total de cabezas de ganado ovino en Chile.

REGIÓN	Existencias de ganado ovino (número de cabezas)				
	2007	2010	2013	2015	2017
Total	2.863.612	2.660.373	2.428.310	2.185.449	2.037.516
O'Higgins	119.992	149.386	122.382	131.622	123.715
Maule	96.743	80.404	79.615	75.693	66.780
Biobío	43.024	41.789	37.407	29.933	22.613
La Araucanía	38.718	32.657	34.472	22.706	15.413
Los Ríos	17.690	18.208	30.649	25.746	24.129
Los Lagos	65.134	55.262	44.838	34.673	35.838
Aysén	280.400	242.528	243.850	216.477	177.972
Magallanes	2.201.911	2.040.139	1.835.097	1.648.599	1.571.056

Tabla 3-2 Existencias de ganado ovino en explotaciones con rebaños de 60 cabezas y más. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2020)

Estos datos nos indica un deterioro de la industria ovina en Chile, hablamos de una reducción del 48% para el periodo comprendido entre 2007 y 2017 o una reducción de aproximadamente el 70% en los últimos 50 años.

AÑOS	1955	1965	1976	1997	2007
OVINOS	5.786.526	6.690.2801	5.678.325	3.695.062	3.889.319

Tabla 3-3 Existencias ovinas según año en Chile. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2007)

3.4 COSTOS ASOCIADOS EN CHILE A LA COMERCIALIZACIÓN DE LANA OVINA

En Chile el costo de esquila es variable al comparar entre los diferentes estratos de criadores ovinos, el grupo de criadores que ostenta entre 251 a 500 ovinos, es el que tiene el mayor costo unitario, probablemente explicado por el tamaño de los rebaños que implica la contratación de mano de obra, con poca especialización y menos eficiente en términos técnicos y de tiempo. Además, los productores de rebaños pequeños en general no venden la lana y los precios de venta son menores. En los estratos con mayor número de ovinos, predomina el uso de máquinas para la esquila y el precio de venta si bien es variable entre los estratos, se observa que los rebaños más grandes producen mayor cantidad de lana por animal y venden a mejores precios, que los estratos pequeños.

Numero de estrato	Estrato numero de ovinos	Costo promedio de esquila por animal (\$)	% de productores que vende lana	Kilos de lana en promedio por animal	Precio de venta de lana (\$/kilo)
1	1-10 ovinos	838	18%	2,13	211
2	11-60 ovinos	738	49%	2,23	325
3	61-250 ovinos	857	80%	2,11	292
4	251-500 ovinos	939	90%	2,11	340
5	Más de 501 ovinos	860	97%	2,31	375

Tabla 3-4 Costos promedio de esquila, porcentaje de agricultores que vende la lana, kilos de lana producida por animal y precio de venta de lana en las explotaciones ovinas entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2014)

3.5 ANTECEDENTES DE LA COMERCIALIZACIÓN DE LANA OVINA EN CHILE

Los productores de los estratos pequeños, que vende lana, lo hacen a intermediarios, previo trato, puesto en predio. En la medida que las explotaciones ovinas aumentan de tamaño la comercialización se hace tanto a nivel predial como a través de intermediarios, muy pocos hacen venta directa a industriales o exportadoras de lana ovina. Además, son escasos los productores que realizan acondicionamiento de vellón y clasificación de la lana, lo que se explica los bajos precios de este producto, que incluso en ocasiones es botado, quemado o regalado.

Numero de estrato	Estrato numero de ovinos	% venta en el predio	% venta a intermediarios	% que acondiciona vellón	% que clasifica lana
1	1-10 ovinos	838	18%	2,13	211
2	11-60 ovinos	738	49%	2,23	325
3	61-250 ovinos	857	80%	2,11	292
4	251-500 ovinos	939	90%	2,11	340
5	Más de 501 ovinos	860	97%	2,31	375

Tabla 3-5 Porcentaje de lana que se vende en predio y/o a intermediarios y/o a empresas industriales de lana; y porcentaje que acondiciona el vellón, porcentaje que clasifica la lana entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2014)

3.6 AISLACIÓN EXISTENTE EN EL MERCADO CHILENO EN BASE A LANA DE OVEJA

Actualmente en Chile solo se encuentra un producto en comercialización, “Bioaislant” el cual es un material aislante para construcción elaborado con fibra natural de lana de oveja, que se originó como una solución social para los pequeños productores ovinos en Chile en condiciones de pobreza, que anualmente producen lana de oveja que no se puede comercializar debido a su baja calidad textil y que por lo mismo es eliminada como desecho pecuario. Existen cerca de 65.000 pequeños productores en situación de vulnerabilidad social, que en conjunto generan aproximadamente 3.100 toneladas de lana de baja calidad textil que finalmente se desaprovecha. En este marco, la empresa logró desarrollar una tecnología específica para procesar este tipo de lana y al mismo tiempo generar nuevos ingresos para los productores, gracias a la adquisición de la lana de descarte. (Masisa, 2017)

3.7 GASTO ENERGÉTICO EN CHILE DESTINADO A CALEFACCIÓN RESIDENCIAL

En Chile, cerca del 25% de la energía generada se utiliza en el sector residencial, siendo aproximadamente el 56% utilizado en calefacción de viviendas. Por esto es clave reducir este consumo de energía en calefacción, para contribuir así a una disminución en el consumo energético total país y por ende sus contaminaciones. Los principales combustibles utilizados en calefacción de viviendas son la leña, con un 59% del total del consumo, seguidos en menor cantidad por el gas licuado (17%), electricidad (15%) y gas natural (7%). Si se logra un correcto acondicionamiento de la vivienda, es posible disminuir el consumo de energía para la calefacción, lo que se traduce en una mejor calidad del aire dentro y fuera de la vivienda y una mejor calidad de vida para los usuarios. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción., 2015)

3.8 ESCENARIO ACTUAL EN CHILE SOBRE AISLACIÓN

Es fundamental acondicionar térmicamente las viviendas, una deficiente calidad en este sentido se traduce en hogares muy fríos en invierno y calurosos en verano,

implicando un alto consumo de energía para lograr un adecuado nivel de confort. Esto sucede principalmente en las viviendas construidas hasta antes del año 2000, correspondientes al 86% de viviendas en Chile, unas 4.503.632 viviendas, las que en general no contemplan ninguna medida de eficiencia energética o térmica.

En Chile en el año 2000 se implementaron dos etapas de mejora térmica de viviendas, de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.), correspondiente a la aislación térmica de techumbre. Antes de este año no existía ninguna obligatoriedad de acondicionamiento térmico. La segunda etapa de 2007, ahora vigente, amplió los requisitos a la envolvente completa. Se considera una tercera etapa respecto a la calificación energética de viviendas que actualmente es voluntaria:

Actualmente y en forma voluntaria, el MINVU y MINERGI han implementado desde 2013 la Calificación y Etiquetado Energético de Viviendas Nuevas, que indica el desempeño y eficiencia energética de una vivienda calificándola en 7 niveles que van desde la letra A (mayor eficiencia) hasta la G (menor eficiencia). Prontamente se implementará para viviendas existentes y se espera que sea obligatoria en corto tiempo para viviendas nuevas, como lo es en los países de la Unión Europea desde el año 2006. Con esto se facilitará a los compradores el análisis de las opciones disponibles y podrán comparar viviendas sabiendo cuál tiene un mejor comportamiento energético. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción., 2015)

3.9 REGLAMENTACIÓN TÉRMICA EN CHILE

La normativa aplicable basada en regulación térmica en edificaciones es el Artículo 4.4.10 O.G.U.C., perteneciente al Decreto Supremo N°75, en el manual de aplicación de la reglamentación térmica, se apunta a recomendar soluciones de acondicionamiento térmico de la vivienda y criterios de intervención que permitan mejorar las condiciones de confort térmico de ella, al igual que su eficiencia energética. Lo primero es mejorar la envolvente térmica a través de soluciones adecuadas de aislación según el tipo de edificación, materialidad, orientación y lugar de emplazamiento de la vivienda, entre otros, para luego seguir con la selección y uso óptimo de los equipos de calefacción.

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo ha incorporado en los últimos años dos modificaciones a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones –denominadas 1° y 2° etapas de Reglamentación Térmica- mediante las cuales se han establecido progresivos requisitos de acondicionamiento térmico a las viviendas, determinando exigencias para los complejos de techumbre en una primera etapa, para luego continuar

con los muros, pisos ventilados y superficie máxima para ventanas, según se señala en el Artículo N° 4.1.10 de dicho reglamento.

3.9.1 Grados/día

En un período de un día, es la diferencia entre la temperatura fijada como “base”, y la media diaria de las temperaturas bajo la temperatura base, igualando a la “base” aquellas superiores a ésta. Dependiendo del período utilizado, se puede hablar de grados/día, grados/hora, grados/año, etc.

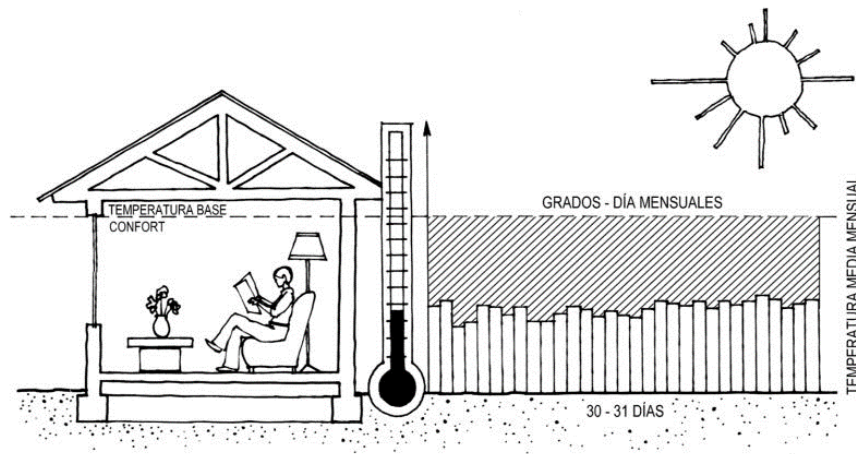


Figura 3-1 Ejemplificación de la medida grados/días. (Bustamante Gómez, 2012)

Zona	Rango de Grados/día	Región referencial
1	<=500	I a III
2	500 - 750	IV y V
3	750 - 1000	Metropolitana
4	1000 - 1250	VII y VIII
5	1250 - 1500	IX y XIV
6	1500 - 2000	X
7	>2000	XI y XII

Tabla 3-6 Grados/días por zona de acuerdo con la OGUC

3.9.2 Factor R100

Según la norma NCh 2251 es la resistencia térmica que presenta un material o elemento de construcción, multiplicado por 100.

Se hace uso de este factor en el artículo 4.1.10 para estandarizar una medida de resistencia térmica en nuestra reglamentación.

3.10 Artículo 4.1.10.

3.10.1 Complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados

Los complejos de techumbres, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados, entendidos como elementos que constituyen la envolvente de la vivienda, deberán tener una transmitancia térmica “U” igual o menor, o una resistencia térmica total “Rt” igual o superior, a la señalada para la zona que le corresponda al proyecto de arquitectura, de acuerdo con los planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del Ministro de Vivienda y Urbanismo y a la siguiente tabla, que viene a continuación en las exigencias.

3.10.2 Exigencias

La normativa aplicable, Artículo 4.4.10 OGUC establece exigencias de comportamiento térmico para elementos constructivos de la envolvente de las viviendas; techos, muros, pisos ventilados y porcentaje máximo de superficie vidriada, según la zona térmica de ubicación del proyecto.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Tabla 3-7 Tabla 1 del artículo 4.4.10 OGUG. (Instituto de la Construcción , 2006)

3.10.3 Techumbres

Para efectos del presente artículo se considerará complejo de techumbre al conjunto de elementos constructivos que lo conforman, tales como cielo, cubierta, aislación térmica, cadenetas y vigas. Las exigencias de acondicionamiento térmico para la techumbre serán las siguientes:

- a) En el caso de mansardas o paramentos inclinados, se considerará complejo de techumbre todo elemento cuyo cielo tenga una inclinación de 60° sexagesimales, o menos, medidos desde la horizontal.
- b) Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales de la techumbre, tales como cerchas, vigas y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.
- c) Los materiales aislantes térmicos o las soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura deberán cubrir el máximo de la superficie de la parte superior de los muros en su encuentro con el complejo de techumbre, tales como cadenas, vigas o soleras, conformando un elemento continuo por todo el contorno de los muros perimetrales.
- d) Para obtener una continuidad en el aislamiento térmico de la techumbre, todo muro o tabique que sea parte de ésta, tal como lucarna, antepecho, dintel, u otro elemento que interrumpa el acondicionamiento térmico de la techumbre y delimite un local habitable o no habitable, deberá cumplir con la misma exigencia que le corresponda al complejo de techumbre, de acuerdo con lo señalado en la Tabla 1 del presente artículo.
- e) Para toda ventana que forme parte del complejo techumbre de una vivienda emplazada entre la zona 3 y 7, ambas inclusive, cuyo plano tenga una inclinación de 60°

sexagesimales, o menos, medidos desde la horizontal, se deberá especificar una solución de doble vidriado hermético, cuya transmitancia térmica debe ser igual o menor a $3,6\text{W/m}^2\text{K}$.

3.10.4 Muros

Para la aplicación del presente artículo se considerará complejo de muro al conjunto de elementos constructivos que lo conforman y cuyo plano de terminación interior tenga una inclinación de más de 60° sexagesimales, medidos desde la horizontal.

Las exigencias de acondicionamiento térmico para muros serán las siguientes:

a) Las exigencias señaladas en la Tabla 1 del presente artículo, serán aplicables sólo a aquellos muros y/o tabiques, soportantes y no soportantes, que limiten los espacios interiores de la vivienda con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos, y no será aplicable a aquellos muros medianeros que separen unidades independientes de vivienda.

b) Los recintos cerrados contiguos a una vivienda tales como bodegas, leñeras, estacionamientos e invernaderos, serán considerados como recintos abiertos para efectos de esta reglamentación, y sólo les será aplicable las exigencias de la Tabla 1 a los paramentos que se encuentren contiguos a la envolvente de la vivienda.

c) Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en tabiques perimetrales, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales, tales como pies derechos, diagonales estructurales y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.

d) En el caso de la albañilería confinada de conformidad a la definición de la NCh 2123, no será exigible el valor de U de la Tabla 1 en los elementos estructurales tales como pilares, cadenas y vigas.

e) En el caso que el complejo muro incorpore materiales aislantes, la solución constructiva deberá considerar barreras de humedad y/o de vapor, según el tipo de material incorporado en la solución constructiva y/o estructura considerada.

f) En el caso de puertas vidriadas exteriores, deberá considerarse como superficie de ventana la parte correspondiente al vidrio de la misma. Las puertas al exterior de otros materiales no tienen exigencias de acondicionamiento térmico.

3.10.5 Pisos ventilados

Para efectos de la aplicación del presente artículo se considerará complejo de piso ventilado al conjunto de elementos constructivos que lo conforman que no están en contacto directo con el terreno. Los planos inclinados inferiores de escaleras o rampas que estén en contacto con el exterior también se considerarán como pisos ventilados. Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en pisos ventilados, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales del piso o de las instalaciones domiciliarias tales como vigas, tuberías, ductos o cañerías.

3.10.6 Alternativas para cumplir las exigencias térmicas definidas en el presente artículo

Para los efectos de cumplir con las condiciones establecidas en el Tabla 1 se podrá optar entre las siguientes alternativas:

1-Mediante la incorporación de un material aislante etiquetado con el R100 correspondiente a la Tabla 2:

Se deberá especificar y colocar un material aislante térmico, incorporado o adosado, al complejo de techumbre, al complejo de muro, o al complejo de piso ventilado cuyo R100 mínimo, rotulado según la norma técnica NCh 2251, de conformidad a lo indicado en la Tabla 2 siguiente:

ZONA	TECHUMBRE R100(*)	MUROS R100(*)	PISOS VENTILADOS R100(*)
1	94	23	23
2	141	23	98
3	188	40	126
4	235	46	150
5	282	50	183
6	329	78	239
7	376	154	295

(*) Según la norma NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia térmica (m^2K/W) x 100.

Tabla 3-8 Tabla 2 del artículo 4.4.10 OGUC. (Instituto de la Construcción , 2006)

2-Mediante un Certificado de Ensaye otorgado por un Laboratorio de Control Técnico de Calidad de la Construcción, demostrando el cumplimiento de la

transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de techumbre, muro y piso ventilado.

3. Mediante cálculo, el que deberá ser realizado de acuerdo a lo señalado en la norma NCh 853, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica del complejo de techumbre, muro y piso ventilado. Dicho cálculo deberá ser efectuado por un profesional competente.

4. Especificar una solución constructiva para el complejo de techumbre, muro y piso ventilado que corresponda a alguna de las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

3.11 ARTÍCULO 4.1.10 BIS.

Tratándose de permisos de obra nueva, ampliación o reconstrucción de viviendas en áreas en que se esté aplicando un plan de prevención o descontaminación conforme a lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, deberá estarse, en materia de exigencias de acondicionamiento térmico, a lo dispuesto en dicho Plan.

3.12 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Actualmente está en operación el Sistema de Calificación Energética de Viviendas MINVU (CEV), que evalúa la eficiencia energética de una vivienda comparándola con una de referencia, y clasificándola a través de 7 niveles de eficiencia energética, desde la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). La letra E representa el estándar actual de construcción, establecido en el artículo 4.1.10 de la OGUC, para aislación en muros, pisos ventilados y techo, a partir de 2007.

La Calificación Energética de Viviendas (CEV), es un instrumento actualmente de uso voluntario, que califica la eficiencia energética de una vivienda nueva en su etapa de uso, de forma similar al sistema usado para etiquetar energéticamente refrigeradores y automóviles. Considera los requerimientos de calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria.

Esta calificación se puede hacer en dos etapas:

- **Precalificación energética:** Se realiza en proyectos de arquitectura que tengan permiso de edificación aprobado por el director de Obras Municipales. Es provisoria y su vigencia es válida hasta que el proyecto obtenga la recepción municipal definitiva.

- **Calificación energética:** Corresponde a la evaluación final y definitiva de la obra terminada. Para emitirla se califica nuevamente el proyecto, según los planos y especificaciones técnicas finales, con recepción municipal aprobada por el director de Obras Municipales, y la documentación adicional acreditada por el propietario. Tiene una duración de 10 años, o hasta que se realice alguna modificación que altere los parámetros con los que fue evaluada la vivienda.

Tanto en la Precalificación como en la Calificación, la vivienda obtendrá dos letras finales incluidas en la etiqueta

Calificación de arquitectura: Corresponde a la primera letra, la que evalúa de mejor forma las viviendas que han utilizado materiales como: aislante térmico en el techo, muros y pisos, por sobre el mínimo que exige la normativa chilena. Además, premia con mayor evaluación (o mejor letra) a las ventanas de doble vidriado hermético (termopanel) y que estén bien orientadas, por lo que permiten el ingreso del sol en períodos más fríos.

- **Calificación de arquitectura + equipos + tipo de energía:** Segunda letra, la que otorga una mejor valoración a las viviendas que usan equipos eficientes e incorporan energías renovables para iluminación, calefacción y agua caliente sanitaria.

Una vivienda con buena calificación contribuirá a mejorar el desempeño de la vivienda y las condiciones de confort térmico al interior de los hogares, reduciendo riesgos de contraer enfermedades respiratorias y otras asociadas a períodos invernales. Por otra parte, contar con información objetiva sobre el comportamiento energético de una vivienda, beneficiará principalmente a sus potenciales compradores, quienes podrán comparar las distintas ofertas que hay en el mercado y elegir sabiendo cuál se comporta mejor energéticamente.

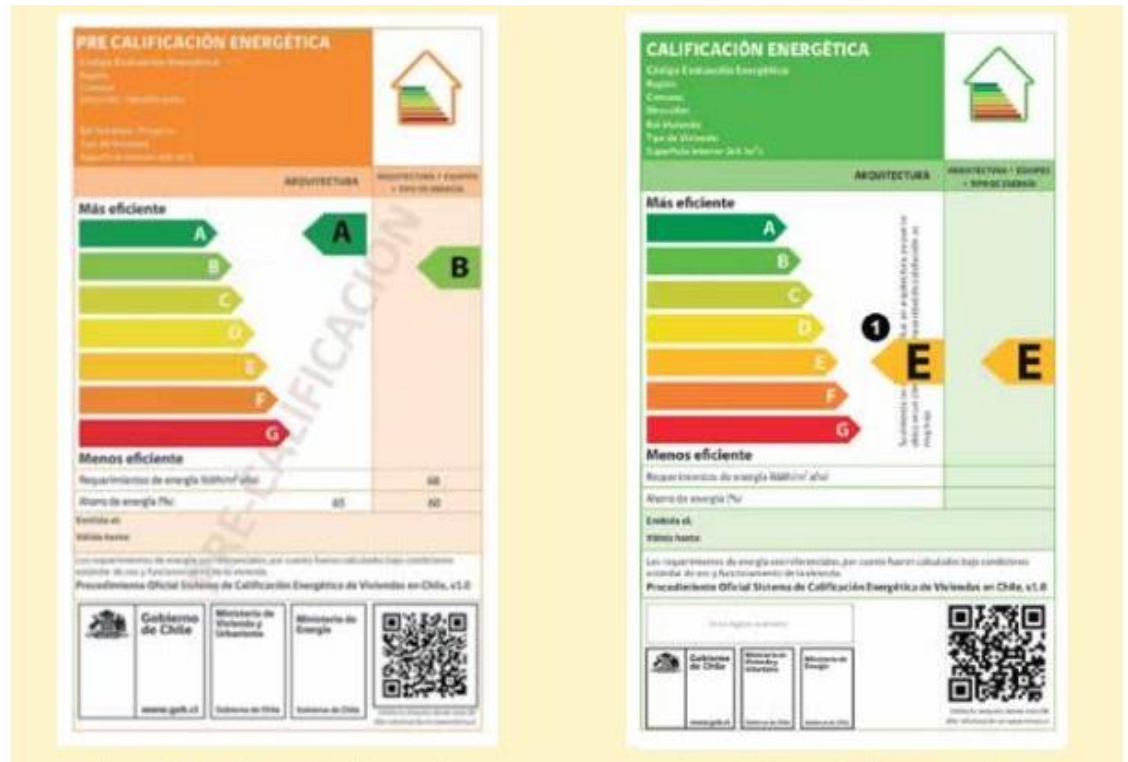
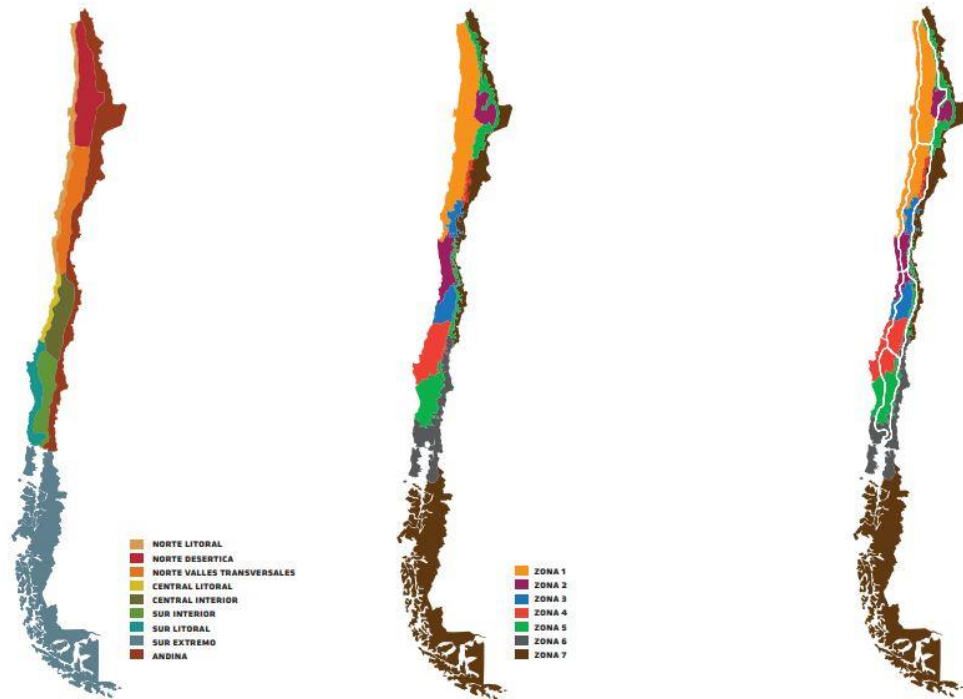


Figura 3-2 Etiquetas de precalificación energética y de clasificación energética. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción., 2015)

3.13 ZONIFICACIÓN TÉRMICA

Las 7 zonas térmicas fueron definidas considerando el criterio de los grados día de calefacción anual de cada región del país. Estos datos se obtuvieron a través de registros meteorológicos históricos. Se definió como temperatura interior base, 15°C considerando que los aportes internos y solares compensarían lo necesario para alcanzar una temperatura de confort de entre 18 y 20°C. Estas consideraciones contemplan sólo el caso de temperaturas en invierno, dejando abierta la normativa para estrategias de regulación complementarias para el resto de las estaciones.

Cabe señalar además, que la zonificación térmica difiere de la zonificación climática habitacional de la Norma Chilena NcH 1079 – 2008, la que contempla todos los factores meteorológicos que definen un clima, mientras que la anterior sólo se define por el factor grados/día de calefacción. Esto además implica que no se considera la variación día noche, presente en la primera. En la imagen siguiente se observa la zonificación climática habitacional, la zonificación térmica y la superposición de ambas.



Las figuras muestran la zonificación climática (NCh 1079) y la zonificación térmica (RT) respectivamente, la última muestra la superposición de ambas. (Bustamante G., 2009)

3.13.1 La zonificación térmica y su relación con la zonificación climático habitacional de la norma NCh1079-2008.

Cada región puede contar con diferentes zonas térmicas de la regulación térmica. En el territorio de la Región de Antofagasta, por ejemplo, existen 4 de las 7 Zonas. Cada una de ellas con exigencias en la envolvente diferentes. Algo similar ocurre en Valparaíso. Estos ejemplos muestran que no existe una correspondencia entre las Zonas Térmicas y la Zonificación Climático Habitacional de la Norma NCh1079 – 2008. La razón fundamental que explica la diferencia entre estas dos zonificaciones está en el hecho de las Zonas Térmicas prácticamente se definen en base a una sola variable meteorológica (grados/día de calefacción), asociado a condiciones climáticas de invierno y en que, por sólo mencionar la variable de temperatura en períodos fríos del año, no se considera la oscilación térmica entre día y noche de la localidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación ha indicado que la lana de ovino proporciona características de aislamiento térmico muy competentes si los comparamos con los materiales convencionales, lo que asegura la posibilidad de uso en el sector de la construcción y no solo en el textil como se hace actualmente. Además, refuerza el principio de la sostenibilidad, ya que es un material que al ser empleado disminuye el impacto ambiental en la edificación a través de la sustitución de los materiales convencionales.

La industria ovina en Chile se ha visto comprometida experimentando una baja en su capital de ovino en más de un 70% en los últimos 50 años, esto principalmente debido a factores externos en la baja del precio de la lana, por lo que, al utilizar lana de productores locales, se estaría fortaleciendo el sector a nivel país, contribuyendo mayoritariamente a criadores con rebaños medianos y pequeños.

Por otro lado, está la problemática energética producida debido al consumo excesivo de energía en las residencias chilenas con el fin de alcanzar el confort térmico. Aproximadamente un 25% de la energía producida en Chile es utilizada por residencias, del cual un 56% es destinada al confort térmico.

El creciente uso de materiales aislantes en Chile, estimulado por el Minvu con la aplicación del artículo 4.1.10 OGUC ha producido un explosivo incremento en el uso de todo tipo de materiales con capacidades aislantes, aunque dentro del marco legislativo aún no existen obligaciones respecto a la huella de carbono que producen estos materiales, es posible instar el uso de la lana de oveja como una solución real, en miras de la eficiencia energética con el objetivo final de ayudar a poner fin al deterioro del medioambiente y consigo el cambio climático.

Podemos decir que lana de oveja en comparación con otros materiales comúnmente utilizados demuestra que el uso de un recurso natural significa un ahorro en los impactos ambientales.

Sus múltiples cualidades hacen de la lana ovina un material natural y sostenible, con capacidades para autoextinguirse en caso de fuego, capaz de absorber una gama de productos químicos potencialmente dañinos del ambiente interior de las edificaciones, debido a su capacidad higroscópica, la misma que ayuda a retener más del 30 de su peso en agua, creando ambientes limpios.

Con una transmitancia térmica de entre 0,035 W/mK y 0,060 W/mK, es compatible con la mayoría de las exigencias térmicas presentes en la actual legislación. Para techumbres es compatible desde la primera a la quinta zona térmica, para muros es compatible con todas las zonas térmicas y para pisos ventilados desde la primera a la sexta zona térmica.

Respecto a la posible cantidad de lana producida en Chile, se estimó en el último censo agropecuario producido por INE que la cantidad de cabezas de ganado ovino sobrepasaba el millón y medio de ejemplares, teniendo en cuenta que la producción de lana ovina en Chile alcanza el orden de los 2 kg, estaríamos suponiendo una producción aproximada sobre las 3 mil toneladas anuales, más que suficiente para abastecer con parte de la producción, la demanda estimada en esta solución.

Si el uso de fibras naturales como la lana de oveja se implementara como una solución por parte del Ministerio de vivienda y urbanismo, se podría mitigar la escasez de recursos aislantes en zonas rurales, brindando confort térmico y mejor calidad de vida; se estaría ayudando a los pequeños y medianos criadores de la industria ovina, que suman más de 65.000 en situación de vulnerabilidad social; y por último se estaría llevando a cabo un cambio en la estandarización del uso consciente de los recursos, disminuyendo drásticamente la huella de carbono, y por consiguiente frenando el cambio climático.

He de destacar que la lana de ovino puede seguir en contante mejora y desarrollo en la industria de la construcción, para ello se necesita investigación y desarrollo de nuevas tecnologías.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

- Instituto de la Construcción . (2006). *MANUAL DE APLICACION REGLAMENTACION TERMICA ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES ARTICULO 4.1.10*. Santiago de Chile.
- Apeleo Zubiri, E. d. (2008). *CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE EXPORTACIÓN DE LANA OVINA CHILENA PERÍODO 1994-2006*. Santiago, Chile.
- Benedí Oliver, J. (2013). *La construcción eficiente energéticamente como necesidad de futuro y su aplicación a un edificio en Valencia (Tesis de Pregrado)*. Castellón de la Plana, España.
- Berge, B. (2001). *The Ecology of Building Materials*. Oxford, UK.
- Bustamante G., W. (2009). *Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social*. Santiago de Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Bustamante Gómez, W. (2012). *Desafíos y Tendencias de la Eficiencia Energética en el sector Construcción*. Santiago de Chile.
- Canada Green Building Council. (2012). *LEED*.
- CEM, W. (2014). *Strategy Study for Sustainable Energy*.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago de Chile.
- Corscadden, K. (2014). Sheep's wool insulation: A sustainable alternative use for a renewable resource? *Resources, Conservation and Recycling*, 9-15.
- Dénes, O., Florea, J., & Manea, D. (2019). Utilization of Sheep Wool as a Building Material. *ScienceDirect*.
- E. Mansour, R. M. (2016). Sheep wool insulation for the absorption of volatile organic. *Young Researchers' Forum III Innovation in Construction Materials* .
- Elvira, M. (2009). *DE QUÉ ESTÁ HECHA LA LANA Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TEXTILES* . Argentina.
- Hearle, J. W. (2002). *Physical properties of wool*. Woodhead Publishing .
- INE. (2018). *Estadísticas Intercensales Agropecuarias*.
- Kibert, C. J. (2008). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. New Jersey.
- Korjenic, A., Klarić, S., Korjenic, S., & Hadžić, A. (2015). Sheep Wool as a Construction Material for Energy Efficiency Improvement. *Energies*, 8.
- Masisa. (2017). <https://www.masisalab.com/bioaislant-id-impacto-social/>.

- Morooka , H., & Niwa, M. (1976). Relation between Drapage Coefficients and Mechanical Properties of Fabrics. *Journal of Textile Machine*, 67-73.
- Navarrete, Á. (2017). *REGLAMENTACIÓN TÉRMICA EN LA EDIFICACIÓN*. Coyhaique.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2007). *Comercio Exterior. Serie anual producto país*. Santiago de Chile.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2014). *Mercado de la carne y lana ovina en Chile*. Santiago de Chile.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2020). *Ficha Nacional*. Santiago de Chile.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (Febrero de 2020). *Informe detallado por especie o categoría (Pecuario)*. Obtenido de Odepa Oficina de Estudios y Políticas Agrarias: <https://www.odepa.gob.cl/informe-detallado-por-especie-o-categoria-pecuario>
- Parlato, M., & Porto, S. (2020). Organized Framework of Main Possible Applications. *Sustainability* .
- Richter, J. (1994). *Stabilization of indoor humidity by rammed earth*. Advanced Material Research.
- Rivero Nogueiras, V. (2016). *ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL DE LOS AISLAMIENTOS TÉRMICOS EN LA CONSTRUCCIÓN*.
- Rosas Rivera , A. A. (2016). *LA LANA DE OVINO COMO MATERIAL AISLANTE: NATURAL, RENOVABLE Y SOSTENIBLE (Tesis de Maestría)*. Cataluña, España.
- S. Schiavoni, F. D. (2016). Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62.
- Societat Orgànica (SO). (2008). *Anàlisi ambiental dels aïllaments de llana d'ovella i de multifibres fabricats per RMT Recuperación de materiales textiles SA. Informe final* . Barcelona.
- Truter, E. (1973). *Introduction to Natural Protein Fibres*.
- Tuzcu, T. M. (2007). *Hygro-Thermal Properties of Sheep Wool Insulation (Tesis de Pregrado)*. Delft University of Technology, Delft.
- UNEP. (s.f.). *ENERGY EFFICIENCY FOR BUILDINGS* . Paris, Francia.
- Volf, M., Diviš, J., & Havlík, F. (2015). Thermal, moisture and biological behaviour of natural insulating materials. *Energy Procedia*, 78.
- Wadel, G. (2011). Aislamientos térmicos renovables y reciclados de lana de oveja y algodón: un aporte a la construcción sostenible. *Cercha: revista de los aparejadores y arquitectos técnicos*, 66-71.
- Ye, Z., & Wells, C. (2006). Thermal conductivity of wool and wool–hemp insulation. *International Journal of Energy Research*.

